

SIEMENS



SINAMICS Drives

SINAMICS - Low Voltage Projektierungshandbuch

**SINAMICS G130, G150, S120 Chassis,
S120 Cabinet Modules, S150**

Ergänzung zu den Katalogen D 11 und D 21.3

Version
6.6

Ausgabe
Februar
2020

[siemens.com/drives](https://www.siemens.com/drives)

Literaturhinweis

Einen umfassenden, klar und verständlich dargestellten Überblick über moderne elektrische Antriebe gibt das Buch

Elektrische Antriebstechnik

Grundlagen • Auslegung • Anwendungen • Lösungen

von Jens Weidauer

Das Buch behandelt aus der Sicht eines Anwenders alle Aspekte der modernen elektrischen Antriebstechnik. Es richtet sich zum einen an Praktiker, die elektrische Antriebe verstehen, auslegen, einsetzen und instand halten wollen, und zum anderen an Facharbeiter, Techniker, Ingenieure und Studenten, die sich einen umfassenden Überblick über die elektrische Antriebstechnik verschaffen möchten. Der Autor beschreibt die Grundlagen elektrischer Antriebe, ihre Auslegung und Anwendung bis hin zu komplexen Automatisierungslösungen. Dabei stellt er das gesamte Spektrum der Antriebslösungen mit den jeweiligen Einsatzschwerpunkten vor. Ein besonderer Aspekt ist dabei die Kombination mehrerer Antriebe zu Antriebssystemen sowie die Einbindung der Antriebe in Automatisierungslösungen.



In einfacher und klarer Sprache, unterstützt durch viele grafische Darstellungen, werden komplexe Zusammenhänge erklärt und verständlich dargestellt. Der Autor verzichtet bewusst auf umfassende mathematische Betrachtungen, sondern legt den Schwerpunkt auf eine verständliche Erläuterung der Wirkungsprinzipien und Zusammenhänge. Damit wird der Leser in die Lage versetzt, elektrische Antriebe in ihrer Gesamtheit zu verstehen und antriebstechnische Probleme im beruflichen Alltag zu lösen.

Inhalt

- 1 Elektrische Antriebe im Überblick
- 2 Mechanische Grundlagen
- 3 Elektrotechnische Grundlagen
- 4 Konstantantriebe und drehzahlveränderliche Antriebe mit Gleichstrommotor
- 5 Konstantantriebe und drehzahlveränderliche Antriebe mit Asynchronmotor
- 6 Servoantriebe
- 7 Schrittantriebe
- 8 Elektrische Antriebssysteme im Überblick
- 9 Feldbusse für elektrische Antriebe
- 10 Prozessregelung mit elektrischen Antrieben
- 11 Motion Control mit elektrischen Antrieben
- 12 EMV in der elektrischen Antriebstechnik
- 13 Auslegung elektrischer Antriebe
- 14 Fehlerbehebung bei elektrischen Antrieben

Print ISBN: 978-3-89578-483-5

ePDF ISBN: 978-3-89578-969-4

4. Auflage Mai 2019

www.wiley-vch.de

SINAMICS Low Voltage Projektierungshandbuch

Version 6.6 – Februar 2020

Ergänzung zu den Katalogen D 11 und D 21.3

Haftungsausschluss

Wir haben den Inhalt der Druckschrift auf Übereinstimmung mit der beschriebenen Hard- und Software geprüft. Dennoch können Abweichungen nicht ausgeschlossen werden, so dass wir für die vollständige Übereinstimmung keine Gewähr übernehmen. Die Angaben in dieser Druckschrift werden regelmäßig überprüft, notwendige Korrekturen sind in den nachfolgenden Auflagen enthalten.

Technische Änderungen vorbehalten.

© Siemens AG 2020

Vorwort
Inhaltsverzeichnis
Grundlagen und Systembeschreibung
EMV-Aufbaurichtlinie
Geräteübergreifende SINAMICS-Projektierung
Umrichter-Einbaugeräte SINAMICS G130
Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS G150
Hinweise zu Einbau- und Schrankgeräten SINAMICS S120
Hinweise zu den modularen Schrankgeräten SINAMICS S120 Cabinet Modules
Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS S150
Optionenbeschreibungen der Schrankgeräte SINAMICS G150, S120 Cabinet Modules, S150
Hinweise zur Antriebsdimensionierung
Motoren

Sehr geehrte SINAMICS-Kundin, sehr geehrter SINAMICS-Kunde!

Das vorliegende Projektierungshandbuch dient als Ergänzung zu den SINAMICS-Katalogen D 11 und D 21.3 und soll den Umgang mit der Gerätereihe SINAMICS erleichtern. Im Focus stehen dabei Antriebe mit Einbau- und Schrankgeräten im Leistungsbereich ≥ 75 kW in der Regelungsart Vector Control (Antriebsobjekte des Typs Vector).

Alle Angaben in diesem Projektierungshandbuch beziehen sich auf die Geräteausführungen mit der folgenden Hard- und Software-Ausstattung:

- Leistungsteil mit Control Interface Module CIM (Artikel-Nr. mit Endung **3**, z. B. 6SL3310-1GE38-4AA3)
- Control Unit CU320-2
- Firmware-Version 4.3 oder höher

Das Projektierungshandbuch enthält allgemeine Betrachtungen zu den Grundlagen der drehzahlveränderbaren elektrischen Drehstromantriebe sowie ausführliche Systembeschreibungen und direkte Angaben zu den folgenden Geräten der Gerätereihe SINAMICS:

- Umrichter-Einbaugeräte SINAMICS G130 (Katalog D 11)
- Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS G150 (Katalog D 11)
- Modulare Einbaugeräte SINAMICS S120 (Kataloge D 21.3 und D 21.4 / „SINAMICS S120 Antriebssystem“)
- Modulare Schrankgeräte SINAMICS S120 Cabinet Modules (Katalog D 21.3)
- Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS S150 (Katalog D 21.3)

Das Projektierungshandbuch ist in unterschiedliche Teile gegliedert.

Das erste Kapitel – Grundlagen und Systembeschreibung – beschäftigt sich im Wesentlichen mit den physikalischen Grundlagen der drehzahlveränderbaren elektrischen Drehstromantriebe und allgemeingültigen Systembeschreibungen zur Gerätereihe SINAMICS.

Das zweite Kapitel – EMV-Aufbaurichtlinie – führt in die Thematik der **Elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV)** ein und liefert alle notwendigen Informationen, um Antriebe mit den oben genannten SINAMICS-Geräten EMV-gerecht zu projektieren und zu installieren.

Die folgenden Kapitel gehen auf gerätespezifische Themen ein, die über den Inhalt der allgemeingültigen Systembeschreibungen hinausgehen. Sie behandeln die Projektierung der Geräte SINAMICS G130, G150, S120 Einbaugeräte Bauform Chassis, S120 Cabinet Modules und S150. **Die gerätespezifischen Themen der neuen Einbaugeräte SINAMICS S120 Chassis-2 sowie der neuen Schrankgeräte SINAMICS S120 Cabinet Modules-2 sind nicht Bestandteil dieses Dokuments. Diese Geräte werden in einem eigenen Ergänzungsdokument beschrieben:**

SINAMICS-Low Voltage Projektierungshandbuch SINAMICS S120 Chassis-2 / SINAMICS S120 Cabinet Modules-2

Das Projektierungshandbuch kann und soll nur eine Ergänzung zu den Katalogen D 11, D 21.3 und D 21.4 / „SINAMICS S120 Antriebssystem“ sein. Daher sind keine Bestelldaten aufgeführt. Das Handbuch ist als Dokument nur in elektronischer Form sowie in deutscher und englischer Sprache erhältlich.

Die enthaltenen Informationen sind für technisch geschultes Fachpersonal bestimmt. Die Beurteilung der Vollständigkeit der bereitgestellten Informationen für die jeweilige Anwendung obliegt dem Projektteur. Dieser trägt damit auch die letztendliche Systemverantwortung für den Gesamtantrieb bzw. die Anlage.

Die Informationen in diesem Projektierungshandbuch enthalten Beschreibungen bzw. Leistungsmerkmale, welche im konkreten Anwendungsfall nicht immer in der beschriebenen Form zutreffen müssen bzw. welche sich durch die Weiterentwicklung der Produkte ändern können.

Die gewünschten Leistungsmerkmale sind nur dann definitiv verbindlich, wenn sie bei Vertragsschluss ausdrücklich vereinbart werden.

Liefermöglichkeiten und technische Änderungen vorbehalten.

Hinweis zur EMV

Die in diesem Projektierungshandbuch beschriebenen Umrichtersysteme SINAMICS G130, G150, S120 Chassis, S120 Cabinet Modules und S150 sind für den Anschluss an industrielle Netze (Zweite Umgebung) vorgesehen. Die Funk-Entstörung erfolgt für industrielle Netze (Zweite Umgebung) gemäß EMV-Produktnorm IEC 61800-3 für drehzahlveränderbare Antriebe. Zum Anschluss an öffentliche Netze (Erste Umgebung) sind die Geräte nicht vorgesehen; daher kann es hier zu EMV-Störungen kommen.

Übersicht über die wichtigsten Ergänzungen und Änderungen im Vergleich zur Vorgängerversion 6.5

- 1.2.2 Anschluss und Absicherung der Geräte**
→ In diesen Abschnitt wurden zusätzliche Hinweise zur netzseitigen Absicherung von System- und Antriebskomponenten mit geringer Leistung aufgenommen.
- 1.2.4 Maximale Kurzschlussströme (I_{cc} gemäß IEC) und minimale Kurzschlussströme**
→ Dieser Abschnitt wurde präzisiert und der maximale Kurzschlussstrom exakt definiert als „bedingter Bemessungskurzschlussstrom I_{cc} “.
- 1.9.3 Erhöhte Spannungsbelastung der Motorwicklung durch lange Motorleitungen**
→ Am Ende dieses Abschnitts wurden die Hinweise zur Auswahl der richtigen Wicklungsisolierung mit Verweis auf IEC 60034-18-41:2019 überarbeitet.
- 1.10.1.3 Zulässige Motorleitungslängen mit Motordrossel(n) bei Einzel- und Gruppenantrieben**
→ Das Berechnungsverfahren zur Bestimmung der zulässigen Leitungslänge bei Gruppenantrieben wurde erweitert und präzisiert.
- 1.13.4/1.13.5 Thermische Überwachung des Leistungsteils/Betrieb der Umrichter mit erhöhter Pulsfrequenz**
→ Diese Abschnitte wurden um die zusätzlichen Überlastreaktionen erweitert, die seit Firmware-Version 4.7 zur Verfügung stehen.
- 1.15.7 Zulässige Wicklungssysteme für SINAMICS Umrichter-Parallelschaltungen**
→ In diesem Abschnitt wurde der Punkt a) „Motoren mit galvanisch getrennten Wicklungssystemen“ präzisiert und um die Variante mit vollständig galvanisch getrennten Wicklungssystemen erweitert, bei der jedem Wicklungssystem mehrere (aber nicht alle) Motor Modules der Parallelschaltung zugeordnet werden.
- 2.3.2 Der Frequenzumrichter als hochfrequente Störquelle**
→ In diesen Abschnitt wurde ein Hinweis zum richtigen Anschluss EMV-empfindlicher einphasiger Verbraucher aufgenommen.
- 2.3.4.1.5 Masseschleifen bzw. Erdschleifen**
→ Dieser Abschnitt wurde neu eingefügt und geht auf zu beachtende Punkte im Zusammenhang mit der 24 V-Elektronikversorgung der SINAMICS-Geräte ein.
- 6.5 Vorladung des Zwischenkreises, Vorladeströme, Absicherung der DC-Anschlüsse**
→ In diesen Abschnitt wurden Tabellen mit Sicherungen eingefügt, die bei Basic Line Modules und flüssigkeitsgekühlten Active Line Modules zur Absicherung der DC-Anschlüsse eingesetzt werden können.
- 6.10 Überprüfung der Summenleitungslänge bei Mehrmotorenantrieben**
→ Die Tabelle mit den zulässigen Summenleitungslängen für SINAMICS S120 Infeed Modules bei Mehrmotorenantrieben wurde modifiziert. Es werden jetzt zwei Werte angegeben. Der erste Wert gilt für den Anschluss an geerdete TN-Netze, der zweite Wert für den Anschluss an ungeerdete IT-Netze.
- 11 Motoren**
→ Dieses Kapitel, welches einen kurzen Überblick über die wichtigsten SIMOTICS Motorenreihen gibt, die mit den in diesem Projektierungshandbuch beschriebenen SINAMICS Umrichtern eingesetzt werden, wurde überarbeitet. Neue Motorenreihen wurden hinzugefügt und nicht mehr verfügbare Motorenreihen wurden gestrichen.
- **Fehlerbehebungen**
→ Rechtschreibfehler und Formatierungsfehler wurden behoben.

Inhaltsverzeichnis

1 Grundlagen und Systembeschreibung	16
1.1 Funktionsprinzip der SINAMICS-Umrichter	16
1.1.1 Allgemeines Funktionsprinzip	16
1.1.2 Pulsmodulationsverfahren	16
1.1.2.1 Erzeugung einer variablen Spannung durch Pulsweitenmodulation	17
1.1.2.2 Maximal erreichbare Ausgangsspannung mit Raumzeigermodulation RZM.....	18
1.1.2.3 Maximal erreichbare Ausgangsspannung mit Flankenmodulation FLM.....	19
1.1.3 Die Pulsfrequenz und ihr Einfluss auf wichtige Systemeigenschaften	21
1.1.3.1 Werkseinstellung und Einstellbereiche der Pulsfrequenz	21
1.1.3.2 Zusammenhang zwischen Stromreglertakt, Pulsfrequenz und Ausgangsfrequenz	21
1.1.3.3 Einfluss der Pulsfrequenz auf den Ausgangsstrom des Wechselrichters	24
1.1.3.4 Einfluss der Pulsfrequenz auf Verluste und Wirkungsgrad von Wechselrichter und Motor	24
1.1.3.5 Einfluss der Pulsfrequenz auf die Motorgeräusche.....	24
1.1.3.6 Zusammenhang zwischen der Pulsfrequenz und motorseitigen Optionen	27
1.1.4 Steuerungs- und Regelungsarten	28
1.1.4.1 Allgemeines zur Drehzahlverstellung.....	28
1.1.4.2 U/f-Steuerungsarten.....	28
1.1.4.3 Feldorientierte Regelungsarten.....	30
1.1.4.4 Hauptmerkmale der Steuerungs- und Regelungsarten im Vergleich	32
1.1.4.5 Lastausgleich bei mechanisch gekoppelten Antrieben	32
1.1.5 Leistungsangaben bei SINAMICS / Definition der Typeistung	34
1.2 Netze und Netzformen	36
1.2.1 Allgemeines	36
1.2.2 Anschluss und Absicherung der Geräte.....	38
1.2.3 Short Circuit Current Rating (SCCR gemäß UL).....	40
1.2.4 Maximale Kurzschlussströme (I _{cc} gemäß IEC) und minimale Kurzschlussströme	41
1.2.5 Anschluss der Geräte an geerdete Netze (TN- oder TT-Netze).....	46
1.2.6 Anschluss der Geräte an ungeerdete Netze (IT-Netze).....	47
1.2.7 Anschluss der Geräte an Netze mit unterschiedlichen Kurzschlussleistungen	51
1.2.8 Netzspannungsschwankungen und Netzspannungseinbrüche.....	53
1.2.9 Verhalten der SINAMICS-Geräte bei Netzspannungsschwankungen und -einbrüchen.....	54
1.2.10 Netzspannungsüberschwingungen	61
1.2.11 Zusammenfassung der zulässigen Netzbedingungen für SINAMICS-Geräte.....	62
1.2.12 Netzseitige Schütze und Leistungsschalter	63
1.3 Transformatoren	68
1.3.1 Blocktransformatoren.....	68
1.3.1.1 Leistungsbetrachtung zur Ermittlung der Scheinleistung des Transformators	68
1.3.1.2 Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Scheinleistung des Transformators	70
1.3.2 Transformatorenarten	71
1.3.3 Eigenschaften von Standardtransformatoren und Stromrichtertransformatoren	72
1.3.4 Dreiwicklungstransformatoren	73
1.4 Netzzurückwirkungen	75
1.4.1 Allgemeines	75
1.4.2 Stromüberschwingungen 6-pulsiger Gleichrichter.....	77
1.4.2.1 SINAMICS G130, G150, S120 Basic Infeed sowie S120 Smart Infeed im Einspeisebetrieb	77
1.4.2.2 SINAMICS S120 Smart Infeed im Rückspeisebetrieb.....	79
1.4.3 Stromüberschwingungen 6-pulsiger Gleichrichter mit Line Harmonics Filtern	80

1.4.4	Stromüberschwingungen 12-pulsiger Gleichrichter.....	82
1.4.5	Strom- und Spannungsüberschwingungen des Active Infeed (AFE-Technologie).....	83
1.4.6	Normen und zulässige Oberschwingungen.....	85
1.5	Netzseitige Drosseln und Filter	89
1.5.1	Netzdrosseln (Netzkommutierungsdrosseln).....	89
1.5.2	Line Harmonics Filter (LHF und LHF compact).....	90
1.5.2.1	Wirkungsweise der Line Harmonics Filter (LHF und LHF compact).....	90
1.5.2.2	Line Harmonics Filter (LHF) mit eigenständigem Gehäuse (6SL3000-0J_ _ _ _AA0).....	91
1.5.2.3	Line Harmonics Filter compact (LHF compact) als Option L01 für SINAMICS G150.....	93
1.5.3	Netzfilter (Funk-Entstörfilter bzw. EMV-Filter).....	95
1.5.3.1	Allgemeines und Normen.....	95
1.5.3.2	Netzfilter für die Kategorien C3 (standard) und C2 (optional).....	97
1.5.3.3	Wirkungsweise der Netzfilter.....	98
1.5.3.4	Größenordnung der Ableit- bzw. Störströme.....	99
1.5.3.5	EMV-gerechte Installation.....	100
1.6	SINAMICS Infeeds (Einspeisestromrichter) und ihre Eigenschaften.....	102
1.6.1	Basic Infeed.....	102
1.6.2	Smart Infeed.....	104
1.6.3	Active Infeed.....	107
1.6.4	Eigenschaften der verschiedenen SINAMICS Infeeds im direkten Vergleich.....	112
1.6.5	---.....	114
1.6.6	Redundante Einspeisekonzepte.....	114
1.6.7	Zulässige Summenleitungslänge für S120 Infeed Modules bei Mehrmotorenantrieben.....	119
1.7	SINAMICS Bremsen (Braking Modules und Bremswiderstände)	120
1.8	SINAMICS Wechselrichter bzw. Motor Modules	121
1.8.1	Funktionsprinzip und Eigenschaften.....	121
1.8.2	Antriebsverbände mit mehreren Motor Modules an einer gemeinsamen DC-Schiene.....	122
1.8.2.1	Anschluss der Motor Modules an die DC-Schiene, Absicherung und Vorladung.....	122
1.8.2.2	Anordnung der Motor Modules entlang der DC-Schiene.....	124
1.8.2.3	Räumliche Ausdehnung und Topologie der DC-Schiene.....	127
1.8.2.4	Kurzschlussströme auf der DC-Schiene.....	129
1.8.2.5	Maximale Leistung des Antriebsverbandes an der DC-Schiene.....	131
1.9	Auswirkungen der schnell schaltenden Leistungsbaulemente im Wechselrichter.....	133
1.9.1	Erhöhte Strombelastung des Wechselrichters durch lange Motorleitungen.....	133
1.9.2	Zu beachtende Besonderheiten bei motorseitigen Schützen und Leistungsschaltern.....	135
1.9.3	Erhöhte Spannungsbelastung der Motorwicklung durch lange Motorleitungen.....	136
1.9.4	Lagerströme durch steile Spannungsflanken am Motor.....	141
1.9.4.1	Maßnahmen zur Reduktion der Lagerströme.....	142
1.9.4.1.1	EMV-gerechte Installation für einen optimalen Potenzialausgleich im Antriebssystem.....	143
1.9.4.1.2	Isoliertes Lager auf der Nichtantriebsseite (NDE-Seite bzw. B-Seite) des Motors.....	147
1.9.4.1.3	Weitere Maßnahmen.....	147
1.9.4.2	Zusammenfassende Übersicht über die Lagerstromarten und Abhilfemaßnahmen.....	148
1.10	Motorseitige Drosseln und Filter.....	150
1.10.1	Motordrosseln.....	150
1.10.1.1	Reduktion der Spannungsteilheit du/dt an den Motoranschlüssen.....	150
1.10.1.2	Reduktion der zusätzlichen Stromspitzen beim Einsatz langer Motorleitungen.....	150
1.10.1.3	Zulässige Motorleitungslängen mit Motordrossel(n) bei Einzel- und Gruppenantrieben.....	151
1.10.1.4	Zu beachtende Randbedingungen beim Einsatz von Motordrosseln.....	155
1.10.2	du/dt-Filter plus VPL und du/dt-Filter compact plus VPL.....	156

1.10.2.1	Aufbau und Wirkungsweise	156
1.10.2.2	Zu beachtende Randbedingungen beim Einsatz von du/dt-Filtern	157
1.10.3	Sinusfilter	159
1.10.3.1	Aufbau und Wirkungsweise	159
1.10.3.2	Zu beachtende Randbedingungen beim Einsatz von Sinusfiltern	160
1.10.4	Eigenschaften der motorseitigen Drosseln und Filter im Vergleich	162
1.11	---	164
1.12	Wechselastfestigkeit der IGBT- Module und Leistungsteile	164
1.12.1	Allgemeines	164
1.12.2	IGBT- Modul mit zyklisch wechselnder Strombelastung	164
1.12.3	Dimensionierung der Leistungsteile für den Betrieb mit niedrigen Ausgangsfrequenzen	165
1.13	Lastspiele	169
1.13.1	Allgemeines	169
1.13.2	Standardlastspiele	169
1.13.3	Beliebige Lastspiele	170
1.13.4	Thermische Überwachung des Leistungsteils	184
1.13.5	Betrieb der Umrichter mit erhöhter Pulsfrequenz	184
1.14	Umrichter-Wirkungsgrade bei Voll- und Teillast	189
1.14.1	Umrichter-Wirkungsgrade bei Volllast	189
1.14.2	Umrichter-Wirkungsgrade bei Teillast	190
1.14.2.1	---	190
1.14.2.2	Teillastwirkungsgrade der S120 Basic Line Modules	190
1.14.2.3	Teillastwirkungsgrade der S120 Smart Line Modules	191
1.14.2.4	Teillastwirkungsgrade der S120 Active Line Modules + Active Interface Modules	191
1.14.2.5	Teillastwirkungsgrade der S120 Motor Modules	192
1.14.2.6	Teillastwirkungsgrade der Umrichter G130 / G150	193
1.14.2.7	Teillastwirkungsgrade der Umrichter S150	195
1.15	Umrichter-Parallelschaltungen	198
1.15.1	Allgemeines	198
1.15.2	Umrichter-Parallelschaltung bei SINAMICS	198
1.15.3	Parallelschaltung von S120 Basic Line Modules	200
1.15.4	Parallelschaltung von S120 Smart Line Modules	203
1.15.5	Parallelschaltung von S120 Active Line Modules	206
1.15.6	Parallelschaltung von S120 Motor Modules	208
1.15.7	Zulässige Wicklungssysteme für SINAMICS Umrichter-Parallelschaltungen	210
1.16	Flüssigkeitsgekühlte und wassergekühlte Geräte SINAMICS S120	213
1.16.1	Allgemeines	213
1.16.2	Flüssigkeitsgekühlte Geräte SINAMICS S120	214
1.16.2.1	Aufbau der flüssigkeitsgekühlten Geräte Bauform Chassis	214
1.16.2.2	Anforderungen an den Kühlkreislauf und das Kühlmittel	215
1.16.2.3	Beispiel eines geschlossenen Kühlkreislaufes für flüssigkeitsgekühlte SINAMICS S120	218
1.16.2.4	Beispiel zur Regelung der Kühlmitteltemperatur zum Schutz vor Betauung/Kondensation	219
1.16.2.5	Hinweise zur Kühlkreislaufprojektierung	222
1.16.2.6	Hinweise zum Schaltschrankbau	232
1.16.3	Wassergekühlte Geräte SINAMICS S120 für einen gemeinsamen Kühlkreislauf	236
1.16.3.1	Aufbau der wassergekühlten Geräte Bauform Chassis	236
1.16.3.2	Anforderungen an den Kühlkreislauf und das Kühlmittel	237
1.16.3.3	Beispiel eines geschlossenen Kühlkreislaufes für wassergekühlte SINAMICS S120	240
1.16.3.4	Beispiel eines halboffenen Kühlkreislaufes für wassergekühlte SINAMICS S120	240

1.16.3.5	Beispiel zur Regelung der Kühlmitteltemperatur zum Schutz vor Betauung/Kondensation	241
1.16.3.6	Hinweise zur Kühlkreislaufprojektierung	244
1.16.3.7	Hinweise zum Schaltschrankeinbau.....	252
2	EMV-Aufbaurichtlinie	253
2.1	Einführung	253
2.1.1	Allgemeines.....	253
2.1.2	EU-Richtlinien	253
2.1.3	CE-Kennzeichnung	253
2.1.4	EMV-Richtlinie.....	254
2.1.5	EMV-Produktnorm IEC 61800-3 bzw. EN 61800-3	254
2.2	Grundlagen der EMV	257
2.2.1	Definition der EMV	257
2.2.2	Störaussendung und Störfestigkeit	257
2.3	Der Frequenzumrichter und seine EMV.....	257
2.3.1	Der Frequenzumrichter als Störquelle.....	257
2.3.2	Der Frequenzumrichter als hochfrequente Störquelle	258
2.3.3	Der Frequenzumrichter als niederfrequente Störquelle (Netzurückwirkungen)	262
2.3.4	Der Frequenzumrichter als Störsenke.....	263
2.3.4.1	Beeinflussungsmechanismen.....	263
2.3.4.1.1	Galvanische Kopplung	263
2.3.4.1.2	Kapazitive Kopplung	264
2.3.4.1.3	Induktive Kopplung.....	265
2.3.4.1.4	Elektromagnetische Kopplung (Strahlungskopplung).....	266
2.3.4.1.5	Masseschleifen bzw. Erdschleifen	266
2.4	EMV-gerechter Aufbau.....	267
2.4.1	Zonenkonzept innerhalb des Schaltschranks.....	268
2.4.2	Aufbau des Schaltschranks.....	269
2.4.3	Leitungsverlegung im Schaltschrank.....	269
2.4.4	Leitungen außerhalb des Schaltschranks	270
2.4.5	Leitungsschirme	270
2.4.6	Potenzialausgleich im Schaltschrank, im Antriebssystem und in der Anlage	270
2.4.7	Installationsbeispiele	272
2.4.7.1	EMV- gerechte Installation eines Schrankgerätes SINAMICS G150.....	272
2.4.7.2	EMV-gerechter Aufbau / Installation eines Schrankes mit Einbaugerät SINAMICS G130	273
2.4.7.3	EMV-gerechte anlagenseitige Leitungsverlegung auf Kabelpritschen und in Kabeltrassen	274
3	Geräteübergreifende SINAMICS-Projektierung	276
3.1	Dokumentationsübersicht	276
3.2	Safety Integrated / Antriebsintegrierte Sicherheitsfunktionen	281
3.2.1	Safety Integrated Basic Functions Safe Torque Off (STO) und Safe Stop 1 (SS1).....	281
3.3	Vorladehäufigkeit des Zwischenkreises.....	285
3.3.1	Bauform Booksize	285
3.3.2	Bauform Chassis.....	285
3.4	Bedienfelder (Operator Panels).....	285
3.4.1	Basic Operator Panel (BOP20)	285
3.4.2	Advanced Operator Panel (AOP30)	285
3.5	CompactFlash Cards für die Control Unit CU320-2.....	287

Inhaltsverzeichnis

Projektierungshinweise

3.6 Schaltschrankaufbau und -klimatisierung	288
3.6.1 Richtlinien und Normen.....	288
3.6.2 Physikalische Grundlagen	290
3.6.3 Kühlluftbedarf und Öffnungsquerschnitte	292
3.6.4 Einzuhaltende Freiräume.....	294
3.6.5 Erforderliche Abschottungsmaßnahmen.....	296
3.6.6 Verhinderung von Betauung beim Einsatz von Klimageräten und Klimaanlage	297
3.7 Montagevorrichtungen für Powerblöcke und Leistungsteile	298
3.8 Ersatz der Umrichterreihe SIMOVERT P und SIMOVERT A durch SINAMICS	299
3.8.1 Allgemeines	299
3.8.2 Ersatz von Umrichtern der Reihe SIMOVERT P 6SE35/36 und 6SC36/37 durch SINAMICS ..	299
3.8.3 Ersatz von Umrichtern der Reihe SIMOVERT A durch SINAMICS.....	301
4 Projektierung der Umrichter-Einbaugeräte SINAMICS G130	303
4.1 Allgemeine Hinweise	303
4.2 Bemessungsdaten für Antriebe mit geringer Anforderung an die Regelungsperformance	306
4.3 Anschlussplan des Power Modules	312
4.4 Einbindung der verschiedenen Verbraucher in die 24 V-Versorgung	313
4.5 Werkmäßige Vorbelegung der Kundenschnittstelle bei SINAMICS G130	315
4.6 Leitungsquerschnitte und Anschlüsse der Einbaugeräte SINAMICS G130	320
4.7 Vorladung des Zwischenkreises und Vorladeströme	320
4.8 Netzseitige Komponenten	322
4.8.1 Netzsicherungen.....	322
4.8.2 Netzdrossel.....	322
4.8.3 Line Harmonics Filter.....	323
4.8.4 Netzfilter.....	323
4.9 Komponenten am Zwischenkreis	324
4.9.1 Bremseinheiten.....	324
4.10 Lastseitige Komponenten und Leitungen	328
4.10.1 Motordrosseln	328
4.10.2 du/dt-Filter plus VPL und du/dt-Filter compact plus VPL.....	328
4.10.3 Sinusfilter	328
4.10.4 Maximal anschließbare Motorleitungslängen	328
5 Projektierung der Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS G150	330
5.1 Allgemeine Hinweise	330
5.2 Bemessungsdaten für Antriebe mit geringer Anforderung an die Regelungsperformance	330
5.3 Werkmäßige Vorbelegung der Kundenschnittstelle bei SINAMICS G150 mit TM31	337
5.4 Leitungsquerschnitte und Anschlüsse der Schrankgeräte SINAMICS G150	339
5.4.1 Empfohlene und maximal anschließbare Kabelquerschnitte für Netz- u. Motoranschluss.....	339
5.4.2 Erforderliche Kabelquerschnitte für Netz- und Motoranschluss	341
5.4.3 Erdung und Schutzleiterquerschnitt	342
5.5 Vorladung des Zwischenkreises und Vorladeströme	343
5.6 Netzseitige Komponenten	345
5.6.1 Netzsicherungen.....	345
5.6.2 Netzdrossel.....	345
5.6.3 Line Harmonics Filter.....	346
5.6.4 Netzfilter.....	346

5.7	Komponenten am Zwischenkreis	347
5.7.1	Bremseinheiten	347
5.8	Lastseitige Komponenten und Leitungen	351
5.8.1	Motordrosseln	351
5.8.2	du/dt-Filter plus VPL und du/dt-Filter compact plus VPL	351
5.8.3	Sinusfilter	351
5.8.4	Maximal anschließbare Motorleitungslängen	352
5.9	Parallelschaltungen SINAMICS G150 (Leistungserweiterung SINAMICS G150).....	352
5.9.1	6-pulsiger Betrieb von Parallelschaltungen SINAMICS G150	355
5.9.2	12-pulsiger Betrieb von Parallelschaltungen SINAMICS G150	356
5.9.3	Betrieb von Motoren mit getrennten Wicklungssystemen u. gemeins. Wicklungssystem	358
5.9.4	Besonderheiten bei der Vorladung von Parallelschaltungen SINAMICS G150	360
5.9.5	Übersicht zu Parallelschaltungen SINAMICS G150	363
6	Projektierung der SINAMICS S120, Hinweise zu Einbau- und Schrankgeräten	364
6.1	Allgemeines	364
6.1.1	Zuordnungstabelle	364
6.2	Regelungstechnische Eigenschaften	364
6.2.1	Leistungsmerkmale der Control Unit CU320-2.....	364
6.2.2	Regelungseigenschaften / Begriffsdefinitionen	366
6.2.3	Regelungseigenschaften der Control Unit CU320-2	367
6.2.4	Bestimmung der erforderlichen Regelungsperformance der Control Unit CU320-2.....	374
6.3	Bemessungsdaten, zulässige Ausgangsströme, maximale Ausgangsfrequenzen	377
6.3.1	Zulässige Ausgangsströme und maximale Ausgangsfrequenzen	377
6.3.2	Umgebungstemperaturen > 40 °C und Aufstellhöhen > 2000 m	378
6.4	DRIVE-CLiQ.....	380
6.4.1	Grundlagen	380
6.4.2	Festlegung der Komponentenverdrahtung	381
6.4.3	Im Lieferumfang enthaltene DRIVE-CLiQ-Leitungen	382
6.4.4	Leitungsverlegung.....	383
6.5	Vorladung des Zwischenkreises, Vorladeströme, Absicherung der DC-Anschlüsse	386
6.5.1	Basic Infeed	386
6.5.2	Smart Infeed.....	389
6.5.3	Active Infeed	391
6.6	Überprüfung der maximalen Zwischenkreiskapazität.....	393
6.6.1	Grundlagen	393
6.6.2	Kapazitätswerte.....	394
6.7	Anschluss von Motor Modules an eine gemeinsame DC-Schiene.....	398
6.7.1	Direkter Anschluss an die DC-Schiene	398
6.8	Braking Modules / Bremswiderstände.....	399
6.8.1	Braking Modules zum Einbau in Geräte der Bauform Chassis.....	399
6.8.2	Zu den Braking Modules zugehörige Bremswiderstände	402
6.8.3	SINAMICS S120 Motor Modules als 3-phasige Braking Modules	403
6.9	Maximal anschließbare Motorleitungslängen	408
6.9.1	Leistungssteile Bauform Booksize	408
6.9.2	Leistungssteile Bauform Chassis	409
6.10	Überprüfung der Summenleitungslänge bei Mehrmotorenantrieben	410

Inhaltsverzeichnis

Projektierungshinweise

6.11 Parallelschaltung von Motor Modules zur Leistungserhöhung	411
6.11.1 Allgemeines	411
6.11.2 Minimale Motorleitungslängen bei Motoren mit gemeinsamen Wicklungssystem.....	411
7 Projektierung der modularen Schrankgeräte SINAMICS S120 Cabinet Modules	412
7.1 Allgemeines	412
7.2 Luftgekühlte Schrankgeräte SINAMICS S120 Cabinet Modules	413
7.2.1 Genereller Ablauf einer Projektierung	413
7.2.2 Dimensionierungshinweise für luftgekühlte S120 Cabinet Modules	414
7.2.2.1 Derating-Daten der luftgekühlten S120 Cabinet Modules	414
7.2.2.1.1 Derating-Daten der S120 Cabinet Modules mit Leistungsteilen der Bauform Chassis	414
7.2.2.1.2 Derating-Daten der S120 Cabinet Modules mit Leistungsteilen der Bauform Booksize.....	415
7.2.2.2 Schutzarten der luftgekühlten S120 Cabinet Modules	416
7.2.2.3 Erforderliche Querschnitte der DC-Verschienung und maximale Kurzschlussströme.....	416
7.2.2.4 Erforderliche Kabelquerschnitte für Netz- und Motoranschluss	417
7.2.2.5 Kühlluftbedarf der luftgekühlten S120 Cabinet Modules	419
7.2.2.6 Hilfsstrombedarf.....	420
7.2.2.7 Netzdrosseln.....	428
7.2.2.8 Line Harmonics Filter.....	429
7.2.2.9 Netzfilter.....	429
7.2.2.10 Parallelschaltungen.....	430
7.2.2.11 Schrankgewichte.....	431
7.2.3 Hinweise zum Umgang mit den luftgekühlten Geräten	434
7.2.3.1 Kundenklemmenleiste -X55	434
7.2.3.2 Kundenklemmenleiste -X55.1 bzw. -X55.2	436
7.2.3.3 Hilfsspannungsversorgung	437
7.2.3.4 DRIVE-CLiQ Verdrahtung.....	439
7.2.3.5 Schrankaufstellung	440
7.2.3.6 Anordnungsbeispiele	440
7.2.3.7 Türöffnungswinkel.....	441
7.2.4 Line Connection Modules	442
7.2.4.1 Aufbau	442
7.2.4.2 Planungsempfehlung, Besonderheiten	443
7.2.4.3 Zuordnung der Gleichrichter / Line Modules	443
7.2.4.4 Parallelschaltungen.....	444
7.2.4.5 DC-Verschienung.....	445
7.2.4.6 Leistungsschalter	445
7.2.4.7 Kurzschlussfestigkeit	447
7.2.5 Basic Line Modules	448
7.2.5.1 Aufbau	448
7.2.5.2 Zwischenkreissicherungen.....	449
7.2.5.3 Parallelschaltungen von Basic Line Modules	449
7.2.6 Smart Line Modules	450
7.2.6.1 Aufbau	450
7.2.6.2 Zwischenkreissicherungen.....	451
7.2.6.3 Parallelschaltungen von Smart Line Modules	451

7.2.7 Active Line Modules + Active Interface Modules	452
7.2.7.1 Aufbau.....	452
7.2.7.2 Zwischenkreissicherungen.....	454
7.2.7.3 Parallelschaltungen von Active Line Modules + Active Interface Modules.....	454
7.2.8 Motor Modules	456
7.2.8.1 Aufbau.....	456
7.2.8.2 Zwischenkreissicherungen.....	456
7.2.8.3 Parallelschaltung von Motor Modules zur Leistungserhöhung.....	457
7.2.8.3.1 Allgemeines.....	457
7.2.8.3.2 Minimale Motorleitungslängen bei Motoren mit gemeinsamen Wicklungssystem.....	457
7.2.9 Booksize Base Cabinet / Booksize Cabinet Kits	458
7.2.9.1 Aufbau.....	458
7.2.9.2 Booksize Base Cabinet.....	458
7.2.9.3 Booksize Cabinet Kits.....	458
7.2.9.4 Zwischenkreissicherungen.....	459
7.2.9.5 Planungsempfehlung, Besonderheiten.....	459
7.2.10 Central Braking Modules	463
7.2.10.1 Aufbau.....	463
7.2.10.2 Anordnung im Zwischenkreisverband.....	466
7.2.10.3 Zwischenkreissicherungen.....	466
7.2.10.4 Parallelschaltung von Central Braking Modules.....	466
7.2.10.5 Bremswiderstand.....	466
7.2.11 Auxiliary Power Supply Modules	468
7.2.11.1 Aufbau.....	468
7.3 Flüssigkeitgekühlte Schrankgeräte SINAMICS S120 Cabinet Modules	470
7.3.1 Genereller Ablauf einer Projektierung	470
7.3.2 Dimensionierungshinweise für flüssigkeitsgekühlte S120 Cabinet Modules	471
7.3.2.1 Schutzarten der flüssigkeitsgekühlten S120 Cabinet Modules.....	471
7.3.2.2 Erforderliche Querschnitte der DC-Verschierung und maximale Kurzschlussströme.....	471
7.3.2.3 Erforderliche Kabelquerschnitte für Netz- und Motoranschluss.....	472
7.3.2.4 Kühlluftbedarf der flüssigkeitsgekühlten S120 Cabinet Modules.....	474
7.3.2.5 Hilfsstrombedarf.....	475
7.3.2.6 Netzdrosseln.....	478
7.3.2.7 Line Harmonics Filter.....	479
7.3.2.8 Netzfilter.....	479
7.3.2.9 Parallelschaltungen.....	480
7.3.2.10 Schrankgewichte.....	480
7.3.3 Hinweise zum Umgang mit den flüssigkeitsgekühlten Geräten	482
7.3.3.1 Kundenklemmenleiste.....	482
7.3.3.2 Hilfsspannungsversorgung.....	482
7.3.3.3 DRIVE-CLiQ Verdrahtung.....	482
7.3.3.4 Schrankaufstellung.....	483
7.3.3.5 Anordnungsbeispiele.....	484
7.3.3.6 Türöffnungswinkel.....	484
7.3.4 Hinweise zum Kühlkreislauf und zur Kühlkreislaufprojektierung	485
7.3.4.1 Aufbau der flüssigkeitsgekühlten Cabinet Modules.....	485
7.3.4.2 Anforderungen an den umrichterseitigen Feinwasserkreis.....	485
7.3.4.3 Anforderungen an den anlagenseitigen Rohwasserkreis.....	487
7.3.4.4 Derating Daten der flüssigkeitsgekühlten S120 Cabinet Modules.....	487

Inhaltsverzeichnis

Projektierungshinweise

7.3.4.5	Hinweise zur Kühlkreislaufprojektierung	488
7.3.4.6	Ablauf einer Kühlkreislaufprojektierung.....	490
7.3.4.7	Beispiel zur Kühlkreislaufprojektierung	492
7.3.5	Basic Line Connection Modules	496
7.3.5.1	Aufbau	496
7.3.5.2	Zwischenkreissicherungen.....	498
7.3.5.3	Parallelschaltungen von Basic Line Connection Modules	498
7.3.6	Active Line Connection Modules	499
7.3.6.1	Aufbau	499
7.3.6.2	Zwischenkreissicherungen.....	501
7.3.6.3	Parallelschaltungen von Active Line Connection Modules	501
7.3.7	Motor Modules.....	502
7.3.7.1	Aufbau	502
7.3.7.2	Zwischenkreissicherungen.....	504
7.3.7.3	Parallelschaltung von Motor Modules zur Leistungserhöhung	504
7.3.7.3.1	Allgemeines	504
7.3.7.3.2	Minimale Motorleitungslängen bei Motoren mit gemeinsamen Wicklungssystem.....	504
7.3.8	Auxiliary Power Supply Modules	505
7.3.8.1	Aufbau	505
7.3.9	Heat Exchanger Modules.....	507
7.3.9.1	Aufbau und Funktionsweise	507
7.3.10	Braking Modules	510
8	Projektierung der Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS S150	511
8.1	Allgemeine Hinweise	511
8.2	Bemessungsdaten und Dauerbetrieb der Umrichter	512
8.3	Werkmäßige Vorbelegung der Kundenschnittstelle bei SINAMICS S150 mit TM31	516
8.4	Leitungsquerschnitte und Anschlüsse der Schrankgeräte SINAMICS S150	518
8.4.1	Empfohlene und maximal anschließbare Kabelquerschnitte für Netz- u. Motoranschluss.....	518
8.4.2	Erforderliche Kabelquerschnitte für Netz- und Motoranschluss	519
8.4.3	Erdung und Schutzleiterquerschnitt	520
8.5	Vorladung des Zwischenkreises und Vorladeströme	520
8.6	Netzseitige Komponenten	521
8.6.1	Netzsicherungen.....	521
8.6.2	Netzfilter.....	522
8.7	Komponenten am Zwischenkreis	522
8.7.1	Bremseinheiten	522
8.8	Lastseitige Komponenten und Leitungen.....	522
8.8.1	Motordrossel	522
8.8.2	du/dt-Filter plus VPL und du/dt-Filter compact plus VPL.....	523
8.8.3	Sinusfilter	523
8.8.4	Maximal anschließbare Motorleitungslängen	523
8.9	Option L04 (Einspeisemodul eine Leistungsstufe niedriger ausgelegt)	524
9	Optionenbeschreibungen der Schrankgeräte	526
9.1	Option G33 (Communication Board CBE20)	526
9.2	Optionen G51 – G54 (Terminal Module TM150).....	527
9.3	Option K82 (Klemmenmodul zur Ansteuerung der Safety Funktionen STO und SS1)	529
9.4	Option K90 (CU320-2 DP), K95 (CU320-2 PN) und K94 (Performance-Erweiterung)	534

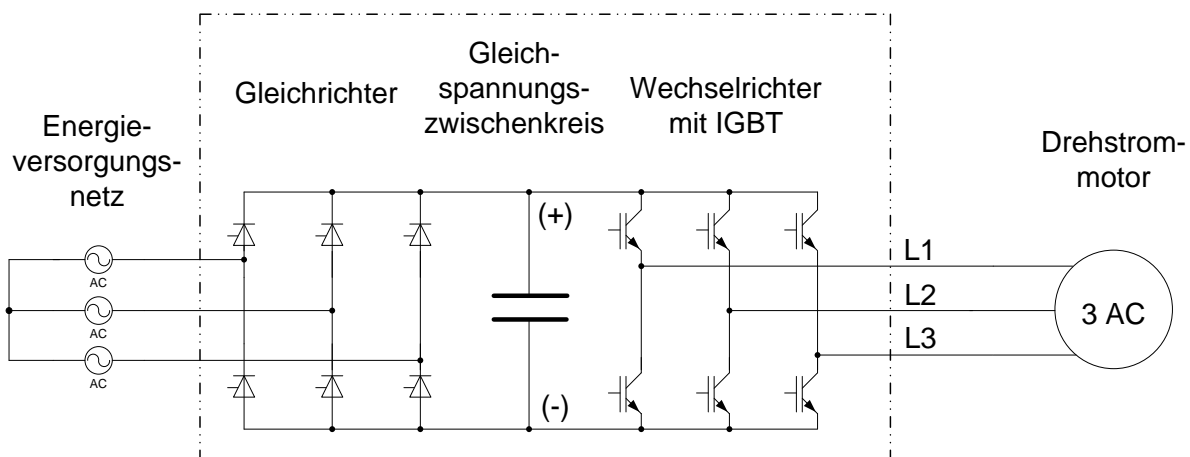
9.5	Option L08 (Motordrossel) / L09 (Zwei Motordrosseln in Reihe)	535
9.6	Option L25 (Leistungsschalter in Einschubtechnik)	535
9.7	Option L34 (Ausgangsseitiger Leistungsschalter)	536
9.8	Option L37 (DC-Ankopplung)	537
9.9	Option M59 (Schranktür geschlossen)	538
9.10	Option Y11 (Werksseitiger Zusammenbau zu Transporteinheiten)	539
10	Hinweise zur Antriebsdimensionierung	541
10.1	Allgemeines	541
10.2	Antriebe mit quadratischem Lastmoment	542
10.3	Antriebe mit konstantem Lastmoment	544
10.4	Zulässige Motor-Umrichter-Kombinationen	545
10.5	Antriebe mit permanenterrregten Drehstrom-Synchronmotoren	546
11	Motoren	552
11.1	Asynchronmotoren SIMOTICS SD 1LE1 / 1LE5	552
11.2	Umrichter-optimierte Asynchronmotoren SIMOTICS FD	552
11.3	Kompakt-Asynchronmotoren SIMOTICS M	556
11.4	Synchronmotoren SIMOTICS HT-direct 1FW4 in Permanentmagnet-Technik	557
11.5	Wicklungsisolation für Umrichterbetrieb	557
11.6	Lagerströme bei Umrichterbetrieb	558
11.7	Motorschutz bei Umrichterbetrieb	559

1 Grundlagen und Systembeschreibung

1.1 Funktionsprinzip der SINAMICS-Umrichter

1.1.1 Allgemeines Funktionsprinzip

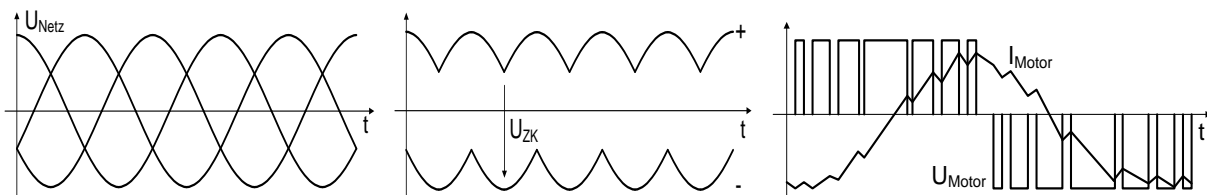
Die Geräte der Umrichterreihe SINAMICS sind Pulsumrichter mit Gleichspannungszwischenkreis. Der Umrichter besteht eingangsseitig aus einem Gleichrichter (in der Prinzipskizze beispielhaft als Thyristorgleichrichter dargestellt), der von einem Drehstromnetz mit konstanter Spannung U_{Netz} und konstanter Frequenz f_{Netz} gespeist wird. Der Gleichrichter erzeugt eine konstante Gleichspannung U_{ZK} , die so genannte Zwischenkreisspannung, die durch die Zwischenkreiskondensatoren geglättet wird. Die Zwischenkreisspannung wird durch den ausgangsseitigen 2-Punkt-Wechselrichter in IGBT-Technik umgewandelt in ein Drehstromsystem mit variabler Spannung U_{Motor} und variabler Frequenz f_{Motor} . Dies geschieht nach dem Verfahren der Pulsweitenmodulation. Über die Variation von Spannung und Frequenz kann die Drehzahl des angeschlossenen Drehstrommotors kontinuierlich und nahezu verlustlos verändert werden.



$U_{\text{Netz}} = \text{constant}$
 $f_{\text{Netz}} = \text{constant}$

U_{ZK}

$U_{\text{Motor}} = 0 \dots U_{\text{Netz}}$
 $f_{\text{Motor}} = 0 \dots f_{\text{max Wechselrichter}}$



Prinzipschaltbild eines Pulsumrichters mit Gleichspannungszwischenkreis

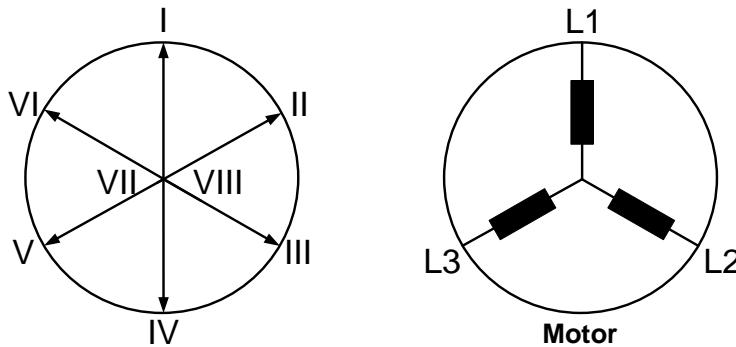
1.1.2 Pulsmodulationsverfahren

Die Leistungshalbleiter des IGBT-Wechselrichters (IGBT = Insulated Gate Bipolar Transistor) sind schnelle elektronische Schalter, die die Ausgänge des Umrichters an den positiven bzw. negativen Pol der Zwischenkreisspannung schalten. Über die Dauer der Ansteuersignale in den einzelnen Wechselrichterphasen und die Höhe der Zwischenkreisspannung wird somit eindeutig die Ausgangsspannung und damit die Spannung an dem angeschlossenen Motor festgelegt.

Betrachtet man alle drei Phasen, so gibt es insgesamt $2^3 = 8$ Schaltzustände im Wechselrichter, deren resultierende Wirkung im Motor sich durch Spannungszeiger beschreiben lässt.

Schaltzustände des Wechselrichters	Phase L1	Phase L2	Phase L3
U ₁	+	-	-
U ₂	+	+	-
U ₃	-	+	-
U ₄	-	+	+
U ₅	-	-	+
U ₆	+	-	+
U ₇	+	+	+
U ₈	-	-	-

Ist z. B. die Phase L1 auf die positive Zwischenkreisspannung geschaltet, die Phasen L2 und L3 auf die negative, entsprechend Schaltzustand U₁, so ergibt sich ein Spannungszeiger, der in Richtung der Motorphase L1 zeigt und mit I bezeichnet ist. Die Länge dieses Spannungszeigers ist durch die Zwischenkreisspannung bestimmt.



Darstellung der resultierenden Motorspannungen als Raumzeiger

Wird von Schaltzustand U₁ auf Schaltzustand U₂ umgeschaltet, so springt der Spannungszeiger aufgrund der Änderung des Potentials an dem Anschluss L2 um einen Winkel von 60°el. weiter. Die Länge des Zeigers bleibt unverändert.

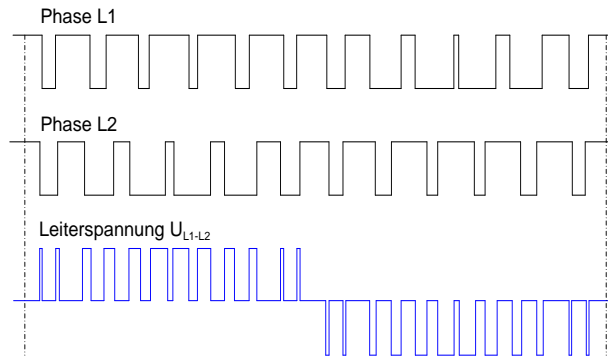
In gleicher Weise entstehen aus den Schaltkombinationen U₃ bis U₆ die daraus resultierenden Spannungszeiger. Die Schaltkombinationen U₇ und U₈ erzeugen an allen Motoranschlüssen das gleiche Potenzial. Aus beiden Kombinationen ergeben sich Spannungszeiger mit der Länge "Null" (Nullspannungszeiger).

1.1.2.1 Erzeugung einer variablen Spannung durch Pulsweitenmodulation

Für einen bestimmten Betriebszustand des Motors, gekennzeichnet durch Drehzahl und Drehmoment, müssen Spannung und Frequenz in geeigneter Weise vorgegeben werden. Im idealen Fall entspricht dies einer Führung des Spannungszeigers $U(\omega t)$ auf einer Kreisbahn mit der Umlaufgeschwindigkeit $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$ und angepasstem Betrag. Dies wird durch Modulation der tatsächlich einstellbaren Spannungsraumzeiger realisiert (Pulsweitenmodulation). So wird der Augenblickswert $U(\omega t)$ durch Pulsen der benachbarten, tatsächlich einstellbaren Spannungsraumzeiger und der Spannung "Null" gebildet.

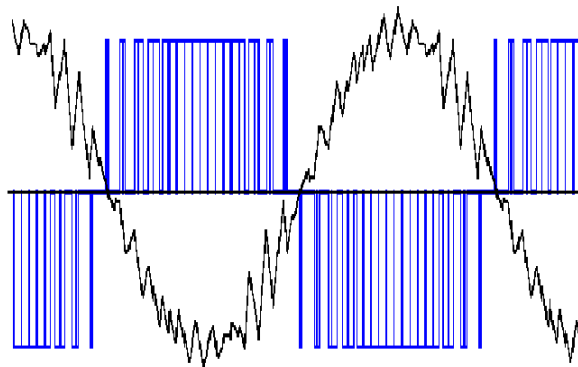
Durch Variation des Verhältnisses der Einschaltdauer (Pulsweite) von benachbarten Spannungszeigern zueinander stellt man direkt den Raumwinkel, durch Variation der Einschaltdauer des Nullspannungszeigers den gewünschten Betrag ein. Diese Art der Erzeugung der Ansteuersignale wird als Raumzeigermodulation RZM bezeichnet. Sie wird bei allen in diesem Projektierungshandbuch beschriebenen Geräten verwendet. Die Raumzeigermodulation liefert sinusmodulierte Pulsmuster.

Die folgende Skizze verdeutlicht, wie die Spannungen in den Phasen L1 und L2 sowie die Ausgangsspannung U_{L1-L2} (Leiterspannung zwischen den Phasen L1 und L2) durch Pulsweitenmodulation bzw. Raumzeigermodulation zustande kommen und zeigt deren prinzipielle, zeitliche Verläufe. Die Häufigkeit, mit der die IGBTs in den Wechselrichterphasen ein- und ausgeschaltet werden, bezeichnet man als Pulsfrequenz oder Taktfrequenz des Wechselrichters.



Zeitlicher Verlauf der Ansteuersignale für die IGBTs in den Wechselrichterphasen L1 und L2 sowie die zugehörige Ausgangsspannung (Leiterspannung) U_{L1-L2} . Die Höhe der Spannungspulse entspricht der Zwischenkreisspannung

Das folgende Bild zeigt in blauer Farbe den Zeitverlauf einer der drei Ausgangsspannungen des Wechselrichters (Leiterspannung zwischen den Phasen) sowie in schwarzer Farbe den resultierenden Strom einer der drei Phasen im Motor bei einem Standard-Asynchronmotor mit 50 Hz bzw. 60 Hz Bemessungsfrequenz, der mit einer Pulsfrequenz von 1,25 kHz betrieben wird. Man erkennt, dass durch die glättende Wirkung der Motorinduktivitäten der Motorstrom der Sinusform schon sehr gut angenähert ist, obwohl der Motor von einem rechteckförmigen Pulsmuster gespeist wird.



Motorspannung (U Leiter-Leiter) und Motorstrom mit Raumzeigermodulation RZM

1.1.2.2 Maximal erreichbare Ausgangsspannung mit Raumzeigermodulation RZM

Die Raumzeigermodulation RZM erzeugt Pulsmuster, die durch Spannungspulse mit konstanter Höhe und entsprechendem Puls-Pausen-Verhältnis eine ideal sinusförmige Motorspannung annähern. Der Scheitelwert dieser so erreichbaren maximalen (Grundswingungs-) Spannung entspricht somit der Höhe der Zwischenkreisspannung U_{ZK} . Damit ergibt sich der theoretisch maximal mögliche Effektivwert der Motorspannung bei Raumzeigermodulation zu

$$U_{RZM \max} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot U_{ZK} .$$

Die tatsächliche Höhe der Zwischenkreisspannung U_{ZK} wird durch die Art der Gleichrichtung der Netzspannung bestimmt. Sie beträgt bei netzgeführten Gleichrichtern, wie sie bei SINAMICS G130 und G150 sowie bei S120 Basic Line Modules verwendet werden, im Leerlauf $1,41 \cdot U_{\text{Netz}}$, im Teillastbereich ca. $1,35 \cdot U_{\text{Netz}}$ und bei voller Belastung $1,32 \cdot U_{\text{Netz}}$. Somit ergibt sich mit der bei netzgeführten Gleichrichtern real vorhandenen Zwischenkreisspannung von $U_{ZK} = 1,32 \cdot U_{\text{Netz}}$ eine theoretisch mögliche Motorspannung bei voller Belastung mit Raumzeigermodulation ohne Übersteuerung von

$$U_{RZM \max} = 0,935 \cdot U_{\text{Netz}} .$$

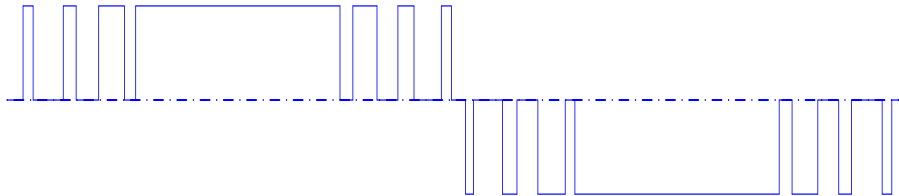
Aufgrund von Spannungsabfällen im Umrichter und aufgrund von Mindestimpulszeiten und Verriegelungszeiten im Steuersatz, der das Pulsmuster zur Ansteuerung der IGBTs erzeugt, ergeben sich real niedrigere Werte. In der Praxis ist daher von folgendem Wert für die Raumzeigermodulation ohne Übersteuerung auszugehen:

$$U_{RZM \max} \approx 0,92 \cdot U_{\text{Netz}}$$

Dieser Wert gilt exakt für Pulsfrequenzen von 2,0 kHz bzw. 1,25 kHz entsprechend der Werkseinstellung. Bei höheren Pulsfrequenzen nimmt er um ca. 0,5 % pro kHz ab.

1.1.2.3 Maximal erreichbare Ausgangsspannung mit Flankenmodulation FLM

Eine Erhöhung der Ausgangsspannung des Wechselrichters über die Werte hinaus, die sich mit der Raumzeigermodulation RZM erreichen lassen, ist dadurch möglich, dass nicht mehr über der gesamten Periodendauer der Grundschwingung gepulst wird, sondern nur noch an den Rändern bzw. den Flanken der Grundschwingungsperiode. Man spricht dann von der so genannten Flankenmodulation FLM. Die Motorspannung sieht dann prinzipiell wie folgt aus.



Motorspannung bei Flankenmodulation

Die maximal erreichbare Ausgangsspannung ergibt sich dann, wenn nur mit Grundfrequenz getaktet wird, also überhaupt nicht mehr gepulst wird. Die Ausgangsspannung besteht dann aus 120°-Rechteckblöcken mit der Amplitude der Zwischenkreisspannung. Der Grundschwingungseffektivwert der Ausgangsspannung errechnet sich dann mit der bei netzgeführten Gleichrichtern real vorhandenen Zwischenkreisspannung von $U_{ZK} = 1,32 \cdot U_{Netz}$ und bei voller Belastung zu

$$U_{\text{Rechteck}} = \frac{\sqrt{6}}{\pi} \cdot U_{ZK} = \frac{\sqrt{6}}{\pi} \cdot 1,32 \cdot U_{\text{Netz}} = 1,03 \cdot U_{\text{Netz}}$$

Mit der reinen Rechteckmodulation lässt sich also sogar eine geringfügig höhere Motorspannung als die Netzspannung erzielen. Allerdings enthält die Motorspannung dabei ein sehr ungünstiges Oberschwingungsspektrum, das erhebliche Zusatzverluste im Motor verursacht und den Motor ungünstig ausnutzt. Deshalb wird die reine Rechteckmodulation bei SINAMICS-Umrichtern nicht genutzt.

Mit der bei SINAMICS-Umrichtern verwendeten Flankenmodulation ergibt sich mit der bei netzgeführten Gleichrichtern real vorhandenen Zwischenkreisspannung von $U_{ZK} = 1,32 \cdot U_{\text{Netz}}$ unter Berücksichtigung der im Umrichter vorhandenen Spannungsabfälle eine maximale Ausgangsspannung, die nur noch ganz geringfügig unterhalb der Netzspannung liegt:

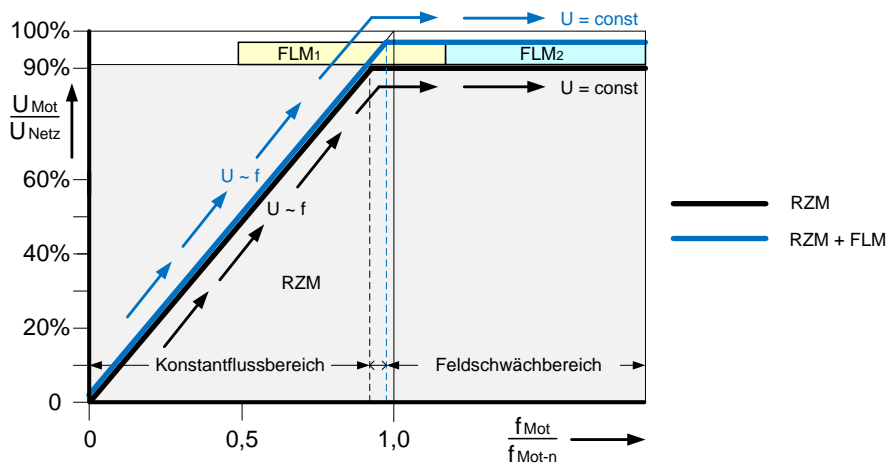
$$U_{\text{FLM max}} \approx 0,97 \cdot U_{\text{Netz}}$$

Für die Flankenmodulation werden optimierte Pulsmuster verwendet, die nur geringe Oberschwingungsströme verursachen und somit den angeschlossenen Motor sehr gut ausnutzen. Übliche Standard-Asynchronmotoren für 50 Hz oder 60 Hz, die im Netzbetrieb nach der Thermischen Klasse 130 (früher Wärmeklasse B) ausgenutzt werden, können mit der Flankenmodulation unter Ausnutzung der Thermischen Klasse 155 (früher Wärmeklasse F) im Bemessungspunkt bis zum Bemessungsmoment betrieben werden.

Die Flankenmodulation steht standardmäßig bei allen in diesem Projektierungshandbuch beschriebenen SINAMICS-Geräten in Vektorregelung (Antriebsobjekt des Typs Vector) zur Verfügung:

- SINAMICS G130 *) - Einbaugeräte
- SINAMICS G150 *) - Schrankgeräte
- SINAMICS S150 *) - Schrankgeräte
- SINAMICS S120 *) - Motor Modules / Bauform Chassis
- SINAMICS S120 *) - Motor Modules / Bauform Cabinet Modules

Bei den Umrichtern SINAMICS G130 / G150 ist der Modulator Modus (Parameter p1802) automatisch auf den Wert 9 (Flankenmodulation) vorgelegt, weil als technologische Anwendung „Pumpen und Lüfter“ voreingestellt ist (Parameter p0500 = 1), denn die Umrichter SINAMICS G werden schwerpunktmäßig in Kombination mit Asynchronmotoren ohne Drehzahlgeber als unabhängige Einzelantriebe in Anwendungen mit geringen regelungstechnischen Anforderungen eingesetzt. Diese Geräte nutzen dann bei niedriger Ausgangsfrequenz und niedriger Aussteuerung (Ausgangsspannung < 92 % der Eingangsspannung) die Raumzeigermodulation RZM und schalten dann automatisch auf die Flankenmodulation FLM um, wenn bei höherer Ausgangsfrequenz eine so hohe Aussteuerung benötigt wird, dass sie durch die Raumzeigermodulation nicht mehr zur Verfügung gestellt werden kann (Ausgangsspannung > 92 % der Eingangsspannung). Die geringfügigen Unstetigkeiten im Drehmomentverlauf aufgrund von Einschwingvorgängen beim Übergang zwischen den Modulationssystemen sind bei den oben genannten regelungstechnisch einfachen Anwendungen praktisch ohne Bedeutung.



Mit netzgeführter Einspeisung maximal erreichbare Motorspannung bei Raumzeigermodulation RZM und bei Flankenmodulation FLM

Bei den Motor Modules SINAMICS S120 und den Umrichtern SINAMICS S150 ist der Modulator Modus (Parameter p1802) in Vektorregelung automatisch auf den Wert 4 (Raumzeigermodulation ohne Übersteuerung) voreingestellt, weil als technologische Anwendung „Standardantrieb Vector“ voreingestellt ist (Parameter p0500 = 0). Diese Geräte nutzen dann nur die Raumzeigermodulation RZM, weil insbesondere die Motor Modules SINAMICS S120 schwerpunktmäßig in regelungstechnisch anspruchsvollen, koordinierten Mehrmotorensystemen eingesetzt werden, die eine hohe Regelungsgüte erfordern (z. B. Bandanlagen, Papiermaschinen und Folienziehmaschinen). In derartigen Anwendungen können die geringfügigen Unstetigkeiten im Drehmomentverlauf aufgrund von Einschwingvorgängen beim Übergang zwischen verschiedenen Modulationssystemen oftmals nicht toleriert werden. Soll bei den Motor Modules SINAMICS S120 und den Umrichtern SINAMICS S150 die Flankenmodulation FLM genutzt werden, so ist bei der Inbetriebnahme der Modulator Modus (Parameter p1802) auf den Wert 9 (Flankenmodulation) einzustellen.

Prinzipiell kann man auch durch Übersteuerung der Raumzeigermodulation RZM (einstellbar im Parameter p1802 mit den Werten 0, 1, 2, 5, 6) höhere Aussteuerungen bzw. höhere Ausgangsspannungen erreichen. Hierdurch vermeidet man zwar die geringfügigen Unstetigkeiten im Drehmomentverlauf, wie sie beim Übergang zwischen verschiedenen Modulationssystemen auftreten, jedoch steigt das Oberschwingungsspektrum im Motorstrom an, was zu höheren Drehmomentwelligkeiten und höheren Motorverlusten führt. Bei starker Übersteuerung (maximaler Aussteuergrad im Parameter p1803 > ca. 103 %) nimmt auch die Regelungsgüte nennenswert ab. Daher bietet die mit optimierten Pulsmustern arbeitende Flankenmodulation FLM hier deutliche Vorteile, weil eine hohe Aussteuerung (hohe Ausgangsspannung) bei gleichzeitig gutem Antriebsverhalten hinsichtlich der Drehmomentgenauigkeit und der Motorverluste erreicht wird.

*) Ausnahmen hinsichtlich der Nutzung der Flankenmodulation:

Bei Umrichtern mit ausgangsseitigem Sinusfilter darf die Flankenmodulation nicht angewählt werden.

Wenn als Einspeisung ein Basic Infeed bzw. ein Smart Infeed verwendet wird, gilt für die Zwischenkreisspannung bei voller Belastung $U_{ZK} = 1,32 \times U_{Netz}$ bzw. $U_{ZK} = 1,30 \times U_{Netz}$. Die maximale Motorspannung ist dann mit reiner Raumzeigermodulation (p1802=3) und Sinusfilter auf ca. 85 % der Netzeingangsspannung bei Geräten mit Anschlussspannung 3AC 380 V - 480 V bzw. auf ca. 83 % der Netzeingangsspannung bei Geräten mit Anschlussspannung 3AC 500 V - 600 V begrenzt.

Wenn als Einspeisung ein Active Infeed verwendet wird, gilt für die Zwischenkreisspannung wegen des Hochsetzstellerbetriebes des Active Infeed: $U_{ZK} > 1,42 \times U_{Netz}$ mit der Werkseinstellung $U_{ZK} = 1,5 \times U_{Netz}$. Mit dieser Werkseinstellung des Active Infeed sowie reiner Raumzeigermodulation (p1802=3) und Sinusfilter ist die maximale Motorspannung auf ca. 95 % der Netzeingangsspannung begrenzt. Werte von 100 % oder mehr lassen sich erreichen, wenn das Verhältnis U_{ZK} / U_{Netz} beim Active Infeed mit Werten größer als die Werkseinstellung 1,5 parametrisiert wird, wie im Abschnitt „SINAMICS Infeeds und ihre Eigenschaften“, Unterabschnitt „Active Infeed“ beschrieben.

Hinweis:

Die Flankenmodulation FLM steht grundsätzlich nur bei Antriebsobjekten des Typs Vector (Vektorregelung und U/f-Steuerung) in Kombination mit Stromreglertakten $\geq 250 \mu s$ zur Verfügung und wird in der Regel bei Antrieben mit Asynchronmotoren verwendet. Bei Antriebsobjekten des Typs Servo (Servoregelung) arbeiten die Geräte ausschließlich in der Raumzeigermodulation RZM mit automatischer Übersteuerung. Der Grund hierfür ist die geringere Dynamik des Antriebs beim Betrieb mit Flankenmodulation. Diese kann in vielen Anwendungen mit Vektorregelung akzeptiert werden, jedoch nicht in hochdynamischen Anwendungen mit Servoregelung.

1.1.3 Die Pulsfrequenz und ihr Einfluss auf wichtige Systemeigenschaften

Die Pulsfrequenz des Wechselrichters ist die Häufigkeit, mit der die IGBTs in den Wechselrichterphasen beim Betrieb mit Raumzeigermodulation RZM ein- und ausgeschaltet werden. Sie ist ein wichtiger Parameter, der signifikanten Einfluss auf verschiedene Eigenschaften des Antriebssystems hat und innerhalb vorgegebener Grenzen verändert werden kann. Eine Erhöhung gegenüber der Werkseinstellung kann sinnvoll sein, z. B. um die Motorgeräusche zu reduzieren. Eine Erhöhung kann aber auch zwingend erforderlich sein, z. B. um hohe Ausgangsfrequenzen zu erreichen oder den Einsatz von Sinusfiltern am Umrichteranschluss zu ermöglichen.

Im Folgenden soll eine Übersicht gegeben werden,

- über die werkseitig eingestellten Werte der Pulsfrequenz,
- in welchen Grenzen die Pulsfrequenz verstellt werden kann,
- welche Zusammenhänge zwischen Stromreglertakt, Pulsfrequenz und Ausgangsfrequenz bestehen,
- wie sich die Pulsfrequenz auf verschiedene Eigenschaften des Antriebssystems auswirkt, und
- was im Zusammenhang mit motorseitigen Optionen (Motordrosseln, Motorfiltern) zu beachten ist.

1.1.3.1 Werkseinstellung und Einstellbereiche der Pulsfrequenz

Die Pulsfrequenz f_{Puls} des motorseitigen Wechselrichters ist bei SINAMICS G130, G150, S150 und S120 (Bauform Chassis und Cabinet Modules) bei Antriebsobjekten des Typs Vector (Vektorregelung und U/f-Steuerung) werkseitig voreingestellt auf 2,0 kHz mit einem Stromreglertakt $T_1 = 250 \mu\text{s}$ bzw. 1,25 kHz mit einem Stromreglertakt $T_1 = 400 \mu\text{s}$ gemäß der folgenden Tabelle.

Netzanschlussspannung	Typeleistung	Bemessungs-Ausgangsstrom	Werkseinstellung von Pulsfrequenz f_{Puls} und Stromreglertakt T_1	Maximal mögliche Pulsfrequenz des Leistungsteiles
3AC 380 V – 480 V	$\leq 250 \text{ kW}$ $\geq 315 \text{ kW}$	$\leq 490 \text{ A}$ $\geq 605 \text{ A}$	2,00 kHz / 250 μs 1,25 kHz / 400 μs	8,0 kHz gerätespez. 7,5 oder 8,0 kHz ¹⁾
3AC 500 V – 600 V	Alle Leistungen	Alle Ströme	1,25 kHz / 400 μs	7,5 kHz
3AC 660 V – 690 V	Alle Leistungen	Alle Ströme	1,25 kHz / 400 μs	7,5 kHz

1) Details sind den Katalogen D 11 und D 21.3 sowie den gerätespezifischen Kapiteln dieses Handbuchs zu entnehmen

Geräteabhängige Werkseinstellung von Pulsfrequenz und Stromreglertakt bei SINAMICS G130, G150, S150 sowie bei SINAMICS S120 Motor Modules (Bauformen Chassis und Cabinet Modules) bei Antriebsobjekten des Typs Vector (Vektorregelung und U/f-Steuerung)

Die werkseitig voreingestellte Pulsfrequenz kann in diskreten Schritten erhöht werden. Die möglichen Einstellwerte der Pulsfrequenz f_{Puls} sind abhängig vom eingestellten Stromreglertakt T_1 gemäß der folgenden Gleichung

$$f_{\text{Puls}} = n \cdot (1 / T_1) \quad \text{mit} \quad n = \frac{1}{2}, 1, 2, 3, \dots$$

Zusätzlich sind die in der Tabelle aufgeführten Begrenzungen durch die jeweiligen Leistungsteile und die in den gerätespezifischen Kapiteln angegebenen Strom-Derating-Faktoren zu beachten. Abhängig von diesen Kriterien kann die Pulsfrequenz somit geräteabhängig bis auf 8 kHz bzw. 7,5 kHz angehoben werden. Umschaltungen zwischen Pulsfrequenzen, die sich nach der oben angegebenen Gleichung für einen fest eingestellten Stromreglertakt ergeben, sind bei Antriebsobjekten des Typs Vector (Vektorregelung und U/f-Steuerung) jederzeit möglich und können auch während des Betriebes vorgenommen werden, z. B. über eine Parameteränderung bzw. Datensatzumschaltung. Durch Ändern des Stromreglertaktes können auch andere Werte der Pulsfrequenz eingestellt werden, so dass prinzipiell eine sehr feinstufige Einstellung der Pulsfrequenz möglich ist. Die Änderung des Stromreglertaktes ist jedoch nur im Inbetriebnahmemodus des Antriebs möglich.

1.1.3.2 Zusammenhang zwischen Stromreglertakt, Pulsfrequenz und Ausgangsfrequenz

Für die in diesem Projektierungshandbuch beschriebenen Umrichter und Wechselrichter SINAMICS G130, G150, S150 und S120 (Bauform Chassis u. Cabinet Modules) gelten bei Antriebsobjekten des Typs Vector (Vektorregelung und U/f-Steuerung) die folgenden Abhängigkeiten zwischen Stromreglertakt, Pulsfrequenz und Ausgangsfrequenz:

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Abhängigkeit der einstellbaren Pulsfrequenzen f_{Puls} vom eingestellten Stromreglertakt T_I :

$$f_{Puls} = n \cdot (1 / T_I) \quad \text{mit} \quad n = \frac{1}{2}, 1, 2, 3, \dots \quad (\text{Gilt für Vektorregelung und U/f-Steuerung}) \quad (1)$$

Abhängigkeit der maximal erreichbaren Ausgangsfrequenz $f_{A \max}$ vom eingestellten Stromreglertakt T_I :

$$f_{A \max} \leq 1 / (8,3333 \cdot T_I) \quad (\text{Gilt nur für Vektorregelung und nicht für U/f-Steuerung}) \quad (2)$$

Abhängigkeit der maximal erreichbaren Ausgangsfrequenz $f_{A \max}$ von der eingestellten Pulsfrequenz f_{Puls} :

$$f_{A \max} \leq f_{Puls} / 12 \quad (\text{Gilt für Vektorregelung und U/f-Steuerung}) \quad (3)$$

Unabhängig von den oben genannten Formeln ist bei Vektorregelung und U/f-Steuerung die maximal erreichbare Ausgangsfrequenz $f_{A \max}$ in der Standard-Firmware bei SINAMICS G und S auf 550 Hz begrenzt. Mit der Lizenz „Hohe Ausgangsfrequenz“ (6SL3074-0AA02-0AA0) für SINAMICS S, welche auch als Option J01 zur CompactFlash Card für SINAMICS S bestellbar ist, kann die maximal erreichbare Ausgangsfrequenz $f_{A \max}$ auf 650 Hz erhöht werden. Die Lizenz „Hohe Ausgangsfrequenz“ unterliegt Exportbeschränkungen. Nähere Informationen auf Anfrage.

Mit der Firmware 4.3 beträgt der bei allen Chassis- und Schrankgeräten SINAMICS G und SINAMICS S bei Antriebsobjekten des Typs Vector (Vektorregelung und U/f-Steuerung) minimal einstellbare Stromreglertakt 250 μ s.

Ab der Firmware 4.4 lässt sich bei den Chassis- und Schrankgeräten SINAMICS S bei Antriebsobjekten des Typs Vector (Vektorregelung und U/f-Steuerung) ein minimaler Stromreglertakt von 125 μ s einstellen. Eine Ausnahme bilden nur die Parallelschaltungen SINAMICS S, bei denen der Minimalwert des Stromreglertaktes bei 200 μ s liegt. Für SINAMICS G beträgt der minimal einstellbare Stromreglertakt weiterhin 250 μ s und der minimal einstellbare Drehzahlreglertakt weiterhin 1 ms.

Antriebsobjekt Vector mit der Regelungsart Vektorregelung

Für **Vektorregelung** zeigt die folgende Tabelle die einstellbaren Pulsfrequenzen f_{Puls} und die zugehörigen maximal erreichbaren Ausgangsfrequenzen $f_{A \max}$ in Abhängigkeit vom eingestellten Stromreglertakt T_I gemäß den Gleichungen (1) bis (3), welche stets gleichzeitig erfüllt sein müssen.

Stromreglertakt	Einstellbare Pulsfrequenzen und zugehörige max. Ausgangsfrequenzen (exakte, ungerundete Werte)								
125 μ s (ab Firmware 4.4 bei SINAMICS S)					4,00 kHz 333 Hz				8,0 kHz 550 Hz / 650 Hz ¹
200 μ s (ab Firmware 4.4 bei SINAMICS S)				2,50 kHz 208 Hz		5,00 kHz 416 Hz			
250 μs² SINAMICS G u. S			2,00 kHz 166 Hz		4,00 kHz 333 Hz				8,0 kHz 480 Hz
400 μs³ SINAMICS G u. S		1,25 kHz 104 Hz		2,50 kHz 208 Hz		5,00 kHz 300 Hz		7,5 kHz 300 Hz	
500 μ s SINAMICS G u. S	1,00 kHz 83 Hz		2,00 kHz 166 Hz		4,00 kHz 240 Hz		6,00 kHz 240 Hz		8,0 kHz 240 Hz

¹ Nur mit der Lizenz „Hohe Ausgangsfrequenz“, welche als Option J01 zur CompactFlash Card für SINAMICS S bestellbar ist

² Folgende SINAMICS G und S haben als Werkseinstellung einen Stromreglertakt von **250 μ s** und eine Pulsfrequenz von **2,00 kHz**:
- 3AC 380 V – 480 V: \leq 250 kW / 490 A bzw. DC 510 V – 720 V: \leq 250 kW / 490 A

³ Folgende SINAMICS G und S haben als Werkseinstellung einen Stromreglertakt von **400 μ s** und eine Pulsfrequenz von **1,25 kHz**:
- 3AC 380 V – 480 V: \geq 315 kW / 605 A bzw. DC 510 V – 720 V: \geq 315 kW / 605 A
- 3AC 500 V – 600 V: Alle Leistungen bzw. DC 675 V – 900 V: Alle Leistungen
- 3AC 660 V – 690 V: Alle Leistungen bzw. DC 890 V – 1035 V: Alle Leistungen

Im Antriebsobjekt Vector mit der Regelungsart Vektorregelung einstellbare Pulsfrequenzen und zugehörige maximal erreichbare Ausgangsfrequenzen in Abhängigkeit vom eingestellten Stromreglertakt für SINAMICS G130, G150, S150 sowie S120 in den Bauformen Chassis und Cabinet Modules.

Antriebsobjekt Vector mit der Steuerungsart U/f-Steuerung

Für **U/f-Steuerung** zeigt die folgende Tabelle die einstellbaren Pulsfrequenzen f_{Puls} und die zugehörigen maximal erreichbaren Ausgangsfrequenzen $f_{\text{A max}}$ in Abhängigkeit vom eingestellten Stromreglertakt T_1 gemäß den Gleichungen (1) und (3) auf der vorhergehenden Seite, welche stets gleichzeitig erfüllt sein müssen.

Stromreglertakt	Einstellbare Pulsfrequenzen und zugehörige max. Ausgangsfrequenzen (exakte, ungerundete Werte)								
125 μs (ab Firmware 4.4 bei SINAMICS S)					4,00 kHz 333 Hz				8,0 kHz 550 Hz / 650 Hz ¹
200 μs (ab Firmware 4.4 bei SINAMICS S)				2,50 kHz 208 Hz		5,00 kHz 416 Hz			
250 μs^2 SINAMICS G u. S			2,00 kHz 166 Hz		4,00 kHz 333 Hz				8,0 kHz 550 Hz / 650 Hz ¹
400 μs^3 SINAMICS G u. S		1,25 kHz 104 Hz		2,50 kHz 208 Hz		5,00 kHz 416 Hz		7,5 kHz 550 Hz / 623 Hz ¹	
500 μs SINAMICS G u. S	1,00 kHz 83 Hz		2,00 kHz 166 Hz		4,00 kHz 333 Hz		6,00 kHz 500 Hz		8,0 kHz 550 Hz / 650 Hz ¹

¹ Nur mit der Lizenz „Hohe Ausgangsfrequenz“, welche als Option J01 zur CompactFlash Card für SINAMICS S bestellbar ist

² Folgende SINAMICS G und S haben als Werkseinstellung einen Stromreglertakt von **250 μs** und eine Pulsfrequenz von **2,00 kHz**:
- 3AC 380 V – 480 V: $\leq 250 \text{ kW} / 490 \text{ A}$ bzw. DC 510 V – 720 V: $\leq 250 \text{ kW} / 490 \text{ A}$

³ Folgende SINAMICS G und S haben als Werkseinstellung einen Stromreglertakt von **400 μs** und eine Pulsfrequenz von **1,25 kHz**:
- 3AC 380 V – 480 V: $\geq 315 \text{ kW} / 605 \text{ A}$ bzw. DC 510 V – 720 V: $\geq 315 \text{ kW} / 605 \text{ A}$
- 3AC 500 V – 600 V: Alle Leistungen bzw. DC 675 V – 900 V: Alle Leistungen
- 3AC 660 V – 690 V: Alle Leistungen bzw. DC 890 V – 1035 V: Alle Leistungen

Im Antriebsobjekt Vector mit der Steuerungsart U/f-Steuerung einstellbare Pulsfrequenzen und zugehörige maximal erreichbare Ausgangsfrequenzen in Abhängigkeit vom eingestellten Stromreglertakt für SINAMICS G130, G150, S150 sowie S120 in den Bauformen Chassis und Cabinet Modules.

Hinweise:

- Die maximal erreichbare Ausgangsfrequenz liegt bei den in diesem Projektierungshandbuch beschriebenen Geräten SINAMICS S und Antriebsobjekten des Typs Vector in der Regelungsart Vektorregelung standardmäßig bei 550 Hz. Mit der Lizenz „Hohe Ausgangsfrequenz“ sind bei SINAMICS S maximal 650 Hz erreichbar. Dazu ist ein Leistungsteil erforderlich, welches eine maximale Pulsfrequenz von 8,0 kHz zulässt und nicht als Parallelschaltung betrieben wird, sowie ein Stromreglertakt von 125 μs (einstellbar bei SINAMICS S ab Firmware 4.4). Bei Leistungsteilen, die eine maximale Pulsfrequenz von nur 7,5 kHz zulassen und nicht als Parallelschaltung betrieben werden, beträgt die maximal erreichbare Ausgangsfrequenz 623 Hz. Dazu ist ein Stromreglertakt von 133,75 μs erforderlich (einstellbar bei SINAMICS S ab Firmware 4.4) und eine Pulsfrequenz von 7,477 kHz.
- Durch Verändern des Stromreglertaktes im Bereich zwischen 125 μs und 500 μs bei SINAMICS S bzw. 250 μs und 500 μs bei SINAMICS G können auch andere Werte der Pulsfrequenz eingestellt werden als in der Tabelle oben angegeben, wobei stets die drei Gleichungen (1) bis (3) auf der vorhergehenden Seite gleichzeitig erfüllt sein müssen. In Verbindung mit taktischer Kommunikation (z. B. taktischem PROFIBUS) können jedoch nur Stromreglertakte von 125 μs oder ganzzahlige Vielfache dieses Wertes genutzt werden, wobei der Stromreglertakt außerdem so gewählt werden muss, dass sich der eingestellte Bustakt als ganzzahliges Vielfaches des Stromreglertaktes ergibt. Beim SINAMICS Link sind Bustakte von 500 μs , 1000 μs oder 2000 μs einstellbar, so dass hier die folgenden Stromreglertakte möglich sind: 125 μs , 250 μs und 500 μs . Nähere Informationen enthalten das Funktionshandbuch „SINAMICS S120 Antriebsfunktionen“ und die Listenhandbücher.
- Bei Pulsfrequenzen oberhalb der jeweiligen Werkseinstellungen sind die gerätespezifischen Strom-Derating-Faktoren zu berücksichtigen. Diese sind den gerätespezifischen Kapiteln zu entnehmen.
- Sollen bei Mehrmotorenantrieben SINAMICS S mehrere Motor Modules (Achsen) von einer Control Unit CU320-2 geregelt werden, so ist zu beachten, dass die mögliche Anzahl der Motor Modules (Achsen) abhängig vom Stromreglertakt ist. Nähere Informationen enthält das Kapitel „Projektierung der SINAMICS S120, Hinweise zu Einbau- und Schrankgeräten“, Abschnitt „Bestimmung der erforderlichen Regelungsperformance der Control Unit CU320-2“.

1.1.3.3 Einfluss der Pulsfrequenz auf den Ausgangsstrom des Wechselrichters

Die Werkseinstellung der Pulsfrequenz von 2,0 kHz bzw. 1,25 kHz liegt mit Rücksicht auf die Schaltverluste des Wechselrichters bei eher niedrigen Werten. Wird die Pulsfrequenz erhöht, so nehmen die Schaltverluste im Wechselrichter und somit die Gesamtverluste im Umrichter zu. Dies führt bei voller Auslastung des Wechselrichters zu einer Überlastung des Leistungsteiles. Daher müssen die erhöhten Schaltverluste durch Absenkung der Durchlassverluste kompensiert werden. Dies geschieht durch eine Reduktion des zulässigen Ausgangsstromes (Strom-Derating). Das pulsfrequenzabhängige Strom-Derating ist gerätespezifisch und muss bei der Gerätedimensionierung berücksichtigt werden. Die Derating-Faktoren sind in den gerätespezifischen Kapiteln für verschiedene Pulsfrequenzen angegeben. Werden Derating-Faktoren für Pulsfrequenzen benötigt, die nicht in den Tabellen angegeben sind, so lassen sich diese durch lineare Interpolation zwischen den angegebenen Tabellenwerten ermitteln. Unter bestimmten Randbedingungen (Netzspannung im unteren Bereich des zulässigen Weitspannungsbereiches, geringe Umgebungstemperatur, eingeschränkter Drehzahlbereich) kann das Strom-Derating bis zu Pulsfrequenzen, die der doppelten Werkseinstellung entsprechen, teilweise oder sogar vollständig vermieden werden. Nähere Angaben hierzu sind im Abschnitt „Betrieb der Umrichter mit erhöhter Pulsfrequenz“ zu finden.

1.1.3.4 Einfluss der Pulsfrequenz auf Verluste und Wirkungsgrad von Wechselrichter und Motor

Der Motorstrom ist mit der werkseitig eingestellten Pulsfrequenz von 2,0 kHz bzw. 1,25 kHz bereits weitgehend sinusförmig. Die im Motor hervorgerufenen Zusatzverluste infolge von Oberschwingungsströmen sind gering, aber dennoch nicht vernachlässigbar. Übliche Standardmotoren für 50 Hz oder 60 Hz, die im Netzbetrieb nach der Thermischen Klasse 130 (früher Wärmeklasse B) ausgenutzt werden, können im Umrichterbetrieb unter Ausnutzung der Thermischen Klasse 155 (früher Wärmeklasse F) im Bemessungspunkt bis zum Bemessungsmoment betrieben werden. Die Wicklungsübertemperatur liegt dann zwischen 80 - 100 K.

Eine Erhöhung der Pulsfrequenz reduziert bei Standardmotoren für 50 Hz oder 60 Hz die Motorzusatzverluste nur noch geringfügig, erhöht aber die Schaltverluste im Umrichter erheblich. Dadurch verschlechtert sich der Wirkungsgrad des aus Umrichter und Motor bestehenden Gesamtsystems.

1.1.3.5 Einfluss der Pulsfrequenz auf die Motorgeräusche

Beim Betrieb von Drehstrommotoren an Pulsumrichtern werden gegenüber dem direkten Betrieb an 50/60 Hz-Netzen erhöhte magnetische Geräusche im Motor angeregt. Ursache hierfür ist die gepulste Spannung, welche zusätzliche Spannungs- und Stromüberschwingungen im Motor zur Folge hat.

Gemäß

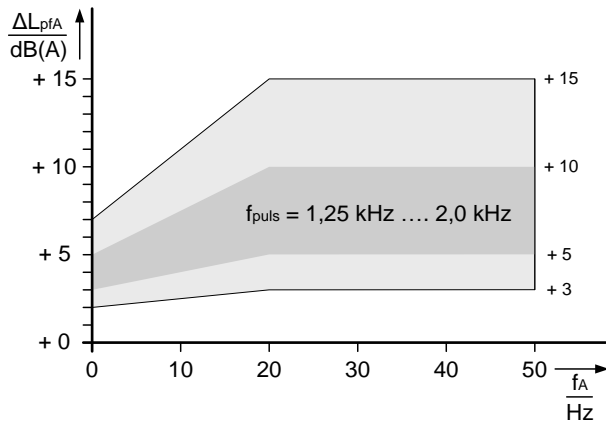
- IEC/TS 60034-17:2006 „Drehende elektrische Maschinen – Teil 17: Umrichter gespeiste Induktionsmotoren mit Käfigläufer – Anwendungsleitfaden“,
und
- IEC/TS 60034-25:2007 „Drehende elektrische Maschinen – Teil 25: Leitfaden für den Entwurf und das Betriebsverhalten von Induktionsmotoren mit Käfigläufer, die speziell für Umrichterbetrieb bemessen sind“,

tritt beim Betrieb von Drehstrommotoren an Pulsumrichtern bis zur Bemessungsfrequenz ein Anstieg des A-bewerteten Messflächen-Schalldruckpegels von bis zu 15 dB(A) gegenüber dem Betrieb bei Bemessungsfrequenz an sinusförmiger Spannung auf.

Die konkreten Werte hängen einerseits vom Pulsmodulationsverfahren und der zugehörigen Pulsfrequenz des Umrichters und andererseits von der Konstruktion und der Polzahl des Motors ab.

Bei SINAMICS-Umrichtern in der Regelungsart Vektorregelung (Antriebsobjekt des Typs Vector) mit Pulsfrequenzen gemäß Werkseinstellung (1,25 kHz bzw. 2,0 kHz) liegt der durch den Umrichterbetrieb bedingte Anstieg des A-bewerteten Messflächen-Schalldruckpegels am Motor typischerweise im Bereich von 5 dB(A) bis 10 dB(A).

Das folgende Diagramm zeigt die Streubreite der Erhöhung des A-bewerteten Messflächen-Schalldruckpegels ΔL_{pfA} am Motor gegenüber dem direkten Betrieb des Motors an einem 50 Hz - Netz für 2-, 4-, 6- und 8-polige rippengekühlte Motoren mit den werkseitig eingestellten Pulsfrequenzen von 1,25 kHz bzw. 2,0 kHz. Bei wassermantelgekühlten Motoren liegen die Werte niedriger.

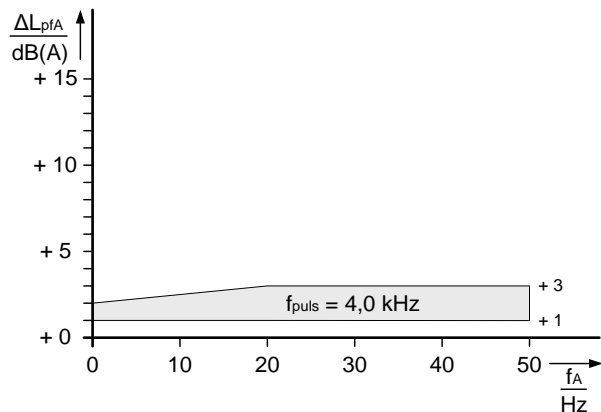
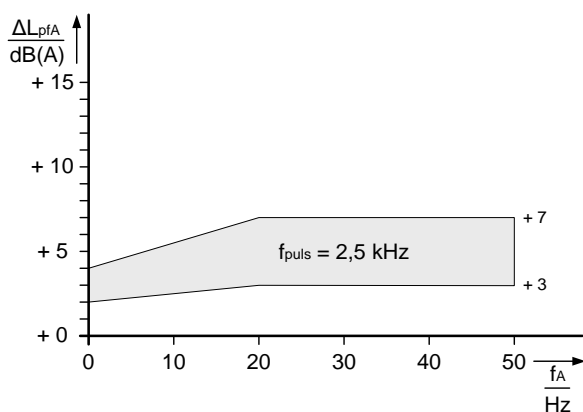


Geräuschanstieg am Motor mit den werkseitig eingestellten Pulsfrequenzen von 1,25 kHz bzw. 2,0 kHz

Reduktion der Motorgeräusche durch Erhöhung der Pulsfrequenz

Eine Erhöhung der Pulsfrequenz vermindert in aller Regel den umrichterbedingten Anstieg des Geräuschpegels am Motor.

Das folgende Diagramm zeigt die Streubreite der Erhöhung des A-bewerteten Messflächen-Schalldruckpegels ΔL_{pfA} am Motor gegenüber dem direkten Betrieb des Motors an einem 50 Hz - Netz für 2-, 4-, 6- und 8-polige rippengekühlte Motoren mit den gegenüber der Werkseinstellung erhöhten Pulsfrequenzen von 2,5 kHz bzw. 4,0 kHz. Bei wassermantelgekühlten Motoren liegen die Werte niedriger.



Geräuschanstieg am Motor mit den gegenüber der Werkseinstellung erhöhten Pulsfrequenzen von 2,5 kHz bzw. 4,0 kHz

Zu beachten ist jedoch das Strom-Derating des Wechselrichters mit zunehmender Pulsfrequenz. Neben dem Strom-Derating bei erhöhter Pulsfrequenz sind gegebenenfalls noch Begrenzungen im Zusammenhang mit motorseitigen Optionen wie Motordrosseln, du/dt-Filtern und Sinusfiltern zu beachten.

Grundlagen und Systembeschreibung

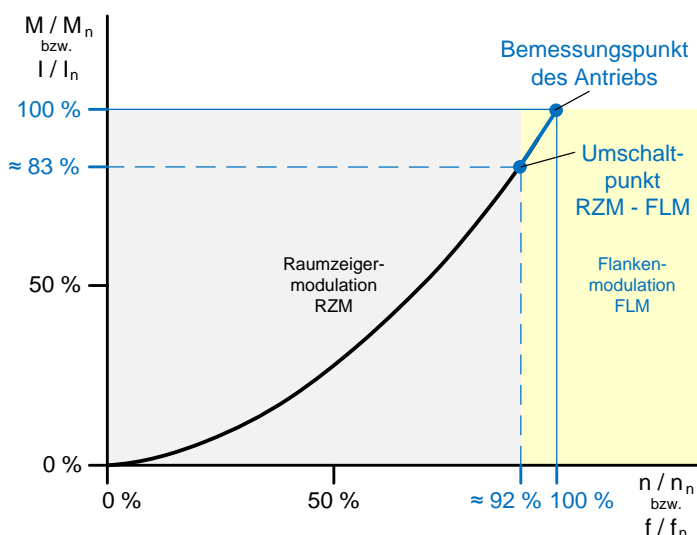
Projektierungshinweise

Unter bestimmten Randbedingungen (Netzspannung im unteren Bereich des zulässigen Weitspannungsbereiches, geringe Umgebungstemperatur, eingeschränkter Drehzahlbereich) kann das Strom-Derating bis zu Pulsfrequenzen, die der doppelten Werkseinstellung entsprechen, teilweise oder sogar vollständig vermieden werden. Nähere Angaben hierzu sind im Abschnitt „Betrieb der Umrichter mit erhöhter Pulsfrequenz“ zu finden.

In Pumpen- und Lüfteranwendungen mit quadratischer Lastkennlinie braucht das Strom-Derating bis zu bestimmten, gegenüber der Werkseinstellung erhöhten Pulsfrequenzen nicht berücksichtigt zu werden.

Bei Pumpen- und Lüfteranwendungen mit geringen regelungstechnischen Anforderungen (Technologische Anwendung = Pumpen und Lüfter / Parametereinstellung p0500 = 1) ist der Modulator Modus (Parameter p1802) bei Umrichtern SINAMICS G automatisch auf den Wert 9 (Flankenmodulation) vorgelegt und kann auch bei Umrichtern SINAMICS S auf den Wert 9 (Flankenmodulation) eingestellt werden. Die SINAMICS-Wechselrichter, die von netzgeführten Gleichrichtern gespeist werden, nutzen dann bei niedriger Ausgangsfrequenz, und damit niedriger Ausgangsspannung < ca. 92 % der Eingangsspannung, die Raumzeigermodulation RZM, und schalten dann automatisch auf die Flankenmodulation FLM um, wenn bei höherer Ausgangsfrequenz eine Ausgangsspannung > ca. 92 % der Eingangsspannung benötigt wird, die durch die Raumzeigermodulation nicht mehr zur Verfügung gestellt werden kann.

Aufgrund der quadratischen Abhängigkeit zwischen Drehmoment und Drehzahl entspricht der Umschaltzeitpunkt zwischen Raumzeigermodulation RZM und Flankenmodulation FLM einem Motorstrom von ca. 83 % des Bemessungsstromes des Antriebs.



Umschaltung zwischen Raumzeigermodulation u. Flankenmodulation bei Antrieben mit quadratischer Lastkennlinie $M \sim n^2$

Solange der Strom-Derating-Faktor des Wechselrichters für eine bestimmte, gegenüber der Werkseinstellung erhöhte Pulsfrequenz größer oder gleich dem prozentualen Motorstrom im Umschaltzeitpunkt ist, kann der Umschaltzeitpunkt auch mit der erhöhten Pulsfrequenz ohne Überlastreaktion erreicht werden.

Oberhalb des Umschaltzeitpunktes arbeitet der Wechselrichter in der Flankenmodulation mit optimierten Pulsmustern, die eine deutlich geringere Anzahl von Schalthandlungen aufweisen als die Raumzeigermodulation, so dass der Wechselrichter in der Flankenmodulation mit einer gegenüber der Raumzeigermodulation deutlich reduzierten effektiven Pulsfrequenz arbeitet, welche im Bereich der Werkseinstellung liegt. Deshalb kann in der Flankenmodulation der Bemessungspunkt des Antriebs ohne Überlastreaktion erreicht werden.

Aufgrund dieser Zusammenhänge können alle Umrichter SINAMICS G130 und G150, die eine Werkseinstellung der Pulsfrequenz von 1,25 kHz aufweisen, in Pumpen- und Lüfteranwendungen mit quadratischer Lastkennlinie mit einer Pulsfrequenz von 2,0 kHz ohne Strom-Derating betrieben werden, denn der Strom-Derating-Faktor dieser Umrichter liegt für 2,0 kHz durchweg bei $\geq 83\%$.

Hinweis:

Die oben beschriebenen Zusammenhänge gelten für den Fall, dass die Motornennspannung der Netzennspannung entspricht, der Umrichter eine netzgeführte Einspeisung besitzt und mit Netzennspannung betrieben wird. Bei erhöhter Netzspannung oder beim Einsatz aktiver Einspeisungen SINAMICS Active Infeed verschiebt sich der Umschaltzeitpunkt zwischen Raumzeigermodulation und Flankenmodulation zu höheren Drehzahlen bzw. Leistungen. Daher kann die beschriebene Vorgehensweise immer dann sinnvoll genutzt werden, wenn der Antrieb eine netzgeführte Einspeisung besitzt und an einem Netz betrieben wird, dessen Spannung die Nennspannung in der Regel nicht oder nur selten geringfügig überschreitet.

Reduktion der Motorgeräusche durch lastabhängige Pulsfrequenzumschaltung

Wenn eine dauerhafte Erhöhung der Pulsfrequenz aufgrund des Strom-Deratings und der damit verbundenen Überdimensionierung des Umrichters aus kommerziellen Gründen nicht akzeptabel ist, besteht in der Regelungsart Vektorregelung (Antriebsobjekt des Typs Vector) auch die Möglichkeit einer last- bzw. drehzahlabhängigen Umschaltung der Pulsfrequenz im Betrieb. Diese Maßnahme bietet sich besonders bei Pumpen- und Lüfterantrieben mit quadratischer Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie an. Hierzu kann der Umrichter im Teillastbereich mit einer höheren Pulsfrequenz betrieben werden. Beim Erreichen einer für jeden Antrieb individuell zu bestimmenden Last- bzw. Drehzahlgrenze wird durch eine Datensatzumschaltung auf die Werkseinstellung der Pulsfrequenz zurückgeschaltet. Damit ist es möglich, die Motorgeräusche im überwiegenden Teil des Drehzahlstellbereiches auf ein niedrigeres Niveau zu senken. Lediglich im Bereich der Bemessungslast, welche üblicherweise nur einen geringen Prozentsatz der Gesamtbetriebsdauer des Antriebes ausmacht, entstehen höhere Motorgeräusche.

Reduktion der Motorgeräusche durch Flussreduzierung (Wirkungsgradoptimierung)

SINAMICS-Umrichter sind werkseitig so eingestellt, dass die Motoren im gesamten Grunddrehzahlbereich bis zur Bemessungsdrehzahl mit ihrem Bemessungsfluss betrieben werden. Diese Einstellung ist für Konstantmomentantriebe zwingend erforderlich. Bei Pumpen- und Lüfterantrieben mit quadratischer Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie ist es dagegen in der Regel möglich, den Motorfluss im Teillastbereich zu reduzieren. Neben einer Verringerung der Verluste in Umrichter und Motor bewirkt die Flussabsenkung in der Regel auch eine Reduktion der umrichter-bedingten Zusatzgeräusche im Motor. Die Aktivierung erfolgt durch entsprechende Parametrierung (p1580).

Reduktion der Motorgeräusche durch Pulsfrequenzwobbeln

Bei Chassis- und Schrankgeräten kann das sogenannte Pulsfrequenzwobbeln über den Parameter p1810 / Bit 02 = 1 aktiviert werden (nicht möglich bei älteren Geräten mit CIB-Baugruppe u. Control Unit CU320 mit Firmware-Versionen < 2.6). Im Parameter p1811 wird die Wobbelamplitude eingestellt. Durch das Pulsfrequenzwobbeln wird die Pulsfrequenz nach einem statistischen Verfahren gemäß der Einstellung im Parameter p1811 variiert. Der Mittelwert der Pulsfrequenz entspricht dabei nach wie vor dem eingestellten Wert, aber durch die statistische Variation des Augenblickswertes ergibt sich ein modifiziertes Geräuschspektrum. Damit reduziert sich das subjektiv wahrnehmbare Motorgeräusch, insbesondere bei den relativ niedrigen werkseitig eingestellten Pulsfrequenzen. Nähere Details zur Parametrierung sind dem Funktionshandbuch „SINAMICS S120 Antriebsfunktionen“ und den Listenhandbüchern zu entnehmen.

Hinweis:

- Das Pulsfrequenzwobbeln kann nur bei Leistungsteilen der Bauform Chassis aktiviert werden.
- Das Pulsfrequenzwobbeln ist nur möglich in Vektorregelung und U/f-Steuerung, nicht in Servoregelung.
- Die maximale Pulsfrequenz $f_{\text{Puls max}}$ mit Wobbeln berechnet sich zu $f_{\text{Puls max}} = 1/\text{Stromreglertakt}$, d. h.:
 $f_{\text{Puls max}} = 4 \text{ kHz}$ mit Stromreglertakt $250 \mu\text{s}$ und $f_{\text{Puls max}} = 2,5 \text{ kHz}$ mit Stromreglertakt $400 \mu\text{s}$.
- Das Pulsfrequenzwobbeln ist nicht möglich bei Stromreglertakten $< 250 \mu\text{s}$

1.1.3.6 Zusammenhang zwischen der Pulsfrequenz und motorseitigen Optionen

Werden am Umrichter Ausgang Motordrosseln, du/dt-Filter plus VPL, du/dt-Filter compact plus VPL oder Sinusfilter eingesetzt, so sind die zulässige Pulsfrequenz sowie die maximale Ausgangsfrequenz durch die Optionen nach oben begrenzt oder es ist eine feste Pulsfrequenz vorgeschrieben:

- Zulässige Pulsfrequenz mit Motordrossel (SINAMICS):
Die maximale Pulsfrequenz ist begrenzt auf den doppelten Wert der Werkseinstellung, d. h. auf 4 kHz bei Geräten mit Werkseinst. 2 kHz und auf 2,5 kHz bei Geräten mit Werkseinst. 1,25 kHz. Die maximale Ausgangsfrequenz ist unabhängig von der Pulsfrequenz begrenzt auf 150 Hz.
- Zulässige Pulsfrequenz mit du/dt-Filter plus VPL und du/dt-Filter compact plus VPL (SINAMICS)
Die maximale Pulsfrequenz ist begrenzt auf den doppelten Wert der Werkseinstellung, d. h. auf 4 kHz bei Geräten mit Werkseinst. 2 kHz und auf 2,5 kHz bei Geräten mit Werkseinst. 1,25 kHz. Die maximale Ausgangsfrequenz ist unabhängig von der Pulsfrequenz begrenzt auf 150 Hz.
- Zulässige Pulsfrequenz mit Sinusfilter (SINAMICS):
Sinusfilter sind verfügbar in den Spannungsebenen 3AC 380 V – 480 V und 3AC 500 V – 600 V. Die Pulsfrequenz ist fest vorgegeben und beträgt 4 kHz (380 V – 480 V) bzw. 2,5 kHz (500 V – 600 V). Die maximale Ausgangsfrequenz ist begrenzt auf 150 Hz (380 V – 480 V) bzw. 115 Hz (500 V – 600 V).
- Zulässige Pulsfrequenz mit Sinusfilter (Fremdhersteller):
Die Pulsfrequenz sowie die maximale Ausgangsfrequenz richten sich nach den Angaben des Filterherstellers.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

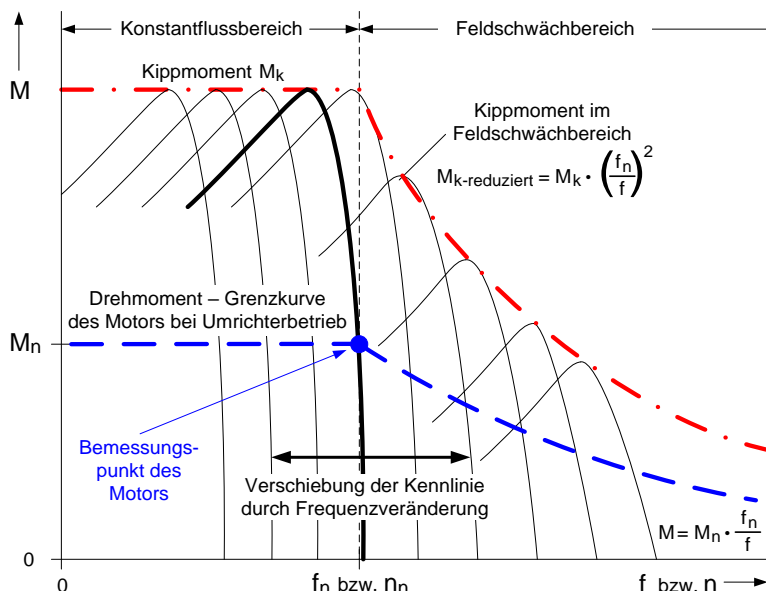
1.1.4 Steuerungs- und Regelungsarten

Die Standard-Firmware der in diesem Projektierungshandbuch beschriebenen SINAMICS-Umrichter G130, G150, S120 und S150 verfügt über verschiedene Steuerungs- und Regelungsarten für Drehstrommotoren:

- U/f-Steuerungsarten für regelungstechnisch einfache Anwendungen
- Feldorientierte Regelungsarten für regelungstechnisch hochgenaue und hochdynamische Anwendungen

1.1.4.1 Allgemeines zur Drehzahlverstellung

Die stationäre Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie eines Asynchronmotors lässt sich im Umrichterbetrieb durch Verstellung von Frequenz und Spannung verschieben – wie im folgenden Bild dargestellt. Die „fett“ dargestellte Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie entspricht der Kennlinie des Motors beim Betrieb direkt am Netz mit Bemessungsfrequenz f_n und Bemessungsspannung U_n .



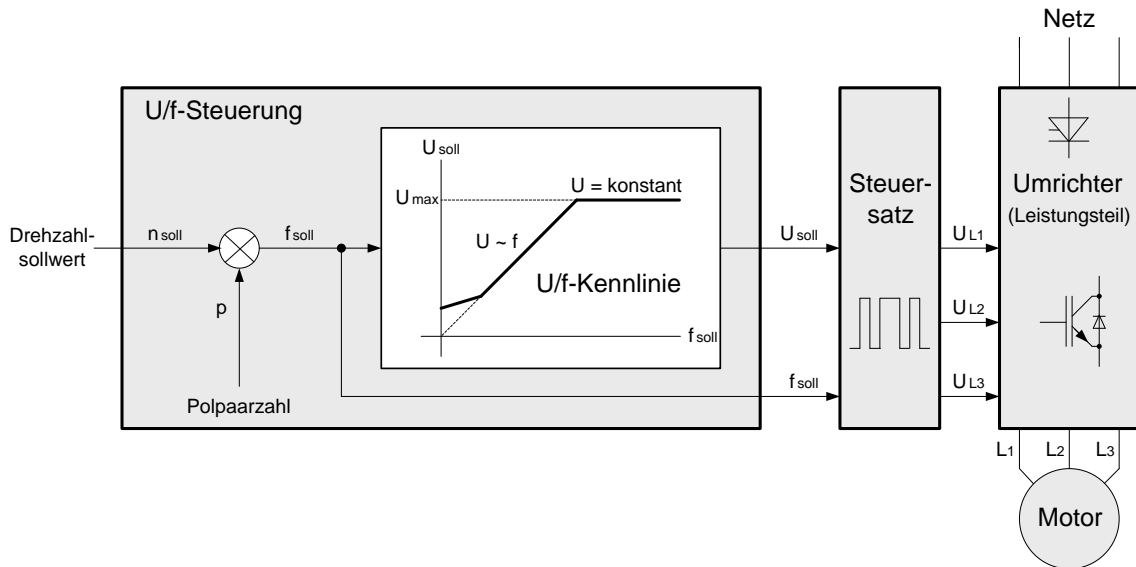
Verschiebung der Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie eines Asynchronmotors durch Verstellung von Frequenz u. Spannung

Solange die Spannung proportional zur Frequenz verstellt wird, bleibt das Verhältnis von Spannung und Frequenz konstant und damit auch der magnetische Fluss, das ausnutzbare Drehmoment sowie das Kippmoment des Motors. Dieser Bereich wird Konstantflussbereich oder auch Grunddrehzahlbereich genannt.

Wird nach dem Erreichen der maximal möglichen Ausgangsspannung des Umrichters die Frequenz weiter erhöht, so nimmt das Verhältnis von Spannung und Frequenz ab und damit auch der magnetische Fluss im Motor. Dieser Bereich wird Feldschwächbereich genannt. Im Feldschwächbereich verringert sich bei Asynchronmotoren das ausnutzbare Drehmoment M im Verhältnis zum Bemessungsdrehmoment M_n in etwa proportional zum Verhältnis f_n/f . Die Leistung bleibt dabei konstant. Das Kippmoment im Feldschwächbereich $M_{k\text{-reduziert}}$ verringert sich im Verhältnis zum Kippmoment M_k im Konstantflussbereich proportional zum Verhältnis $(f_n/f)^2$.

1.1.4.2 U/f-Steuerungsarten

Die U/f-Steuerung ist ein einfaches Verfahren zur Drehzahlverstellung von Drehstrommotoren. Das Grundprinzip der U/f-Steuerung beruht darauf, die Drehzahl des Motors durch Verändern der Frequenz zu verstellen und gleichzeitig die Spannung gemäß der Charakteristik der in der Firmware ausgewählten U/f-Kennlinie vorzugeben. Der Steuersatz erzeugt die Pulsmuster zur Steuerung der IGBTs in den drei Phasen des Leistungsteils des Umrichters.



Prinzipielles Strukturbild der U/f-Steuerung

Mit Hilfe der U/f-Kennlinie wird die Spannung in Abhängigkeit von der Frequenz verstellt, mit dem Ziel, den Fluss im Motor unabhängig von Drehzahl bzw. Frequenz möglichst konstant auf dem Wert des Bemessungsflusses zu halten.

Bei niedrigen Frequenzen ist der ohmsche Ständerwiderstand des Motors gegenüber den Induktivitäten nicht vernachlässigbar, so dass hier zur Kompensation des Spannungsabfalls am Ständerwiderstand die Spannung der U/f-Kennlinie gegenüber dem linearen Verlauf angehoben werden muss (Spannungsanhebung bzw. Boost).

Bei hohen Frequenzen wird die maximal mögliche Ausgangsspannung U_{max} des Umrichters erreicht, so dass die U/f-Kennlinie horizontal abknickt. Der Knickpunkt entspricht in der Regel dem Bemessungspunkt des angeschlossenen Motors. Wird die Frequenz über den Knickpunkt hinaus erhöht, so nehmen wegen der konstant bleibenden Spannung das Verhältnis von Spannung und Frequenz und damit auch der magnetische Fluss im Motor ab, wodurch der Motor im Feldschwächbereich betrieben wird.

Die U/f-Steuerung steht in der Standard-Firmware der in diesem Projektierungshandbuch beschriebenen SINAMICS-Umrichter im Antriebsobjekt Vector zur Verfügung (SINAMICS G130, G150, S120, S150). Es können die folgenden U/f-Steuerungsarten ausgewählt werden:

- U/f-Steuerung mit linearer Charakteristik
- U/f-Steuerung mit parabolischer Charakteristik
- U/f-Steuerung mit frei parametrierbarer Charakteristik
- U/f-Steuerung für frequenzgenaue Antriebe im Textilbereich
- U/f-Steuerung mit unabhängigem Spannungssollwert

Zur Optimierung des Betriebsverhaltens von Antrieben mit U/f-Steuerung sind in der SINAMICS-Firmware folgende Maßnahmen implementiert:

- **Schlupfkompensation:** Zur Erhöhung der Drehzahlgenauigkeit wird die Frequenz laststromabhängig adaptiert, um den Schlupf des angeschlossenen Asynchronmotors zu kompensieren.
- **Flussstromsteuerung FCC (Flux Current Control):** Zur Erhöhung der Drehzahlgenauigkeit werden Spannung und Fluss lastabhängig adaptiert.
- **Resonanzdämpfung:** Die Resonanzdämpfung bedämpft elektromechanische Schwingungen im Frequenzbereich bis zu einigen 10 Hz.
- **Strombegrenzungsregelung:** Die Strombegrenzungsregelung verhindert das Kippen des angeschlossenen Asynchronmotors und dient somit als Kippenschutz.

Die Vorteile der U/f-Steuerung liegen in der geringen Komplexität, der geringen Empfindlichkeit gegenüber Parameterschwankungen, wie z. B. Widerstandsänderungen durch Erwärmung oder Wechsel des am Umrichter betriebenen Motors, sowie in der Möglichkeit, problemlos mehrere Motoren am Ausgang eines Umrichters als Gruppenantriebe betreiben zu können. Die Nachteile liegen in der geringen Genauigkeit und Dynamik insbesondere bei niedrigen Drehzahlen und im Feldschwächbereich.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Aufgrund dieser Eigenschaften empfiehlt sich der Einsatz der U/f-Steuerung im Wesentlichen bei Asynchronmotoren-Antrieben mit geringen Anforderungen an Genauigkeit und Dynamik sowie bei Asynchronmotoren-Antrieben mit eingeschränktem Drehzahlstellbereich, bei denen bei niedrigen Drehzahlen keine hohen Drehmomentanforderungen auftreten. Die U/f-Steuerung kann sinnvoll eingesetzt werden bis zu Leistungen von ca. 100 kW – 200 kW sowie für Gruppenantriebe mit Asynchronmotoren oder SIEMOSYN-Motoren. Je größer die Motorleistung wird, umso größer wird auch die Schwingneigung bei niedrigeren Frequenzen. Daher ist bei solchen Antrieben eine sorgfältige Inbetriebnahme – insbesondere der Resonanzdämpfung – erforderlich.

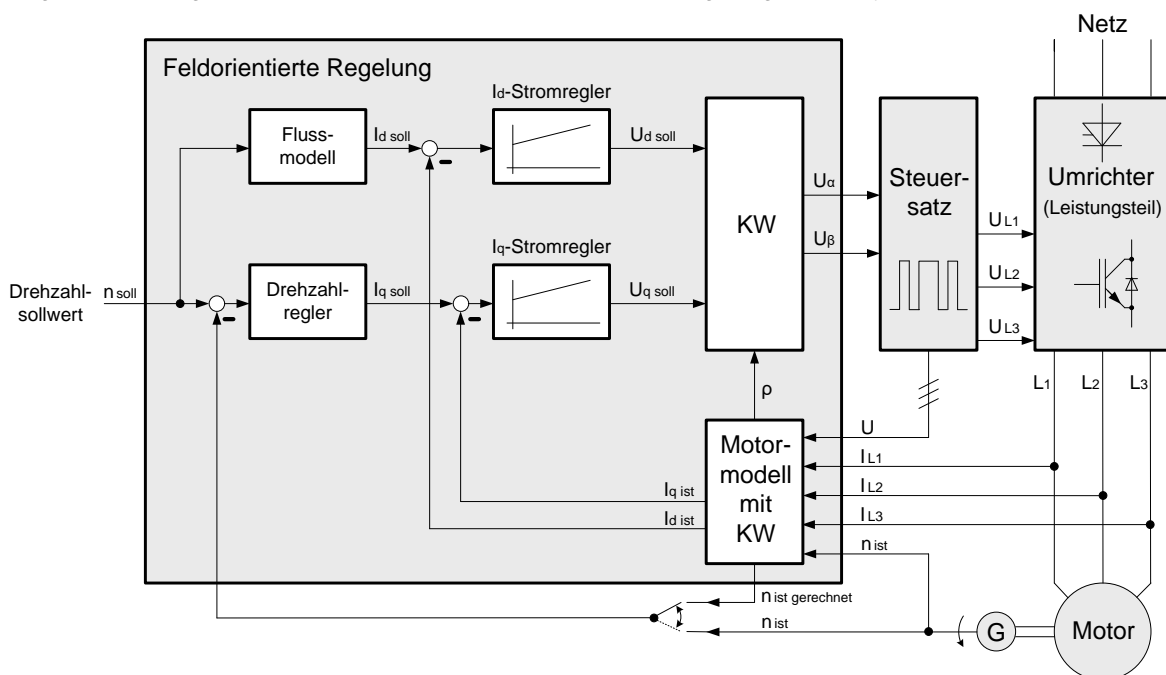
1.1.4.3 Feldorientierte Regelungsarten

Die feldorientierte Regelung ist ein hochwertiges Verfahren zur Regelung von Drehstrommotoren. Bei der feldorientierten Regelung werden die den Motor beschreibenden Gleichungen nicht auf das ortsfeste Koordinatensystem des Ständers (α - β -Koordinaten) bezogen, sondern auf das rotierende magnetische Feld des Läufers (d-q-Koordinaten). In diesem rotierenden, am Läuferfeld orientierten Koordinatensystem lässt sich der Ständerstrom in zwei Komponenten zerlegen, in die feldbildende Komponente I_d und die drehmomentbildende Komponente I_q .

- Die feldbildende Stromkomponente I_d ist für das Magnetfeld im Motor verantwortlich und daher mit dem Erregerstrom bei einem Gleichstrommotor vergleichbar.
- Die drehmomentbildende Stromkomponente I_q ist für das Drehmoment des Motors verantwortlich und daher mit dem Ankerstrom bei einem Gleichstrommotor vergleichbar.

Somit ergibt sich eine dem Gleichstrommotor vergleichbare Regelungsstruktur. Durch die unabhängige und direkte Regelung der feldbildenden Stromkomponente I_d und der drehmomentbildenden Stromkomponente I_q wird eine hohe Genauigkeit und vor allem eine hohe Dynamik erreicht.

Das folgende Bild zeigt die prinzipielle Struktur der feldorientierten Regelung eines Asynchronmotors.



Prinzipielles Strukturbild der feldorientierten Regelung eines Asynchronmotors

Die drei gemessenen Istwerte der Motorströme I_{L1} , I_{L2} und I_{L3} werden mit Hilfe eines Motormodells, welches eine Koordinatenwandlung (KW) beinhaltet, in die zwei Stromkomponenten $I_{d \text{ ist}}$ und $I_{q \text{ ist}}$ des rotierenden d-q-Koordinatensystems gewandelt. Im Falle eines symmetrischen Drehstromsystems im Motor mit rein sinusförmigen und jeweils um 120° phasenverschobenen Motorströmen nehmen $I_{d \text{ ist}}$ und $I_{q \text{ ist}}$ konstante Werte an. Sie werden mit ihren Sollwerten $I_{d \text{ soll}}$ bzw. $I_{q \text{ soll}}$ verglichen und dem I_d -Stromregler bzw. dem I_q -Stromregler zugeführt. Die Ausgänge der Regler liefern die zwei Spannungskomponenten $U_{d \text{ soll}}$ bzw. $U_{q \text{ soll}}$ im rotierenden d-q-Koordinatensystem. Die anschließende Koordinatenwandlung (KW) wandelt die zwei Spannungskomponenten in das ortsfeste α - β -Koordinatensystem. Der für diese Koordinatenwandlung erforderliche Winkel p zwischen dem rotierenden d-q-Koordinatensystem und dem ortsfesten α - β -Koordinatensystem wird vom Motormodell berechnet. Aus den zwei Spannungskomponenten U_α und U_β erzeugt der Steuersatz die Pulsmuster zur Steuerung der IGBTs in den drei Phasen des Leistungsteils des Umrichters.

Bei Antrieben mit sehr hohen Anforderungen an die Genauigkeit, insbesondere bei sehr kleinen Drehzahlen bis hin zum Stillstand, oder bei Antrieben mit sehr hohen Anforderungen an die Dynamik wird der Drehzahlwert n_{ist} in der Regel mit einem Geber (G) gemessen und dem Motormodell sowie dem Drehzahlregler zugeführt. Bei Antrieben mit geringeren Anforderungen an Genauigkeit und/oder Dynamik kann auf den Geber verzichtet werden und anstelle des Gebersignals der vom Motormodell berechnete Drehzahlwert $n_{ist\ gerechnet}$ verwendet werden (geberlose Regelung).

Die Qualität der feldorientierten Regelung ist entscheidend von der exakten Kenntnis der Lage des Magnetfeldes im Motor und somit von der Qualität des Motormodells abhängig, weil nur bei einer genauen Feldorientierung der erforderliche direkte und unabhängige Zugriff auf das Magnetfeld und das Drehmoment gegeben ist. Daher muss das Motormodell exakt an den angeschlossenen Motor angepasst sein. Diese Anpassung wird bei der Inbetriebnahme des Antriebs durchgeführt indem zunächst die Leistungsschilddaten des Motors eingegeben werden und anschließend die automatische Motoridentifikation durch den Umrichter selbst erfolgt (stehende Messung und drehende Messung).

Bei SINAMICS-Umrichtern stehen zwei Ausprägungen von feldorientierten Antriebsregelungen zur Verfügung:

Vektorregelung

Die Vektorregelung steht in der Standard-Firmware aller in diesem Projektierungshandbuch beschriebenen SINAMICS-Umrichter als Antriebsobjekt Vector zur Verfügung (SINAMICS G130, G150, S120, S150). Es können die folgenden Vektorregelungsarten ausgewählt werden:

- Drehzahlregelung mit und ohne Geber (bei SINAMICS G130 / G150 sind als Geber nur Inkrementalgeber TTL / HTL einsetzbar)
- Drehmomentregelung mit und ohne Geber (bei SINAMICS G130 / G150 sind als Geber nur Inkrementalgeber TTL / HTL einsetzbar)

Die Vorteile der Vektorregelung liegen in einer sehr hohen Drehmomentgenauigkeit und einer hohen Dynamik. Die Nachteile liegen in einer relativ hohen Komplexität und einer relativ hohen Empfindlichkeit gegenüber Parameterschwankungen, wie z. B. Widerstandsänderungen durch Erwärmung. Eine besonders hohe Genauigkeit im gesamten Drehzahlbereich erfordert daher eine ordnungsgemäß durchgeführte Motoridentifikation, eine Kompensation der Temperatureinflüsse durch Verwendung eines Motortemperatursensors KTY oder PT1000 und gegebenenfalls eine Reibkompensation durch Aufnahme der Reibkennlinie.

Die regelungstechnischen Kenndaten, wie z. B. Anregelzeiten, Genauigkeiten, Welligkeiten usw. in Abhängigkeit von den eingestellten Stromreglertakten und den verwendeten Motorentypen sind den gerätespezifischen Kapiteln zu entnehmen.

Typische Anwendungen für die Vektorregelung sind drehzahlgeregelte Antriebe mit Asynchronmaschinen mit sehr hoher Drehzahl- und Drehmomentkonstanz im allgemeinen Maschinenbau, wie sie z. B. bei Papiermaschinen, Wicklern, Haspeln und Hebezeugen eingesetzt werden. Es können aber auch permanenterrregte Synchronmaschinen und fremderregte Synchronmaschinen in der Regelungsart Vektorregelung betrieben werden.

Servoregelung

Die Servoregelung steht in der Standard-Firmware aller SINAMICS S120 als Antriebsobjekt Servo zur Verfügung. Es können die folgenden Servoregelungsarten ausgewählt werden:

- Drehzahlregelung mit und ohne Geber
- Drehmomentregelung mit Geber
- Lageregelung mit Geber

Die Vorteile der Servoregelung liegen in einer sehr hohen Dynamik, insbesondere dann, wenn sehr kurze Stromreglertakte $< 250 \mu s$ parametrisiert werden können. Die Nachteile liegen in einer geringeren Drehmomentgenauigkeit im Vergleich zur Vektorregelung.

Die regelungstechnischen Kenndaten, wie z. B. Anregelzeiten, Genauigkeiten, Welligkeiten usw. in Abhängigkeit von den eingestellten Stromreglertakten und den verwendeten Motorentypen sind dem Kapitel „Projektierung der SINAMICS S120, Hinweise zu Einbau- und Schrankgeräten“ zu entnehmen.

Typische Anwendungen für die Servoregelung sind Antriebe mit hochdynamischer Bewegungsführung, wie sie bei Werkzeugmaschinen, taktgesteuerten Produktionsmaschinen und Industrierobotern eingesetzt werden.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

1.1.4.4 Hauptmerkmale der Steuerungs- und Regelungsarten im Vergleich

In der folgenden Tabelle sind die Hauptmerkmale der verschiedenen Steuerungs- und Regelungsarten zusammengestellt.

Hauptmerkmale	U/f-Steuerung	Vektorregelung	Servoregelung
Antriebs-Charakteristik	einfache Steuerung	genauer Drehmomentregler	präziser Positionierregler
Regelungsmodell	-	auf Genauigkeit ausgelegt	auf Dynamik ausgelegt
Anwendungsschwerpunkte	Antriebe mit geringen Anforderungen an Dynamik und Genauigkeit. Gruppenantriebe mit hohem Gleichlauf, wie z. B. bei Textilmaschinen mit SIEMOSYN-Motoren	Drehzahlgeregelte Antriebe mit höchster Drehmomentgenauigkeit. Universeller Einsatz im allgemeinen Maschinenbau. Besonders geeignet für den Betrieb von Motoren ohne Geber.	Antriebe mit hochdynamischer Bewegungsführung. Einsatz bei Werkzeugmaschinen und taktgesteuerten Produktionsmaschinen.
Dynamik - ohne Geber - mit Geber	niedrig -	mittel hoch	mittel sehr hoch
Drehmomentgenauigkeit - ohne Geber - mit Geber	- -	hoch sehr hoch	- mittel

Hauptmerkmale der verschiedenen Steuerungs- und Regelungsarten bei SINAMICS

1.1.4.5 Lastausgleich bei mechanisch gekoppelten Antrieben

Allgemeines

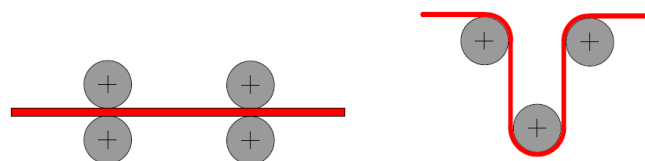
In vielen Anwendungen kommen mechanisch gekoppelte Antriebe zum Einsatz. Die mechanische Kopplung kann dabei starr sein, wie z. B. bei einer Walze, die von zwei identischen Motoren angetrieben wird, oder flexibel, wie z. B. bei einem Förderband zum Materialtransport, bei dem mehrere Motoren im mechanischen Verbund arbeiten. In beiden Fällen ist ein Lastausgleich erforderlich, um die gesamte mechanische Last geregelt und in definierten Anteilen auf die einzelnen Antriebe zu verteilen.

Bei der starren Kopplung sind die Motoren über die Mechanik starr miteinander gekoppelt, z. B. bei Walzen und Getrieben.



Die starre Kopplung erzwingt, dass die Drehzahlen absolut identisch sind. Da hier üblicherweise identische Motoren eingesetzt werden, sollten die erzeugten Drehmomente dieser Motoren ebenfalls identisch sein. Um dies sicherzustellen, ist ein Lastausgleich zwischen den Antrieben erforderlich. Anderenfalls kann sich eine ungleiche Lastverteilung zwischen den Motoren einstellen. Im ungünstigsten Fall kann ein Motor versuchen, die Last ständig abzubremser und der andere Motor, die Last ständig zu beschleunigen.

Bei der flexiblen Kopplung sind die Motoren nur über eine Materialbahn miteinander verbunden, die in der Regel eine gewisse Elastizität hat.



Die Elastizität hat aber auch ihre Grenzen. Wenn ein Motor das Material stärker zieht als der andere, kann sich der Zug im Material und damit die mechanische Spannung deutlich verändern. Dies kann Einfluss auf den gesamten Prozess haben und sogar das Material oder die Ausrüstung beschädigen. Daher ist auch hier ein Lastausgleich erforderlich.

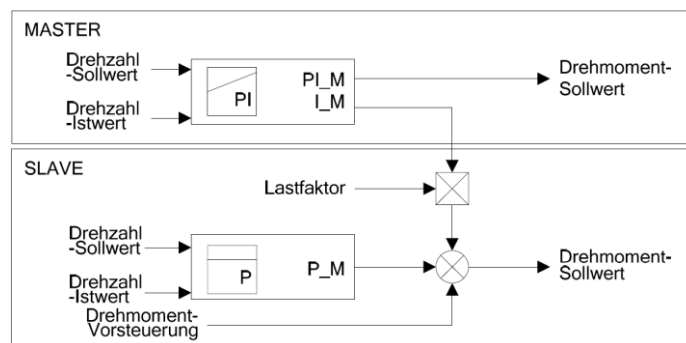
Lastausgleichsregelung

Es gibt verschiedene Möglichkeiten zur Erzielung eines Lastausgleichs bzw. Drehmomentausgleichs zwischen den Antrieben. Die einfachste Möglichkeit besteht darin, den Drehmomentsollwert des Master-Antriebs auf den Slave-Antrieb zu übertragen und den Drehzahlregler des Slave-Antriebs auszuschalten. Dies ist aber nur möglich, wenn man davon ausgehen kann, dass die mechanische Kopplung der Antriebe niemals unterbrochen werden kann. Dies ist jedoch eher selten der Fall, da die mechanische Kopplung in der Regel durch Druck hergestellt wird, wie z. B. bei Kalandern, oder durch andere verbindende Elemente, wie z. B. Riemen, Drähte, oder Materialbahnen. Daher muss man davon ausgehen, dass diese Kopplung unter bestimmten Randbedingungen unkontrolliert unterbrochen werden kann. Deshalb muss auch für diesen Fall ein sicherer Zustand des Antriebs gewährleistet sein. Unter keinen Umständen darf der Antrieb unkontrolliert beschleunigen und kritische Drehzahlen erreichen oder gar überschreiten. Dieses wird dadurch erreicht, dass die Drehzahlregelung des Slave-Antriebs beibehalten wird.

Einfache Lastausgleichsregelungen können bereits durch Nutzung der BICO-Technik oder des Technologiereglers erfolgen. Die im Folgenden beschriebenen Lastausgleichsregelungen sind mit DCC (Drive Control Chart) realisierbar und stehen für SINAMICS S als Standardapplikation „SINAMICS DCC Lastverteilung“ zur Verfügung.

Drehmomentkopplung

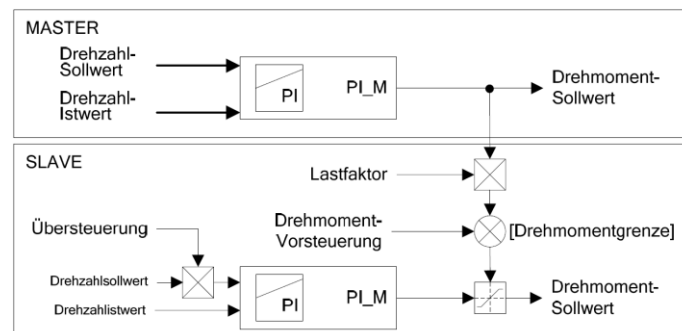
Der Master-Umrichter wird mit einem PI-Regler als Drehzahlregler betrieben, der Slave-Umrichter mit einem einfachen P-Regler als Drehzahlregler – ohne Integralanteil. Der Integralanteil des Drehzahlreglers des Masters wird im Slave als Zusatzdrehmoment verwendet. Optional kann dem Drehmomentwert des Masters auch eine antriebspezifische Drehmomentvorsteuerung hinzugefügt werden. In dieser Betriebsart wird der Drehmoment-Sollwert teilweise vom Master, teilweise vom Drehzahlregler des Slaves erzeugt. Der Lastausgleich kann mit einem Lastfaktor eingestellt werden. Beide Antriebe haben eine eigene Drehmomentvorsteuerung und beide Antriebe bekommen denselben Drehzahlsollwert.



Übersteuerung mit Drehmomentbegrenzung

Der Drehmomentsollwert des Masters wird (vorzugsweise ohne Vorsteuerung) zum optionalen Vorsteuerungssignal des Slaves addiert. Dieses Signal wird dann als positive Drehmomentgrenze verwendet und der Drehzahlsollwert wird mit einem Übersteuerungswert erhöht, um sicherzustellen, dass der Regler immer am oberen Drehmomentgrenzwert arbeitet, es sei denn, der Drehzahlwert ist oberhalb des Grundsollwertes oder an der negativen Drehmomentgrenze, falls der Master die Drehzahl vermindert (der Master- Drehmomentsollwert ist negativ). Falls die Verbindung zwischen den beiden Umrichtern aus irgendeinem Grund unterbrochen ist, kann der Slave nicht schneller werden, als durch den Übersteuerungsfaktor definiert.

Zur Berechnung der richtigen Drehmomentwerte ist ein sehr genaues Modell erforderlich, insbesondere für die Beschleunigungsvorsteuerung. Andernfalls kann der Master-Umrichter durch vorübergehende Laständerungen oder Beschleunigung überlastet werden.



Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

1.1.5 Leistungsangaben bei SINAMICS / Definition der Tyleistung

SINAMICS-Umrichter erzeugen an ihrem Ausgang ein dreiphasiges Drehstromsystem, dessen Leistung sich – unter Berücksichtigung des Faktors $\sqrt{3}$ – aus der Ausgangsspannung und dem Ausgangsstrom berechnet, wobei sich abhängig von der Belastung ein beliebiger Phasenwinkel zwischen Ausgangsspannung und Ausgangsstrom einstellen kann. Die elektrische Leistung, für die der Umrichter an seinem Ausgang bemessen ist, stellt wegen des beliebig einstellbaren Phasenwinkels φ eine Scheinleistung dar und ergibt sich aus der erreichbaren Ausgangsspannung und dem thermisch dauerhaft zulässigen Ausgangsstrom, dem Bemessungs-Ausgangsstrom I_n . Berücksichtigt man, dass SINAMICS-Umrichter in Vektorregelung am Ausgang durch den Einsatz der Flankenmodulation in etwa den Wert der am Eingang anliegenden Netzspannung U_{Netz} erreichen, so ergibt sich die Bemessungsscheinleistung des Umrichters zu

$$S_n = \sqrt{3} \cdot U_{\text{Netz}} \cdot I_n .$$

Diese Bemessungsscheinleistung des Umrichters charakterisiert den Umrichter zwar physikalisch korrekt, ist aber wenig geeignet, eine einfache Zuordnung der Umrichterleistung zur Motorleistung zu ermöglichen, denn die Scheinleistung des Umrichters – angegeben in kVA – und die mechanische Wellenleistung (Bemessungsleistung) des Motors – angegeben in kW – lassen sich nicht unmittelbar zuordnen, weil hierzu Strom, Leistungsfaktor und Wirkungsgrad des Motors benötigt werden.

Eine wesentlich einfachere Möglichkeit der Zuordnung zwischen Umrichter- und Motorleistung erhält man durch die Einführung einer Tyleistung für den Umrichter, die aus der mechanischen Wellenleistung (Bemessungsleistung) eines typischen zum Umrichter passenden Drehstrom-Asynchronmotors abgeleitet wird.

Definition der Tyleistung bei SINAMICS-Umrichtern und Wechselrichtern

Die Tyleistung eines SINAMICS-Umrichters bzw. Wechselrichters ist definiert als die mechanische Wellenleistung (Bemessungsleistung) eines typischen 6-poligen Asynchronmotors, der an dem SINAMICS-Umrichter bzw. Wechselrichter in seinem Bemessungspunkt betrieben werden kann, ohne den Umrichter / Wechselrichter zu überlasten. Da 2- und 4-polige Motoren stets einen besseren Leistungsfaktor und damit gleiche oder geringere Bemessungsströme aufweisen als 6-polige, sind durch die oben genannte Tyleistungsdefinition alle 2-, 4-, und 6-poligen Motoren hinsichtlich der Leistungszuordnung zwischen Umrichter und Motor abgedeckt.

In den SINAMICS-Katalogen und Betriebsanleitungen werden in der Regel mehrere Tyleistungen angegeben:

- Tyleistung auf Basis des Grundlaststromes I_L für geringe Überlast
- Tyleistung auf Basis des Grundlaststromes I_H für hohe Überlast

Dabei ist die Tyleistung jeweils auf Motoren mit Bemessungsspannungen von 400 V, 500 V oder 690 V sowie eine Bemessungsfrequenz von 50 Hz bezogen. (Die Definition der Standardlastspiele Geringe Überlast und Hohe Überlast sowie die Definition der zugehörigen Grundlastströme I_L und I_H ist im Abschnitt „Lastspiele“ angegeben). Insbesondere bei den Geräten SINAMICS S120 und S150 mit dem Weit Spannungsbereich 3AC 500 V - 690 V ist zu beachten, dass sich die Tyleistungen dieser Geräte für 500 V und 690 V deutlich voneinander unterscheiden.

Im Folgenden soll am Beispiel eines Umrichters SINAMICS G150 verdeutlicht werden, wie die Tyleistung für SINAMICS-Umrichter festgelegt wird:

Umrichterdaten:

Netzanschlussspannung	380 V – 480 V
Bemessungs-Ausgangsstrom	605 A
Grundlaststrom I_L für geringe Überlast	590 A
Grundlaststrom I_H für hohe Überlast	460 A

Bemessungsleistungen und Bemessungsströme katalogmäßiger Asynchronmotoren SIMOTICS TN Serie N-compact 1LA8 für Betrieb mit 400 V / 50 Hz:

Polzahl p	200 kW	250 kW	315 kW	355 kW	400 kW
2	-	-	520 A	590 A	660 A
4	-	430 A	540 A	610 A	690 A
6	345 A	430 A	540 A	-	690 A

Die Tyleistung des o. g. Umrichters für geringe Überlast auf Basis des Grundlaststroms I_L bei 3AC 400 V/50 Hz ist definiert als die Bemessungsleistung des größten 6-poligen Asynchronmotors für 400 V/50 Hz-Betrieb, dessen Bemessungsstrom den Grundlaststrom des Umrichters $I_L = 590$ A nicht überschreitet. Nach dieser Definition erhält der Umrichter die Tyleistung von 315 kW bei 400 V auf Basis von I_L .

Die Tyleistung des Umrichters, die wie die Bemessungsleistung des Motors in kW angegeben wird, bietet die Möglichkeit einer sehr einfachen und sicheren Zuordnung zwischen Umrichterleistung und Motorleistung ohne auf Details wie Strom, Leistungsfaktor und Wirkungsgrad achten zu müssen. Wählt man die Tyleistung des Umrichters mindestens so groß wie die Bemessungsleistung des Motors, so liegt man mit der gewählten Umrichterleistung bei 2-, 4-, und 6-poligen Motoren immer auf der sicheren Seite.

Man erkennt an dem oben genannten Beispiel aber auch, dass es im Einzelfall durchaus möglich ist, niederpolige Motoren (2- bis 4-polig), deren Bemessungsleistung größer als die Tyleistung des Umrichters ist, dauerhaft in ihrem Bemessungspunkt am Umrichter zu betreiben, ohne den Umrichter zu überlasten. Dies ist in dem oben gewählten Beispiel bei dem 2-poligen Motor mit einer Bemessungsleistung von 355 kW der Fall.

Somit bietet die Tyleistung des Umrichters einerseits eine extrem einfache und sichere Möglichkeit, die Umrichterleistung der Motorleistung richtig zuzuordnen. Andererseits kann diese Zuordnung bei niederpoligen Motoren auch zu einer Überdimensionierung des Umrichters führen. Will man Umrichter und Motor optimal zuordnen, so ist der etwas aufwändigere Weg über die Ströme zu wählen.

Hinweis:

Werden in diesem Projektierungshandbuch Umrichter und Wechselrichter durch die Angabe einer Tyleistung charakterisiert, wie es in vielen Tabellen der Fall ist, so ist diese Tyleistung immer auf den Grundlaststrom I_L bezogen sowie auf die Netzfrequenz 50 Hz und die Netzanschlussspannungen 400 V bzw. 500 V bzw. 690 V.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

1.2 Netze und Netzformen

1.2.1 Allgemeines

Die Niederspannungsgeräte der Reihe SINAMICS mit Netzanschlussspannungen $\leq 690\text{ V}$ werden üblicherweise an industrielle Netze angeschlossen, die über Transformatoren aus dem Mittelspannungsnetz gespeist werden. In seltenen Fällen kann es jedoch auch vorkommen, dass die Geräte an Inselnetze angeschlossen werden, die z. B. durch diesel-elektrische Generatoren versorgt werden.

Nach IEC 60364-1 werden Versorgungsnetze je nach Art der Anordnung der stromführenden Leiter und der Art der Erdung in TN-, TT- und IT-Systeme eingeteilt. Die Klasseneinteilung und die Kurzbezeichnungen werden im Folgenden kurz erläutert.

Erster Buchstabe: Beziehung des Stromversorgungssystems zur Erde:

T = direkte Verbindung eines Punktes zur Erde.

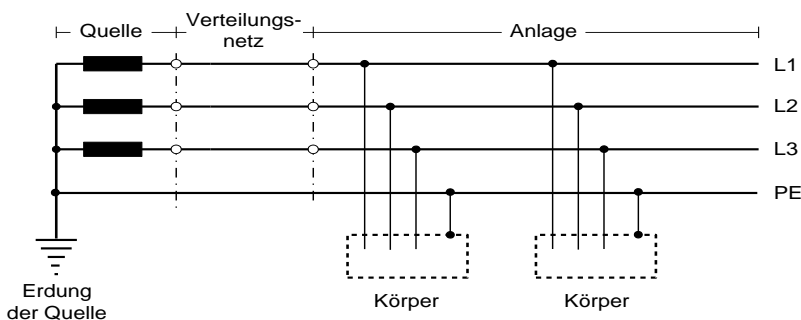
I = entweder alle aktiven Teile von Erde getrennt oder ein Punkt über eine Impedanz mit Erde verbunden.

Zweiter Buchstabe: Beziehung der Körper (Gehäuse) der elektrischen Anlage zur Erde:

T = direkte elektrische Verbindung der Körper (Gehäuse) zur Erde, unabhängig von der etwa bestehen Erdung eines Punktes des Versorgungssystems.

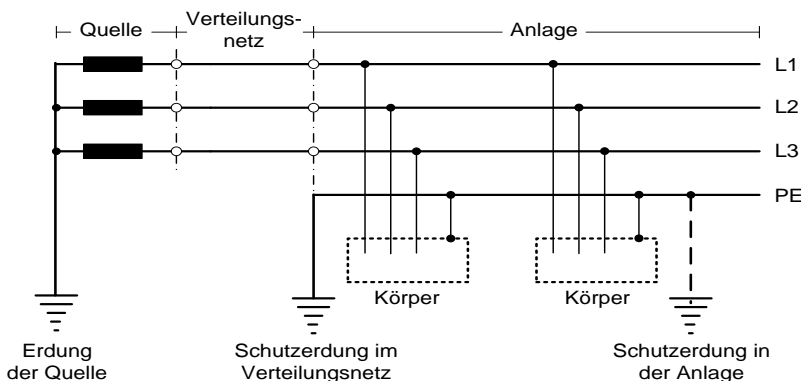
N = direkte elektrische Verbindung der Körper (Gehäuse) mit dem geerdeten Punkt des Versorgungssystems (in Drehstromsystemen ist der geerdete Punkt des Versorgungssystems im Allgemeinen der Sternpunkt oder, falls ein Sternpunkt nicht vorhanden ist, ein Außenleiter).

Im TN-Versorgungssystem ist ein Punkt direkt geerdet; die Körper (Gehäuse) der elektrischen Anlage sind über Schutzleiter mit diesem Punkt verbunden.



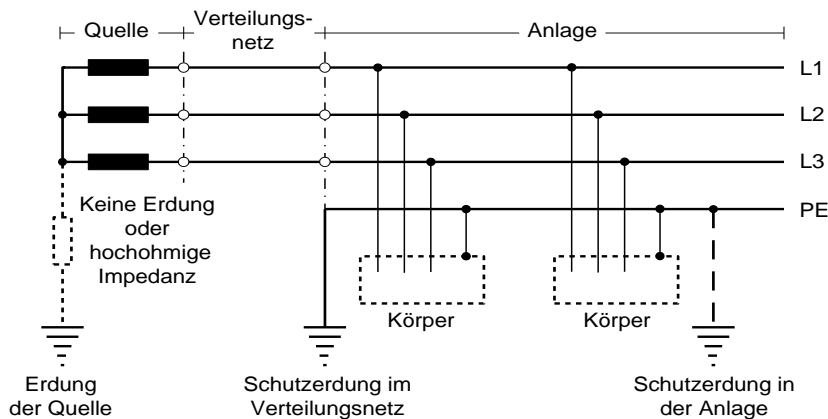
Beispiel für ein TN-Versorgungssystem mit geerdetem Sternpunkt

Im TT-Versorgungssystem ist ein Punkt direkt geerdet und die Körper (Gehäuse) der Anlage sind mit Erden verbunden, die unabhängig von den Erden des Versorgungssystems sind.



Beispiel für ein TT-Versorgungssystem mit geerdetem Sternpunkt

Im IT-Versorgungssystem sind alle aktiven Teile von Erde getrennt oder ein Punkt ist über eine hochohmige Impedanz mit Erde verbunden. Die Körper (Gehäuse) der elektrischen Anlage sind entweder einzeln oder gemeinsam geerdet.



Beispiel für ein IT-Versorgungssystem

SINAMICS-Geräte sind für den Anschluss an dreiphasige Drehstromnetze gemäß Überspannungskategorie III nach IEC 60664-1 / IEC 61800-5-1 ausgelegt. Sie können sowohl an geerdete TN- oder TT-Netze als auch an ungeerdete IT-Netze angeschlossen werden. (Ausnahme: TN- oder TT-Netze mit einer Netzspannung > 3AC 600 V und geerdetem Außenleiter. Hier sind anlagenseitig Maßnahmen zu ergreifen, um auftretende Überspannungen gemäß Überspannungskategorie II nach IEC 60664-1 / IEC 61800-5-1 zu begrenzen).

Hinweise zu geerdeten TN- oder TT-Netzen

In geerdeten TN- oder TT-Netzen ist ein Punkt des Versorgungssystems direkt geerdet. Der Erdungspunkt kann prinzipiell beliebig gewählt werden. In der Praxis werden jedoch zwei Erdungspunkte bevorzugt:

- Sternpunkt des Versorgungssystems (im Falle einer Sternschaltung)
- Außenleiter des Versorgungssystems

Direkt geerdeter Sternpunkt

Der Sternpunkt des Versorgungssystems (Transformator, Generator) ist direkt geerdet. Dadurch ergeben sich symmetrische Spannungsverhältnisse der drei Außenleiter gegenüber Erde und die Isolation von Umrichter und Motor gegen Erde wird in allen drei Phasen gleichmäßig auf relativ niedrigem Niveau beansprucht.

Die in den SINAMICS-Geräten standardmäßig integrierten Funk-Entstörfilter für die Zweite Umgebung (Kategorie C3 gemäß EMV-Produktnorm IEC 61800-3) sowie die optional erhältlichen Funk-Entstörfilter für die Kategorie C2 gemäß EMV-Produktnorm IEC 61800-3 sind für den Einsatz in Netzen mit direkt geerdetem Sternpunkt ausgelegt und dürfen nur in diesen Netzen verwendet werden.

Direkt geerdeter Außenleiter

Ein Außenleiter des Versorgungssystems (Transformator, Generator) ist direkt geerdet. Dadurch ergeben sich unsymmetrische Spannungsverhältnisse der drei Außenleiter gegenüber Erde und die Isolation der beiden nicht geerdeten Außenleiter gegen Erde wird um den Faktor 1,73 höher beansprucht. Daher dürfen die in diesem Projektierungshandbuch beschriebenen SINAMICS-Geräte nur bis zu Netzspannungen $\leq 3AC 600 V$ an Netze mit direkt geerdetem Außenleiter angeschlossen werden.

Die in den SINAMICS-Geräten standardmäßig integrierten Funk-Entstörfilter für die Zweite Umgebung (Kategorie C3 gemäß EMV-Produktnorm IEC 61800-3) sind durch Entfernen eines Metallbügels am Filter von der Erde zu trennen, und die optional erhältlichen Funk-Entstörfilter für die Kategorie C2 gemäß EMV-Produktnorm IEC 61800-3 dürfen nicht eingesetzt werden. Damit entsprechen die SINAMICS-Geräte nur noch der Kategorie C4 gemäß EMV-Produktnorm IEC 61800-3.

Hinweise zu ungeerdeten IT-Netzen

In ungeerdeten IT-Netzen sind alle aktiven Teile von Erde getrennt oder ein Punkt ist über eine hochohmige Impedanz mit Erde verbunden.

In diesem Projektierungshandbuch wird unter einem ungeerdeten IT-Netz grundsätzlich ein Netz verstanden, in dem alle aktiven Teile von Erde getrennt sind. Darauf beziehen sich alle weiteren Aussagen zu ungeerdeten IT-Netzen.

Netze, in denen ein Punkt über eine Impedanz geerdet ist, werden nicht weiter betrachtet, da diese Netze zum einen sehr selten vorkommen, und zum Anderen keine allgemein gültigen Aussagen zulassen, da diese sehr stark von Art und Größe der Erdungsimpedanz abhängen. Hier ist im Einzelfall eine individuelle Klärung erforderlich.

1.2.2 Anschluss und Absicherung der Geräte

Die Geräte enthalten Anschlussmöglichkeiten für die drei Außenleiter (L1, L2, L3) und für den Schutzleiter (PE-Leiter) zur Erdung der Gehäuse. Eine Anschlussmöglichkeit für einen separaten Neutraleiter (N-Leiter) ist nicht vorhanden. Sie ist auch nicht erforderlich, weil die Geräte eine symmetrische Last für das Drehstromnetz darstellen und der Sternpunkt nicht belastet wird.

Wird eine einphasige Wechselspannung benötigt, z. B. 230 V zur Speisung der Hilfsbetriebe oder des Lüfters, so wird diese geräte-intern über einphasige Steuertransformatoren erzeugt, die zwischen zwei Außenleiter der Netzspannung geschaltet sind. Diese Steuertransformatoren für die Hilfsbetriebe der Schrankgeräte sind geräteabhängig entweder im Standard vorhanden oder optional bestellbar. Alternativ kann eine einphasige Wechselspannung auch an den dafür vorgesehenen Klemmen von extern eingespeist werden, wie im Abschnitt „Verhalten der SINAMICS-Geräte bei Netzspannungsschwankungen und -einbrüchen“ beschrieben. Auf keinen Fall dürfen einphasige Steuertransformatoren zwischen einen Außenleiter u. Erde geschaltet werden, weil die Spannung Leiter-Erde durch Oberschwingungen und Common-Mode-Effekte insbesondere bei großen SINAMICS S120 Mehrmotoren-Verbänden stark belastet und somit entsprechend verzerrt sein kann. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn in einem IT-Netz ein Erdschluss am Umrichter Ausgang vorliegt, siehe Abschnitt „Anschluss der Geräte an ungeerdete Netze (IT-Netze)“.

Der Schutz der Geräte und ihrer Netzzuleitungen bei Kurz- und Erdschlüssen muss sowohl bei den Einbaugeräten als auch bei den Schrankgeräten durch netzseitige Schutzeinrichtungen sichergestellt werden.

Der Schutz der Netzzuleitung kann durch geeignete Leitungsschutzsicherungen oder Leistungsschalter erfolgen. Diese sind an der Anschlussstelle zum Netz anzuordnen. Geeignete Leitungsschutzsicherungen des Typs 3NA sind den Katalogen D 11 und D 21.3 zu entnehmen.

Sollen die an der Anschlussstelle zum Netz angeordneten Sicherungen neben dem Schutz der Netzzuleitung auch den Halbleiterschutz für die Thyristoren bzw. Dioden in den Gleichrichtern der Umrichter SINAMICS G130 und G150 sowie für die Thyristoren bzw. Dioden in den S120 Basic Infeeds übernehmen, so sind anstelle der Leitungsschutzsicherungen des Typs 3NA Doppelfunktionssicherungen des Typs 3NE1 einzusetzen, die ebenfalls den Katalogen D 11 und D 21.3 zu entnehmen sind. Bei der Verwendung von S120 Smart Infeeds, S120 Active Infeeds und Umrichtern S150, die IGBT-bestückte Gleichrichter enthalten, ist wegen der geringen I^2t -Werte der IGBT-Chips ein Halbleiterschutz für die Gleichrichter durch Sicherungen – egal welchen Typs – nicht möglich. Allerdings begrenzen Doppelfunktionssicherungen des Typs 3NE1 das Schadensausmaß im Falle eines größeren Schadens im Gerät besser als Leitungsschutzsicherungen des Typs 3NA.

Der Schutz der Geräte selbst kann bei Schrankgeräten SINAMICS G150 und S150 sowie bei S120 Cabinet Modules durch optionale Netzsicherungen oder bei größeren Strömen durch optionale Leistungsschalter erfolgen, die netzseitig in die Schrankgeräte integriert sind. Die hierfür verwendeten Netzsicherungen sind Doppelfunktionssicherungen vom Typ 3NE1 und die Leistungsschalter sind vom Typ 3WL. Zusätzlich muss immer eine Absicherung der Netzzuleitung an der Anschlussstelle zum Netz erfolgen, entweder durch Leitungsschutzsicherungen des Typs 3NA oder durch Leistungsschalter.

Hinweise zur netzseitigen Absicherung der Leistungsteile

Bei einem Kurzschluss vor dem Gleichrichter sind die Thyristoren bzw. Dioden in den Gleichrichtern nicht betroffen, so dass netzseitige Doppelfunktionssicherungen des Typs 3NE1 hier keinen deutlichen Vorteil aufweisen.

Bei einem Kurzschluss im Gleichrichter selbst, z. B. infolge eines defekten Thyristors, ist der Gleichrichter ohnehin defekt, so dass netzseitige Doppelfunktionssicherungen des Typs 3NE1 auch hier keinen deutlichen Vorteil aufweisen.

Bei einem Kurzschluss hinter dem Gleichrichter, also im Zwischenkreis oder im Wechselrichter, z. B. infolge eines defekten IGBTs, sind netzseitige Doppelfunktionssicherungen des Typs 3NE1 empfehlenswert, um die netzseitigen Thyristoren bzw. Dioden zu schützen. Damit sind bei der Reparatur weniger defekte Komponenten zu tauschen, so dass die Reparatur einfacher, schneller und günstiger wird. Insbesondere bei größeren Geräten mit getrennten Powerblocks für Gleich- und Wechselrichter kann durch die Doppelfunktionssicherungen der Austausch des Gleichrichter-Powerblocks in aller Regel vermieden werden.

Deshalb gilt generell die folgende Empfehlung:

Da aufgrund der statistischen Ausfallwahrscheinlichkeiten der Bauelemente ein Fehler im Wechselrichter wahrscheinlicher ist als ein Fehler im Gleichrichter, ist der netzseitige Einsatz der Doppelfunktionssicherungen des Typs 3NE1 zum Schutz der Thyristoren bzw. Dioden im Gleichrichter sehr zu empfehlen. Diese Doppelfunktionssicherungen begrenzen auch aufgrund ihrer schnelleren Auslöse-Charakteristik das Schadensausmaß in den defekten Powerblocks besser als Leitungsschutzsicherungen des Typs 3NA.

Hinweise zur netzseitigen Absicherung weiterer System- und Antriebskomponenten mit geringer Leistung

Neben den Leistungsteilen der Umrichter, die in der Regel eine relativ hohe Stromaufnahme haben, sind gegebenenfalls noch weitere System- und Antriebskomponenten abzusichern, deren Stromaufnahme sehr gering ist und oft im einstelligen Ampere-Bereich liegt.

Dies können z. B. elektronische Stromversorgungen zur Bereitstellung von 24 V für die Versorgung der Geräteelektronik sein (z. B. SITOP) oder kleinere Motoren zum Antrieb des Lüfters von fremdgekühlten Maschinen.

Die Absicherung dieser Komponenten gegen Überlast und Kurzschluss muss sorgfältig ausgewählt werden, damit es beim Anschluss an Netze mit Oberschwingungsbehafteter Spannung nicht zu Frühauslösungen kommt. Denn die Stromaufnahme dieser Komponenten inkl. ihrer mit abzusichernden Zuleitung setzt sich aus drei Anteilen zusammen:

- Betriebsstrom gemäß Datenblatt.
- Symmetrischer Oberschwingungsstrom, hervorgerufen durch Oberschwingungsbehaftete Spannung.
- Unsymmetrischer kapazitiver Ableitstrom gegen Erde durch Entstörkondensatoren am Eingang elektronischer Stromversorgungen oder durch parasitäre Leitungskapazitäten zwischen der Absicherung und der abzusichernden Komponente, ebenfalls hervorgerufen durch Oberschwingungsbehaftete Spannung.

Daher muss die Absicherung der jeweiligen Komponente nicht nur den Betriebsstrom gemäß Datenblatt führen können ohne auszulösen, sondern auch noch gewisse Reserven für Oberschwingungsströme und kapazitive Ableitströme haben. Aus diesem Grunde sind gewisse Stromreserven bei der Auswahl der Absicherung einzuplanen.

Dies gilt insbesondere dann, wenn zur Absicherung gegen Überlast und Kurzschluss Leistungsschalter bzw. Motorschutzschalter mit thermischen Überlastauslösern eingesetzt werden, die aus einem Bimetall und einer Heizwicklung bestehen. Diese Auslöser sind für Wechselströme im Frequenzbereich von Null bis 400 Hz justiert. Bei höherfrequenten Strömen, wie sie bei Oberschwingungsbehafteter Netzspannung vorliegen, wird das Bimetall durch Wirbelströme und Skineffekte in der Heizwicklung zusätzlich erwärmt, was die Auslöseschwelle der thermischen Überlastauslöser gegenüber den eingestellten Werten absenkt und somit zu ungewollten Frühauslösungen führen kann.

Daher sind beim Einsatz von Leistungsschaltern bzw. Motorschutzschaltern mit thermischen Überlastauslösern Stromreserven aufgrund von zwei Effekten einzuplanen:

- Stromreserven wegen Oberschwingungsströmen und kapazitiven Ableitströmen.
- Stromreserven wegen der Absenkung der Auslöseschwelle aufgrund der hohen Frequenzen.

Eine exakte Berechnung der einzuplanenden Stromreserven ist relativ schwierig, weil sie von mehreren Faktoren abhängt, die oftmals bei der Projektierung nicht genau bekannt sind. Diese Faktoren sind im Wesentlichen die Höhe der Oberschwingungsbelastung der Netzspannung (Oberschwingungsamplituden u. spektrale Oberschwingungsverteilung) sowie die parasitäre Ableitkapazität der Leitung zwischen der Absicherung u. der abzusichernden Komponente.

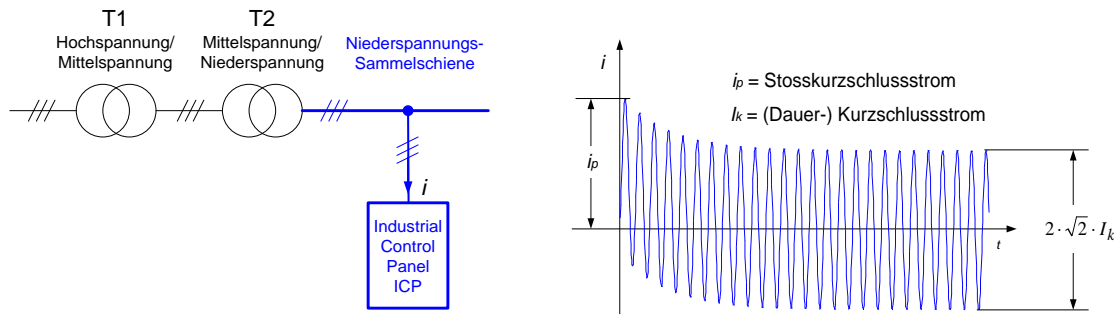
Daher sollten Leistungsschalter bzw. Motorschutzschalter mit thermischen Überlastauslösern möglichst so ausgewählt werden, dass sich der Bemessungsstrom der abzusichernden Komponente im unteren bis mittleren Bereich der Einstellskala des thermischen Überlastauslösers befindet. Hierdurch werden Korrekturen bzw. Anpassungen an die Anlagenverhältnisse während der Inbetriebnahme des Antriebs ermöglicht.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

1.2.3 Short Circuit Current Rating (SCCR gemäß UL)

In den USA müssen Schaltanlagen – Industrial Control Panels ICP – mit einem Leistungsschild gekennzeichnet werden, das die „Kurzschlussstromfestigkeit“ der Schaltanlage (Overall Panel SCCR) ausweist. Die Angabe des Short Circuit Current Rating SCCR ist seit in Kraft treten des National Electrical Code NEC 2005 erforderlich.



Damit die Schaltanlage einen Kurzschluss im Hauptstromkreis ohne schwerwiegende Folgeschäden, wie z. B. mechanische Defekte durch zu hohe Stromkräfte oder Defekte durch zu hohe Erwärmungen, verkraftet, darf der maximal mögliche Kurzschlussstrom nicht größer sein als der SCCR-Wert der Schaltanlage.

Zur groben Abschätzung des maximal möglichen Kurzschlussstromes am Aufstellort ist in der Regel nur die Kenntnis der Daten des Transformators T2 erforderlich, der die Schaltanlage direkt versorgt, weil der Einfluss der Hoch- und Mittelspannungsebene in der Regel gering ist und daher vernachlässigt werden kann. Der Kurzschlussstrom I_k berechnet sich aus dem Bemessungsstrom I_n und der relativen Kurzschlussspannung u_k des Transformators T2 zu:

$$I_k = I_n / u_k.$$

Beispiel:

Ein Transformator mit einer Spannung von 3AC 460 V auf der Niederspannungsseite und einer Bemessungsleistung von 1 MVA hat einen Bemessungsstrom von 1255 A. Die relative Kurzschlussspannung u_k des Transformators beträgt 6 % bzw. 0,06. Der maximal mögliche (Dauer-) Kurzschlussstrom direkt an den Ausgangsklemmen des Transformators, d. h. an der Niederspannungs-Sammelschiene, berechnet sich damit zu $I_k = 1255 \text{ A} / 0,06 \approx 21 \text{ kA}$.

Für die exakte Berechnung des Kurzschlussstromes müssen die Kurzschlussleistung des speisenden Hochspannungsnetzes und die wirksamen Impedanzen der Transformatoren T1, T2 sowie der Zuleitung bekannt sein. Der höchste Stoßkurzschlussstrom i_p wird erreicht, wenn der Kurzschluss im Nulldurchgang der Spannung auftritt. Verfahren zur exakten Berechnung der Kurzschlussströme sind z. B. in IEC 60909-0 angegeben.

Da sich bei der exakten Berechnung unter Berücksichtigung aller wirksamen Impedanzen der maximal mögliche Kurzschlussstrom gegenüber der Abschätzung aus den Daten des speisenden Transformators T2 reduziert, legt man mit der Abschätzung in der Regel auf der sicheren Seite. Dies gilt insbesondere für Geräte, die nicht unmittelbar an Sammelschienen, sondern über längere Leitungen direkt am Transformator angeschlossen sind.

In vermaschten Systemen, die parallel von mehreren Transformatoren gespeist werden, gestaltet sich die Berechnung des Kurzschlussstromes I_k bzw. des Stoßkurzschlussstromes i_p aufwändiger.

Die Kurzschlussstromfestigkeit der gesamten Schaltanlage (Overall Panel SCCR) – als Angabe auf deren Leistungsschild – wird durch die Komponente im Hauptstromkreis bestimmt, die den kleinsten SCCR-Wert besitzt.

Standard-SCCR-Werte für elektrische Betriebsmittel sind in UL 508A angegeben. Diese können zur Ermittlung des Overall Panel SCCR herangezogen werden.

Die SCCR-Werte der approbierten Umrichter-Einbaugeräte SINAMICS G130 sowie der approbierten modularen Einbaugeräte SINAMICS S120 der Bauform Chassis liegen höher als die gelisteten Standard-SCCR-Werte. Diese höheren SCCR-Werte gelten nur in Kombination mit den in den Katalogen und Betriebsanleitungen angegebenen Sicherungen bzw. Leistungsschaltern.

Die folgende Tabelle enthält die Standard-SCCR-Werte für elektrische Antriebe („Motor Controller“) gemäß UL 508A sowie die SCCR-Werte der approbierten Umrichter-Einbaugeräte SINAMICS G130 sowie der approbierten modularen Einbaugeräte SINAMICS S120 der Bauform Chassis.

Leistung des elektrischen Antriebs „Motor Controller“	Standard-SCCR-Werte gemäß UL 508A	SCCR-Werte der UL-approbierten Einbaugeräte SINAMICS G130 und S120 Bauform Chassis
51 – 200 hp (38 – 149 kW)	10 kA	65 kA
201 – 400 hp (150 – 298 kW)	18 kA	65 kA
401 – 600 hp (299 – 447 kW)	30 kA	65 kA
601 – 900 hp (448 – 671 kW)	42 kA	84 kA
901 – 1500 hp (672 – 1193 kW)	85 kA	170 kA

Standard-SCCR-Werte gemäß UL 508A und SCCR-Werte der approbierten Einbaugeräte SINAMICS G130 und S120 Chassis

1.2.4 Maximale Kurzschlussströme (I_{cc} gemäß IEC) und minimale Kurzschlussströme

In den folgenden Tabellen sind die maximal zulässigen netzseitigen Kurzschlussströme I_{cc} sowie die empfohlenen minimalen netzseitigen Kurzschlussströme für die Umrichter-Einbaugeräte SINAMICS G130, die Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS G150 und S150, sowie für die Einspeisungen SINAMICS S120 der Bauform Chassis und Cabinet Modules angegeben.

Der maximal zulässige Kurzschlussstrom ist angegeben als bedingter Bemessungskurzschlussstrom I_{cc} und stellt den maximalen Effektivwert des unbeeinflussten Kurzschlussstromes am Netzanschlusspunkt des SINAMICS-Gerätes dar, dem das durch eine Kurzschluss-Schutzeinrichtung geschützte SINAMICS-Gerät während der Gesamtausschaltzeit (Stromflussdauer) unter festgelegten Bedingungen standhalten kann. Solange das speisende Netz im Kurzschlussfall keinen größeren Strom als den maximal zulässigen Kurzschlussstrom I_{cc} zur Verfügung stellen kann, und das SINAMICS-Gerät durch die empfohlene Kurzschluss-Schutzeinrichtung abgesichert ist, treten keine Defekte am Geräte durch zu hohe Stromkräfte oder zu hohe Erwärmungen auf. Daher ist darauf zu achten, dass das Netz, an welches ein SINAMICS-Gerät angeschlossen werden soll, keinen höheren als den maximal zulässigen Kurzschlussstrom I_{cc} liefern kann. Da die SINAMICS-Leistungsteile und die gegebenenfalls verwendeten netzseitigen Sicherungslasttrennschalter und Leistungsschalter jeweils unterschiedliche maximale Kurzschlussströme aushalten, bestimmt die jeweils schwächste Komponente den maximal zulässigen Kurzschlussstrom. Deshalb sind die in den Tabellen angegebenen Werte für die SINAMICS-Schrankgeräte abhängig davon, ob die Schrankgeräte mit den als Option L26 erhältlichen Hauptschaltern inkl. Sicherungen 3NE1 bzw. Leistungsschaltern 3WL ausgerüstet sind.

Der empfohlene minimale Kurzschlussstrom ist der netzseitige Kurzschlussstrom, den das speisende Netz im Kurzschlussfall am Netzanschlusspunkt des SINAMICS-Gerätes mindestens aufbringen sollte, damit die in den Katalogen D 11 bzw. D 21.3 empfohlenen netzseitigen Sicherungen des Typs 3NE1 in etwa einer halben Netzperiode bzw. die Leistungsschalter des Typs 3WL in etwa 100 ms auslösen. In der folgenden Spalte der Tabelle ist das zugehörige minimale Kurzschlussverhältnis RSC_{min} (**RSC = Relative Short-Circuit Power**) am Netzanschlusspunkt angegeben, welches definiert ist als das Verhältnis der minimal erforderlichen Kurzschlussleistung $S_{K\text{ Netz}}$ am Netzanschlusspunkt zur Bemessungsscheinleistung (Grundscheinleistung) $S_{Umrichter}$ des angeschlossenen Umrichters (oder der angeschlossenen Einspeisung). Die letzte Spalte der Tabelle gibt die maximal zulässige, bezogene Kurzschlussleistung $U_{k\text{ max}}$ des speisenden Netzes an, welche dem minimalen Kurzschlussverhältnis RSC_{min} entspricht. Unabhängig vom minimalen Kurzschlussverhältnis RSC_{min} sollte die maximale bezogene Kurzschlussleistung $U_{k\text{ max}}$ des speisenden Netzes nicht größer sein als $\approx 10\%$, um die Netzurückwirkungen nicht zu stark ansteigen zu lassen.

Hinweis:

Die minimalen Kurzschlussströme sind empfohlene Werte, um ein möglichst schnelles Auslösen der netzseitigen Sicherungen des Typs 3NE1 in etwa einer halben Netzperiode zu gewährleisten. Wenn diese Werte im Einzelfall durch die vorliegende Netzkonfiguration nicht ganz erreicht werden können, verlängert sich die Ansprechzeit der Sicherungen. Dadurch steigt der Ausschalt- I^2t -Wert an, was gegebenenfalls den Schutz der Thyristoren und Dioden in den Gleichrichtern einschränken kann. Das Auslösen der Sicherungen ist jedoch weiterhin gewährleistet, solange die empfohlenen Werte um nicht mehr als ca. 10 – 20 % unterschritten werden.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Typeleistung SINAMICS G130 bei 400V / 500V / 690V [kW]	Baugröße [-]	Bemessungs- Eingangsstrom [A]	Maximaler Kurzschlussstrom I_{cc} [kA]	Minimaler Kurzschlussstrom [kA]	Minimales Kurzschluss- verhältnis RSC_{min} [-]	Maximale bezogene Kurzschluss- spannung $U_{k max}$ [%]
SINAMICS G130 / 3AC 380 V – 480 V						
110	FX	229	65 ¹	3,0	13,1	7,6
132	FX	284	65 ¹	3,6	12,7	7,9
160	GX	338	65 ¹	4,4	13,0	7,7
200	GX	395	65 ¹	4,4	11,1	9,0
250	GX	509	65 ¹	8,0	15,7	6,4
315	HX	629	65 ¹	10,0	15,9	6,3
400	HX	775	65 ¹	10,5	13,6	7,4
450	HX	873	84 ¹	16,0	18,3	5,5
560	JX	1024	84 ¹	18,4	18,0	5,6
SINAMICS G130 / 3AC 500 V – 600 V						
110	GX	191	65 ¹	2,4	12,6	8,0
132	GX	224	65 ¹	3,0	13,4	7,5
160	GX	270	65 ¹	3,6	13,3	7,5
200	GX	343	65 ¹	5,2	15,2	6,6
250	HX	426	65 ¹	5,2	12,2	8,2
315	HX	483	65 ¹	6,2	12,8	7,8
400	HX	598	65 ¹	8,4	14,0	7,1
500	JX	764	84 ¹	10,5	13,7	7,3
560	JX	842	84 ¹	10,4	12,4	8,1
SINAMICS G130 / 3AC 660 V – 690 V						
75	FX	93	65 ¹	1,1	11,8	8,5
90	FX	109	65 ¹	1,1	10,1	10,0
110	FX	131	65 ¹	1,2	9,2	11,0
132	FX	164	65 ¹	1,6	9,8	10,2
160	GX	191	65 ¹	2,4	12,6	8,0
200	GX	224	65 ¹	3,0	13,4	7,5
250	GX	270	65 ¹	3,6	13,3	7,5
315	GX	343	65 ¹	5,2	15,2	6,6
400	HX	426	65 ¹	5,2	12,2	8,2
450	HX	483	65 ¹	6,2	12,8	7,8
560	HX	598	65 ¹	8,4	14,0	7,1
710	JX	764	84 ¹	10,5	13,7	7,3
800	JX	842	84 ¹	10,4	12,4	8,1

1) Diese Werte gelten für die Einbaugeräte G130 ohne Berücksichtigung netzseitiger Sicherungslasttrennschalter bzw. Leistungsschalter

SINAMICS G130: Maximale und minimale netzseitige Kurzschlussströme

Grundlagen und Systembeschreibung Projektierungshinweise

Typleistung SINAMICS G150 bei 400V / 500V / 690V [kW]	Baugröße [-]	Bemessungs- Eingangsstrom [A]	Maximaler Kurzschlussstrom I_{cc} [kA]	Minimaler Kurzschlussstrom [kA]	Minimales Kurzschluss- verhältnis RSC_{min} [-]	Maximale bezogene Kurzschluss- spannung $U_{k max}$ [%]
SINAMICS G150 / 3AC 380 V – 480 V						
110	FX	229	65 ¹ / 65 ²	3,0	13,1	7,6
132	FX	284	65 ¹ / 65 ²	3,6	12,7	7,9
160	GX	338	65 ¹ / 65 ²	4,4	13,0	7,7
200	GX	395	65 ¹ / 50 ²	4,4	11,1	9,0
250	GX	509	65 ¹ / 50 ²	8,0	15,7	6,4
315	HX	629	65 ¹ / 50 ²	10,0	15,9	6,3
400	HX	775	65 ¹ / 50 ²	10,5	13,6	7,4
450	HX	873	84 ¹ / 55 ³	16,0 ¹ / 1,8 ³	18,3 ¹ / 2,1 ³	5,5 ¹ / ≈ 10 ³
560	JX	1024	84 ¹ / 55 ³	18,4 ¹ / 2,0 ³	18,0 ¹ / 2,0 ³	5,6 ¹ / ≈ 10 ³
630	2 x HX	1174	2 x 65 ¹ / 2 x 50 ²	2 x 10,0	17,0	5,9
710	2 x HX	1444	2 x 65 ¹ / 2 x 50 ²	2 x 10,5	14,5	6,9
900	2 x HX	1624	2 x 55	2 x 1,8	2,1	≈ 10
SINAMICS G150 / 3AC 500 V – 600 V						
110	GX	191	65 ¹ / 65 ²	2,4	12,6	8,0
132	GX	224	65 ¹ / 65 ²	3,0	13,4	7,5
160	GX	270	65 ¹ / 65 ²	3,6	13,3	7,5
200	GX	343	65 ¹ / 65 ²	5,2	15,2	6,6
250	HX	426	65 ¹ / 50 ²	5,2	12,2	8,2
315	HX	483	65 ¹ / 50 ²	6,2	12,8	7,8
400	HX	598	65 ¹ / 50 ²	8,4	14,0	7,1
500	JX	764	84 ¹ / 50 ²	10,5	13,7	7,3
560	JX	842	84 ¹ / 84 ³	10,4 ¹ / 1,8 ³	12,4 ¹ / 2,1 ³	8,1 ¹ / ≈ 10 ³
630	2 x HX	904	2 x 65 ¹ / 2 x 50 ²	2 x 6,2	13,7	7,3
710	2 x HX	1116	2 x 65 ¹ / 2 x 50 ²	2 x 8,4	15,1	6,6
1000	2 x JX	1424	2 x 84 ¹ / 2 x 50 ²	2 x 10,5	14,7	6,8
SINAMICS G150 / 3AC 660 V – 690 V						
75	FX	93	65 ¹ / 65 ²	1,1	11,8	8,5
90	FX	109	65 ¹ / 65 ²	1,1	10,1	10,0
110	FX	131	65 ¹ / 65 ²	1,2	9,2	11,0
132	FX	164	65 ¹ / 65 ²	1,6	9,8	10,2
160	GX	191	65 ¹ / 65 ²	2,4	12,6	8,0
200	GX	224	65 ¹ / 65 ²	3,0	13,4	7,5
250	GX	270	65 ¹ / 65 ²	3,6	13,3	7,5
315	GX	343	65 ¹ / 65 ²	5,2	15,2	6,6
400	HX	426	65 ¹ / 50 ²	5,2	12,2	8,2
450	HX	483	65 ¹ / 50 ²	6,2	12,8	7,8
560	HX	598	65 ¹ / 50 ²	8,4	14,0	7,1
710	JX	764	84 ¹ / 50 ²	10,5	13,7	7,3
800	JX	842	84 ¹ / 84 ³	10,4 ¹ / 2,0 ³	12,4 ¹ / 2,4 ³	8,1 ¹ / ≈ 10 ³
1000	2 x HX	1116	2 x 65 ¹ / 2 x 50 ²	2 x 8,4	15,1	6,6
1350	2 x JX	1424	2 x 84 ¹ / 2 x 50 ²	2 x 10,5	14,8	6,8
1500	2 x JX	1568	2 x 84	2 x 1,8	2,3	≈ 10
1750	2x(GB+JX)	1800	2 x 85	2 x 1,8	2,0	≈ 10
1950	2x(GB+JX)	2030	2 x 85	2 x 2,0	2,0	≈ 10
2150	2x(GB+JX)	2245	2 x 85	2 x 2,3	2,0	≈ 10
2400	2x(GD+JX)	2510	2 x 85	2 x 2,5	2,0	≈ 10
2700	2x(GD+JX)	2865	2 x 85	2 x 2,5	1,8	≈ 10

1) Diese Werte gelten für Schrankgeräte ohne Option L26, also ohne Hauptschalter inkl. Sicherungen 3NE1 bzw. ohne Leistungsschalter

2) Diese Werte gelten für Schrankgeräte mit Option L26 = Hauptschalter inkl. Sicherungen 3NE1

3) Diese Werte gelten für Schrankgeräte mit Option L26 = Leistungsschalter

SINAMICS G150: Maximale und minimale netzseitige Kurzschlussströme

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Typeleistung SINAMICS S150 bei 400 V bzw. 690 V [kW]	Baugröße [-]	Bemessungs- Eingangsstrom [A]	Maximaler Kurzschlussstrom I_{cc} [kA]	Minimaler Kurzschlussstrom [kA]	Minimales Kurzschluss- verhältnis RSC_{min} [-]	Maximale bezogene Kurzschluss- spannung $U_{k max}$ [%]
SINAMICS S150 / 3AC 380 V – 480 V						
110	FX	197	65 ¹ / 65 ²	3,0	15,2	6,6
132	FX	242	65 ¹ / 65 ²	3,0	12,4	8,1
160	GX	286	65 ¹ / 65 ²	4,5	15,7	6,4
200	GX	349	65 ¹ / 50 ²	4,5	12,9	7,8
250	GX	447	65 ¹ / 50 ²	8,0	17,9	5,6
315	HX	549	65 ¹ / 50 ²	12,0	21,8	4,6
400	HX	674	65 ¹ / 50 ²	15,0	22,2	4,5
450	HX	759	55	2,0	2,6	≈ 10
560	JX	888	55	2,5	2,8	≈ 10
710	JX	1133	55	3,2	2,8	≈ 10
800	JX	1262	55	3,2	2,5	≈ 10
SINAMICS S150 / 3AC 500 V – 690 V						
75	FX	86	65 ¹ / 65 ²	1,0	11,6	8,6
90	FX	99	65 ¹ / 65 ²	1,0	10,1	9,9
110	FX	117	65 ¹ / 65 ²	1,3	11,1	9,0
132	FX	144	65 ¹ / 65 ²	1,8	12,5	8,0
160	GX	166	65 ¹ / 65 ²	2,5	15,1	6,6
200	GX	202	65 ¹ / 65 ²	3,0	14,8	6,7
250	GX	242	65 ¹ / 65 ²	3,0	12,4	8,1
315	GX	304	65 ¹ / 65 ²	4,5	14,8	6,8
400	HX	375	65 ¹ / 50 ²	4,5	12,0	8,3
450	HX	424	65 ¹ / 50 ²	7,0	16,5	6,1
560	HX	522	65 ¹ / 50 ²	9,0	17,2	5,8
710	JX	665	85 ¹ / 50 ²	15,0	22,6	4,4
800	JX	732	85	2,0	2,7	≈ 10
900	JX	821	85	2,0	2,4	≈ 10
1000	JX	923	85	2,5	2,7	≈ 10
1200	JX	1142	85	3,2	2,8	≈ 10

1) Diese Werte gelten für Schrankgeräte ohne Option L26, also ohne Hauptschalter inkl. Sicherungen 3NE1

2) Diese Werte gelten für Schrankgeräte mit Option L26, also mit Hauptschalter inkl. Sicherungen 3NE1

SINAMICS S150: Maximale und minimale netzseitige Kurzschlussströme

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Typeleistung SINAMICS S120 BLM bei 400 V bzw. 690 V [kW]	Baugröße [-]	Bemessungs- Eingangsstrom [A]	Maximaler Kurzschlussstrom I_{cc} [kA]	Minimaler Kurzschlussstrom [kA]	Minimales Kurzschluss- verhältnis RSC_{min} [-]	Maximale bezogene Kurzschluss- spannung $U_{k max}$ [%]
SINAMICS S120 BLM / 3AC 380 V – 480 V						
200	FB	365	65 ¹ / 50 ²	4,4	12,1	8,3
250	FB	460	65 ¹ / 50 ²	5,2	11,3	8,9
360	FBL	610	65 ¹ / 50 ²	8,8	14,4	6,9
400	FB	710	65 ¹ / 50 ²	10,0	14,1	7,1
560	GB	1010	84 ¹ / 84 ³	12,4 ¹ / 2,5 ³	12,3 ¹ / 2,5 ³	8,1 ¹ / ≈ 10 ³
600	FBL	1000	84 ¹ / 84 ³	12,4 ¹ / 2,5 ³	12,4 ¹ / 2,5 ³	8,1 ¹ / ≈ 10 ³
710	GB	1265	170 ¹ / 100 ³	18,4 ¹ / 3,2 ³	14,5 ¹ / 2,5 ³	6,9 ¹ / ≈ 10 ³
830	GBL	1420	170 ¹ / 100 ³	20,0 ¹ / 3,2 ³	14,1 ¹ / 2,3 ³	7,1 ¹ / ≈ 10 ³
900	GD	1630	170 ¹ / 100 ³	18,6 ¹ / 4,0 ³	11,4 ¹ / 2,5 ³	8,8 ¹ / ≈ 10 ³
SINAMICS S120 BLM / 3AC 500 V – 690 V						
250	FB	260	65 ¹ / 65 ²	3,0	11,5	8,7
355	FB	375	65 ¹ / 65 ²	4,4	11,7	8,5
355	FBL	340	65 ¹ / 65 ²	4,4	12,9	7,7
560	FB	575	65 ¹ / 50 ²	8,0	13,9	7,2
630	FBL	600	65 ¹ / 50 ²	7,2	12,0	8,3
900	GB	925	84 ¹ / 84 ³	10,4 ¹ / 2,0 ³	11,2 ¹ / 2,2 ³	8,9 ¹ / ≈ 10 ³
1100	GB	1180	170 ¹ / 85 ³	16,0 ¹ / 2,5 ³	13,6 ¹ / 2,1 ³	7,4 ¹ / ≈ 10 ³
1100	GBL	1070	170 ¹ / 85 ³	16,8 ¹ / 2,5 ³	15,7 ¹ / 2,3 ³	6,4 ¹ / ≈ 10 ³
1370	GBL	1350	170 ¹ / 85 ³	16,8 ¹ / 3,2 ³	12,4 ¹ / 2,4 ³	8,0 ¹ / ≈ 10 ³
1500	GD	1580	170 ¹ / 85 ³	18,6 ¹ / 3,2 ³	11,8 ¹ / 2,0 ³	8,5 ¹ / ≈ 10 ³

1) Diese Werte gelten für BLM der Bauform Chassis ohne Berücksichtigung netzseitiger Sicherungslasttrennschalter bzw. Leistungsschalter

2) Diese Werte gelten für BLM der Bauform Cabinet Modules mit Hauptschalter inkl. Sicherungen 3NE1 im zugehörigen LCM

3) Diese Werte gelten für BLM der Bauform Cabinet Modules mit Leistungsschalter im zugehörigen LCM

SINAMICS S120 BLM: Maximale und minimale netzseitige Kurzschlussströme

Typeleistung SINAMICS S120 SLM bei 400 V bzw. 690 V [kW]	Baugröße [-]	Bemessungs- Eingangsstrom [A]	Maximaler Kurzschlussstrom I_{cc} [kA]	Minimaler Kurzschlussstrom [kA]	Minimales Kurzschluss- verhältnis RSC_{min} [-]	Maximale bezogene Kurzschluss- spannung $U_{k max}$ [%]
SINAMICS S120 SLM / 3AC 380 V – 480 V						
250	GX	463	65 ¹ / 50 ²	6,2	13,4	7,5
355	GX	614	65 ¹ / 50 ²	9,2	15,0	6,7
500	HX	883	84 ¹ / 84 ³	10,4 ¹ / 2,0 ³	11,8 ¹ / 2,3 ³	8,5 ¹ / ≈ 10 ³
630	JX	1093	84 ¹ / 84 ³	16,0 ¹ / 2,5 ³	14,6 ¹ / 2,3 ³	6,8 ¹ / ≈ 10 ³
800	JX	1430	170 ¹ / 100 ³	21,0 ¹ / 3,2 ³	14,7 ¹ / 2,2 ³	6,8 ¹ / ≈ 10 ³
SINAMICS S120 SLM / 3AC 500 V – 690 V						
450	GX	463	65 ¹ / 50 ²	6,2	13,4	7,5
710	HX	757	84 ¹ / 50 ²	10,5	13,9	7,2
1000	JX	1009	170 ¹ / 85 ³	12,4 ¹ / 2,5 ³	12,3 ¹ / 2,5 ³	8,1 ¹ / ≈ 10 ³
1400	JX	1430	170 ¹ / 85 ³	21,0 ¹ / 3,2 ³	14,7 ¹ / 2,2 ³	6,8 ¹ / ≈ 10 ³

1) Diese Werte gelten für SLM der Bauform Chassis ohne Berücksichtigung netzseitiger Sicherungslasttrennschalter bzw. Leistungsschalter

2) Diese Werte gelten für SLM der Bauform Cabinet Modules mit Hauptschalter inkl. Sicherungen 3NE1 im zugehörigen LCM

3) Diese Werte gelten für SLM der Bauform Cabinet Modules mit Leistungsschalter im zugehörigen LCM

SINAMICS S120 SLM: Maximale und minimale netzseitige Kurzschlussströme

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Typeleistung SINAMICS S120 ALM bei 400 V bzw. 690 V [kW]	Baugröße [-]	Bemessungs- Eingangsstrom [A]	Maximaler Kurzschlussstrom I_{cc} [kA]	Minimaler Kurzschlussstrom [kA]	Minimales Kurzschluss- verhältnis RSC_{min} [-]	Maximale bezogene Kurzschluss- spannung $U_{k max}$ [%]
SINAMICS S120 ALM + AIM / 3AC 380 V – 480 V						
132	FX	210	65 ¹ / 65 ²	3,0	14,3	7,0
160	FX	260	65 ¹ / 65 ²	3,6	13,8	7,2
235	GX	380	65 ¹ / 50 ²	5,2	13,7	7,3
300	GX	490	65 ¹ / 50 ²	8,0	16,3	6,1
300	GXL	490	65 ¹	8,0	16,3	6,1
380	HX	605	65 ¹ / 50 ²	9,2	15,2	6,6
380	HXL	605	65 ¹ / 50 ²	9,2	15,2	6,6
450	HX	745	84 ¹	8,8	11,8	8,5
500	HX	840	84 ¹ / 84 ³	10,4 ¹ / 2,0 ³	12,4 ¹ / 2,4 ³	8,1 ¹ / ≈ 10 ³
500	HXL	840	84 ¹ / 84 ³	10,4 ¹ / 2,0 ³	12,4 ¹ / 2,4 ³	8,1 ¹ / ≈ 10 ³
630	JX	985	84 ¹ / 84 ³	16,0 ¹ / 2,0 ³	16,2 ¹ / 2,0 ³	6,2 ¹ / ≈ 10 ³
630	JXL	985	84 ¹ / 84 ³	16,0 ¹ / 2,0 ³	16,2 ¹ / 2,0 ³	6,2 ¹ / ≈ 10 ³
800	JX	1260	170 ¹	21,0	16,7	6,0
900	JX	1405	170 ¹ / 100 ³	21,0 ¹ / 3,2 ³	15,0 ¹ / 2,3 ³	6,7 ¹ / ≈ 10 ³
900	JXL	1405	170 ¹ / 100 ³	21,0 ¹ / 3,2 ³	15,0 ¹ / 2,3 ³	6,7 ¹ / ≈ 10 ³
SINAMICS S120 ALM + AIM / 3AC 500 V – 690 V						
630	HX	575	65 ¹ / 50 ²	8,4	14,6	6,8
630	HXL	575	65 ¹	8,4	14,6	6,8
800	JX	735	84 ¹ / 50 ²	10,5	14,3	7,0
800	HXL	735	84 ¹ / 50 ²	10,5	14,3	7,0
900	HXL	810	84 ¹ / 84 ³	16,0 ¹ / 2,0 ³	19,8 ¹ / 2,5 ³	5,1 ¹ / ≈ 10 ³
1100	JX	1025	170 ¹ / 85 ³	16,0 ¹ / 2,5 ³	15,6 ¹ / 2,4 ³	6,4 ¹ / ≈ 10 ³
1100	JXL	1025	170 ¹ / 85 ³	16,0 ¹ / 2,5 ³	15,6 ¹ / 2,4 ³	6,4 ¹ / ≈ 10 ³
1400	JX	1270	170 ¹ / 85 ³	20,0 ¹ / 3,2 ³	15,7 ¹ / 2,5 ³	6,4 ¹ / ≈ 10 ³
1400	JXL	1270	170 ¹ / 85 ³	20,0 ¹ / 3,2 ³	15,7 ¹ / 2,5 ³	6,4 ¹ / ≈ 10 ³
1700	JXL	1560	200 ¹ / 85 ³	24,0 ¹ / 3,2 ³	15,4 ¹ / 2,1 ³	6,5 ¹ / ≈ 10 ³

1) Diese Werte gelten für ALM+AIM der Bauform Chassis ohne Berücksichtigung netzseitiger Sicherungslasttrennschalter bzw. Leistungsschalter

2) Diese Werte gelten für ALM+AIM der Bauform Cabinet Modules mit Hauptschalter inkl. Sicherungen 3NE1 im zugehörigen LCM

3) Diese Werte gelten für ALM+AIM der Bauform Cabinet Modules mit Leistungsschalter im zugehörigen LCM

SINAMICS S120 ALM+AIM: Maximale und minimale netzseitige Kurzschlussströme

1.2.5 Anschluss der Geräte an geerdete Netze (TN- oder TT-Netze)

Werden SINAMICS-Geräte an geerdete TN- oder TT-Netze angeschlossen, so ist prinzipiell am Umrichtereingang der Einsatz eines Erdschlusswächters möglich, der einen hochohmigen Erdschluss frühzeitig erfasst (allstromsensitives Differenzstrom-Überwachungsgerät bzw. **Residual-Current Monitor RCM**). Diese Erdschlusserfassung ist jedoch wegen des erforderlichen Summenstromwandlers in der Netzzuleitung relativ aufwändig zu installieren. Zudem muss die Ansprechschwelle des Erdschlusswächters an die Anlagenbedingungen angepasst werden. So sind z. B. bei Antrieben mit langen geschirmten Motorleitungen im Leistungsbereich der in diesem Projektierungshandbuch beschriebenen SINAMICS-Umrichter Ansprechschwellen von 30 mA bzw. 300 mA, wie sie für den Personen- bzw. Brandschutz erforderlich wären, technisch nicht realisierbar (siehe auch Abschnitt „Netzfilter“, Unterabschnitt „Größenordnung der Ableit- bzw. Störströme“). Daher ist im Leistungsbereich der in diesem Projektierungshandbuch beschriebenen SINAMICS-Umrichter der Einsatz eines Erdschlusswächters in der Regel nicht üblich. Allerdings muss – wie oben beschrieben – durch einen geeigneten netzseitigen Schutz dafür gesorgt werden, dass der bei einem niederohmigen Erdschluss oder Kurzschluss im Gerät auftretende beträchtliche Fehlerstrom schnell unterbrochen wird.

Ausgangsseitige Erdschlüsse in der Motorleitung oder im Motor werden in der Regel durch die im Wechselrichter implementierte elektronische Erdschlussüberwachung erkannt. Die Ansprechschwelle dieser Überwachung ist in der Firmware parametrierbar auf Werte größer ca. 10 % des Bemessungs-Ausgangsstromes.

SINAMICS-Geräte sind für den Einsatz in geerdeten TN- und TT-Netzen mit geerdetem Sternpunkt standardmäßig mit Funk-Entstörfiltern für die Zweite Umgebung ausgerüstet (Kategorie C3 gemäß der EMV-Produktnorm IEC 61800-3). Dies gilt für Schrankgeräte SINAMICS G150 und S150, für Einbaugeräte SINAMICS G130 sowie die Einspeisungen (Basic Infeed, Smart Infeed und Active Infeed) des modularen Systems S120 (Chassis und Cabinet Modules). Nähere Informationen zur Funk-Entstörung sind im Abschnitt „Netzfilter“ oder im Kapitel „EMV-Aufbaurichtlinie“.

1.2.6 Anschluss der Geräte an ungeerdete Netze (IT-Netze)

SINAMICS-Geräte können auch an ungeerdete IT-Netze angeschlossen und an diesen betrieben werden. IT-Netze bieten im Vergleich zu geerdeten Netzen folgende Vorteile:

- Im Falle eines einzelnen Erdschlusses kann kein Erdschlussstrom fließen und der Betrieb kann aufrechterhalten werden. Erst ein zweiter Erdschluss im System führt zu einer Störschaltung.
- Bei ausgedehnten Anlagen werden die kapazitiven Ableitströme durch große Summenleitungslängen deutlich reduziert, was es erlaubt, größere Anlagenverbände zu realisieren als in geerdeten Netzen.

Aufgrund dieser Vorteile sind IT-Netze dort weit verbreitet, wo Störschaltungen prozessbedingt minimiert werden müssen, wie z. B. in der Chemie, der Stahlindustrie und der Papierindustrie.

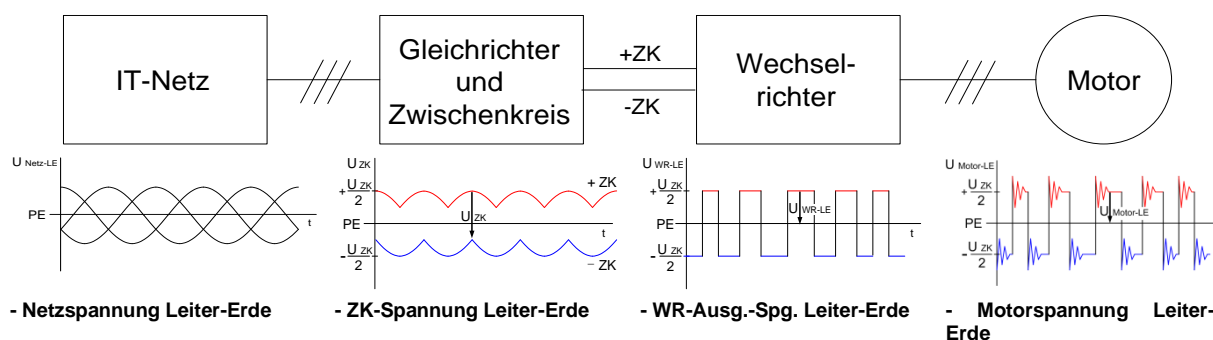
Spannungsverhältnisse im ordnungsgemäßen Betrieb und im Erdschlussfall

Im Folgenden werden die Spannungsverhältnisse im IT-Netz sowohl im ordnungsgemäßen Betrieb als auch im Falle eines Erdschlusses kurz dargestellt und erläutert.

Im ordnungsgemäßen Betrieb sind im IT-Netz die Spannungen der drei Netzphasen (Leiter-Erde) $U_{\text{Netz-LE}}$ durch die Kapazitäten der Transformatorwicklung und der Netzzuleitungen kapazitiv an das Erdpotenzial angebunden. Diese symmetrische, kapazitive Erdanbindung sorgt dafür, dass netzseitig sehr ähnliche Spannungsverhältnisse gegenüber dem Erdpotenzial vorliegen wie im TN- oder TT-Netz. Bei Umrichtern mit netzgeführten, ungerichteten Gleichrichtern folgt der Pluspol des Zwischenkreises +ZK den positiven Kuppen der Netzspannung und der Minuspol des Zwischenkreises -ZK den negativen Kuppen der Netzspannung. Die Zwischenkreisspannung U_{ZK} liegt damit symmetrisch zum Erdpotenzial PE, wobei der Pluspol +ZK um den Wert $U_{\text{ZK}}/2$ über dem Erdpotenzial PE, und der Minuspol -ZK um den Wert $U_{\text{ZK}}/2$ unter dem Erdpotenzial PE liegt. Jede Phase des Wechselrichterausgangs wird durch das Takten der IGBTs abwechselnd mit dem Pluspol und dem Minuspol des Zwischenkreises verbunden. Damit liegt jede Wechselrichterphase abwechselnd auf dem Potenzial $+U_{\text{ZK}}/2$ bzw. $-U_{\text{ZK}}/2$. Durch Reflexionen, die durch lange Motorleitungen hervorgerufen werden, oder Einschwingvorgänge, die beim Einsatz von Motordrosseln auftreten, kann die Spitzenspannung an den Motoranschlüssen (Leiter-Erde) $\hat{U}_{\text{Motor-LE}}$ deutlich größer werden als die Spannung (Leiter-Erde) am Wechselrichterausgang $U_{\text{WR-LE}}$. Im ungünstigsten Fall kann sich ergeben:

$$\hat{U}_{\text{Motor-LE}} = 2 \cdot U_{\text{WR-LE}} = U_{\text{ZK}}$$

Im folgenden Bild sind die Spannungsverhältnisse im ordnungsgemäßen Betrieb im IT-Netz grafisch dargestellt.



Spannungsverhältnisse im ordnungsgemäßen Betrieb im IT-Netz

Im Erdschlussfall mit einem Erdschluss an einer Phase des Wechselrichterausgangs wird das Erdpotenzial PE dieser Phase durch das Takten der IGBTs abwechselnd mit dem Pluspol +ZK und dem Minuspol -ZK des Zwischenkreises verbunden. Damit liegen sowohl der Pluspol als auch der Minuspol abwechselnd auf Erdpotenzial PE. Das Potenzial des jeweils nicht geerdeten Pols des Zwischenkreises befindet sich um den Wert der Zwischenkreisspannung U_{ZK} über bzw. unter dem Erdpotenzial PE. Die beiden nicht vom Erdschluss betroffenen Phasen des Wechselrichterausgangs werden durch das Takten der IGBTs abwechselnd mit dem Pluspol und dem Minuspol des Zwischenkreises verbunden. Damit liegt jede dieser beiden Wechselrichterphasen abwechselnd auf dem Potenzial $+U_{\text{ZK}}$ bzw. $-U_{\text{ZK}}$. Durch Reflexionen, die durch lange Motorleitungen hervorgerufen werden, oder Einschwingvorgänge, die beim Einsatz von Motordrosseln auftreten, kann die Spitzenspannung an den Motoranschlüssen (Leiter-Erde) $\hat{U}_{\text{Motor-LE}}$ deutlich größer werden als die Spannung (Leiter-Erde) am Wechselrichterausgang $U_{\text{WR-LE}}$. Im ungünstigsten Fall kann sich ergeben:

$$\hat{U}_{\text{Motor-LE}} = 2 \cdot U_{\text{WR-LE}} = 2 \cdot U_{\text{ZK}}$$

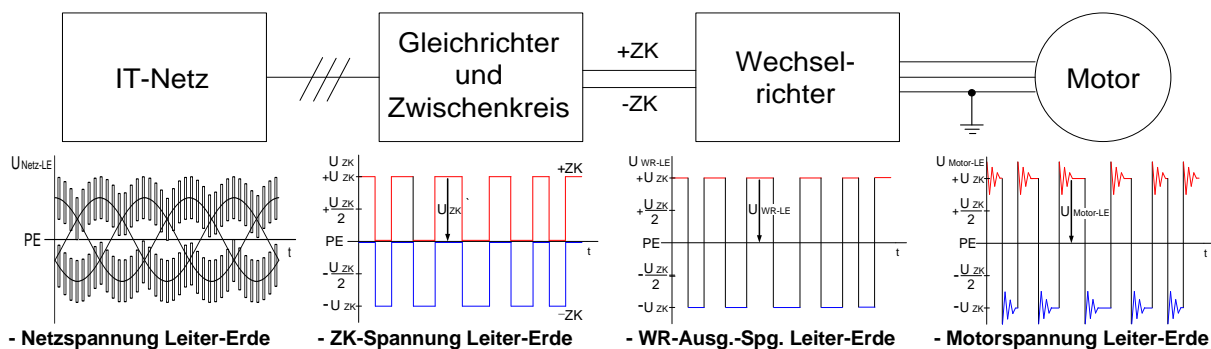
Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Die durch den Erdschluss am Wechselrichterausgang und das Takten des Wechselrichters hervorgerufenen Sprünge der Potenziale +ZK und -ZK im Zwischenkreis erhöhen jedoch nicht nur die Spannungsbelastung im Umrichter und an der Motorwicklung. Sie wirken auch zurück auf die Netzspannung, weil diese im IT-Netz nur kapazitiv an das Erdpotenzial PE angebunden ist. Damit überlagern sich der Netzspannung (Leiter-Erde) $U_{\text{Netz-LE}}$ die Potentialsprünge des Zwischenkreises, so dass sich auch auf der Netzseite eine deutlich erhöhte Spannungsbelastung einstellt.

Im Vergleich zum ordnungsgemäßen Betrieb im IT-Netz ergibt sich somit im Erdschlussfall eine deutlich erhöhte und nicht mehr sinusförmig verlaufende Netzspannung (Leiter-Erde). Die Spannungsbelastung im Zwischenkreis und im Wechselrichter des Umrichters (Leiter-Erde) steigt auf den doppelten Wert an und auch die Spannungsbelastung der Motorwicklung (Leiter-Erde) verdoppelt sich.

Im folgenden Bild sind die Spannungsverhältnisse im Erdschlussfall im IT-Netz grafisch dargestellt.



Spannungsverhältnisse im Erdschlussfall im IT-Netz

Aufgrund der im Erdschlussfall nicht mehr sinusförmig verlaufenden Netzspannung (Leiter-Erde) ist es gerade in IT-Netzen besonders wichtig, dass einphasige Steuertransformatoren zur Erzeugung einer einphasigen Hilfsspannung nicht zwischen einem Außenleiter und Erde geschaltet sind, sondern immer zwischen zwei Außenleitern, weil die Netzspannung (Leiter-Leiter) auch im Erdschlussfall weitestgehend verzerrungsfrei bleibt.

Isolationsüberwachung

Im IT-Netz muss ein auftretender Erdschluss erkannt und möglichst bald beseitigt werden. Dies ist aus zwei Gründen erforderlich:

- Zum einen führt ein zweiter Erdschluss aufgrund des sich dann ausbildenden Kurzschlussstromes zur Störabschaltung und damit zur Betriebsunterbrechung. Aufgrund der undefinierten und in der Regel eher hohen Erdschlussimpedanz können Störlichtbögen die Anlage erheblich schädigen bis es zum Auslösen der vorgelagerten Schutzorgane kommt.
- Zum anderen ist im Falle eines Erdschlusses ein Außenleiter bzw. ein Pol des Zwischenkreises im Umrichter geerdet, was wie oben beschrieben zu einer um den Faktor 2 höheren betriebsmäßigen Spannungsbelastung der Isolation von Umrichter und Motor durch die nicht betroffenen Leiter führt. Kurzfristig ist diese erhöhte Spannungsbelastung für Umrichter und Motor unkritisch, jedoch kann sich ein längerer Betrieb über mehr als 24 h hinweg auf die Lebensdauer der Motorwicklung auswirken und diese ggf. reduzieren.

Daher ist eine rechtzeitige Erdschlusserkennung mittels eines Isolationswächters bzw. eines Isolationsüberwachungsgerätes zwingend erforderlich.

Die Isolationsüberwachung kann an zentraler Stelle des IT-Netzes erfolgen oder auch im SINAMICS-Umrichter selbst. Geeignete und bewährte Isolationswächter sind z. B. Geräte der Fa. Bender.

Für die Schrankgeräte SINAMICS G150 und S150 sowie die S120 Line Connection Modules sind diese Isolationswächter als Option L87 verfügbar. Die Melderelais K1 und K2 müssen bei der Inbetriebnahme als N.C. (Normally Closed) parametrieren, d. h. die Relais müssen sich im Ruhestrom-Betrieb befinden und im Normalfall angezogen sein (entspricht dem Zustand „keine Störung“). Hierdurch fallen die Kontakte bei einer Betriebsstörung des Isolationswächters ab und die Störung kann erkannt und an eine überlagerte Steuerung gemeldet werden. Die Parametrierung des Isolationswächters ist in der Betriebsanleitung beschrieben, die den Geräten beiliegt.

Eine häufig vorkommende Antriebskonstellation, die als ungeerdetes IT-Netz betrieben wird, ist ein 12-pulsiger Antrieb, der durch einen Dreiwicklungstransformator gespeist wird. Der Dreiwicklungstransformator besitzt die eine Sekundärwicklung in Stern-, die andere in Dreieckschaltung. Da die Dreieckwicklung keinen Sternpunkt besitzt, den man sinnvoll erden könnte, werden 12-pulsige Antriebe mit zwei ungeerdeten Sekundärwicklungen und somit als IT-Netz betrieben. Aus diesem Grunde sind 12-pulsig betriebene Umrichter – wie z. B. 12-pulsig betriebene Parallelschaltungen SINAMICS G150 – mit der Option L87 / Isolationswächter auszurüsten.

Isolationswiderstände

SINAMICS Chassis- und Schrankgeräte G130, G150, S150 sowie S120 Chassis und Cabinet Modules besitzen elektronische Schaltungen zur Erfassung der Zwischenkreisspannung auf dem Control Interface Module CIM, die für eine galvanische Trennung zwischen dem Leistungsteil und der geerdeten Umrichterelektronik sorgen. Damit ergibt sich prinzipbedingt ein sehr hoher Isolationswiderstand > 10 MΩ, auch wenn viele dieser Geräte gemeinsam an einem IT-Netz betrieben werden.

Eine Ausnahme bildete noch bis Frühjahr 2013 das **Voltage Sensing Module VSM10** (6SL3053-0AA00-3AA0), welches die Netzspannung bei S120 Active Infeeds, S120 Smart Infeeds und bei Schrankgeräten SINAMICS S150 über hochohmige Widerstandsketten gegen Erde erfasste. Dadurch ergab sich für die genannten Einspeisungen und Schrankgeräte ein Isolationswiderstand von 0,625 MΩ. Seit Frühjahr 2013 steht das überarbeitete **Voltage Sensing Module VSM10** (6SL3053-0AA00-3AA1) mit einer galvanischen Trennung zwischen dem Leistungsteil und der geerdeten Umrichterelektronik zur Verfügung, so dass auch hier prinzipbedingt ein sehr hoher Isolationswiderstand > 10 MΩ erreichbar ist, auch wenn viele dieser Geräte gemeinsam an einem IT-Netz betrieben werden.

Hinweis:

Das überarbeitete **Voltage Sensing Module VSM10** (6SL3053-0AA00-3AA1) besitzt einen Stecker X530, über den die interne Schaltung zur Spannungserfassung entweder mit dem Erdpotenzial verbunden oder vom Erdpotenzial getrennt werden kann.

In neuen Geräten, die mit dem neuen VSM10 mit der Endung 3AA1 geliefert werden, kann bei der Inbetriebnahme in IT-Netzen die Brücke im Stecker X530 entfernt werden, um eine galvanisch getrennte Spannungserfassung und damit einen Isolationswiderstand > 10 MΩ zu erhalten.

In alten Geräten, in denen das neue VSM10 mit der Endung 3AA1 als Ersatzteil für ein altes VSM10 mit der Endung 3AA0 eingesetzt wird, muss aus Sicherheitsgründen die Brücke am Stecker X530 generell eingelegt bleiben, weil hier die Entladung der Funk-Entstörkondensatoren über das VSM10 erfolgen muss, wenn die standardmäßig in den SINAMICS-Geräten vorhandenen Funk-Entstörfilter für die Zweite Umgebung in IT-Netzen aufgrund des entfernten Erdungsbügels keine Erdverbindung besitzen. Damit ergibt sich hier auch mit dem neuen VSM10 in IT-Netzen ein ähnlicher Isolationswiderstand wie mit dem alten VSM10.

Die folgende Tabelle zeigt die Isolationswiderstände der SINAMICS-Baugruppen, welche eine hochohmige Widerstandsverbindung zwischen Leistungsteil und geerdeter Elektronik herstellen sowie die resultierenden Isolationswiderstände von kompletten SINAMICS-Umrichtern und SINAMICS S120-Komponenten.

Schaltungsteil / SINAMICS-Baugruppe	Isolationswiderstand zur Erde	Bemerkung
Netzspannungserfassung VSM alt (bis Frühjahr 2013)	0,625 MΩ	Hochohmige Widerstände
SINAMICS-Umrichter / SINAMICS-Komponente	Isolationswiderstand zur Erde	Bemerkung
G130 Einbaugerät	> 10 MΩ	
G150 Schrankgerät	> 10 MΩ	
S150 Schrankgerät	Mit VSM alt: 0,625 MΩ Mit VSM neu: >10 MΩ	Wert für VSM neu gilt mit entfernter Brücke in X530
S120 Basic Infeed mit Thyristorbestückung (alle Basic Line Modules Baugröße FB, FBL, GB, GBL)	> 10 MΩ	
S120 Basic Infeed mit Diodenbestückung: 900 kW / 400 V und 1500 kW / 500 V - 690 V	> 10 MΩ	
S120 Smart Infeed	Mit VSM alt: 0,625 MΩ Mit VSM neu: >10 MΩ	Wert für VSM neu gilt mit entfernter Brücke in X530
S120 Active Infeed	Mit VSM alt: 0,625 MΩ Mit VSM neu: >10 MΩ	Wert für VSM neu gilt mit entfernter Brücke in X530
S120 Motor Module	> 10 MΩ	

Isolationswiderstände von SINAMICS-Baugruppen sowie SINAMICS-Umrichtern und SINAMICS S120-Komponenten

Funk-Entstörung / Funk-Entstörfilter

Bei der Installation bzw. der Inbetriebnahme der Geräte am IT-Netz muss die Erdverbindung der standardmäßig in den SINAMICS-Geräten vorhandenen Funk-Entstörfilter für die Zweite Umgebung (Kategorie C3 gemäß der EMV-Produktnorm IEC 61800-3) unterbrochen werden. Dies geschieht durch einfaches Entfernen eines Metallbügels am Filter gemäß Betriebsanleitung. Wird dieses nicht beachtet, so werden die Kondensatoren der Funk-Entstörfilter im Falle eines motorseitigen Erdschlusses überlastet und u. U. zerstört, siehe Abschnitt „Spannungsverhältnisse im ordnungsgemäßen Betrieb und im Erdschlussfall“. Nach dem Entfernen der Erdverbindung des standardmäßigen Funk-Entstörfilters entsprechen die Geräte der Kategorie C4 gemäß der EMV-Produktnorm IEC 61800-3. Nähere Details sind im Kapitel „EMV-Aufbaurichtlinie“ beschrieben.

Überspannungsbegrenzung

In IT-Netzen kann die Netzspannung wegen der fehlenden Erdanbindung theoretisch beliebig weit vom Erdpotenzial wegdriften, so dass beliebig hohe Überspannungen gegenüber Erde denkbar wären. In der Praxis ist dies im Allgemeinen nicht der Fall, da die Netzspannung durch die Kapazitäten der Transformatorwicklung und der Netzzuleitungen kapazitiv an das Erdpotenzial angebunden ist, wie im Abschnitt „Spannungsverhältnisse im ordnungsgemäßen Betrieb und im Erdschlussfall“ beschrieben. Diese kapazitive Erdanbindung sorgt im ordnungsgemäßen, symmetrischen Drehstrombetrieb dafür, dass sich der Sternpunkt des ungeerdeten Systems praktisch auf Erdpotenzial befindet und sehr ähnliche Spannungsverhältnisse gegenüber Erde vorliegen wie in TN- und TT-Netzen.

Im Erdschlussfall, wenn ein Erdschluss am Umrichterzwischenkreis, am Wechselrichter Ausgang, an der Motorleitung oder am Motor vorliegt, tritt jedoch im IT-Netz eine um den Faktor 2 höhere betriebsmäßige Spannung gegen Erde auf als im TN-Netz, so dass das Antriebssystem unter diesen Randbedingungen geringere Reserven hinsichtlich der Isolation aufweist. Daher sind von außen in die Anlage eingekoppelte transiente Überspannungen (z. B. durch Schalthandlungen in der Mittelspannungsversorgung oder durch Blitzeinschläge) hier kritischer zu bewerten als im Normalbetrieb. Gerade in komplexen Anlagen mit vielen Umrichtern ist die Gefahr von transienten Überspannungen gegen Erde, die zur Beschädigung der Geräte führen können, durchaus gegeben.

Aus diesem Grunde wird empfohlen, in IT-Netzen Überspannungsableiter gegen Erde vorzusehen. Je Netzphase ist ein einphasiger Überspannungsableiter zwischen Phase und Erde zu schalten, und zwar möglichst niederinduktiv mit kurzen Leitungswegen von den Netzphasen über den Überspannungsableiter zur Erde. Ferner sind die Überspannungsableiter möglichst nah am Eingang des Umrichtersystems anzuordnen, um dieses optimal zu schützen. Befinden sich am Versorgungstransformator mehrere Umrichtersysteme, so kann der Einbau auch in der Hauptverteilung erfolgen. Geeignete Überspannungsableiter können z. B. von der Firma Dehn bezogen werden. Aufgrund der oben beschriebenen, erhöhten Spannungsbelastung im Erdschlussfall müssen die Überspannungsableiter mindestens die in der Tabelle angegebenen Bemessungsspannungen aufweisen, damit ein betriebsmäßiges Ansprechen der Ableiter ausgeschlossen ist.

Netzanschlussspannung	minimale Bemessungsspannung Überspannungsableiter einphasig	geeigneter Typ / Firma Dehn
3AC 380 V – 480 V	600 V	DEHNguard DG S 600 FM
3AC 500 V – 600 V	1000 V	DEHNguard DG 1000 FM
3AC 660 V – 690 V	1000 V	DEHNguard DG 1000 FM

Empfohlene Bemessungsspannungen für Überspannungsableiter gegen Erde in IT-Netzen

Besitzen die Überspannungsableiter keine hinreichend hohe Bemessungsspannung, so können sie bereits im normalen Betrieb bzw. im Betrieb mit Erdschluss durch periodisches Ansprechen geschädigt werden oder EMV-Störungen im System hervorrufen, wie z. B. ein Fehlverhalten der eingesetzten Isolationswächter.

Bei den Schrankgeräten SINAMICS G150 und S150 sowie den Line Connection Modules der SINAMICS S120 Cabinet Modules sind die Überspannungsableiter für den Betrieb am IT-Netz als Option L21 bestellbar. Diese Option beinhaltet den Einbau der Überspannungsableiter einschließlich der zugehörigen Sicherungen. Die Meldekontakte der Überspannungsableiter sind zur Überwachung in Reihe geschaltet und auf eine Kundenschnittstelle gelegt.

Hinweis:

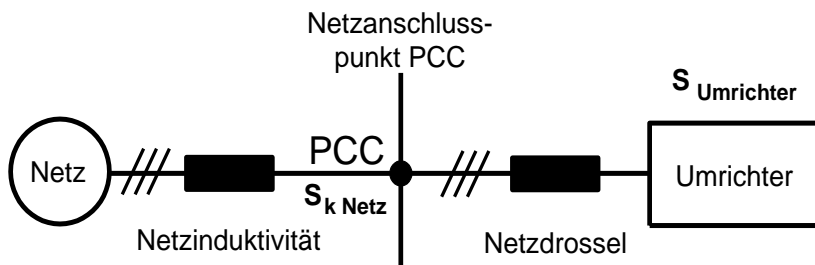
Die Option L21 beinhaltet nicht den Einbau eines Isolationswächters für das IT-Netz. Ein Isolationswächter ist immer dann zusätzlich als Option L87 zu bestellen, wenn das speisende Netz nicht an anderer Stelle durch einen Isolationswächter überwacht wird. Innerhalb eines galvanisch miteinander verbundenen Netzes darf immer nur ein Isolationswächter eingesetzt werden.

Die Option L21 beinhaltet auch nicht das werkseitige Entfernen des Metallbügels, welcher die Verbindung des standardmäßig eingebauten Funk-Entstörfilters zur Erde herstellt, und auch nicht das Entfernen der Erdungsbrücke im Stecker X530 des Voltage Sensing Modules VSM10 bei SINAMICS S120 Active Infeeds / Smart Infeeds und Schrankgeräten SINAMICS S150. Der Metallbügel des standardmäßig eingebauten Funk-Entstörfilters zur Erde bzw. die Erdungsbrücke am Voltage Sensing Module VSM10 sind daher bei der Installation bzw. der Inbetriebnahme des Umrichters zu entfernen, wenn vor Ort ein IT-Netz vorliegt.

1.2.7 Anschluss der Geräte an Netze mit unterschiedlichen Kurzschlussleistungen

Definition der bezogenen Kurzschlussleistung RSC

Die bezogene Kurzschlussleistung RSC (Relative Short-Circuit Power) ist gemäß EN 60146-1-1 definiert als das Verhältnis der Kurzschlussleistung $S_{K\text{ Netz}}$ des Netzes zur Bemessungsscheinleistung (Grundscheinleistung) $S_{\text{Umrichter}}$ des Umrichters an seinem Netzanschlusspunkt PCC (Point of Common Coupling).



Netze mit großer bezogener Kurzschlussleistung $RSC > 50$ (starke Netze)

Bezogene Kurzschlussleistungen $RSC > 50$ erfordern bei 6-pulsigen Gleichrichterschaltungen (G130, G150, S120 Basic Line Modules und S120 Smart Line Modules) auf jeden Fall den Einsatz von Netzdrosseln. Diese begrenzen die netzseitigen Stromüberschwingungen und schützen dadurch den Umrichter (Gleichrichter und Zwischenkreis-kondensatoren) vor thermischer Überlastung. Bei 6-pulsigen Gleichrichterschaltungen mit Line Harmonics Filtern (LHF und LHF compact) sowie bei Active Infeeds (S150, S120 Active Line Modules) sind keine Besonderheiten zu beachten.

Netze mit mittlerer bezogener Kurzschlussleistung $15 \leq RSC \leq 50$

Mittlere bezogene Kurzschlussleistungen im Bereich $15 \leq RSC \leq 50$ erfordern in der Regel keine besonderen Maßnahmen. Abhängig von der Geräteleistung kann es erforderlich werden, beim Einsatz 6-pulsiger Gleichrichterschaltungen Netzdrosseln vorzusehen. Bei 6-pulsigen Gleichrichterschaltungen mit Line Harmonics Filtern (LHF und LHF compact) sind keine Besonderheiten zu beachten. Bei Active Infeeds (S150, S120 Active Line Modules) in sehr dynamischen Anwendungen, wie z.B. Servopressen, sollte die bezogene Kurzschlussleistung RSC mindestens im Bereich von 25...30 liegen.

Netze mit kleiner bezogener Kurzschlussleistung $RSC < 15$ (schwache Netze)

Werden SINAMICS-Geräte an Netze mit kleiner bezogener Kurzschlussleistung $RSC < 15$ angeschlossen, so ist zu beachten, dass die Netzurückwirkungen, d. h. die Spannungsüberschwingungen in der Netzspannung zunehmen und auch andere unerwünschte Nebenwirkungen auftreten können. Aus diesem Grunde liegt der minimal zulässige Wert der bezogenen Kurzschlussleistung für SINAMICS-Geräte bei ca. $RSC = 10$.

Wird bei 6-pulsigen Gleichrichterschaltungen der Wert $RSC = 10$ unterschritten, so erreichen die Spannungsüberschwingungen eine kritische Größenordnung. Die in den Normen festgelegten zulässigen Grenzwerte werden erreicht bzw. überschritten und ein zuverlässiger Betrieb des Umrichters sowie anderer am PCC angeschlossener Geräte ist gefährdet. Näheres hierzu ist im Abschnitt „Netzurückwirkungen“ unter „Normen und zulässige Überschwingungen“ zu finden.

Wird bei 6-pulsigen Gleichrichterschaltungen mit Line Harmonics Filtern der Wert $RSC = 10$ unterschritten, so kommt es aufgrund der Verstimmung des Line Harmonics Filters durch die hohe Netzimpedanz zu einer deutlichen Anhebung der Netzspannungsgrundscheinleistung. Diese kann Werte außerhalb der zulässigen Netzspannungstoleranz der Umrichter erreichen, so dass ein ordnungsgemäßer Betrieb bei diesen Netzbedingungen nicht mehr möglich ist.

Auch bei Active Infeeds müssen Einschränkungen in Kauf genommen werden. Für Werte $RSC < 15$ wird die Dynamik der Regelung schlechter und die pulsfrequenten Spannungsüberschwingungen in der Netzspannung beginnen anzusteigen. Für Werte $RSC < 10$ ist – wie bei 6-pulsigen Gleichrichterschaltungen – ein zuverlässiger Betrieb des Umrichters sowie anderer am PCC angeschlossener Geräte nur noch mit Einschränkungen bezüglich Dynamik und Netzurückwirkungen erreichbar. Für Werte $RSC < 5$ ist ein stabiler Betrieb in der Regel nur noch mit Einschränkungen und unter Beachtung der speziellen Inbetriebnahmehinweise / Parametrierungen für schwache Netze möglich.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Bezogene Kurzschlussleistungen $RSC < 10$ sind z. B. dann gegeben, wenn Umrichter durch leistungsmäßig angepasste Transformatoren mit hohen bezogenen Kurzschlussspannungen $u_k > 10\%$ gespeist werden. Werte $RSC < 10$ liegen in der Regel auch vor, wenn Umrichter an Inselnetzen betrieben werden, die durch leistungsmäßig angepasste diesel-elektrische Generatoren gespeist werden. Denn bei Generatoren liegt der Wert X_d'' , welcher dem Wert u_k bei Transformatoren entspricht, typischerweise bei 10% bis 15% . In solchen Fällen sind die Netzverhältnisse genau zu prüfen. Oftmals ist eine Überdimensionierung der Transformatoren oder Generatoren zur Reduktion der Spannungsüberschwingungen in Betracht zu ziehen. Beim Einsatz rückspeisefähiger Infeeds (Smart Infeeds oder Active Infeeds) an diesel-elektrischen Generatoren sollte der generatorische Betrieb durch entsprechende Parametrierung gesperrt werden.

Ein Beispiel für ein extrem schwaches Netz ist eine Labor- oder Prüffeldversorgung sehr kleiner Leistung, an der ein leistungsstarker drehzahlveränderbarer Antrieb getestet werden soll. Wird der Antrieb nur im Leerlauf betrieben, so ist gegen eine solche Konstellation zunächst nichts einzuwenden, da im Leerlauf kaum Wirkleistung benötigt und das Netz mit Blick auf die entnommene Leistung nicht überlastet wird. Voraussetzung ist allerdings, dass das Netz den Vorladestrom zur Vorladung des Zwischenkreises bereitstellen kann. Die Höhe des Vorladestroms ist gerätespezifisch und daher den gerätespezifischen Kapiteln zu entnehmen.

Solange der Umrichter netzseitig aus einem 6-pulsigen Gleichrichter – ohne Line Harmonics Filter – besteht (SINAMICS G130, G150 und S120 Basic Line Modules), halten sich wegen der geringen Netzströme auch die Netzurückwirkungen in Grenzen, so dass eine solche Anordnung für Prüzzwecke durchaus geeignet ist. Eine Ausnahme bei den 6-pulsigen Gleichrichtern bilden die SINAMICS S120 Smart Line Modules, weil diese auch im Leerlauf einen nicht zu vernachlässigenden Oberschwingungs-Blindstrom aus dem Netz aufnehmen. Daher sollte für die oben genannten Prüzzwecke bei Smart Line Modules die generatorische Richtung in der Firmware gesperrt werden.

Bei 6-pulsigen Antrieben mit Line Harmonics Filter stellen zwar die Oberschwingungen kein Problem dar, aber es besteht – wie oben beschrieben – die Gefahr, dass die Grundschiwingung der Netzspannung durch die Verstimmung des Filters deutlich angehoben wird und somit ein ordnungsgemäßer Betrieb nicht mehr möglich ist.

Wenn leistungsstarke Antriebe mit Active Infeeds getestet werden sollen (SINAMICS S150 oder Antriebe mit S120 Active Line Modules), ist diese Anordnung hinsichtlich der Oberschwingungen kritisch. Die dank des Clean Power Filters normalerweise sehr geringen verbleibenden Oberschwingungen auf der Netzseite können bei bezogenen Kurzschlussleistungen $RSC < 5$ wegen der hohen Impedanz des schwachen Netzes die Netzspannung selbst im Leerlauf derart verzerren, dass die Regelung des Active Infeed Probleme bekommt. Nur mit den speziellen Einstell- und Parametrierempfehlungen für schwache Netze kann bis zu Werten $RSC \geq 2,5$ ein stabiler Schwachlastbetrieb für Testzwecke sicher erreicht werden.

1.2.8 Netzspannungsschwankungen und Netzspannungseinbrüche

Allgemeines

Die Spannung der Energieversorgungsnetze ist in der Regel nicht konstant sondern unterliegt mehr oder weniger starken Änderungen aufgrund von Lastschwankungen, betrieblichen Schalthandlungen und besonderen Ereignissen, wie z. B. dem Auftreten und Beenden von Kurzschlüssen. Die angeschlossenen SINAMICS-Geräte werden diesen Netzspannungsänderungen zwangsläufig ausgesetzt und zeigen dabei abhängig von Höhe und Dauer der Spannungsänderung sowie dem jeweiligen Betriebs- bzw. Lastzustand des Antriebes unterschiedliche Reaktionen. Diese reichen von völlig unbeeinflusstem Betrieb über Betrieb mit gewissen Einschränkungen bis hin zur kompletten Abschaltung des Antriebs.

Im Folgenden wird auf die wichtigsten Arten von Netzspannungsänderungen sowie deren Ursache, Höhe und Dauer eingegangen und anschließend das Verhalten der SINAMICS-Geräte bei Netzspannungsänderungen erläutert.

Netzspannungsschwankungen sind relativ langsame, längerfristige Erhöhungen oder Verringerungen des Effektivwertes der Netzspannung, die üblicherweise durch Lastschwankungen im Versorgungsnetz, das Schalten von Transformator-Stufenschaltern und andere betriebliche Einstellungen des Versorgungsnetzes hervorgerufen werden.

In europäischen Verbundnetzen kann man gemäß IEC 61000-2-4:2002 von folgenden typischen Abweichungen von der nominellen Netzspannung U_N ausgehen:

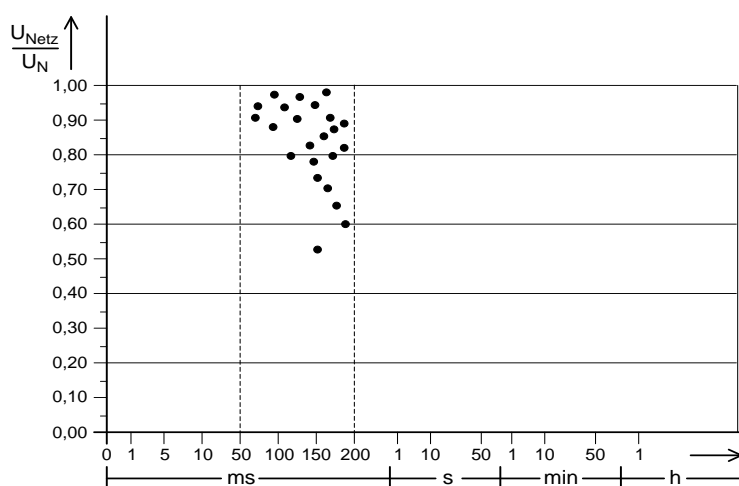
- $0,90 \cdot U_N \leq U_{\text{Netz}} \leq 1,1 \cdot U_N$ (dauernd)
- $0,85 \cdot U_N \leq U_{\text{Netz}} \leq 0,9 \cdot U_N$ (kurzfristig, d. h. < 1 min)

Netzspannungseinbrüche sind gekennzeichnet durch ein plötzliches Absinken der Netzspannung mit kurz darauf folgender Wiederkehr. Üblicherweise sind Netzspannungseinbrüche mit dem Auftreten und dem Beenden eines Kurzschlusses oder anderer sehr hoher Stromerhöhungen im Netz verbunden (z. B. Anlauf relativ großer Motoren direkt am Netz mit entsprechend hohen Anlaufströmen). Netzspannungseinbrüche variieren relativ stark hinsichtlich ihrer Tiefe und Dauer. Die Tiefe des Netzspannungseinbruchs hängt vom Ort des Kurzschlusses bzw. der Stromerhöhung ab. Tritt das Ereignis nahe dem Geräteanschlusspunkt auf, so ist der Einbruch tief, tritt es weit entfernt auf, so ist der Einbruch gering. Die Dauer des Einbruchs hängt bei Kurzschlüssen im Netz davon ab, wie schnell die Schutzeinrichtungen wie Sicherungen oder Leistungsschalter ansprechen und den Kurzschluss abschalten.

In europäischen Verbundnetzen kann man gemäß EN 50160 von folgenden Anhaltswerten für Netzspannungseinbrüche ausgehen:

$$0,01 \cdot U_N \leq U_{\text{Netz}} \leq U_N \text{ (sehr kurzfristig, d. h. 10 ms bis ca. 1 s)}$$

Das folgende Bild zeigt die über einen Zeitraum von zwei Monaten gemessenen Netzspannungseinbrüche in einem typischen europäischen Versorgungsnetz. Die Netzspannungseinbrüche liegen im Bereich $0,5 \cdot U_N \leq U_{\text{Netz}} \leq U_N$ mit einer Dauer zwischen 50 ms und 200 ms, wobei sehr tiefe Einbrüche eher selten vorkommen.



Netzspannungseinbrüche in einem typischen europäischen Verbundnetz

Außerhalb Europas treten insbesondere in Flächenstaaten mit weniger engmaschigen Energieversorgungsnetzen, wie z. B. USA, Russland, China oder Australien, Netzeinbrüche häufiger, tiefer und auch länger auf. Hier muss man mit Netzspannungseinbrüchen bis in den Sekundenbereich rechnen.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

1.2.9 Verhalten der SINAMICS-Geräte bei Netzspannungsschwankungen und -einbrüchen

Netzanschlussspannungsbereiche

SINAMICS-Geräte sind Weitspannungsgeräte, d. h., sie sind dimensioniert für relativ weite Netzanschlussspannungsbereiche, wobei jeder Bereich mehrere der weltweit üblichen nominellen Netzspannungen U_N abdeckt.

Die Umrichter-Einbaugeräte SINAMICS G130 und die Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS G150 sind in drei Netzanschlussspannungsbereichen verfügbar, die Komponenten des modularen Antriebssystems SINAMICS S120 in den Bauformen Chassis und Cabinet Modules sowie die Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS S150 in zwei Netzanschlussspannungsbereichen. Der Netzanschlussspannungsbereich der Geräte ist so auszuwählen, dass die nominelle Netzspannung U_N am Aufstellort innerhalb des zulässigen Netzanschlussspannungsbereichs liegt.

SINAMICS-Gerät	Zulässige Bereiche der nominellen Netzspannung U_N
SINAMICS G: G130 / G150	3 AC 380 V $\leq U_N \leq$ 480 V
	3 AC 500 V $\leq U_N \leq$ 600 V
	3 AC 660 V $\leq U_N \leq$ 690 V
SINAMICS S: S120 (Chassis und Cabinet Modules) und S150	3 AC 380 V $\leq U_N \leq$ 480 V
	3 AC 500 V $\leq U_N \leq$ 690 V

Netzanschlussspannungsbereiche bei SINAMICS G130, G150, S120 (Chassis u. Cabinet Modules) und S150

Bei der Inbetriebnahme sind die Geräte auf die tatsächlich am Aufstellort vorhandene nominelle Netzspannung U_N einzustellen:

- Hardware-Einstellungen: Anpassung der netzseitigen Anzapfung des Transformators für die geräteinterne Versorgung der Hilfsbetriebe mit 230 V und Anpassung der netzseitigen Anzapfung des Transformators für die Versorgung der Gerätelüfter mit 230 V.
- Firmware-Einstellungen: Anpassung des Parameters P0210 / Geräte-Anschlussspannung.

Diese Einstellungen sind zwingend erforderlich, damit die Geräte bei Netzspannungsänderungen ein optimales Verhalten aufweisen. Einerseits stellen sie sicher, dass die Geräte so unempfindlich wie möglich auf Netzspannungsänderungen reagieren und unnötige Störabschaltungen vermieden werden. Andererseits sorgen sie dafür, dass die Geräte auf unzulässig hohe Netzspannungsänderungen mit rechtzeitigen Störabschaltungen reagieren und eine Gefährdung der Geräte ausgeschlossen ist.

Die Hardware-Einstellungen garantieren ein ausreichendes Spannungsniveau der aus der Netzspannung erzeugten 230 V für die Hilfsbetriebe und die Gerätelüfter auch bei verringerter Netzspannung und verhindern eine Überlastung der 230 V-Hilfsbetriebe bei erhöhter Netzspannung.

Die Firmware-Einstellungen bewirken eine optimale Anpassung der Unter- und Überspannungsabschaltsschwellen der Zwischenkreisspannung.

Für alle weiteren Betrachtungen wird vorausgesetzt, dass die Geräte hinsichtlich ihrer Hard- und Firmware richtig auf die tatsächlich vorhandene nominelle Netzanschlussspannung U_N eingestellt sind.

Dauerhaft zulässige Netzspannungsschwankungen

Ein dauerhafter Betrieb der SINAMICS-Geräte ist im folgenden Bereich der nominellen Netzspannung U_N zulässig:

$$0,9 \cdot U_N \leq U_{\text{Netz}} \leq 1,1 \cdot U_N.$$

In diesem Netzspannungsbereich arbeiten alle über den geräteinternen Transformator mit 230 V versorgten Hilfsbetriebe innerhalb ihres dauerhaft zulässigen Arbeitsbereichs und die ebenfalls über einen geräteinternen Transformator mit 230 V versorgten Gerätelüfter können im Rahmen der zulässigen Frequenztoleranzen den von den Leistungsteilen benötigten Kühlluftstrom in vollem Umfang zur Verfügung stellen. Die sich einstellende Zwischenkreisspannung hat unabhängig davon, ob eine unregelmäßige oder geregelte Einspeisung vorliegt, einen weiten Sicherheitsabstand zur Unter- bzw. Überspannungsabschaltsschwelle im Zwischenkreis.

Bei erhöhter Netzspannung $U_N \leq U_{\text{Netz}} \leq 1,1 \cdot U_N$ sind keine Einschränkungen im Betriebsverhalten des Antriebs zu berücksichtigen.

Bei verringerter Netzspannung $0,9 \cdot U_N \leq U_{\text{Netz}} \leq U_N$ ist zu beachten, dass die Antriebsleistung proportional mit der Netzspannung sinkt. Kann eine Leistungsreduktion nicht toleriert werden, so müssen Umrichter und Motor Stromreserven besitzen, um die verringerte Netzspannung durch eine erhöhte Stromaufnahme zu kompensieren. Dies kann gegebenenfalls eine Überdimensionierung des Antriebs erforderlich machen.

Kurzfristig zulässige Netzspannungsschwankungen (< 1 min)

Ein kurzfristiger Betrieb der SINAMICS-Geräte bis zu 1 min ist in folgendem Bereich der nominellen Netzspannung U_N zulässig:

$$0,85 \cdot U_N \leq U_{\text{Netz}} \leq 0,9 \cdot U_N.$$

In diesem Bereich arbeiten alle von dem geräteinternen Transformator mit 230 V versorgten Hilfsbetriebe auch noch innerhalb ihres zulässigen Arbeitsbereiches, aber die ebenfalls von einem geräteinternen Transformator mit 230 V versorgten Gerätelüfter können im Rahmen der zulässigen Frequenztoleranzen den von den Leistungsteilen benötigten Kühlluftstrom nicht mehr in vollem Umfang zur Verfügung stellen. Durch die reduzierte Kühlleistung muss daher der Betrieb auf einen Zeitraum < 1 min begrenzt werden. Die sich einstellende Zwischenkreisspannung hat unabhängig davon, ob eine unregelmäßige oder geregelte Einspeisung vorliegt, immer noch einen ausreichenden Sicherheitsabstand zur Unterspannungsabschaltsschwelle.

Auch in diesem nur kurzfristig zulässigen Netzspannungsbereich ist zu beachten, dass die Antriebsleistung proportional mit der Netzspannung sinkt. Kann eine Leistungsreduktion nicht toleriert werden, so müssen Umrichter und Motor Stromreserven besitzen, um die verringerte Netzspannung durch eine erhöhte Stromaufnahme zu kompensieren. Dies kann gegebenenfalls eine Überdimensionierung des Antriebs erforderlich machen.

Zulässige Netzspannungseinbrüche

Als zulässige Netzspannungseinbrüche werden im Rahmen der folgenden Betrachtungen Einbrüche bezeichnet, bei denen es zu keiner Störabschaltung des Antriebs kommt. Damit keine Störabschaltung auftritt, müssen grundsätzlich immer zwei Bedingungen erfüllt sein:

- Alle im Umrichter mit AC 230 V versorgten Hilfsbetriebe – mit Ausnahme der Gerätelüfter – und die mit DC 24 V versorgte Elektronik müssen funktionsfähig bleiben, und
- die Zwischenkreisspannung darf im motorischen Betrieb nicht die Unterspannungsabschaltsschwelle und im generatorischen Betrieb nicht die Überspannungsabschaltsschwelle erreichen.

In wie weit diese Bedingungen bei Netzspannungseinbrüchen eingehalten werden können, hängt von einer Reihe von Einflussfaktoren ab. Diese Faktoren sind:

- Die Versorgung der Hilfsbetriebe mit AC 230 V bzw. der Elektronik mit DC 24 V (direkt aus dem Netz über den geräteinternen Transformator und ggf. das geräteinterne Schaltnetzteil oder aus einem sicheren externen Netz, wie z. B. einer unterbrechungsfreien Stromversorgung USV),
- die Art der SINAMICS-Einspeisung (unregelmäßig oder geregelt),
- der Belastungszustand des Antriebs (Vollast, Teillast oder Leerlauf),
- die Tiefe des Netzspannungseinbruchs,
- die Dauer des Netzspannungseinbruchs.

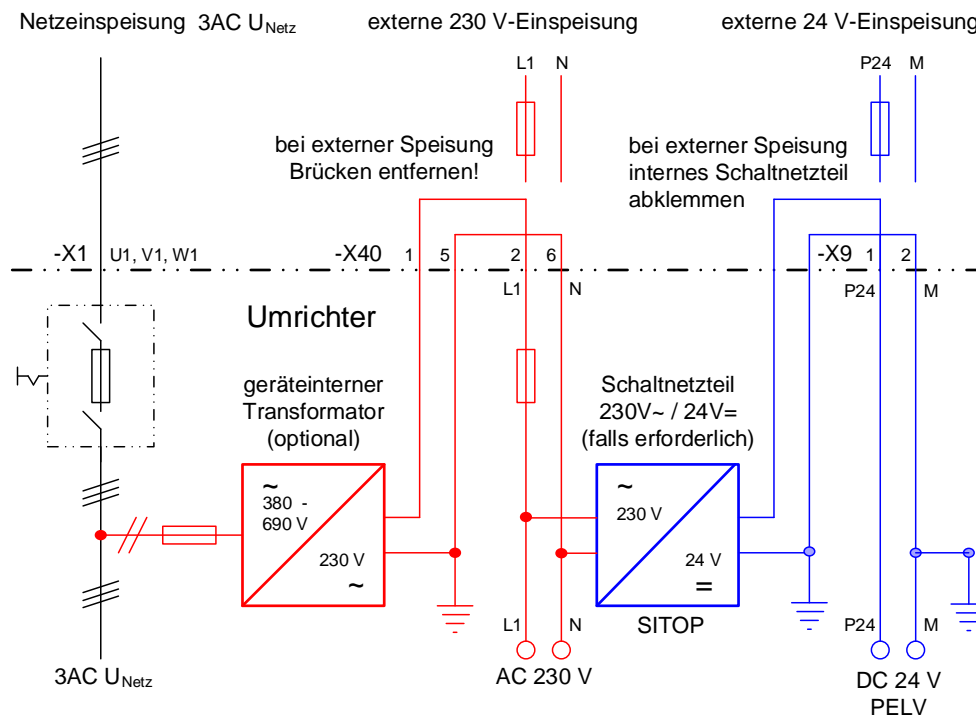
Die Versorgung der Hilfsbetriebe mit AC 230 V und der Elektronik mit DC 24 V wird bei den Schrankgeräten SINAMICS G150, S120 Cabinet Modules und S150 geräteabhängig entweder standardmäßig oder optional über geräteinterne Transformatoren erzeugt, welche direkt von der Netzspannung gespeist werden. Daher wirken Netzspannungseinbrüche unmittelbar auf die mit 230 V versorgten Hilfsbetriebe. Bricht die Netzspannung zu tief und zu lange ein, so versagen die Hilfsbetriebe einschließlich des internen Schaltnetzteiles für die 24 V-Versorgung der Elektronik. Dies führt zur Störabschaltung.

Soll die Versorgung der Hilfsbetriebe mit 230 V und der Elektronik mit 24 V auch bei tiefen und langen Netzspannungseinbrüchen funktionsfähig bleiben, so müssen die 230 V von einem sicheren externen Netz gespeist werden, wie z. B. von einer unterbrechungsfreien Stromversorgung USV. Dazu sind in Schrankgeräten mit eingebauten Transformatoren zwei Drahtbrücken zu entfernen und die externe 230 V-Versorgung ist – wie im folgenden Bild am Beispiel eines Schrankgerätes G150 dargestellt – anzuschließen. Zusätzlich können auch die 24 V von einem sicheren externen Netz gespeist werden, indem das interne Schaltnetzteil abgeklemmt und durch eine sichere externe Versorgung ersetzt wird.

Hinweis:

Der geräte-interne 24 V-Elektronikstromkreis ist als PELV-Stromkreis ausgeführt (Funktionskleinspannung mit sicherer Trennung).

- Es besteht sichere Trennung gegenüber anderen Stromkreisen, insbesondere gegenüber dem Leistungsstromkreis.
- Der Minuspol M des 24 V-Elektronikstromkreises ist innerhalb der Elektronikbaugruppen geerdet und kann nicht von Erde getrennt werden.



Versorgung der Hilfsbetriebe mit AC 230 V und der Elektronik mit 24 V am Beispiel eines Schrankgerätes SINAMICS G150

Die Art der **SINAMICS-Einspeisung** legt die Beziehung zwischen der Netzspannung und der Zwischenkreisspannung fest. Nähere Informationen hierzu sind im Abschnitt „SINAMICS Infeeds (Einspeisestromrichter) und ihre Eigenschaften“ zu finden.

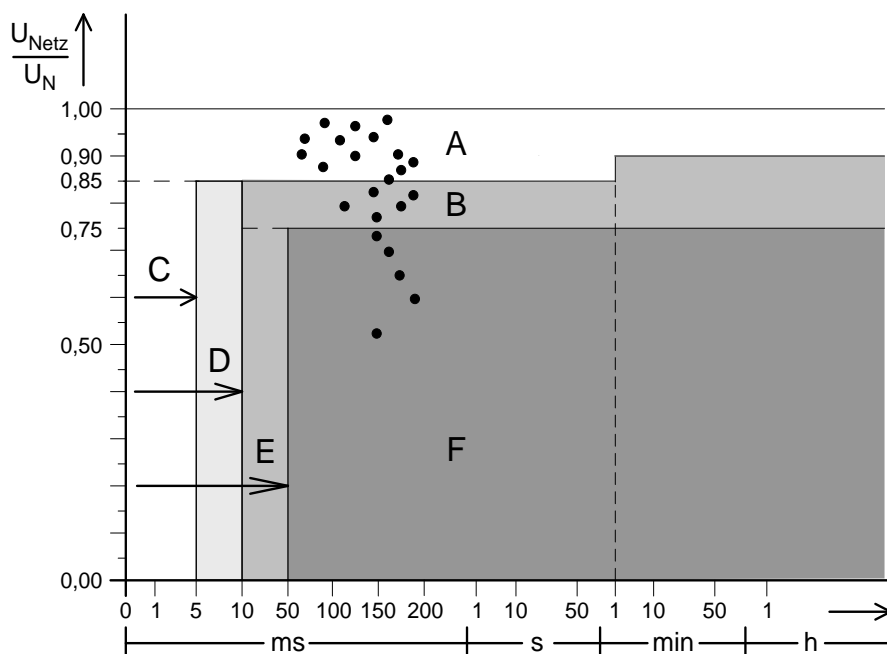
Die netzgeführten, unregulierten Einspeisungen SINAMICS Basic Infeed und SINAMICS Smart Infeed erzeugen eine Zwischenkreisspannung, die im stationären Betrieb proportional zur Netzspannung ist. Bricht die Netzspannung ein, so wird der Energiefluss vom Netz zum Zwischenkreis so lange unterbrochen, bis der Zwischenkreis durch den motorseitigen Laststrom auf ein Spannungsniveau abgesunken ist, welches der eingebrochenen Netzspannung entspricht. Liegt dieses Spannungsniveau unterhalb der Unterspannungsabschaltsschwelle des Zwischenkreises, so wird der Energiefluss vom Netz zum Zwischenkreis komplett unterbrochen. Der Antrieb kann dann nur noch die in den Zwischenkreiskapazitäten gespeicherte elektrische Energie nutzen und so lange in Betrieb bleiben, bis die Zwischenkreisspannung durch den motorseitigen Laststrom auf den Wert der Unterspannungsabschaltsschwelle abgefallen ist. Diese Zeitspanne liegt im Millisekundenbereich und hängt vom Belastungszustand des Antriebs ab. Sie sinkt mit zunehmender Belastung, so dass bei voller Last nur noch sehr kurze Netzspannungseinbrüche von wenigen Millisekunden ohne Störabschaltung überbrückt werden können.

Die selbstgeführte geregelte Einspeisung Active Infeed arbeitet im Hochsetzstellerbetrieb und kann die Zwischenkreisspannung weitgehend unabhängig von der Netzspannung auf einen konstanten Wert regeln. Dadurch kann auch bei tiefen Netzspannungseinbrüchen der Energiefluss vom Netz zum Zwischenkreis grundsätzlich aufrechterhalten werden. Solange die wegen der verringerten Netzspannung reduzierte Leistung durch einen erhöhten Netzstrom kompensiert werden kann, ist der Antrieb in der Lage, auch tiefe und längere Netzspannungseinbrüche ohne Störabschaltung zu überbrücken. Dabei ist jedoch zu beachten, dass sich während tiefer Netzeinbrüche der Aussteuergrad des Active Infeed gegenüber dem Normalbetrieb deutlich verändert, so dass einerseits die Netzrückwirkungen zunehmen und andererseits das Clean Power Filter im Active Interface Module AIM des Active Infeed thermisch höher belastet wird. Daher ist der Betrieb mit sehr tiefen Netzeinbrüchen nur kurzfristig im Zeitbereich bis zu wenigen Minuten zulässig.

Nach diesen grundsätzlichen Betrachtungen wird im Folgenden auf das Verhalten der unregulierten und geregelten SINAMICS-Einspeisungen näher eingegangen.

Zulässige Netzspannungseinbrüche bei den unregulierten Einspeisungen Basic Infeed und Smart Infeed

Zur Erläuterung des Verhaltens der SINAMICS-Antriebe mit netzgeführten, unregulierten Einspeisungen kann man die Ebene, die alle theoretisch möglichen Netzspannungseinbrüche hinsichtlich Tiefe und Dauer umfasst, in sechs unterschiedliche Bereiche A bis F einteilen. In dem folgenden Bild sind diese Bereiche für unregulierte Einspeisungen dargestellt, wobei jeder Bereich einem anderen Verhalten des Antriebs bzw. anderen Randbedingungen entspricht.



Einteilung der Netzspannungseinbrüche nach Tiefe und Dauer in die Bereiche A bis F zur Beschreibung des Verhaltens von SINAMICS-Antrieben mit ungeregelten Einspeisungen

Bereich A

Der Bereich A umfasst Netzspannungseinbrüche, deren Tiefe im Bereich der dauerhaft und kurzzeitig zulässigen Netzspannungsschwankungen liegt.

Einbrüche im Bereich A sind daher ohne Weiteres zulässig mit der Einschränkung, dass die Zwischenkreisspannung und die Antriebsleistung proportional zur Tiefe des Netzspannungseinbruchs abnehmen.

Bereich B

Der Bereich B umfasst Netzspannungseinbrüche, deren Tiefe bis zu Werten von $U_{\text{Netz}}/U_N \approx 0,75$ reicht. Die diesem Netzspannungswert proportionale Zwischenkreisspannung liegt noch über der Unterspannungsabschaltschwelle im Zwischenkreis, aber die über den geräteinternen Transformator mit 230 V gespeisten Hilfsbetriebe sind nach wenigen Millisekunden nicht mehr funktionsfähig.

Einbrüche im Bereich B sind daher nur zulässig, wenn die Versorgung der Hilfsbetriebe mit 230 V aus einem sicheren externen Netz erfolgt. Zusätzlich ist zu beachten, dass die Zwischenkreisspannung und die Antriebsleistung proportional zur Tiefe des Netzspannungseinbruchs abnehmen.

Bereich C

Der Bereich C umfasst sehr kurze Netzspannungseinbrüche beliebiger Tiefe, deren Dauer bis zu 5 ms beträgt. Während dieser Zeit wird der von der Last benötigte Strom vollständig aus den Zwischenkreiskondensatoren bezogen, wodurch die Zwischenkreisspannung sinkt. Aufgrund der extrem geringen Dauer des Einbruchs erreicht die Zwischenkreisspannung – auch bei 100 % Last – noch nicht die Unterspannungsabschaltschwelle. Die mit 230 V versorgten Hilfsbetriebe bleiben ebenfalls funktionsfähig.

Einbrüche im Bereich C sind daher – wegen der extrem kurzen Dauer – ohne Einschränkungen zulässig.

Bereich D

Der Bereich D umfasst sehr kurze Netzspannungseinbrüche beliebiger Tiefe, deren Dauer bis zu 10 ms beträgt. Während dieser Zeit wird der von der Last benötigte Strom vollständig aus den Zwischenkreiskondensatoren bezogen, wodurch die Zwischenkreisspannung sinkt. Die Zwischenkreisspannung erreicht nur dann nicht die Unterspannungsabschaltschwelle, wenn der Zwischenkreis langsamer entladen wird als im Bereich C. Daher darf der Antrieb mit maximal 50 % Last betrieben werden. Wegen der immer noch relativ geringen Dauer kann man davon ausgehen, dass die mit 230 V versorgten Hilfsbetriebe gerade noch funktionsfähig bleiben.

Einbrüche im Bereich D sind daher – wegen der sehr kurzen Dauer – zulässig, solange der Antrieb nur im Teillastbereich mit maximal 50 % Last betrieben wird.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Bereich E

Der Bereich E umfasst kurze Netzspannungseinbrüche beliebiger Tiefe, deren Dauer bis zu 50 ms beträgt. Während dieser Zeit wird der von der Last benötigte Strom vollständig aus den Zwischenkreiskondensatoren bezogen, wodurch die Zwischenkreisspannung sinkt. Die Zwischenkreisspannung erreicht nur dann nicht die Unterspannungsabschalt-schwelle, wenn der Zwischenkreis noch wesentlich langsamer entladen wird als im Bereich D. Deshalb darf der Antrieb nur im Leerlauf betrieben werden. Die über den Transformator aus dem Netz mit 230 V gespeisten Hilfsbetriebe bleiben nicht funktionsfähig.

Einbrüche im Bereich E sind daher nur zulässig, wenn die Hilfsversorgung aus einem sicheren externen Netz gespeist wird und sich der Antrieb im Leerlauf befindet.

Bereich F

Der Bereich F umfasst Netzspannungseinbrüche, deren Tiefe und Dauer so groß ist, dass unabhängig von der Last eine Störabschaltung wegen Unterspannung im Zwischenkreis nicht zu vermeiden ist.

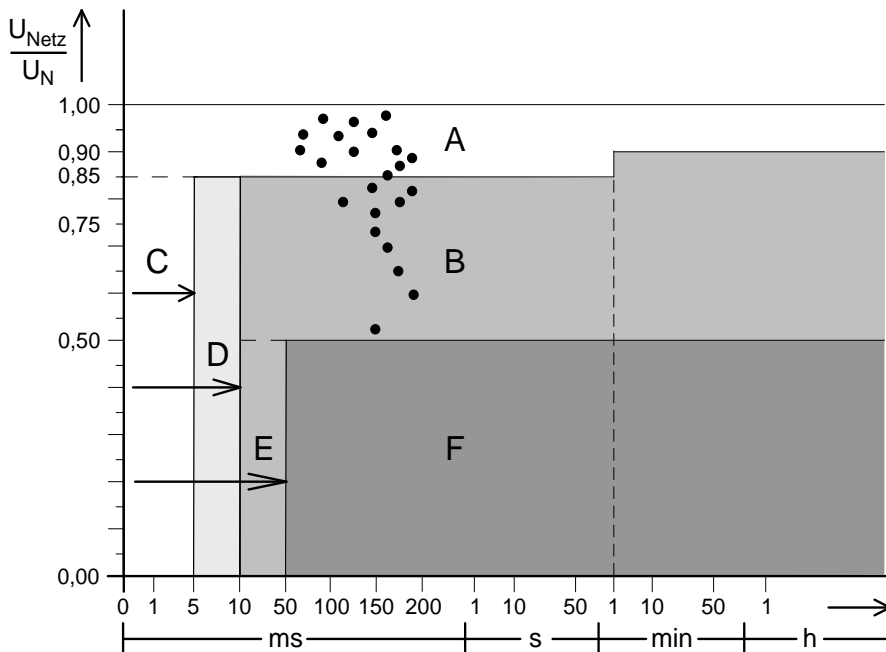
Einbrüche im Bereich F sind daher nicht zulässig.

Hinweis:

Die Aussagen – insbesondere die angegebenen Zeiten – zu den Bereichen C bis E gelten exakt nur für Einzelantriebe (z. B. für SINAMICS G130 oder G150). Bei Mehrmotorenantrieben können sich die angegebenen Zeiten abhängig von der Antriebskonstellation und den Betriebsbedingungen um ein Vielfaches verlängern. Dies kann z. B. dann der Fall sein, wenn sich an der DC-Schiene des Antriebsverbandes auch Reserve-Wechselrichter befinden, die im Normalbetrieb nicht arbeiten, aber die Zwischenkreiskapazität des Antriebsverbandes erhöhen. Auch in DC-Verbänden, in denen ein Teil der Antriebe motorisch, ein anderer Teil generatorisch arbeitet, können sich deutlich längere Zeiten ergeben. Aufgrund dieser Einflussfaktoren lassen sich jedoch für Mehrmotorenantriebe keine allgemeingültigen Aussagen mehr machen, so dass der jeweils vorliegende Antriebsverband individuell zu beurteilen ist.

Zulässige Netzspannungseinbrüche bei der geregelten Einspeisung Active Infeed

Zur Erläuterung des Verhaltens der SINAMICS-Antriebe mit selbstgeführten, geregelten Einspeisungen kann man die Ebene, die alle theoretisch möglichen Netzspannungseinbrüche hinsichtlich Tiefe und Dauer umfasst, ebenfalls in sechs unterschiedliche Bereiche A bis F einteilen. In dem folgenden Bild sind diese Bereiche für geregelte Einspeisungen dargestellt, wobei jeder Bereich einem anderen Verhalten des Antriebs bzw. anderen Randbedingungen entspricht.



Einteilung der Netzspannungseinbrüche nach Tiefe und Dauer in die Bereiche A bis F zur Beschreibung des Verhaltens von SINAMICS-Antrieben mit geregelten Einspeisungen

Bereich A

Der Bereich A umfasst Netzspannungseinbrüche, deren Tiefe im Bereich der dauerhaft und kurzzeitig zulässigen Netzspannungsschwankungen liegt.

Einbrüche im Bereich A sind daher ohne Weiteres zulässig mit der Einschränkung, dass die Antriebsleistung proportional zur Tiefe des Netzspannungseinbruchs abnimmt.

Bereich B

Der Bereich B umfasst Netzspannungseinbrüche, deren Tiefe bis zu Werten von $U_{\text{Netz}}/U_N \approx 0,5$ reicht. Wegen des geregelten Betriebes kann die Zwischenkreisspannung auf ihrem Sollwert gehalten werden, solange die verminderte Netzspannung durch eine erhöhte Stromaufnahme kompensiert werden kann. Die über den geräteinternen Transformator mit 230 V gespeisten Hilfsbetriebe bleiben jedoch nicht mehr funktionsfähig.

Einbrüche im Bereich B sind daher nur zulässig, wenn die Versorgung der Hilfsbetriebe mit 230 V aus einem sicheren externen Netz erfolgt. Zusätzlich ist zu beachten, dass die Antriebsleistung proportional zur Tiefe des Netzspannungseinbruchs abnimmt und gegebenenfalls über eine erhöhte Stromaufnahme kompensiert werden muss.

Da sich während tiefer Netzeinbrüche am unteren Ende des Bereiches B der Aussteuergrad des Active Infeed gegenüber dem Normalbetrieb deutlich verändert, nehmen einerseits die Netzurückwirkungen zu und andererseits wird das Clean Power Filter im Active Interface Module AIM des Active Infeed thermisch höher belastet. Daher ist der Betrieb am unteren Ende des Bereiches B nur kurzfristig im Zeitbereich bis zu wenigen Minuten zulässig.

Bereich C

Der Bereich C umfasst sehr kurze Netzspannungseinbrüche beliebiger Tiefe, deren Dauer bis zu 5 ms beträgt. Während dieser Zeit wird der von der Last benötigte Strom weitgehend aus den Zwischenkreiskondensatoren bezogen, wodurch die Zwischenkreisspannung sinkt. Aufgrund der extrem geringen Dauer erreicht die Zwischenkreisspannung – auch bei 100 % Last – noch nicht die Unterspannungsabschaltswelle. Die mit 230 V versorgten Hilfsbetriebe bleiben ebenfalls funktionsfähig.

Einbrüche im Bereich C sind daher – wegen der extrem kurzen Dauer – ohne Einschränkungen zulässig.

Bereich D

Der Bereich D umfasst sehr kurze Netzspannungseinbrüche beliebiger Tiefe, deren Dauer bis zu 10 ms beträgt. Während dieser Zeit wird der von der Last benötigte Strom weitgehend aus den Zwischenkreiskondensatoren bezogen, wodurch die Zwischenkreisspannung sinkt. Die Zwischenkreisspannung erreicht nur dann nicht die Unterspannungsabschaltswelle, wenn der Zwischenkreis langsamer entladen wird als im Bereich C. Daher darf der Antrieb mit maximal 50 % Last betrieben werden. Wegen der immer noch relativ geringen Dauer kann man davon ausgehen, dass die mit 230 V versorgten Hilfsbetriebe gerade noch funktionsfähig bleiben.

Einbrüche im Bereich D sind daher – wegen der sehr kurzen Dauer – zulässig, solange der Antrieb nur im Teillastbereich mit maximal 50 % Last betrieben wird.

Bereich E

Der Bereich E umfasst kurze Netzspannungseinbrüche beliebiger Tiefe, deren Dauer bis zu 50 ms beträgt. Während dieser Zeit wird der von der Last benötigte Strom weitgehend aus den Zwischenkreiskondensatoren bezogen, wodurch die Zwischenkreisspannung sinkt. Die Zwischenkreisspannung erreicht nur dann nicht die Unterspannungsabschaltswelle, wenn der Zwischenkreis noch wesentlich langsamer entladen wird als im Bereich D. Deshalb darf der Antrieb nur im Leerlauf betrieben werden. Die über den Transformator aus dem Netz mit 230 V gespeisten Hilfsbetriebe bleiben nicht funktionsfähig.

Einbrüche im Bereich E sind daher nur zulässig, wenn die Hilfsversorgung aus einem sicheren externen Netz gespeist wird und sich der Antrieb im Leerlauf befindet.

Bereich F

Der Bereich F umfasst Netzspannungseinbrüche, deren Tiefe und Dauer so groß ist, dass unabhängig von der Last eine Störabschaltung wegen Unterspannung im Zwischenkreis nicht zu vermeiden ist.

Einbrüche im Bereich F sind daher nicht zulässig.

Hinweis:

Die Aussagen – insbesondere die angegebenen Zeiten – zu den Bereichen C bis E gelten exakt nur für Einzelantriebe (z. B. für SINAMICS S150). Bei Mehrmotorenantrieben können sich die angegebenen Zeiten abhängig von der Antriebskonstellation und den Betriebsbedingungen um ein Vielfaches verlängern. Dies kann z. B. dann der Fall sein, wenn sich an der DC-Schiene des Antriebsverbandes auch Reserve-Wechselrichter befinden, die im Normalbetrieb nicht arbeiten, aber die Zwischenkreiskapazität des Antriebsverbandes erhöhen. Auch in DC-Verbänden, in denen ein Teil der Antriebe motorisch, ein anderer Teil generatorisch arbeitet, können sich deutlich längere Zeiten ergeben. Aufgrund dieser Einflussfaktoren lassen sich jedoch für Mehrmotorenantriebe keine allgemeingültigen Aussagen mehr machen, so dass der jeweils vorliegende Antriebsverband individuell zu beurteilen ist.

Zusammenfassung des Verhaltens bei Netzspannungseinbrüchen

Betrachtet man das Verhalten der unregelmäßigen und geregelten Einspeisungen und spiegelt es an der typischen Verteilung der Netzspannungseinbrüche gemäß dem Bild im Abschnitt „Netzspannungsschwankungen und Netzspannungseinbrüche“, so kommt man zu folgenden Schlussfolgerungen:

Extrem tiefe Einbrüche gemäß den Bereichen C bis E, bei denen die Netzspannung bis nahe Null einbricht und der Energiefluss vom Netz zum Zwischenkreis weitestgehend unterbrochen ist, können unabhängig von der Art der Einspeisung je nach Belastung des Antriebs nur im Zeitbereich von ca. 5 ms bis maximal 50 ms absolut sicher überbrückt werden, weil das Energiespeichervermögen der Zwischenkreiskondensatoren sehr gering ist. Derartig tiefe und kurze Einbrüche kommen in der Praxis aber nur sehr selten vor.

Längere Einbrüche von mehr als 50 ms können nur dann sicher überbrückt werden, wenn der Energiefluss vom Netz zum Zwischenkreis aufrechterhalten bleibt – oder bei Mehrmotorenantrieben günstige Randbedingungen vorliegen.

Bei den netzgeführten unregulierten Einspeisungen Basic Infeed und Smart Infeed ist dies nur dann der Fall, wenn die Netzspannung auf nicht weniger als ca. 75 % der nominellen Netzspannung U_N einbricht (Bereiche A und B). Ohne externe Hilfsversorgung lassen sich damit schon ca. 50 % aller typischen Netzspannungseinbrüche beherrschen (Bereich A), mit externer Hilfsversorgung bereits ca. 70 % (Bereiche A und B).

Bei der selbstgeführten geregelten Einspeisung Active Infeed bleibt der Energiefluss vom Netz zum Zwischenkreis auch noch erhalten, wenn die Netzspannung auf ca. 50 % der nominellen Netzspannung U_N einbricht (Bereiche A und B). Ohne externe Hilfsversorgung lassen sich damit – wie bei den unregulierten Einspeisungen – ca. 50 % aller typischen Netzspannungseinbrüche beherrschen (Bereich A), mit externer Hilfsversorgung dagegen nahezu alle (Bereiche A u. B). Somit bietet die geregelte Einspeisung Active Infeed bei Netzen mit sehr häufigen und relativ tiefen Spannungseinbrüchen deutliche Vorteile gegenüber den unregulierten Einspeisungen Basic Infeed und Smart Infeed.

Maßnahmen zur Verringerung der Folgen von langen und tiefen Netzspannungseinbrüchen

Kinetische Pufferung

Längere Einbrüche von mehr als 50 ms und tiefer als 50 % der nominellen Netzspannung U_N entsprechend dem Bereich F können wegen des mehr oder weniger unterbrochenen Energieflusses vom Netz zum Zwischenkreis nur dann ohne Störabschaltung überbrückt werden, wenn der Motor Energie zur Stützung des Zwischenkreises liefern kann. Dies ist bei Antrieben mit hinreichend großen Schwungmassen der Fall. Hier kann die Funktion Kinetische Pufferung genutzt werden. Diese ist in der Geräte-Firmware standardmäßig implementiert und kann bei Bedarf über Parameter aktiviert werden. Die Kinetische Pufferung entnimmt den rotierenden Massen während des Netzspannungseinbruchs Energie zur Stützung des Zwischenkreises und verhindert somit eine Störabschaltung. Nach dem Netzspannungseinbruch werden die Schwungmassen wieder beschleunigt. Dieses Verfahren kann sinnvoll genutzt werden, wenn einerseits hinreichend große Schwungmassen vorhanden sind, um den Netzspannungseinbruch lange genug zu puffern und andererseits der angetriebene Prozess eine Umkehr der Energieflussrichtung während des Netzspannungseinbruchs toleriert. Mit entsprechend großen Schwungmassen können daher sehr tiefe Netzspannungseinbrüche und komplette Netzspannungsausfälle bis in den Bereich von mehreren Sekunden ohne Störabschaltung überbrückt werden.

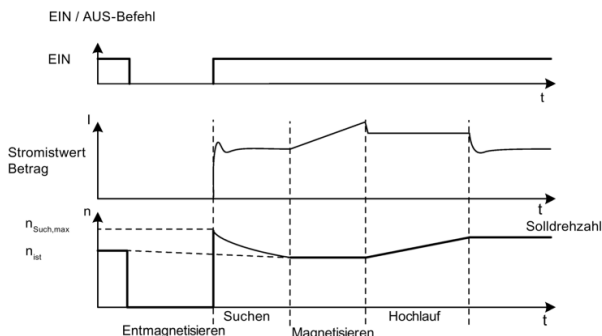
Wiedereinschaltautomatik in Kombination mit Fangen

Bei tiefen und langen Netzeinbrüchen im Bereich F oder bei längeren Netzausfällen ist eine Störabschaltung unvermeidlich. Diese Abschaltung kann in vielen Applikationen durchaus akzeptiert werden, solange der Antrieb nach dem Netzeinbruch oder Netzausfall selbständig wieder anläuft und auf den ursprünglichen Betriebszustand beschleunigt. Hierzu kann die Funktion Wiedereinschaltautomatik genutzt werden. Muss beim Wiederanlauf nach dem Netzeinbruch mit einem noch rotierenden Motor gerechnet werden, so ist die Wiedereinschaltautomatik mit der Funktion Fangen zu kombinieren.

Die Funktion Fangen erkennt Drehrichtung und Drehzahl des rotierenden Motors und beschleunigt den Motor von der aktuellen Drehzahl aus. Voraussetzung für den Beginn des Beschleunigens ist

- ein weitgehend entmagnetisierter Motor,
- das abgeschlossene Suchen der aktuellen Drehzahl bei geberlosem Betrieb, und
- das erneute Magnetisieren des Motors.

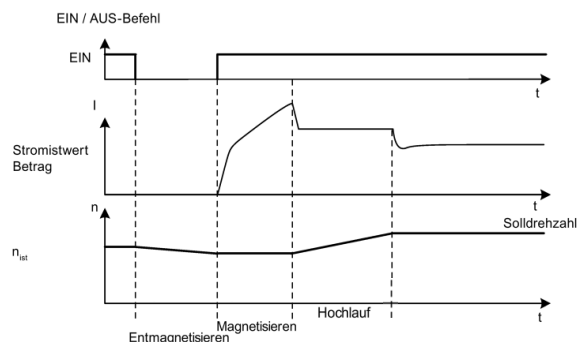
Die folgende Abbildung zeigt den typischen Ablauf beim Fangen eines geberlos betriebenen Asynchronmotors.



Fangen eines geberlos betriebenen Asynchronmotors

Da die Entregungszeit von kleinen Motoren < 100 kW bei wenigen Sekunden und von großen Motoren > 1 MW bei bis zu 20 Sekunden liegt, ist bei großen Motoren ein sehr schnelles Fangen ohne weitere Maßnahmen nicht möglich.

Ein etwas schnelleres Fangen als im geberlosen Betrieb kann durch den Einsatz eines Drehzahlgebers erreicht werden, weil durch den Drehzahlgeber die aktuelle Drehzahl stets bekannt ist und damit die Suchphase des geberlosen Fangens entfällt.



Fangen eines Asynchronmotors mit Drehzahlgeber

Ein sehr schnelles Fangen ist durch den Einsatz eines Voltage Sensing Modules VSM10 am Wechselrichteranschluss möglich. Hiermit wird die Remanenzspannung des Asynchronmotors gemessen. Dadurch sind Magnetisierung und Drehzahl des Motors bekannt, so dass sowohl das Entmagnetisieren als auch das Suchen entfällt. Der Motor kann sofort wieder magnetisiert und unmittelbar danach wieder beschleunigt werden.

Die Funktionen Wiedereinschaltautomatik und Fangen sind in der Geräte-Firmware standardmäßig implementiert und können bei Bedarf über Parameter aktiviert werden.

Nähere Informationen sind dem Funktionshandbuch „SINAMICS S120 Antriebsfunktionen“ zu entnehmen.

1.2.10 Netzspannungsüberschwingungen

SINAMICS-Geräte sowie die zugehörigen netzseitigen Systemkomponenten (Netzdrosseln, Line Harmonics Filter und Netzfilter) sind ausgelegt für den Anschluss an Netze mit einem Dauerpegel an Spannungsüberschwingungen gemäß IEC 61000-2-4:2002, Klasse 3. Kurzzeitig (<15 s innerhalb eines Zeitraumes von 2,5 min) ist der 1,5-fache Dauerpegel zulässig.

Ordnungszahl h	Klasse 1 U_h %	Klasse 2 U_h %	Klasse 3 U_h %
5	3	6 ¹⁾	8 ¹⁾
7	3	5 ¹⁾	7 ¹⁾
11	3	3,5	5
13	3	3	4,5
17	2	2	4
$17 < h \leq 49$	$2,27 \times (17/h) - 0,27$	$2,27 \times (17/h) - 0,27$	$4,5 \times (17/h) - 0,5$

Verträglichkeitspegel für Oberschwingungen nach IEC 61000-2-4:2002

Oberschwingungsanteile der Spannung U, ungeradzahlige Oberschwingungen, keine Vielfachen von 3

	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
Gesamtverzerrungsfaktor THD(U)	5 %	8 % ¹⁾	10 % ¹⁾

Verträglichkeitspegel für die Gesamtverzerrung der Spannung THD(U) nach IEC 61000-2-4:2002

1) Es gelten die Einschränkungen des Abschnitts 1.3.4, welcher die erforderlichen Randbedingungen für 12-pulsige Antriebslösungen definiert, sowie der Abschnitte 1.15.3, 1.15.4 und 5.9.2, welche die erforderlichen Randbedingungen für den 12-pulsigen Betrieb von S120 Basic Line Modules, S120 Smart Line Modules und G150 Parallelschaltungen definieren.

Das bedeutet, dass am Anschlusspunkt der SINAMICS-Geräte dauerhaft keine höheren Spannungsüberschwingungen auftreten dürfen als in den Tabellen für Klasse 3 angegeben - einschließlich der von den Geräten selbst erzeugten Oberschwingungen. Dies ist durch entsprechende Projektierung sicherzustellen. Gegebenenfalls sind Line Harmonics Filter, 12-pulsige Lösungen oder Active Infeeds vorzusehen, um die Verträglichkeitspegel einzuhalten.

Anderenfalls können Komponenten im Umrichter selbst oder die zugehörigen netzseitigen Systemkomponenten thermisch überlastet werden oder Fehlfunktionen im Umrichter auftreten.

Weitere Informationen sind im Abschnitt „Netzurückwirkungen“, Unterabschnitt „Normen und zulässige Oberschwingungen“ zu finden.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

1.2.11 Zusammenfassung der zulässigen Netzbedingungen für SINAMICS-Geräte

Die folgende Tabelle gibt eine Kurzübersicht über die zulässigen Netzformen, Netzspannungen und Netzbedingungen, unter denen die SINAMICS-Geräte ordnungsgemäß betrieben werden können.

	zulässige Grenzen	Normenbezug
Netzformen: geerdete TN- und TT-Netze - mit geerdetem Sternpunkt - mit geerdetem Außenleiter ungeerdete IT-Netze	zulässig bis Netzennspannung 690 V zulässig bis Netzennspannung 600 V zulässig bis Netzennspannung 690 V	IEC 60364-1
Netzennspannungen: für SINAMICS G130 u. G150: für SINAMICS S120 u. S150	3AC 380 V ... 480 V 3AC 500 V ... 600 V 3AC 660 V ... 690 V 3AC 380 V ... 480 V 3AC 500 V ... 690 V	-
Netzspannungsschwankungen bzw. langsame Spannungsänderungen: dauernd kurzfristig (< 1 min)	-10 % bis +10 % -15 % bis +10 %	IEC 61000-2-4:2002 / Klasse 3
Netzspannungsunsymmetrien: langfristig (> 10 min)	3 % (Gegensystem bezogen auf das Mitsystem)	IEC 61000-2-4:2002 / Klasse 3
Netzspannungsüberschwingungen bis zur 50. Oberschwingungsordnung: Gesamtüberschwingungsgehalt Total Harmonic Distortion THD(U): dauernd kurzfristig (< 15 s in 2,5 min)	10 % ¹⁾ 15 % ¹⁾	IEC 61000-2-4:2002 / Klasse 3
Netznenfrequenzbereich: 47 Hz 63 Hz	-	-
Netzfrequenzschwankungen: dauernd Änderungsgeschwindigkeit	-1 Hz bis +1 Hz Basic Infeed 0,5 Hz pro Sekunde Smart Infeed 0,5 Hz pro Sekunde Active Infeed 1,0 Hz pro Sekunde	IEC 61000-2-4:2002 / Klasse 3

Zulässige Netzformen, Netzspannungen und Netzbedingungen für SINAMICS-Geräte

1) Es gelten die Einschränkungen des Abschnitts 1.3.4, welcher die erforderlichen Randbedingungen für 12-pulsige Antriebslösungen definiert, sowie der Abschnitte 1.15.3, 1.15.4 und 5.9.2, welche die erforderlichen Randbedingungen für den 12-pulsigen Betrieb von S120 Basic Line Modules, S120 Smart Line Modules und G150 Parallelschaltungen definieren.

1.2.12 Netzseitige Schütze und Leistungsschalter

Allgemeines

In vielen Anwendungen werden netzseitig elektromagnetisch betätigbare Schaltgeräte benötigt, um die SINAMICS-Umrichter automatisiert mit dem Netz zu verbinden bzw. vom Netz zu trennen. In manchen Fällen sind elektromagnetisch betätigbare Schaltgeräte auch zwingend erforderlich, z. B. wenn das Vorladekonzept für den Zwischenkreis dies erfordert oder wenn die Sicherheitsfunktion NOT-AUS realisiert werden soll, die eine automatische galvanische Trennung des Umrichters vom speisenden Netz erfordert.

Als netzseitige, elektromagnetisch betätigbare Schaltgeräte können Schütze oder Leistungsschalter mit elektrischer Fernbedienung eingesetzt werden. Diese stehen als Systemkomponenten für die Umrichter-Einbaugeräte SINAMICS G130 und für die modularen Einbaugeräte SINAMICS S120 zur Verfügung (Kataloge D 11 bzw. D 21.3). Bei den Umrichter-Schrankgeräten SINAMICS G150, S150 und S120 Cabinet Modules sind Schütze oder Leistungsschalter mit elektrischer Fernbedienung geräteabhängig entweder als Option bestellbar oder standardmäßig vorhanden.

Bei den in diesem Projektierungshandbuch beschriebenen SINAMICS-Geräten werden bei Bemessungsströmen ≤ 800 A Schütze, und ab Bemessungsströmen > 800 A Leistungsschalter als Systemkomponenten für die Einbaugeräte empfohlen bzw. als optionale oder standardmäßige Schaltgeräte in den Schrankgeräten eingesetzt.

Ausnahme: Bei Parallelschaltungen SINAMICS G150 werden standardmäßig bei Bemessungsströmen < 1500 A Schütze, und ab Bemessungsströmen ≥ 1500 A Leistungsschalter eingesetzt.



Schütze der Reihe SIRIUS 3RT1



Baugröße I

Baugröße II

Leistungsschalter der Reihe SENTRON 3WL

Schütze

Schütze sind reine Schaltgeräte und übernehmen keine Schutzfunktion beim Einschalten auf einen Kurzschluss oder beim Ausschalten eines im Betrieb auftretenden Kurzschlusses. Daher ist der netzseitige Kurzschlusschutz des Umrichters stets durch den Einsatz der in den Katalogen empfohlenen Sicherungen zu gewährleisten. Nähere Informationen hierzu sind dem Abschnitt „Anschluss und Absicherung der Geräte“ zu entnehmen.

Bei der Auswahl eines Schützes sind der Bemessungsstrom sowie das Schaltvermögen des Schützes beim Einschalten, Ausschalten und im Kurzschlussfall zu beachten. In der Regel sollte der Bemessungsstrom des Schützes größer oder gleich dem Bemessungs-Eingangstrom des Umrichters sein.

Wenn der Einschaltstrom höher ist als das Einschaltvermögen bzw. der Ausschaltstrom höher ist als das Ausschaltvermögen, können die Schützkontakte abheben bzw. prellen. Durch die dabei entstehenden Lichtbögen verflüssigt sich das Kontaktmaterial und es kommt anschließend zur Kontaktverklebung bzw. -verschweißung.

Die Einschaltströme in den netzseitigen Schützen bleiben bei den in diesem Projektierungshandbuch beschriebenen SINAMICS-Umrichtern G130, G150, S120 (Chassis und Cabinet Modules) sowie S150 aufgrund der verwendeten Vorladeschaltungen immer unter den Bemessungs-Eingangsströmen der Umrichter. Daher können Schütze der Gebrauchskategorie AC-1 zum Schalten ohmscher Lasten eingesetzt werden, deren maximales Ein- und Ausschaltvermögen etwa beim 1,5-fachen Bemessungsstrom des Schützes liegt. Diese Schütze sind gemäß den Bemessungs-Eingangsströmen der Umrichter auszuwählen. Sie werden bei den Schrankgeräten SINAMICS G150, S120 Cabinet Modules und S150 bis zu Strömen von 800 A eingesetzt. Die verwendeten Schütze gehören zur Reihe SIRIUS 3RT1 (Schalten ohmscher Lasten / Gebrauchskategorie AC-1). Sie haben eine mechanische Lebensdauer von 10 Mio Schaltspielen und eine elektrische Lebensdauer von 0,5 Mio Schaltspielen.

Beim regulären Ausschalten der Umrichter sowie bei automatischen Störschaltungen, wie z. B. durch Überströme am Ausgang oder durch Übertemperaturen, wird durch die interne Ablaufsteuerung zunächst die Impulssperre für die Leistungsbauelemente (Thyristoren, IGBTs) ausgelöst, bevor das netzseitige Schütz den Befehl zum Öffnen bekommt. Daher erfolgt das Öffnen der Kontakte praktisch stromlos. Beim Auslösen der Sicherheitsfunktionen NOT-AUS Kategorie 0 (ungesteuertes Stillsetzen des Antriebs mit sofortiger Spannungsfreischaltung) und NOT-HALT Kategorie 1 (gesteuertes Stillsetzen des Antriebs mit anschließender Spannungsfreischaltung) wird durch die Schütz-Sicherheitskombination sowohl die Impulssperre für die Leistungsbauelemente ausgelöst, als auch der Befehl für das Öffnen des Hauptschützes unter Umgehung der internen Ablaufsteuerung gegeben, und damit das Öffnen des Hauptschützes erzwungen. Aufgrund der mechanischen Trägheit des Hauptschützes erfolgt deshalb auch hier das Öffnen der Kontakte praktisch stromlos.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Im Falle eines internen Kurzschlusses im Leistungsteil durch ein spontanes Bauteilversagen wird der netzseitige Kurzschlussstrom durch das Auslösen der netzseitigen Sicherungen unterbrochen. Die empfohlenen Sicherungen sind den Katalogen D 11 bzw. D 21.3 zu entnehmen. Abhängig vom verwendeten Sicherungstyp ergeben sich unterschiedliche Auswirkungen auf das Hauptschütz. Diese werden durch den Schädigungsgrad beschrieben, der gemäß IEC 60947-4-1 für die Zuordnungsarten 1 und 2 festgelegt ist.

Bei ausschließlicher Verwendung von Leitungsschutzsicherungen des Typs 3NA zur netzseitigen Absicherung des Umrichters ist von einem Schädigungsgrad des Hauptschützes der Gebrauchskategorie AC-1 (Schalten ohmscher Lasten) nach Zuordnungsart 1 auszugehen:

Das Schütz ist nach einem Kurzschlussfall defekt und damit für den weiteren Gebrauch ungeeignet. Es muss, falls möglich, repariert oder getauscht werden.

Bei Verwendung von Doppelfunktionssicherungen des Typs 3NE1 zur netzseitigen Absicherung des Umrichters ist von einem Schädigungsgrad des Hauptschützes der Gebrauchskategorie AC-1 (Schalten ohmscher Lasten) nach Zuordnungsart 2 auszugehen:

Das Schütz ist nach einem Kurzschlussfall für den weiteren Gebrauch geeignet. Die Gefahr einer Kontaktverschweißung kann aber prinzipiell nicht vollständig ausgeschlossen werden. Ein geringfügiges Verschweißen der Schützkontakte ist jedoch zulässig, wenn diese ohne nennenswerte Verformung leicht zu trennen sind. Daher sollten die Schütze nach einem Kurzschlussfall möglichst auf Kontaktverschweißung geprüft werden.

Nähere Informationen zur netzseitigen Absicherung der Umrichter sind dem Abschnitt „Anschluss und Absicherung der Geräte“ zu entnehmen.

Leistungsschalter

Leistungsschalter sind Schaltgeräte, die zusätzlich den Schutz bei Überlast und beim Einschalten auf einen Kurzschluss oder beim Ausschalten eines im Betrieb auftretenden Kurzschlusses übernehmen.

Bei der Auswahl eines Leistungsschalters sind der Bemessungsstrom, die Ansprechwerte des verzögerten und des unverzögerten Kurzschlussauslösers, sowie das Kurzschlusschaltvermögen zu beachten. In der Regel sollte der Bemessungsstrom des Leistungsschalters größer oder gleich dem Bemessungs-Eingangsstrom des Umrichters sein.

Wenn der Einschaltstrom höher ist als der Ansprechwert des verzögerten bzw. des unverzögerten Kurzschlussauslösers, kann es unmittelbar beim Einschalten zur Abschaltung durch den Leistungsschalter kommen.

Die Einschaltströme in den netzseitigen Leistungsschaltern bleiben bei den in diesem Projektierungshandbuch beschriebenen SINAMICS-Umrichtern G130, G150, S120 (Chassis und Cabinet Modules) sowie S150 aufgrund der verwendeten Vorladeschaltungen immer unter den Bemessungs-Eingangsströmen der Umrichter. Daher können Leistungsschalter gemäß den Bemessungs-Eingangsströmen der Umrichter ausgewählt werden.

Die Eingangsströme der SINAMICS-Umrichter enthalten abhängig von der Art der Gleichrichterschaltung und der Impedanz des speisenden Netzes mehr oder weniger hohe Oberschwingungsanteile. Diese führen zu einer erhöhten Belastung bei thermisch verzögerten Überlastauslösern. Daher sollten die Leistungsschalter gemäß den Bemessungs-Eingangsströmen ausgewählt werden, welche die Oberschwingungsanteile der Eingangsströme bereits beinhalten.

Beim regulären Ausschalten der Umrichter sowie bei automatischen Störschaltungen, wie z. B. durch Überströme am Ausgang oder durch Übertemperaturen, wird durch die interne Ablaufsteuerung zunächst die Impulssperre für die Leistungsbaulemente (Thyristoren, IGBTs) ausgelöst bevor der netzseitige Leistungsschalter den Befehl zum Öffnen bekommt. Daher erfolgt das Öffnen der Kontakte praktisch stromlos. Beim Auslösen der Sicherheitsfunktionen NOT-AUS Kategorie 0 (ungesteuertes Stillsetzen des Antriebs mit sofortiger Spannungsfreischaltung) und NOT-HALT Kategorie 1 (gesteuertes Stillsetzen des Antriebs mit anschließender Spannungsfreischaltung) wird durch die Schütz-Sicherheitskombination sowohl die Impulssperre für die Leistungsbaulemente ausgelöst, als auch der Befehl für das Öffnen des Leistungsschalters unter Umgehung der internen Ablaufsteuerung gegeben, und damit das Öffnen des Leistungsschalters erzwungen. Aufgrund der mechanischen Trägheit des Leistungsschalters erfolgt deshalb auch hier das Öffnen der Kontakte praktisch stromlos.

Im Falle eines internen Kurzschlusses im Leistungsteil durch ein spontanes Bauteilversagen wird der netzseitige Kurzschlussstrom abhängig von seiner Höhe entweder durch das Ansprechen des kurzzeitverzögerten Kurzschlussauslösers oder das Ansprechen des unverzögerten Kurzschlussauslösers des Leistungsschalters unterbrochen.

Die folgende Tabelle zeigt die in den verschiedenen SINAMICS Schrankgeräten eingesetzten Leistungsschalter in Abhängigkeit von der Netzanschlussspannung sowie das zugehörige Kurzschlusschaltvermögen für TN-Netze und IT-Netze ohne Erdschluss. (Kurzschlusschaltvermögen für IT-Netze im Erdschlussfall auf Anfrage).

SINAMICS Schrankgerät	Netzanschlussspannung	Leistungsschalter (Typ, Baugröße, Schaltleistungsklasse)	Kurzschlusschaltvermögen
G150			
Einzelgeräte > 800 A ¹⁾ und Parallelgeräte ≥ 1500 A ²⁾	3AC 380 – 480 V	3WL11 / BG I / N	55 kA
	3AC 500 – 600 V	3WL12 / BG II / H	85 kA
	3AC 660 – 690 V	3WL12 / BG II / H	85 kA
S150			
Einzelgeräte > 800 A ²⁾	3AC 380 – 480 V	3WL11 / BG I / N	55 kA
	3AC 500 – 690 V	3WL12 / BG II / H	85 kA
S120 Cabinet Modules			
Line Connection Modules mit Strömen > 800 A ²⁾	3AC 380 – 480 V	3WL12 / BG II / H	100 kA
	3AC 500 – 690 V	3WL12 / BG II / H	85 kA

¹⁾ Leistungsschalter als Option L26 bestellbar ²⁾ Leistungsschalter standardmäßig vorhanden

SINAMICS Schrankgeräte: Eingesetzte Leistungsschalter und zugehöriges Kurzschlusschaltvermögen für TN-Netze und IT-Netze ohne Erdschluss

Die mechanische Lebensdauer der Leistungsschalter SENTRON 3WL beträgt 20000 Schaltspiele bei Baugröße I und 15000 Schaltspiele bei Baugröße II.

Hinweise zur Inbetriebnahme / Einstellung der Drehkodierschalter auf den Überstromauslösern ETU

Die in den SINAMICS-Schrankgeräten eingesetzten Leistungsschalter der Reihe SENTRON 3WL sind geräteabhängig mit Überstromauslösern des Typs ETU15B oder ETU25B ausgestattet. Diese Überstromauslöser besitzen mehrere Drehkodierschalter, die zwingend richtig eingestellt sein müssen, um den optimalen Schutz des SINAMICS-Schrankgerätes zu gewährleisten. Die Einstellungen dienen einzig und allein dem Schutz des Schrankgerätes. Sie haben keine Abhängigkeiten von den Eigenschaften des speisenden Netzes und sind daher keine anlagenspezifischen Einstellungen.

Hinweis:

Bei den Einstellwerten der Ströme auf den Drehkodierschaltern (I_R , I_{sd} , I_i) handelt es sich um bezogene Werte, die auf den Leistungsschalter-Bemessungsstrom I_n bezogen sind. Deshalb müssen die Umrücker-Eingangsströme (Umrücker-Bemessungs-Eingangsstrom I_{NE} , 60-Sekunden-Überlaststrom und 5-Sekunden-Überlaststrom) immer auf den Leistungsschalter-Bemessungsstrom I_n bezogen werden.

Überlastschutz L (Long Time Delay)

Der Überlastschutz L ist einstellbar bei Überstromauslösern ETU15B und ETU25B. Der eingestellte Wert sollte mindestens dem bezogenen Bemessungs-Eingangsstrom des SINAMICS-Umrichters bzw. der SINAMICS-Einspeisung entsprechen oder geringfügig größer sein. Damit ist sichergestellt, dass der Umrücker sowohl seinen zulässigen Dauerstrom als auch seine zulässigen Überlastreserven in vollem Umfang nutzen kann. Aus dieser Anforderung ergeben sich geräteabhängig je nach dem Verhältnis von Bemessungs-Eingangsstrom I_{NE} des Umrichters bzw. der Einspeisung zum Bemessungsstrom I_n des Leistungsschalters folgende Einstellwerte:

$$I_R = 0,7 \dots 1,0.$$

Die für die jeweiligen Geräte gültigen Werte sind in den zugehörigen Betriebsanleitungen angegeben.

Kurzzeitverzögerter Kurzschlussschutz S (Short Time Delay)

Der kurzzeitverzögerte Kurzschlussschutz S ist einstellbar bei Überstromauslösern ETU25B. Er sollte so niedrig und so schnell wie möglich eingestellt werden, um das schnellstmögliche Ansprechen des Leistungsschalters im Kurzschlussfall sicherzustellen und die Schäden im Gerät zu minimieren. Da die betriebsmäßig ausnutzbaren Ströme der SINAMICS-Umrichter maximal bis zum ca. 1,45-fachen des Bemessungs-Eingangsstromes reichen, sollte der bezogene kurzzeitverzögerte Kurzschlussstrom in etwa dem 2-fachen des bezogenen Bemessungs-Eingangsstromes des Umrichters bzw. der Einspeisung entsprechen. Die zugehörige Verzögerungszeit sollte auf den minimal möglichen Wert eingestellt sein. Damit ergeben sich folgende Einstellwerte:

$$I_{sd} = 2,$$

$$t_{sd} = 0.$$

Diese Werte sind auch in den zugehörigen Betriebsanleitungen angegeben.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

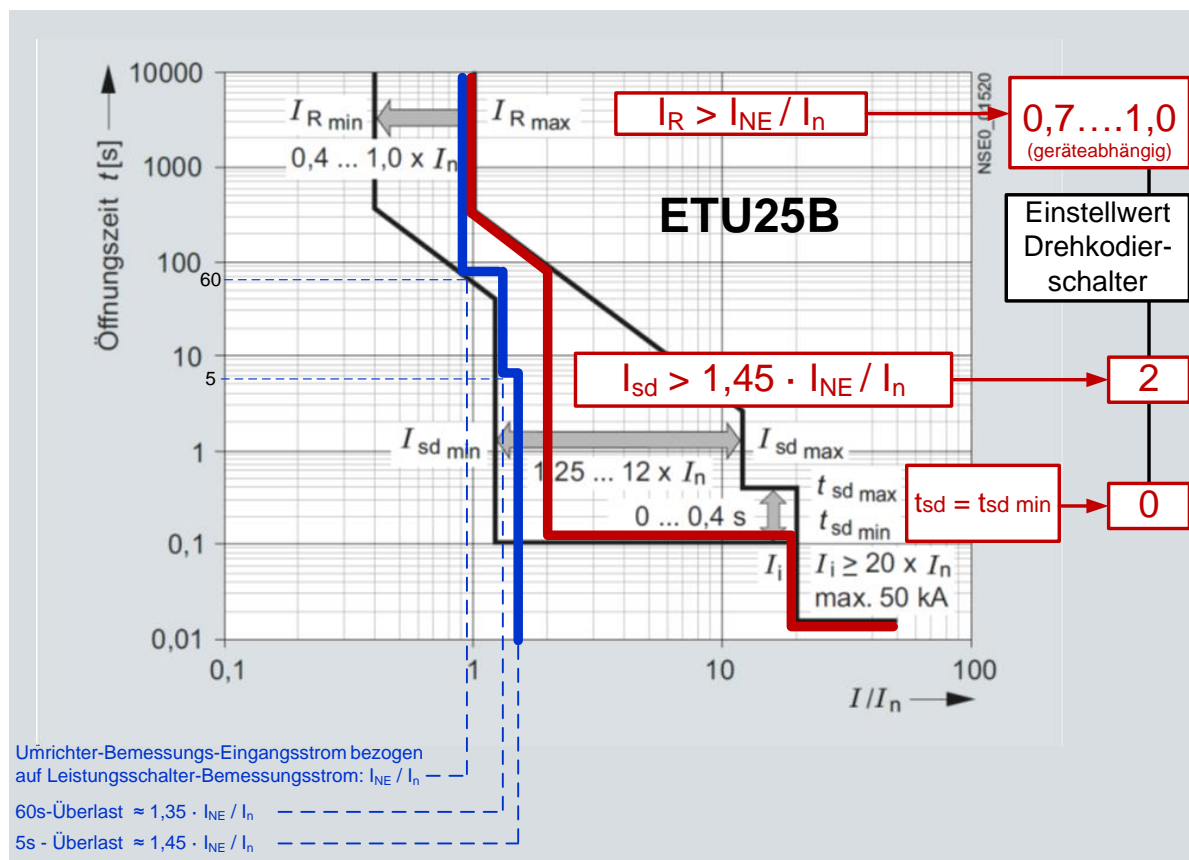
Unverzögerter Kurzschlussschutz (I = Instantaneous)

Der unverzögerte Kurzschlussschutz I ist einstellbar bei Überstromauslösern ETU15B. Er sollte so niedrig wie möglich eingestellt werden, um das schnellstmögliche Ansprechen des Leistungsschalters im Kurzschlussfall sicherzustellen und die Schäden im Gerät zu minimieren. Da die betriebsmäßig ausnutzbaren Ströme der SINAMICS-Umrichter maximal bis zum ca. 1,45-fachen des Bemessungs-Eingangstromes reichen, sollte der bezogene unverzögerte Kurzschlussstrom in etwa dem 2-fachen des bezogenen Bemessungs-Eingangstromes des Umrichters bzw. der Einspeisung entsprechen. Damit ergibt sich folgender Einstellwert:

$$I_i = 2.$$

Dieser Wert ist auch in den zugehörigen Betriebsanleitungen angegeben.

Die zuvor beschriebenen Zusammenhänge werden im Folgenden anhand der LSI-Kennlinie des Überstromauslöser ETU25B verdeutlicht, der in den Line Connection Modules der SINAMICS S120 Cabinet Modules verwendet wird. Bei den Einstellwerten der Ströme I_R und I_{sd} ist wiederum zu beachten, dass es sich jeweils um bezogene Werte handelt, die auf den Leistungsschalter-Bemessungsstrom I_n bezogen sind.



LSI-Kennlinie des Überstromauslöser ETU25B und empfohlene Einstellwerte für die Drehkodierschalter

Die blau dargestellte Kennlinie begrenzt den betriebsmäßig nutzbaren Eingangstrombereich des Umrichters bzw. der Einspeisung. Ströme links der blauen Kennlinie können betriebsmäßig genutzt werden und Ströme rechts der blauen Kennlinie treten nur im Fehlerfall auf.

Daher muss die Auslösekennlinie des Überstromauslöser so eingestellt sein, dass sie einerseits immer rechts der blauen Kennlinie verläuft, und andererseits einen möglichst geringen Abstand zur blauen Kennlinie aufweist. Ersteres ist nötig, um den betriebsmäßig nutzbaren Eingangstrombereich auch voll ausnutzen zu können, und zweiteres ist nötig, um ein möglichst schnelles Ansprechen des Leistungsschalters im Fehlerfall sicherzustellen. Die rot dargestellte Kennlinie entspricht diesen Kriterien und ergibt sich durch die angegebenen Einstellwerte

$$I_R = 0,7 \dots 1,0 \text{ (geräteabhängig)}$$

$$I_{sd} = 2$$

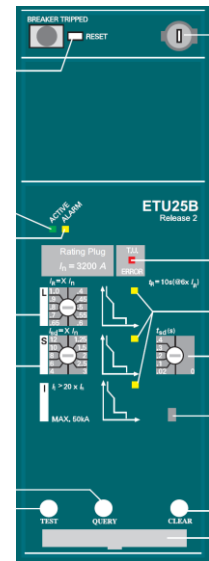
$$t_{sd} = 0.$$

Die rot dargestellte Kennlinie liegt entweder auf oder zwischen den schwarz dargestellten Kennlinien, welche die einstellbaren Grenzen des Überstromauslöser repräsentieren.

Falsche Einstellungen müssen unbedingt vermieden werden.

Bei zu niedrigen Werten von I_R besteht die Gefahr, dass der Umrichter bzw. die Einspeisung bei hoher Dauerlast ungewollt abgeschaltet wird. Dies kann Schäden an der Anlage oder an den Geräten verursachen.

Sehr große Werte für den kurzzeitverzögerten Kurzschlussstrom I_{sd} und die zugehörige Verzögerungszeit t_{sd} verzögern das Ansprechen des Leistungsschalters im Fehlerfall unnötig und können dadurch das Ausmaß des entstehenden Schadens erheblich erhöhen.



**Überstromauslöser
ETU25B**

1.3 Transformatoren

In diesem Abschnitt wird die Auswahl und Dimensionierung von Netztransformatoren beschrieben.

1.3.1 Blocktransformatoren

Blocktransformatoren speisen nur einen einzigen Umrichter und sind an dessen Leistung angepasst.

Wird ein Umrichter über einen Blocktransformator gespeist, so kann in der Regel auf eine Netzdrossel für den Umrichter verzichtet werden, vorausgesetzt die bezogene Kurzschlussspannung u_k des Transformators ist $\geq 4\%$.

Ausnahmen:

- Bei S120 Smart Infeeds muss die bezogene Kurzschlussspannung des Transformators $u_k \geq 8\%$ sein, damit die Netzdrossel entfallen kann.
- Bei Umrichtern mit parallelgeschalteten Gleichrichtern sind bei 6-pulsigem Betrieb Netzdrosseln zur Symmetrierung der Stromaufteilung erforderlich (SINAMICS G150 größerer Leistung mit 2 parallelgeschalteten Leistungsteilen oder S120 Basic Infeeds bzw. S120 Smart Infeeds mit parallelgeschalteten Leistungsteilen).

1.3.1.1 Leistungsbetrachtung zur Ermittlung der Scheinleistung des Transformators

Die Berechnung der erforderlichen Scheinleistung S des Transformators basiert auf der Leistungsbilanz des Antriebes, der durch den Transformator versorgt wird.

Die netzseitige Wirkleistung P des Antriebes und der mit ihr verknüpfte netzseitige Wirkstrom $I_{1 \text{ Wirk}}$ berechnen sich aus der mechanischen Wellenleistung des Motors zuzüglich der Verlustleistung von Motor und Umrichter.

Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass sich bei den netzgeführten SINAMICS-Einspeisungen Basic Infeed und Smart Infeed eine Phasenverschiebung φ_1 zwischen der Netzspannung (Strangspannung $U_1 = U_{\text{Netz}}/\sqrt{3}$) und dem netzseitigen Grundschwingungsstrom I_1 einstellt, so dass neben dem netzseitigen Wirkstrom $I_{1 \text{ Wirk}}$ auch ein netzseitiger Grundschwingungsblindstrom $I_{1 \text{ Blind}}$ und damit eine Grundschwingungsblindleistung Q_1 auftritt.

Außerdem muss beachtet werden, dass sich dem netzseitigen Grundschwingungsstrom I_1 des Antriebes zusätzliche Oberschwingungsströme I_h überlagern. Diese erhöhen den Effektivwert des Netzstromes, bilden eine Verzerrungs-(blind)leistung D und rufen Zusatzverluste im Transformator hervor. Die spektrale Zusammensetzung und die Amplituden der einzelnen Oberschwingungsströme I_h hängen im Wesentlichen von der Art der verwendeten SINAMICS-Einspeisung sowie von der netzseitigen Impedanz ab. Nähere Informationen zu den Oberschwingungsströmen der verschiedenen SINAMICS-Einspeisungen sind den Abschnitten „Netzurückwirkungen“ und „SINAMICS Infeeds (Einspeisestromrichter) und ihre Eigenschaften“ zu entnehmen.

Die netzseitige Scheinleistung S des Antriebes besteht daher aus drei Anteilen gemäß der Beziehung

$$S = \sqrt{P^2 + Q_1^2 + D^2} .$$

Hierin ist:

- S Scheinleistung (Gesamtscheinleistung)
- P Wirkleistung:
Diese berechnet sich aus dem Wirkanteil des Grundschwingungsstromes ($I_{1 \text{ Wirk}} = I_1 \cdot \cos\varphi_1$) zu
$$P = 3 \cdot U_1 \cdot I_1 \cdot \cos\varphi_1 .$$
Sie besteht aus der mechanischen Wellenleistung des Motors zuzüglich der Verlustleistung von Motor und Umrichter.
- Q_1 Grundschwingungsblindleistung:
Diese berechnet sich aus dem Blindanteil des Grundschwingungsstromes ($I_{1 \text{ Blind}} = I_1 \cdot \sin\varphi_1$) zu
$$Q_1 = 3 \cdot U_1 \cdot I_1 \cdot \sin\varphi_1 .$$
- D Verzerrungs(blind)leistung:
Diese berechnet sich aus den Oberschwingungsströmen I_h zu

$$D = 3 \cdot U_1 \cdot \sqrt{\sum_{h=2}^{h=\infty} I_h^2} .$$

Die Verzerrungs(blind)leistung wird auch als Oberschwingungsblindleistung bezeichnet.

Der Grundschwingungsleistungsfaktor $\cos\varphi_1$

Das Verhältnis zwischen der Wirkleistung P und der Grundschwingungscheinleistung S_1 wird Grundschwingungsleistungsfaktor $\cos\varphi_1$ genannt und ist wie folgt definiert:

$$\cos\varphi_1 = \frac{P}{S_1} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q_1^2}} = \frac{I_{1Wirk}}{\sqrt{I_{1Wirk}^2 + I_{1Blind}^2}}$$

Der Grundschwingungsleistungsfaktor $\cos\varphi_1$ der verschiedenen SINAMICS Umrichter und Einspeisungen ist abhängig von der Netzimpedanz bzw. der bezogenen Kurzschlussleistung RSC (**R**elative **S**hort-**C**ircuit **P**ower) am Anschlusspunkt sowie von der Belastung des Antriebes.

Die folgende Tabelle zeigt die typischen Werte des Grundschwingungsleistungsfaktors $\cos\varphi_1$ für die in diesem Projektierungshandbuch beschriebenen SINAMICS Umrichter und Einspeisungen in Abhängigkeit von der bezogenen Netzkurzschlussleistung RSC. Der Wert für die selbstgeführten Einspeisungen (S120 Active Infeed und S150) ist in der Firmware parametrierbar und werkseitig auf den Wert 1 eingestellt.

Grundschwingungsleistungsfaktor $\cos\varphi_1$ bei netzgeführten SINAMICS Umrichtern und Einspeisungen	
SINAMICS G130, G150, S120 Basic Infeed und S120 Smart Infeed	
Bezogene Kurzschlussleistung RSC	100 % Last
größer 50 (starkes Netz)	≈ 0,975
15.....50 (mittleres Netz)	≈ 0,970
kleiner 15 (schwaches Netz)	≈ 0,960
Grundschwingungsleistungsfaktor $\cos\varphi_1$ bei netzgeführten SINAMICS Umrichtern mit LHF compact	
SINAMICS G150 mit Option L01	
Bezogene Kurzschlussleistung RSC	100 % Last
keine signifikante Abhängigkeit von RSC	≈ 0,99 kapazitiv
Grundschwingungsleistungsfaktor $\cos\varphi_1$ bei selbstgeführten SINAMICS Umrichtern und Einspeisungen	
SINAMICS S120 Active Infeed und S150 bei werkseitiger Einstellung des $\cos\varphi_1$ auf den Wert 1	
Bezogene Kurzschlussleistung RSC	100 % Last
keine signifikante Abhängigkeit von RSC	≈ 1,00

Typische Werte des Grundschwingungsleistungsfaktors $\cos\varphi_1$ bei SINAMICS Umrichtern und Einspeisungen

Der Gesamtleistungsfaktor λ

Das Verhältnis zwischen der Wirkleistung P und der Gesamtscheinleistung S wird Gesamtleistungsfaktor λ genannt und ist wie folgt definiert.

$$\lambda = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q_1^2 + D^2}} = \frac{I_{1Wirk}}{\sqrt{I_{1Wirk}^2 + I_{1Blind}^2 + \sum_{h=2}^{h=\infty} I_h^2}}$$

Der Gesamtleistungsfaktor λ der verschiedenen SINAMICS Umrichter und Einspeisungen ist abhängig von der Netzimpedanz bzw. der bezogenen Kurzschlussleistung RSC (**R**elative **S**hort-**C**ircuit **P**ower) am Anschlusspunkt sowie von der Belastung des Antriebes.

Da der Gesamtleistungsfaktor λ neben der Grundschwingungsblindleistung Q_1 auch die Verzerrungs(blind)leistung D durch die Oberschwingungsströme beinhaltet, ist er bei überschwingungsbehafteten Netzströmen stets kleiner als der Grundschwingungsleistungsfaktor $\cos\varphi_1$.

Die folgende Tabelle zeigt die typischen Werte des Gesamtleistungsfaktors λ für die in diesem Projektierungshandbuch beschriebenen SINAMICS Umrichter und Einspeisungen in Abhängigkeit von der bezogenen Netzkurzschlussleistung RSC.

Der Wert für die selbstgeführten Einspeisungen ist abhängig von dem in der Firmware parametrierbaren Grundschwingungsleistungsfaktor $\cos\varphi_1$, der werkseitig auf den Wert 1 eingestellt ist.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Gesamtleistungsfaktor λ bei netzgeführten SINAMICS Umrichtern und Einspeisungen

SINAMICS G130, G150, S120 Basic Infeed und S120 Smart Infeed

Bezogene Kurzschlussleistung RSC		100 % Last
größer 50	(starkes Netz)	$\approx 0,87$
15.....50	(mittleres Netz)	$\approx 0,90$
kleiner 15	(schwaches Netz)	$\approx 0,93$

Gesamtleistungsfaktor λ bei netzgeführten SINAMICS Umrichtern mit LHF compact

SINAMICS G150 mit Option L01

Bezogene Kurzschlussleistung RSC		100 % Last
keine signifikante Abhängigkeit von RSC		$\approx 0,985$

Gesamtleistungsfaktor λ bei selbstgeführten SINAMICS Umrichtern und Einspeisungen

SINAMICS S120 Active Infeed und S150 bei werkseitiger Einstellung des $\cos\varphi_1$ auf den Wert 1

Bezogene Kurzschlussleistung RSC		100 % Last
größer 50	(starkes Netz)	$\approx 1,00$
15.....50	(mittleres Netz)	$\approx 1,00$
kleiner 15	(schwaches Netz)	$\approx 1,00$

Typische Werte des Gesamtleistungsfaktors λ bei SINAMICS Umrichtern und Einspeisungen

Hinweis:

Bei den in diesem Projektierungshandbuch beschriebenen SINAMICS Antrieben mit leistungsmäßig angepassten Blocktransformatoren liegt die bezogene Kurzschlussleistung RSC am Anschlusspunkt des Umrichters aufgrund der üblichen Transformatorimpedanzen typischerweise im Bereich zwischen $RSC = 25$ (Transformator mit $u_k = 4\%$) und $RSC = 15$ (Transformator mit $u_k = 6,5\%$).

1.3.1.2 Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Scheinleistung des Transformators

Die praktische Berechnung der erforderlichen Scheinleistung S des Blocktransformators kann relativ einfach mit Hilfe der folgenden Formel vorgenommen werden

$$S \geq k \cdot \frac{P_w}{\lambda \cdot \eta_{\text{Umrichter}} \cdot \eta_{\text{Motor}}}$$

Hierin ist:

- P_w Wellenleistung des Motors bzw. Tyleistung des angepassten Umrichters
- η_{Motor} Wirkungsgrad des Motors
- $\eta_{\text{Umrichter}}$ Wirkungsgrad des Umrichters
- λ Netzseitiger Gesamtleistungsfaktor
- k Faktor, der die Auswirkungen der Zusatzverluste im Transformator infolge der netzseitigen Oberschwingungsströme berücksichtigt

Für Tyleistungen $> ca. 50\text{ kW}$, ab der Blocktransformatoren in Frage kommen, können in guter Näherung die folgenden Werte angenommen werden:

- $\eta_{\text{Motor}} = 0,93 \dots 0,97$ $\eta \approx 0,93$ bei Motorleistung 50 kW ansteigend bis $\eta \approx 0,97$ bei Motorleistung 1 MW
- $\eta_{\text{Umrichter}} \approx 0,98$ bei Umrichtern G130, G150 sowie Umrichtern mit S120 Basic Infeeds oder S120 Smart Infeeds
- $\eta_{\text{Umrichter}} \approx 0,96$ bei Umrichtern S150 und Umrichter mit S120 Active Infeeds
- $\lambda \approx 0,93$ bei Umrichtern G130, G150 sowie S120 Basic Infeeds und S120 Smart Infeeds
- $\lambda = 1$ bzw. $\lambda = \cos\varphi_{AI}$ bei Umrichtern S150 und Umrichtern mit Active Infeed:
 $\lambda = 1$, wenn beim Active Infeed $\cos\varphi_{AI} = 1$ parametrier ist (Werkseinstellung),
 $\lambda = \cos\varphi_{AI}$, wenn beim Active Infeed $\cos\varphi_{AI} \neq 1$ parametrier ist
- $k = 1,20$ bei Verwendung eines Standard-Verteilungstransformators und Einsatz von G130 ohne LHF, G150 ohne LHF, S120 Basic Infeeds und S120 Smart Infeeds
- $k = 1,15$ bei Verwendung eines Standard-Verteilungstransformators und Einsatz von G130 bzw. G150 mit Line Harmonics Filter (LHF und LHF compact)
- $k = 1,10$ bei Verwendung eines Standard-Verteilungstransformators und Einsatz von S150 und S120 Active Infeeds
- $k = 1,00$ unabhängig vom Umrichtertyp bei Verwendung eines Stromrichtertransformators

Mit der auf der vorherigen Seite angegebenen Formel und unter der Annahme eines typischen mittleren Wertes von $\eta_{\text{Motor}} \approx 0,95$ für den Wirkungsgrad des Motors, errechnet sich die erforderliche Bemessungsscheinleistung S für den Blocktransformator wie folgt:

Verwendung eines Standard-Verteilungstransformators (nur für Anwendungen mit eher geringer Dynamik)

$S > 1,40 \cdot P_W$	bei Umrichtern G130 ohne LHF, G150 ohne LHF sowie bei Umrichtern mit S120 Basic Infeeds und S120 Smart Infeeds
$S > 1,30 \cdot P_W$	bei Umrichtern G130 bzw. G150 mit Line Harmonics Filtern (LHF u. LHF compact)
$S > 1,20 \cdot P_W / \cos\varphi_{AI}$	bei Umrichtern S150 und Umrichtern mit S120 Active Infeeds

Verwendung eines Stromrichtertransformators

$S > 1,15 \cdot P_W$	bei Umrichtern G130 mit und ohne LHF, G150 mit und ohne LHF sowie bei Umrichtern mit S120 Basic Infeeds und S120 Smart Infeeds
$S > 1,1 \cdot P_W / \cos\varphi_{AI}$	bei Umrichtern S150 und Umrichtern mit S120 Active Infeeds in Anwendungen mit geringen Anforderungen an die Dynamik
$S > 1,5 \dots 1,8 \cdot P_W / \cos\varphi_{AI}$	bei Umrichtern S150 und Umrichtern mit S120 Active Infeeds in Anwendungen mit sehr hohen Anforderungen an die Dynamik

Für Blocktransformatoren sind die folgenden Bemessungsleistungen standardisiert:

100 160 250 315 400 500 630 800 1000 1250 1600 2000 2500 [kVA]

Für die Bestellung der Transformatoren ist das Leerlaufübersetzungsverhältnis anzugeben. Die Leerlaufspannung auf der Unterspannungsseite ist im Allgemeinen um 5 % höher als die Spannung bei voller Belastung. Wird beispielsweise ein Transformator für primärseitig 10 kV und sekundärseitig 690 V benötigt, so ist er für ein Leerlaufübersetzungsverhältnis von 10 kV / 725 V zu bestellen.

Anzapfungen dienen zur Anpassung der Übersetzung an örtliche Spannungsverhältnisse. Bei Normalausführung des Transformators erhält die Oberspannungswicklung Anzapfungen von $\pm 2,5$ %. Diese OS-Anzapfungen sind im spannungslosen Zustand durch umklemmbare Schaltbügel einstellbar. Zusätzliche Anzapfungen können auf Anfrage gegen Mehrpreis vorgesehen werden.

Schaltungen und Schaltgruppen

Die Ober- und Unterspannungswicklungen von Drehstromtransformatoren können in Stern- oder Dreieckschaltung ausgeführt werden. Die Schaltungen werden mit nachstehenden Kennbuchstaben bezeichnet (große Buchstaben: Oberspannungsseite, kleine Buchstaben: Unterspannungsseite):

- Y, y für Sternwicklungen
- D, d für Dreieckwicklungen

Zusätzlich wird für jeden Transformator eine Kennzahl n angegeben. Diese sagt aus, um welchen Winkel φ die Spannungen der Oberspannungsseite denen der Unterspannungsseite voreilen. Hierbei ist:

$$\varphi = n \cdot 30^\circ \quad \text{mit} \quad n = 1, 2, 3, \dots, 11.$$

Übliche Schaltgruppen von Verteilungstransformatoren in Normalausführung sind Dy5 oder Yy0. Sternpunkte werden dabei nicht herausgeführt.

1.3.2 Transformatorenarten

Die Transformatoren können als Öltransformatoren oder als Trocken-Transformatoren (GEAFOL) eingesetzt werden.

Der Öltransformator hat im Allgemeinen die geringsten Anschaffungskosten. Die Aufstellung muss allerdings überwiegend außerhalb von Gebäuden erfolgen. Innerhalb von Gebäuden ist eine Aufstellung nur möglich, wenn ein direkter Zugang vom Freien aus besteht. Maßnahmen für den Grundwasser- und Brandschutz sind erforderlich. Die Aufstellung im Energieschwerpunkt, obwohl wünschenswert, ist häufig nicht möglich.

Der GEAFOL-Transformator hat höhere Anschaffungskosten. Aufgrund seiner Bauart - ohne flüssiges oder brennbares Isoliermittel - kann er im Gebäude und somit im Energieschwerpunkt aufgestellt werden. Er ist in Anlagen mit relativ hoher Energiedichte aufgrund der geringen Verluste und aufgrund nicht erforderlicher Maßnahmen für Grundwasserschutz häufig die wirtschaftlichste Transformatorenart.

Die Auswahl der Transformatoren muss so erfolgen, dass für die gesamte Anlage ein wirtschaftliches Optimum erreicht wird, d. h. Investitions- und Betriebskosten ein Minimum bilden. Zu berücksichtigen sind hierbei:

- Anschaffungskosten der Transformatoren
- Maßnahmen am Aufstellort
- Betriebskosten durch Verluste, insbesondere im Verteilungsnetz

1.3.3 Eigenschaften von Standardtransformatoren und Stromrichtertransformatoren

Stromrichtertransformatoren sind spezielle Transformatoren, die für Stromrichter konzipiert sind. Sie sind so ausgelegt, dass sie den erhöhten Beanspruchungen durch den Stromrichterbetrieb standhalten.

Unterschiede zwischen Stromrichtertransformatoren und standardmäßigen Verteilungstransformatoren

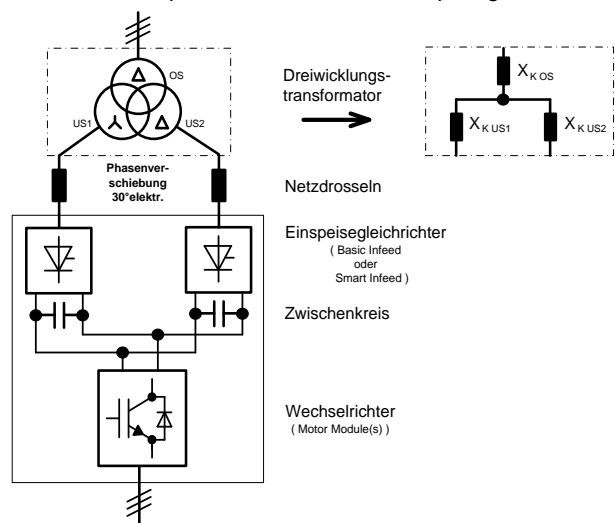
- Die Wicklungen der Stromrichtertransformatoren werden mit einer erhöhten Isolierfestigkeit ausgeführt. Damit können auch extreme Spannungsüberhöhungen bei Kommutierungsvorgängen von Stromrichtern beherrscht werden.
- Durch eine spezielle Ausführung des Blechpaketes und der Wicklung, z. B. durch geringe radiale Leiterhöhe bei GEAFOL-Transformatoren, werden die Zusatzverluste infolge von Stromüberschwingungen niedrig gehalten.
- Die mechanische Konstruktion ist so ausgelegt, dass einerseits niedrige Kurzschlusskräfte auftreten und andererseits eine hohe Kurzschlussfestigkeit gegeben ist. Durch die hohe Wärmekapazität der Transformatoren sind häufige Stoßbelastungen bis zur 2,5-fachen Bemessungsleistung problemlos möglich, wie sie z. B. bei Hauptantrieben in der Walzwerkstechnik auftreten.
- Eine Impulsunsymmetrie im Stromrichter (z. B. eine Zündimpulsunterbrechung bei einem Thyristor im Gleichrichter bei voller Leistungsentnahme mit daraus resultierenden Gleichanteilen im Netzstrom) kann eine schädliche Überhitzung von Kern und Pressteilen bei GEAFOL-Transformatoren bewirken. Durch Überwachung der Temperatur des im Kernkreis liegenden Zugankers wird dies wirksam unterbunden und führt nicht zur Beschädigung des Transformators.

Aufgrund dieser Eigenschaften der Stromrichtertransformatoren wird deutlich, dass sie für relativ extreme Betriebsbedingungen konzipiert sind, wie sie bei Anwendungen mit SINAMICS-Antrieben im Allgemeinen nicht auftreten. Für Standardanwendungen, wenn die Transformatorleistung an die Umrichtertypenleistung angepasst ist, ist es daher zulässig - auch bei Blocktransformatoren - normale Verteilungstransformatoren anstelle von Stromrichtertransformatoren einzusetzen.

1.3.4 Dreiwicklungstransformatoren

Beim Betrieb von drehzahlveränderbaren Drehstromantrieben größerer Leistung ergibt sich häufig die Forderung nach möglichst geringen Netzurückwirkungen. Diese Forderung lässt sich mit relativ niedrigem Kostenaufwand durch eine 12-pulsige Netzeinspeisung realisieren, insbesondere dann, wenn ein neuer Einspeisetransformator ohnehin erforderlich ist. In diesem Fall muss als Transformator ein Dreiwicklungstransformator gewählt werden. Dreiwicklungstransformatoren werden grundsätzlich als Stromrichtertransformatoren ausgeführt.

Die prinzipielle Wirkungsweise 12-pulsiger Antriebslösungen mit zwei um 30° phasenverschobenen Wicklungen ist im Abschnitt „Netzurückwirkungen 12-pulsiger Gleichrichterschaltungen“ erläutert. Die folgenden Ausführungen beschäftigen sich daher nur mit den Anforderungen an den Dreiwicklungstransformator, die SINAMICS-Einspeisung, sowie an das speisende Netz für die 12-pulsige Antriebslösung.



Prinzip der 12-pulsigen Antriebslösung

Anforderungen an den Dreiwicklungstransformator, die SINAMICS-Einspeisung und das speisende Netz

Anforderungen an den Dreiwicklungstransformator und die SINAMICS-Einspeisung

Für eine optimale 12-pulsige Wirkung, d. h. eine möglichst gute Auslöschung der Stromüberschwingungen mit den Ordnungszahlen $h = 5, 7, 17, 19, 29, 31, \dots$ auf der Oberspannungsseite des Transformators, muss zum einen der Dreiwicklungstransformator möglichst symmetrisch aufgebaut sein. Zum anderen muss durch geeignete Mittel sichergestellt werden, dass die beiden 6-pulsigen Gleichrichter die beiden Niederspannungswicklungen gleichmäßig belasten. Ferner dürfen keine zusätzlichen Lasten an nur eine der beiden Niederspannungswicklungen angeschlossen werden, weil dies eine symmetrische Belastung beider Niederspannungswicklungen verhindern würde. Außerdem sollte der Anschluss mehrerer 12-pulsiger Einspeisungen an einem Dreiwicklungstransformator vermieden werden, insbesondere dann, wenn mit Thyristoren bestückte Basic Line Modules zum Einsatz kommen, die den Zwischenkreis durch Phasenanschnittsteuerung vorladen.

Eine gleichmäßige Stromaufteilung wird bewirkt durch - vorwiegend ohmsche - Spannungsabfälle an:

- den Sekundärwicklungen des Transformators,
- den Zuleitungskabeln zwischen Transformator und Gleichrichtern,
- den Netzdröseln der Gleichrichter.

Daraus ergeben sich die folgenden Anforderungen an den Dreiwicklungstransformator, die Zuleitungskabel und die Netzdröseln der Gleichrichter:

- Symmetrischer Aufbau d. Dreiwicklungstransformators, empf. Schaltgruppen Dy5d0 oder Dy11d0.
- Bezogene Kurzschlussspannung des Dreiwicklungstransformators $u_k \geq 4\%$.
- Differenz der bezogenen Kurzschlussspannungen der Sekundärwicklungen $\Delta u_k \leq 5\%$.
- Differenz der Leerlaufspannungen der Sekundärwicklungen $\Delta U \leq 0,5\%$.
- Identische Zuleitungskabel, d. h., gleicher Typ, gleicher Querschnitt und gleiche Länge.
- Gegebenenfalls Einsatz von Netzdröseln zur zusätzlichen Stromsymmetrierung.

Die oben genannten Anforderungen an Dreiwicklungstransformatoren für 12-pulsigen Betrieb mit SINAMICS lassen am besten durch den Einsatz von Doppelstocktransformatoren erfüllen.

Anforderungen an das speisende Netz

Neben den Anforderungen an den Dreiwicklungstransformator und die SINAMICS-Einspeisung bestehen auch Anforderungen an das speisende Netz hinsichtlich der am Anschlusspunkt des Dreiwicklungstransformators bereits vorhandenen Spannungsüberschwingungen. Denn zu hohe Spannungsüberschwingungen können abhängig von ihrer Phasenlage zur Grundschwingung zu unerwünschten Verzerrungen des Zeitverlaufes der Spannungen der beiden Unterspannungswicklungen führen, was eine stark unsymmetrische Strombelastung des Transformators und der SINAMICS-Einspeisung zur Folge haben kann. Am kritischsten ist eine stark ausgeprägte 5. Spannungsüberschwingung, und auch eine stark ausgeprägte 7. Spannungsüberschwingung kann prinzipiell noch gewisse negative Auswirkungen haben. Höhere Spannungsüberschwingungen haben dagegen keinen signifikanten Einfluss mehr. Stark ausgeprägte 5. und 7. Oberschwingungen können zum Beispiel durch 6-pulsige Verbraucher großer Leistung (DC-Motoren, Direktumrichter) verursacht werden, die von der gleichen Mittelspannungsschiene versorgt werden.

Aus diesem Grunde ist folgendes hinsichtlich der am Anschlusspunkt des Dreiwicklungstransformators vorhandenen 5. Spannungsüberschwingung zu beachten.

- 5. Spannungsüberschwingung am Anschlusspunkt des Transformators $\leq 2\%$:
12-Puls-Betrieb ist sowohl mit Basic Line Modules (BLMs) als auch mit Smart Line Modules (SLMs) möglich. Das bei diesen Einspeisungen für 12-Puls-Betrieb vorgeschriebene Strom-Derating von 7,5 % deckt alle möglichen Stromunsymmetrien ab, die durch Toleranzen des Transformators und der SINAMICS-Einspeisung sowie durch Netzspannungsüberschwingungen hervorgerufen werden.
- 5. Spannungsüberschwingung am Anschlusspunkt des Transformators $> 2\%$:
12-Puls-Betrieb ist bei diesen Netzverhältnissen aufgrund sehr hoher, möglicher Unsymmetrien nicht mehr ohne weiteres möglich. Denn zum einen ist das für 12-Puls-Betrieb vorgeschriebene Strom-Derating von 7,5 % nicht mehr ausreichend, um eine Überlastung des Transformators und der Einspeisung sicher zu verhindern, und zum anderen kann sich bei hoher Stromunsymmetrie die gewünschte Auslöschung der Stromüberschwingungen mit den Ordnungszahlen $h = 5, 7, 17, 19, 29, 31, \dots$ auf der Oberspannungsseite des Transformators nicht mehr einstellen.

Liegt am Anschlusspunkt des Dreiwicklungstransformators eine zu hohe Spannungsbelastung mit der 5. Oberschwingung $> 2\%$ vor, so sind folgende Vorgehensweisen möglich:

- Verbesserung der Oberschwingungsbelastung im speisenden Netz unter Einsatz einer Oberschwingungskompensationsanlage (5. Oberschwingung $< 2\%$) und Dimensionierung der 12-Puls-Lösung mit dem oben beschriebenen Strom-Derating von 7,5 %
- Beibehaltung der hohen Oberschwingungsbelastung im speisenden Netz (5. Oberschwingung $> 2\%$) und Einsatz einer 12-Puls-Lösung unter folgenden Randbedingungen:
 - o Durchführung einer Netzanalyse im Vorfeld zur Ermittlung des vorhandenen Oberschwingungsspektrums der Spannung, insbesondere der 5. Oberschwingung
 - o Bestimmung des erforderlichen, in der Regel deutlich erhöhten Strom-Deratings von bis zu 35 % in Abhängigkeit von den Ergebnissen der Netzanalyse und entsprechende Überdimensionierung von Transformator und Einspeisung bzw. Umrichter um bis zu 50 %
 - o Akzeptanz der nicht mehr vollständigen Kompensation der Stromüberschwingungen mit den Ordnungszahlen $h = 5, 7, 17, 19, 29, 31, \dots$
- Einsatz einer aktiven Einspeisung / Active Infeed mit Zweiwicklungstransformator

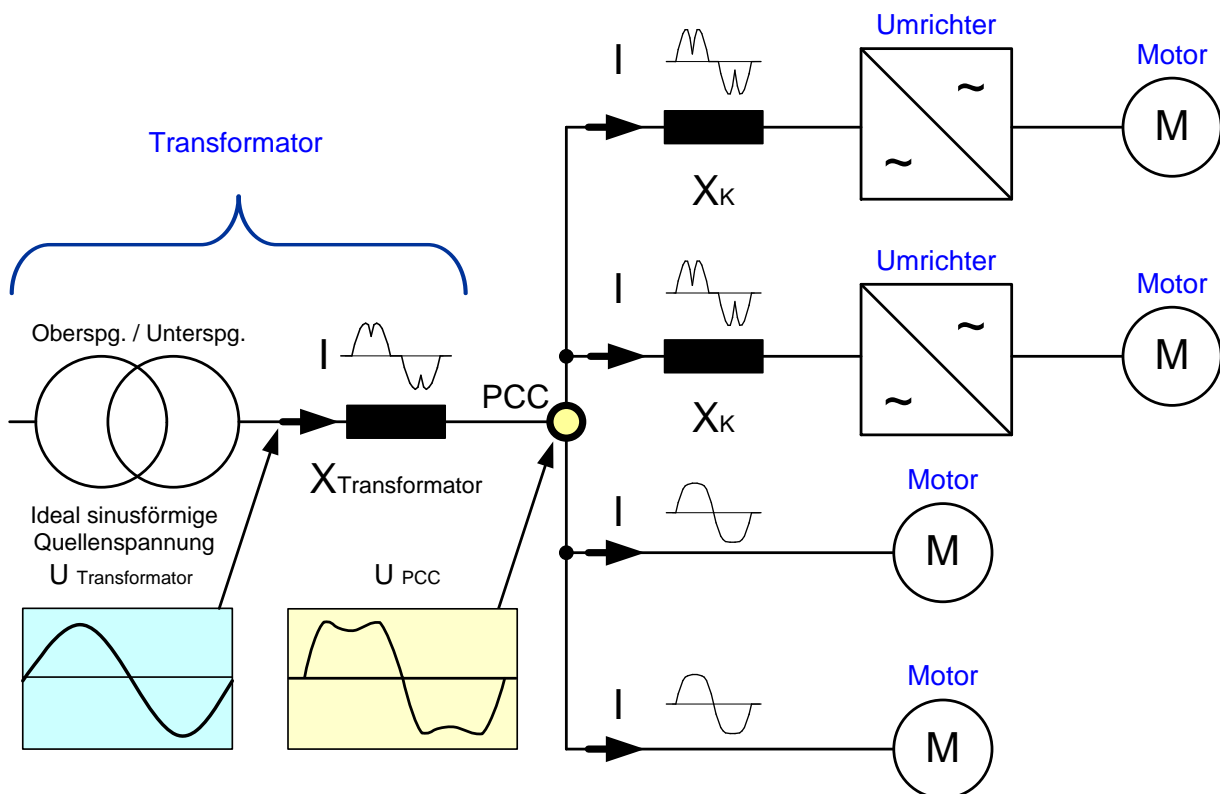
1.4 Netzurückwirkungen

1.4.1 Allgemeines

Alle in diesem Abschnitt angestellten Betrachtungen beziehen sich ausschließlich auf niederfrequente Netzurückwirkungen im Frequenzbereich bis zu 9 kHz. Nicht betrachtet werden hochfrequente Netzurückwirkungen im Sinne der EMV (Elektromagnetische Verträglichkeit) bzw. im Sinne der Funk-Entstörung. Diese hochfrequenten Netzurückwirkungen im Frequenzbereich von 150 kHz bis 30 MHz werden in dem Abschnitt "Netzfilter" behandelt.

Werden an ein Energieversorgungsnetz mit sinusförmiger Spannungsquelle (Generator, Transformator) elektrische Verbraucher mit nichtlinearer Charakteristik angeschlossen, so fließen nicht-sinusförmige Ströme, welche die Spannung am Netzanschlusspunkt PCC (Point of Common Coupling) verzerren. Diese Beeinflussung der Netzspannung durch die angeschlossenen nichtlinearen Verbraucher bezeichnet man als Netzurückwirkungen.

Die nachfolgende Skizze verdeutlicht die Zusammenhänge am Beispiel eines Niederspannungsnetzes, welches durch einen Transformator mit sinusförmiger Quellenspannung und dem Innenwiderstand $X_{\text{Transformator}}$ gespeist wird. An den Netzanschlusspunkt PCC sind Verbraucher unterschiedlicher Charakteristik angeschlossen. Die Motoren weisen eine lineare Strom-Spannungs-Charakteristik auf und nehmen bei Speisung mit sinusförmiger Spannung rein sinusförmige Ströme aus dem Netz auf. Die Umrichter weisen durch die nichtlinearen Bauelemente in den Gleichrichterschaltungen (Thyristoren, Dioden) eine nichtlineare Strom-Spannungs-Charakteristik auf und belasten daher trotz der Speisung mit sinusförmiger Spannung das Netz mit nicht-sinusförmigen Strömen. Diese nicht-sinusförmigen Ströme, die von den Verbrauchern mit nichtlinearer Charakteristik stammen, rufen am Innenwiderstand des Transformators $X_{\text{Transformator}}$ nicht-sinusförmige Spannungsabfälle hervor und verzerren damit die Spannung am Netzanschlusspunkt PCC.



Niederspannungsnetz, gespeist durch einen Transformator mit sinusförmiger Quellenspannung

Die nicht-sinusförmigen Größen am Netzanschlusspunkt PCC (Spannungen und Ströme) lassen sich in sinusförmige Anteile zerlegen, nämlich in den Grundschwungsanteil und die Oberschwungsanteile. Je höher die Oberschwungsanteile einer Größe sind, desto größer sind die Verzerrungen dieser Größe, d. h., desto größer sind die Abweichungen dieser Größe von der gewünschten Sinusform der Grundschwingung.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Ein gebräuchliches Maß für die resultierende Verzerrung einer Größe ist der Gesamtverzerrungsfaktor THD (Total Harmonic Distortion). Er ist definiert als das Verhältnis des Effektivwertes der Summe aller Oberschwingungsanteile zum Effektivwert des Grundschwingungsanteils.

$$THD[\%] = \sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} \left(\frac{Q_h}{Q_1} \right)^2} * 100\%$$

Darin ist:

- Q die betrachtete elektrische Größe (Spannung U oder Strom I)
- h die Ordnungszahl der Oberschwingung (Oberschwingungsfrequenz bezogen auf die Netzfrequenz)
- Q_h der Effektivwert des Oberschwingungsanteils mit der Ordnungszahl h
- Q₁ der Effektivwert des Grundschwingungsanteils (Ordnungszahl 1)

Weil die einzelnen Betriebsmittel und Verbraucher in einem Energieversorgungsnetz wie z. B. Generatoren, Transformatoren, Kompensationsanlagen, Umrichter, Motoren, usw. prinzipiell für den Betrieb an sinusförmigen Spannungen ausgelegt sind und durch zu hohe Oberschwingungsanteile in ihrer Funktion beeinträchtigt oder im Extremfall sogar zerstört werden können, müssen die Verzerrungen der Spannungen und Ströme durch Verbraucher mit nichtlinearer Charakteristik begrenzt werden.

Zu diesem Zwecke werden in den entsprechenden Normen Verträglichkeitspegel bzw. Grenzwerte sowohl für die einzelnen Oberschwingungen als auch für den Gesamtverzerrungsfaktor THD festgelegt. Einige Normen geben Werte nur für die Spannung an (z. B. IEC 61000-2-2:2002 und IEC 61000-2-4:2002), andere für Spannung und Strom (z. B. IEEE 519:2014). Auf diese Normen wird am Ende des Abschnitts "Netzurückwirkungen" genauer eingegangen.

Wegen des stetig steigenden Einsatzes von drehzahlveränderbaren Antrieben gewinnt die Beurteilung von Netzurückwirkungen immer mehr an Bedeutung und die Betreiber von Versorgungsnetzen sowie die Betreiber von drehzahlveränderbaren Antrieben fordern in zunehmendem Maße Aussagen über das Oberschwingungsverhalten der Antriebe, damit sie bereits im Stadium der Planung und Projektierung überprüfen können, ob die von den Normen geforderten Grenzwerte eingehalten werden.

Hierzu ist die Berechnung der Oberschwingungsbelastung erforderlich, welche sich aus der Wechselwirkung zwischen den angeschlossenen Verbrauchern einerseits und dem Transformator einschließlich des ihn speisenden Netzes andererseits ergibt. Für die exakte Berechnung der Oberschwingungsströme und Oberschwingungsspannungen werden daher folgende Angaben benötigt:

- Anzahl der drehzahlveränderbaren Antriebe am Netz
- Wellenleistung im Betriebspunkt der drehzahlveränderbaren Antriebe
- Art der Gleichrichterschaltung der drehzahlveränderbaren Antriebe (z. B.: 6-pulsig, 6-pulsig mit Line Harmonics Filter, 12-pulsig)
- Daten der Netz(kommutierungs)drosseln der drehzahlveränderbaren Antriebe (bezogene Kurzschlussppg. u_k)
- Daten des Transformators (Bemessungsleistung, bezogene Kurzschlussppg. u_k, Bemessungsspannungen auf der Oberspannungsseite und der Unterspannungsseite)
- Daten des Netzes, welches den Transformator speist (Kurzschlussleistung)

Für die meisten Antriebe der SINAMICS-Reihe können diese Berechnungen mit dem Projektierungstool „SIZER for Siemens Drives“ exakt und komfortabel ausgeführt werden.

Hinweis:

Der ermittelte Wert für den Gesamtverzerrungsfaktor der Spannung THD(U) berücksichtigt nur die Oberschwingungsanteile durch die betrachteten Antriebe. Oberschwingungsanteile durch andere, nicht weiter bekannte elektrische Verbraucher, die ebenfalls an das betrachtete Netz bzw. den betrachteten Transformator angeschlossen sind, werden nicht berücksichtigt. Daher ist der berechnete Wert THD(U) nicht als absoluter Wert zu verstehen, sondern als ein Wert, um den sich der Gesamtverzerrungsfaktor THD(U) am PCC erhöht, wenn die betrachteten Antriebe an den PCC angeschlossen werden.

Für viele praktische Fragestellungen ist eine exakte Bestimmung aller Oberschwingungsanteile von Strom und Spannung nicht erforderlich und es reichen oftmals schon Angaben über die Größenordnung der zu erwartenden Strom-
oberschwingungen aus. Diese Angaben sind leicht möglich, wenn man sich folgende generell gültigen Zusammenhänge verdeutlicht:

- Die Stromüberschwingungen (auftretende Ordnungszahlen und deren Amplituden) werden weitestgehend durch die Art der Gleichrichterschaltung des Umrichters bestimmt und sind daher gerätespezifisch. Der Transformator und das den Transformator speisende Netz haben nur einen relativ geringen Einfluss auf die Stromüberschwingungen. Das heißt, wenn die Art der Gleichrichterschaltung festliegt, liegt auch die Größenordnung der auftretenden Stromüberschwingungen fest und detaillierte Angaben über Transformator und Netz sind für diese Angaben nicht erforderlich.
- Die Spannungsüberschwingungen (auftretende Ordnungszahlen und Amplituden) werden durch die Wechselwirkung zwischen der Gleichrichterschaltung des Umrichters mit dem Transformator einschließlich Netz bestimmt. Weil sie die Kenntnis von Netz- und Transformator Daten erfordern sind sie anlagenspezifisch. Generelle Angaben sind hier nicht ohne weiteres möglich.

In den folgenden Abschnitten wird detaillierter auf die verschiedenen Arten der bei SINAMICS verwendeten Gleichrichterschaltungen und deren **Stromüberschwingungen** eingegangen.

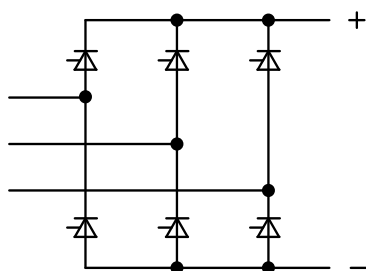
Dabei wird vorausgesetzt, dass in dem Netz, an das die drehzahlveränderbaren Antriebe angeschlossen werden, keine unverdrosselten Kompensationsanlagen vorhanden sind. Denn wenn in einem Netz unverdrosselte Kondensatoren zur Blindleistungskompensation installiert sind, können mit hoher Wahrscheinlichkeit bei relativ niedrigen Frequenzen Resonanzen auftreten, welche durch die Überschwingungen der Umrichter angeregt werden. Daher muss von der Verwendung unverdrosselter Kondensatoren in Verbindung mit Umrichterlast dringend abgeraten werden und es sollten in derartigen Konstellationen grundsätzlich nur verdrosselte Kondensatoren eingesetzt werden.

1.4.2 Stromüberschwingungen 6-pulsiger Gleichrichter

1.4.2.1 SINAMICS G130, G150, S120 Basic Infeed sowie S120 Smart Infeed im Einspeisebetrieb

6-pulsige Gleichrichterschaltungen sind netzgeführte Drehstrom-Brückenschaltungen, die typischerweise mit Thyristoren oder Dioden ausgeführt werden. Sie werden eingesetzt bei SINAMICS G130 (Thyristoren), G150 (Thyristoren) und S120 Basic Line Modules (Thyristoren bei kleinen Leistungen und Dioden bei großen Leistungen). Diesen Gleichrichtern wird in der Regel eine Netzdrossel mit einer relativen Kurzschlussspannung von 2 % vorgeschaltet.

Bei den mit IGBT-Modulen ausgeführten Ein- / Rückspeisungen SINAMICS S120 Smart Line Modules besteht die Einspeisebrücke für den motorischen Betrieb aus den in den IGBT-Modulen integrierten Dioden, so dass im Einspeisebetrieb ebenfalls eine 6-pulsige Diodenbrückenschaltung vorliegt. Den Smart Line Modules wird in der Regel eine Netzdrossel mit einer relativen Kurzschlussspannung von 4 % vorgeschaltet.



6-pulsige Drehstrom-Brückenschaltung mit Thyristoren

Bei 6-pulsigen Schaltungen treten nur ungeradzahlige, nicht durch 3 teilbare Oberschwingungsströme und Oberschwingungsspannungen mit folgenden Ordnungszahlen h auf:

$$h = n \cdot 6 \pm 1 \quad \text{mit} \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

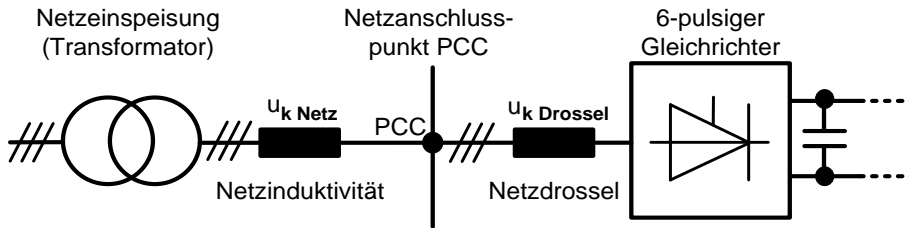
d. h.

$$h = 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 25, 29, 31, 35, 37, 41, 43, 47, 49, \dots$$

Die Größenordnung der einzelnen Stromüberschwingungen mit o. g. Ordnungszahlen ist im Wesentlichen durch die 6-pulsige Gleichrichterschaltung festgelegt. Dennoch haben auch die Netzinduktivität, die hauptsächlich aus der Induktivität des speisenden Transformators besteht, und die Induktivität der Netzdrossel einen gewissen Einfluss. Je größer diese Induktivitäten sind, desto besser ist der Netzstrom geglättet und desto geringer sind die Stromüberschwingungen, insbesondere die mit den Ordnungszahlen 5 und 7.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise



6-pulsiger Gleichrichter mit Netzdrossel an einem Drehstromnetz

Im Folgenden sind die typischen Stromüberschwingungen 6-pulsiger Gleichrichter mit einer vorgeschalteten Netzdrossel angegeben (bezogene Kurzschlussleistung der Netzdrossel = 2 %).

Dabei sind drei Netzkonstellationen mit unterschiedlicher Netzinduktivität bzw. unterschiedlicher bezogener Kurzschlussleistung RSC zugrunde gelegt (RSC = **R**elative **S**hort-Circuit **P**ower gemäß EN 60146-1-1: Verhältnis der Kurzschlussleistung $S_{K\text{ Netz}}$ des Netzes zur Bemessungsscheinleistung (Grundschwingungsscheinleistung) $S_{\text{Umrichter}}$ des Umrichters an seinem Netzanschlusspunkt PCC (**P**oint of **C**ommon **C**oupling)).

a) Netz mit kleiner Netzinduktivität bzw. großer bezogener Kurzschlussleistung (RSC >> 50)

Die Netzkurzschlussleistung $S_{K\text{ Netz}}$ am Anschlusspunkt ist wesentlich größer als die Scheinleistung der angeschlossenen Umrichter, d. h., nur ein relativ geringer Prozentsatz der Trafobelastung besteht aus Umrichterlast. Dieser Fall liegt z. B. dann vor, wenn an ein Netz, welches durch einen Transformator mit einer Scheinleistung von einigen MVA gespeist wird, ein Umrichter mit einer Scheinleistung << 100 kVA angeschlossen ist.

b) Netz mit mittlerer Netzinduktivität bzw. mittlerer bezogener Kurzschlussleistung (RSC = 50)

Dieser Fall liegt z. B. vor, wenn an einen Transformator etwa 30 % - 50 % Umrichterlast angeschlossen ist.

c) Netz mit großer Netzinduktivität bzw. kleiner bezogener Kurzschlussleistung (RSC < 15)

Dieser Fall liegt vor, wenn an einen Transformator mit hoher Kurzschlussleistung 100 % Umrichterlast angeschlossen ist, also z. B. nur ein Umrichter, dessen Scheinleistung in etwa der Scheinleistung des Transformators entspricht.

Netz mit großer bezogener Kurzschlussleistung (RSC >> 50): "Starkes Netz"

h	1	5	7	11	13	17	19	23	25	THD(I)
I _h	100 %	45,8 %	21,7 %	7,6 %	4,6 %	3,4 %	1,9 %	1,9 %	1,1 %	51,7 %

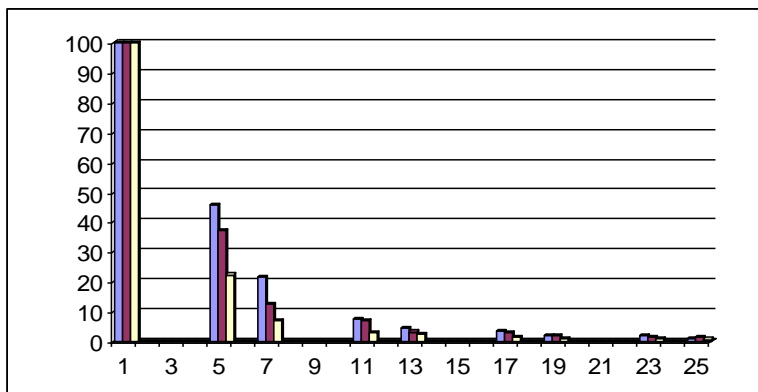
Netz mit mittlerer bezogener Kurzschlussleistung (RSC = 50)

h	1	5	7	11	13	17	19	23	25	THD(I)
I _h	100 %	37,1 %	12,4 %	6,9 %	3,2 %	2,8 %	1,9 %	1,4 %	1,3 %	40,0 %

Netz mit kleiner bezogener Kurzschlussleistung (RSC < 15): "Schwachtes Netz"

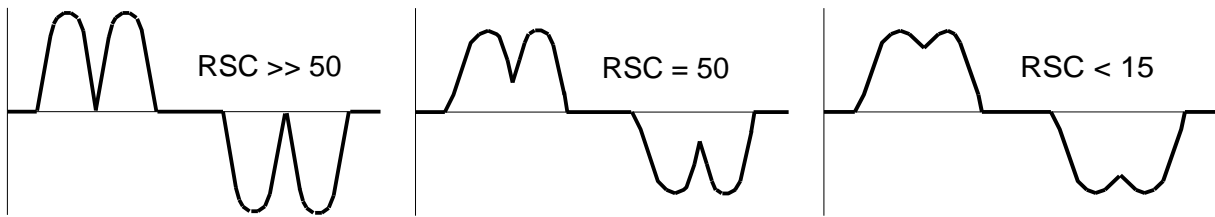
h	1	5	7	11	13	17	19	23	25	THD(I)
I _h	100 %	22,4 %	7,0 %	3,1 %	2,5 %	1,3 %	1,0 %	0,8 %	0,7 %	23,8 %

Typische Stromüberschwingungen 6-pulsiger Gleichrichter mit Netzdrossel $u_k = 2\%$



Spektrale Darstellung der Stromüberschwingungen 6-pulsiger Gleichrichter mit Netzdrossel $u_k = 2\%$ (Angaben in %)

- linke Balken: RSC >> 50
- mittlere Balken: RSC = 50
- rechte Balken: RSC < 15



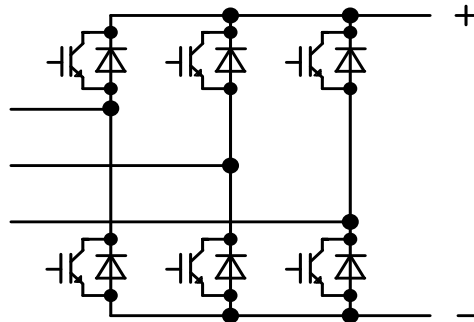
Netzströme 6-pulsiger Gleichrichter mit Netzdrossel $u_k = 2\%$ in Abhängigkeit von der bezogenen Kurzschlussleistung RSC

1.4.2.2 SINAMICS S120 Smart Infeed im Rückspeisebetrieb

Das SINAMICS S120 Smart Infeed ist eine Ein- / Rückspeisung für Vierquadrant-Betrieb und ist mit IGBT-Modulen ausgeführt. Es enthält netzseitig eine Netzdrossel mit einer relativen Kurzschlussleistung von 4 %. Nähere Informationen zum Smart Infeed sind im Abschnitt „Infeeds“, Unterabschnitt „Smart Infeed“ zu finden. An dieser Stelle werden lediglich die Netzurückwirkungen des Smart Infeed behandelt.

Die Einspeisebrücke für den motorischen Betrieb besteht aus den in den IGBT-Modulen integrierten Dioden, so dass im motorischen Betrieb eine 6-pulsige Diodenbrückenschaltung vorliegt. Hierfür gelten uneingeschränkt die Aussagen des vorausgegangenen Abschnitts.

Die Rückspeisebrücke für den generatorischen Betrieb besteht aus den IGBTs, die antiparallel zu den Dioden geschaltet sind. Damit liegt zwar auch hier eine 6-pulsige Schaltung vor, doch die Netzströme im generatorischen Betrieb weisen einen etwas anderen Zeitverlauf und damit etwas andere Oberschwingungen auf als im motorischen Betrieb.



Smart Line Module mit Dioden für den motorischen und IGBTs für den generatorischen Betrieb

Sowohl im Einspeise- als auch im Rückspeisebetrieb treten nur ungeradzahlige, nicht durch 3 teilbare Oberschwingungsströme und Oberschwingungsspannungen mit folgenden Ordnungszahlen h auf:

$$h = n \cdot 6 \pm 1 \quad \text{mit} \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

d. h.

$$h = 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 25, 29, 31, 35, 37, 41, 43, 47, 49, \dots$$

Im Folgenden sind die typischen Strom Oberschwingungen im Ein- und Rückspeisebetrieb mit einer vorgeschalteten Netzdrossel angegeben (bezogene Kurzschlussleistung der Netzdrossel = 4 %).

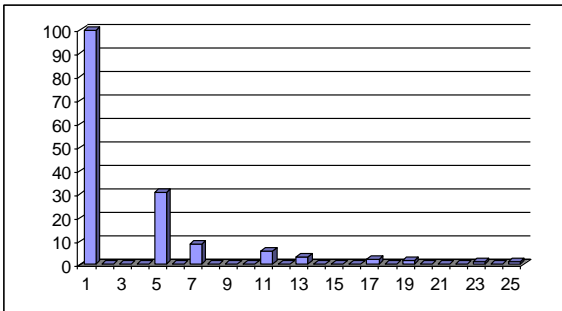
Dabei ist eine Netzkonstellation mit einer mittleren Netzinduktivität bzw. einer mittleren bezogenen Kurzschlussleistung RSC = 50 zugrunde gelegt.

Strom Oberschwingungen im Einspeisebetrieb (motorischer Betrieb)										
h	1	5	7	11	13	17	19	23	25	THD(I)
I_h	100 %	30,6 %	8,6 %	5,7 %	3,1 %	2,1 %	1,6 %	1,2 %	1,1 %	32,6 %
Strom Oberschwingungen im Rückspeisebetrieb (generatorischer Betrieb)										
h	1	5	7	11	13	17	19	23	25	THD(I)
I_h	100 %	20 %	16 %	11 %	8 %	7 %	6 %	5 %	4 %	32 %

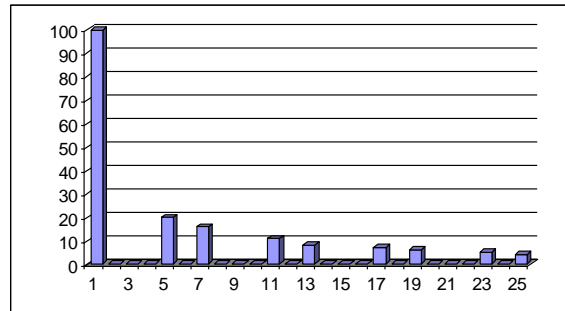
Typische Strom Oberschwingungen beim SINAMICS Smart Infeed im Ein- und Rückspeisebetrieb mit Netzdrossel $u_k = 4\%$

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise



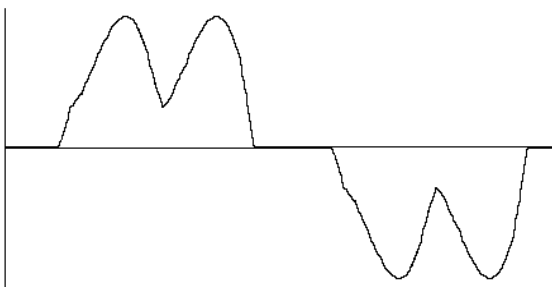
Spektrum der typischen Stromüberschwingungen beim Smart Infeed im Einspeisebetrieb mit Netzdrossel 4 % (Angaben in %)



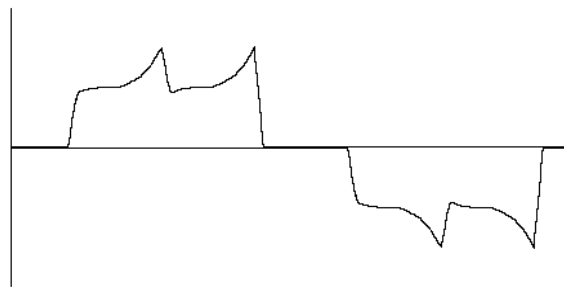
Spektrum der typischen Stromüberschwingungen beim Smart Infeed im Rückspeisebetrieb mit Netzdrossel 4 % (Angaben in %)

Die im Einspeisebetrieb stark ausgeprägte 5. Stromüberschwingung geht im Rückspeisebetrieb deutlich zurück, dafür steigen aber alle übrigen Stromüberschwingungen geringfügig an. Durch den starken Rückgang der 5. Stromüberschwingung ergibt sich im Rückspeisebetrieb ein etwas geringerer Gesamtverzerrungsfaktor THD(I) als im Einspeisebetrieb. Daher genügt es in der Regel, für Netzurückwirkungsrechnungen beim Smart Infeed nur den etwas ungünstigeren Einspeisebetrieb zu berücksichtigen.

Die folgenden Bilder zeigen die typischen Zeitverläufe der Netzströme beim Smart Infeed in Ein- und Rückspeisebetrieb.



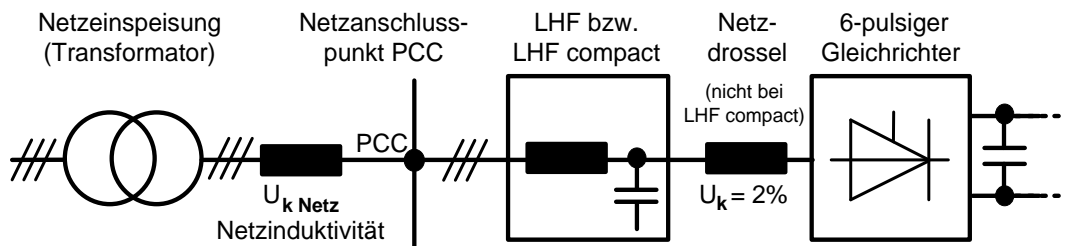
Typ. Netzstrom beim Smart Infeed im Einspeisebetrieb



Typ. Netzstrom beim Smart Infeed im Rückspeisebetrieb

1.4.3 Stromüberschwingungen 6-pulsiger Gleichrichter mit Line Harmonics Filtern

Line Harmonics Filter sind passive LC-Filter, die im Wesentlichen darauf abgestimmt sind, die 5. und 7. Oberschwingung im Netzstrom 6-pulsiger Gleichrichter herauszufiltern und so die Netzurückwirkungen am Anschlusspunkt PCC deutlich zu reduzieren. Sie sind in zwei Ausführungen verfügbar (LHF und LHF compact), werden zwischen Netz und Umrichter angeordnet und können bei SINAMICS G130 und G150 eingesetzt werden. Beim Einsatz von eigenständigen Line Harmonics Filtern (LHF) ist am Umrichtereingang eine Netzdrossel mit einer bezogenen Kurzschluss-Spannung von $u_k = 2\%$ erforderlich. Beim Einsatz von Line Harmonics Filtern compact (LHF compact) entfällt die Netzdrossel. Weiterführende Informationen zu Funktionsweise und Einsatzrandbedingungen der Line Harmonics Filter sind im Abschnitt „Line Harmonics Filter (LHF und LHF compact)“ zu finden. An dieser Stelle wird lediglich auf das Oberschwingungsverhalten der LHF und LHF compact näher eingegangen.



6-pulsiger Gleichrichter mit Line Harmonics Filter (LHF bzw. LHF compact) an einem Drehstromnetz

Line Harmonics Filter beeinflussen nur die Größe der Stromüberschwingungen, jedoch nicht deren Spektrum. Wegen des 6-pulsigen Gleichrichters treten daher auch beim Einsatz eines Line Harmonics Filters nur ungeradzahlige, nicht durch 3 teilbare Oberschwingungsströme und Oberschwingungsspannungen mit folgenden Ordnungszahlen h auf:

$$h = n \cdot 6 \pm 1 \quad \text{mit} \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

d. h.

$$h = 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 25, 29, 31, 35, 37, 41, 43, 47, 49, \dots$$

Auch beim Einsatz von Line Harmonics Filtern (LHF und LHF compact) hat die Netzinduktivität einen gewissen Einfluss auf die Größe der Stromüberschwingungen, der jedoch weit weniger ausgeprägt ist, als bei 6-pulsigen Gleichrichtern ohne Line Harmonics Filter.

Im Folgenden sind die typischen Stromüberschwingungen 6-pulsiger Gleichrichter mit Line Harmonics Filter (LHF und LHF compact) angegeben.

Dabei sind wieder drei Netzkonstellationen mit unterschiedlicher Netzinduktivität bzw. unterschiedlicher bezogener Kurzschlussleistung RSC zugrunde gelegt.

a) Netz mit kleiner Netzinduktivität bzw. großer bezogener Kurzschlussleistung (RSC >> 50)

Die Netzkurzschlussleistung $S_{k \text{ Netz}}$ am Anschlusspunkt ist wesentlich größer als die Scheinleistung der angeschlossenen Umrichter, d. h., nur ein relativ geringer Prozentsatz der Trafobelastung besteht aus Umrichterlast.

b) Netz mit mittlerer Netzinduktivität bzw. mit mittlerer bezogener Kurzschlussleistung (RSC = 50)

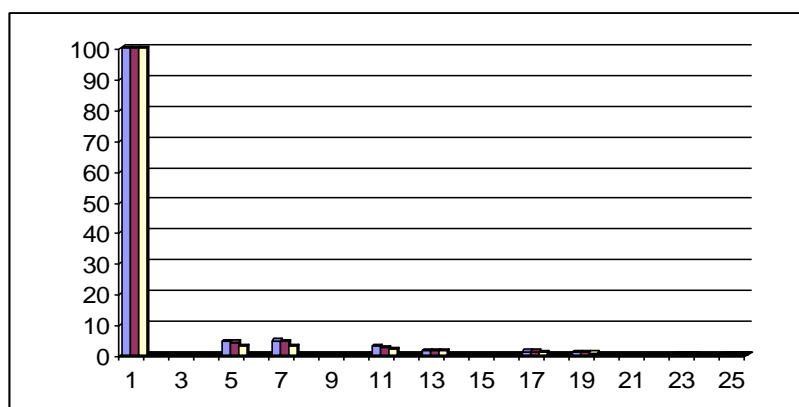
Dieser Fall liegt vor, wenn an einen Transformator etwa 30 % - 50 % Umrichterlast angeschlossen ist.

c) Netz mit großer Netzinduktivität bzw. kleiner bezogener Kurzschlussleistung (RSC < 15)

Dieser Fall liegt vor, wenn an einen Transformator mit hoher Kurzschlussleistung 100 % Umrichterlast angeschlossen ist, also z. B. nur ein Umrichter, dessen Scheinleistung in etwa der Scheinleistung des Transformators entspricht.

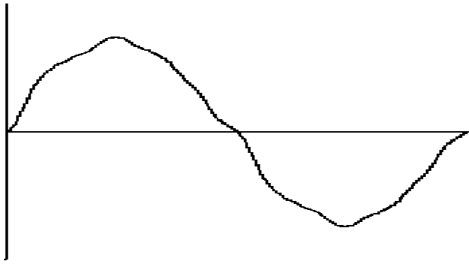
Netz mit großer bezogener Kurzschlussleistung (RSC >> 50): "Starkes Netz"										
h	1	5	7	11	13	17	19	23	25	THD(I)
I_h	100 %	4,5 %	4,7 %	2,8 %	1,6 %	1,2 %	0,9 %	0,6 %	0,5 %	7,5 %
Netz mit mittlerer bezogener Kurzschlussleistung (RSC = 50)										
h	1	5	7	11	13	17	19	23	25	THD(I)
I_h	100 %	4,2 %	4,4 %	2,6 %	1,4 %	1,2 %	0,8 %	0,6 %	0,5 %	7,0 %
Netz mit kleiner bezogener Kurzschlussleistung (RSC < 15): "Schwachtes Netz"										
h	1	5	7	11	13	17	19	23	25	THD(I)
I_h	100 %	2,9 %	3,1 %	1,8 %	1,3 %	1,1 %	0,7 %	0,6 %	0,5 %	5,0 %

Typische Stromüberschwingungen 6-pulsiger Gleichrichter mit Line Harmonics Filter (LHF und LHF compact)



Spektrale Darstellung der Stromüberschwingungen 6-pulsiger Gleichrichter mit Line Harmonics Filter (Angaben in %)

- linke Balken: RSC >> 50
- mittlere Balken: RSC = 50
- rechte Balken: RSC < 15

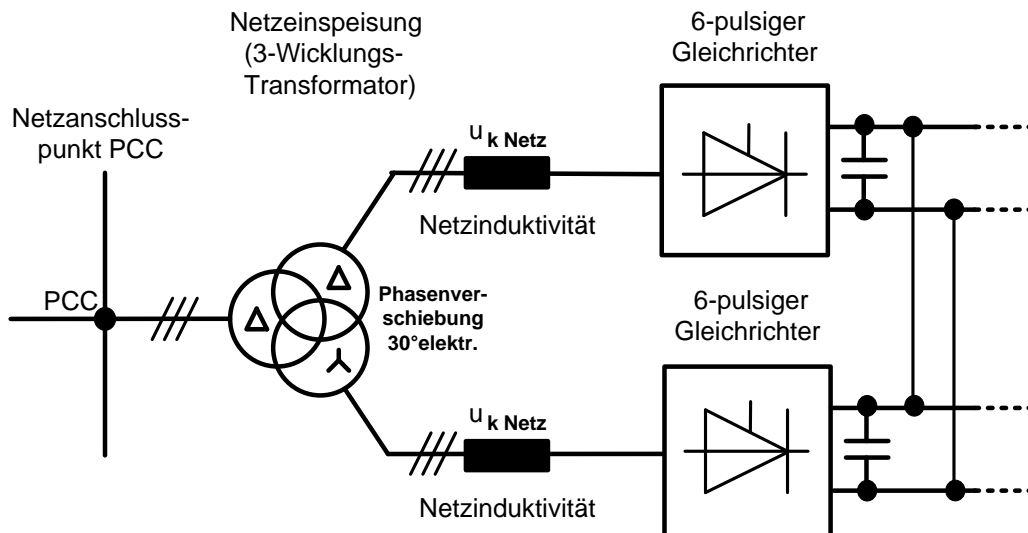


Typ. Netzstrom 6-pulsiger Gleichrichter mit LHF bzw. LHF compact

Beim Einsatz 6-pulsiger Gleichrichterschaltungen (G130, G150) mit Line Harmonics Filtern (LHF und LHF compact) werden die Grenzwerte der Norm IEEE 519:2014 (Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems) eingehalten unter der Voraussetzung: Relative Kurzschlussleistung des Netzes $u_k \leq 5\%$ bzw. relative Kurzschlussleistung des Netzes $RSC \geq 20$.

1.4.4 Stromüberschwingungen 12-pulsiger Gleichrichter

Eine 12-pulsige Gleichrichterschaltung entsteht dann, wenn man zwei gleiche 6-pulsige Gleichrichter aus zwei verschiedenen Netzen speist, deren Spannungen um 30° gegeneinander phasenverschoben sind. Dies erreicht man durch den Einsatz eines Dreiwicklungstransformators, dessen eine Unterspannungswicklung in Stern, die andere in Dreieck geschaltet ist. Mit 12-pulsigen Schaltungen lassen sich die Netzurückwirkungen erheblich gegenüber 6-pulsigen Schaltungen reduzieren. Bei SINAMICS sind 12-pulsige Einspeisungen realisierbar mit der Leistungserweiterung G150, die aus der Parallelschaltung zweier Einzelgeräte G150 besteht und somit aus zwei 6-pulsigen Gleichrichtern. Durch den Einsatz zweier S120 Basic Line Modules oder S120 Smart Line Modules lassen sich ebenfalls 12-pulsige Einspeisungen realisieren.



12-pulsiger Gleichrichter mit eigenem Dreiwicklungstransformator

Durch die Phasenverschiebung der beiden Sekundärspannungen von 30° kompensieren sich die in den Eingangsströmen der beiden 6-pulsigen Gleichrichter nach wie vor vorhandenen Oberschwingungsströme mit den Ordnungszahlen $h = 5, 7, 17, 19, 29, 31, 41, 43, \dots$, so dass am Netzanschlusspunkt PCC auf der Primärseite des Dreiwicklungstransformators theoretisch nur noch ungeradzahlige, nicht durch 3 teilbare Oberschwingungsströme und Oberschwingungsspannungen mit folgenden Ordnungszahlen h auftreten:

$$h = n \cdot 12 \pm 1 \quad \text{mit} \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

d. h.

$$h = 11, 13, 23, 25, 35, 37, 47, 49, \dots$$

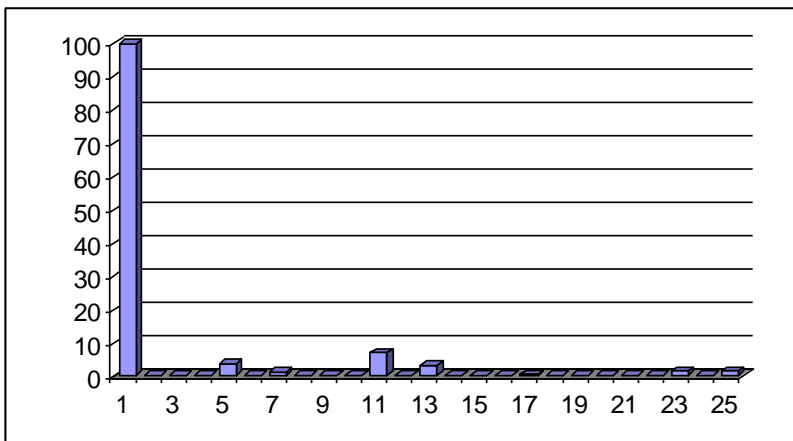
Da jedoch in der Praxis nie eine vollkommen symmetrische Lastaufteilung zwischen den beiden Gleichrichtern vorliegt, muss man davon ausgehen, dass auch bei 12-pulsigen Schaltungen Oberschwingungsströme mit den Ordnungszahlen $h = 5, 7, 17, 19, 29, 31, 41, 43, \dots$ vorhanden sind, allerdings mit Amplituden, die maximal 10 % der entsprechenden Werte von 6-pulsigen Schaltungen erreichen.

Im Folgenden sind die typischen Stromüberschwingungen 12-pulsiger Gleichrichterschaltungen angegeben.

Da diese in der Regel nur bei größeren Leistungen eingesetzt werden, kann man davon ausgehen, dass Umrichter mit 12-pulsiger Gleichrichterschaltung an einem eigenen Dreiwicklungstransformator betrieben werden und auf den Einsatz von Netzdrosseln verzichtet wird. Diese Konstellation entspricht einem Netz mit kleiner bis mittlerer bezogener Kurzschlussleistung $RSC = 15 \dots 25$.

Netz mit kleiner bis mittlerer bezogener Kurzschlussleistung ($RSC = 15 \dots 25$): "Schwachtes Netz"										
h	1	5	7	11	13	17	19	23	25	THD(I)
I_h	100 %	3,7 %	1,2 %	6,9 %	3,2 %	0,3 %	0,2 %	1,4 %	1,3 %	8,8 %

Stromüberschwingungen 12-pulsiger Gleichrichterschaltungen mit eigenem Dreiwicklungstrafo ohne Netzdrossel

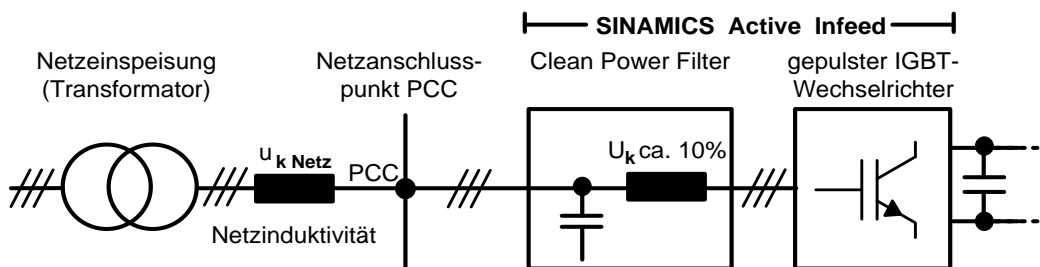


Spektrale Darstellung der Stromüberschwingungen 12-pulsiger Gleichrichterschaltungen ohne Netzdrossel (Angaben in %)

1.4.5 Strom- und Spannungsüberschwingungen des Active Infeed (AFE-Technologie)

Das SINAMICS Active Infeed ist ein selbstgeführter, gepulster IGBT-Wechselrichter (Active Line Module ALM), der aus der dreiphasigen Netzspannung eine konstante, geregelte Zwischenkreisspannung erzeugt. Durch das zwischen Netz und IGBT-Wechselrichter angeordnete Clean Power Filter (Active Interface Module AIM) ergibt sich netzseitig eine nahezu sinusförmige Stromaufnahme. Das Active Infeed ist uneingeschränkt für 4Q-Betrieb geeignet, d. h., es kann sowohl ein- als auch rückspeisen.

Das Active Infeed ist die hochwertigste Einspeisevariante bei SINAMICS. Es wird eingesetzt beim SINAMICS S150 und als S120 Active Infeed.



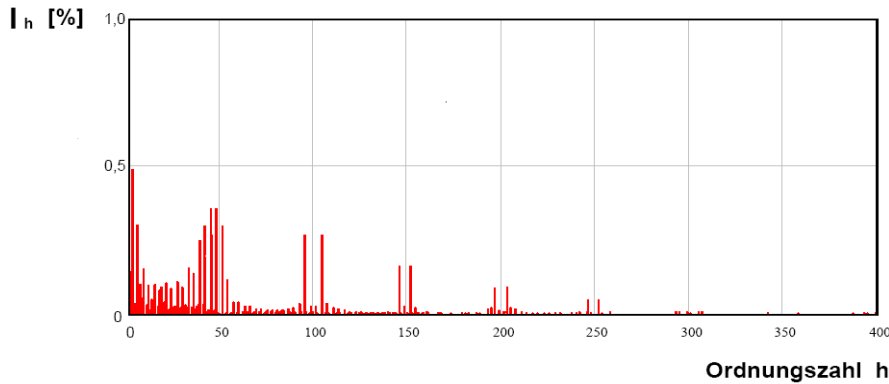
Active Infeed (gepulster IGBT-Wechselrichter mit Clean Power Filter) an einem Drehstromnetz

Wegen des mit einer Pulsfrequenz von einigen kHz getakteten IGBT-Wechselrichters in Kombination mit dem Clean Power Filter sind die Netzzrückwirkungen des Active Infeed sehr gering.

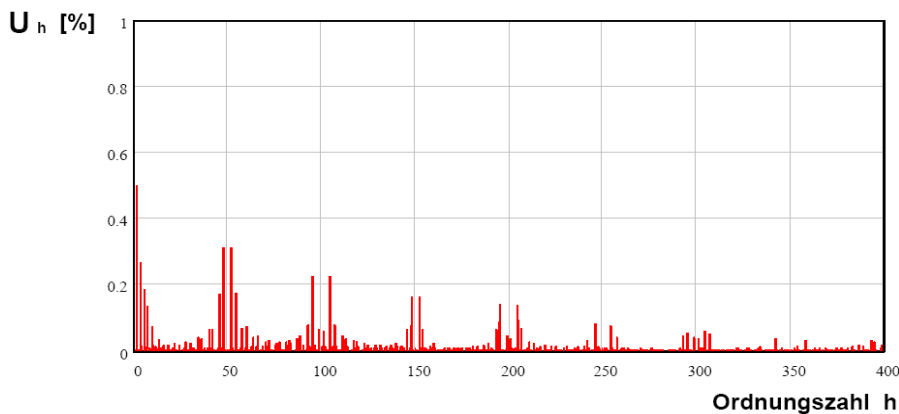
Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Die folgenden Diagramme zeigen die typischen Oberschwingungsströme I_h und die Oberschwingungsspannungen U_h beim Active Infeed, wobei die Grundschwingungen I_1 bzw. U_1 , die jeweils 100 % entsprechen, ausgeblendet sind.



Spektrale Darstellung der typischen Oberschwingungsströme I_h im Netzstrom des Active Infeed (Angaben in % , bezogen auf den Bemessungsstrom des Active Infeed)



Spektrale Darstellung der typischen Oberschwingungsspannungen U_h in der Netzspannung des Active Infeed (Angaben in % , bezogen auf die Bemessungsspannung Leiter-Leiter des Active Infeed)

Im Gegensatz zu den 6- und 12-pulsigen Gleichrichterschaltungen treten beim Active Infeed ungeradzahlige und geradzahlige Oberschwingungen auf. Die Abhängigkeit der Oberschwingungen von den Netzverhältnissen ist relativ gering, so dass die in den Diagrammen angegebenen Oberschwingungsspektren als repräsentativ für alle typischen Netzverhältnisse anzusehen sind. Die überwiegende Anzahl der Strom- und Spannungsoberschwingungen liegt beim Active Infeed typischerweise deutlich unterhalb von 1 % des Bemessungsstromes bzw. der Bemessungsspannung. Man beachte den geänderten Maßstab der Darstellung im Vergleich mit den Oberschwingungsspektren der 6- und 12-pulsigen Gleichrichterschaltungen in den Abschnitten zuvor.

Die Gesamtverzerrungsfaktoren des Stromes THD(I) und der Spannung THD(U) sind in der folgenden Tabelle für Betrieb mit Nennstrom angegeben und weisen nur eine relativ geringe Abhängigkeit von den Netzverhältnissen auf. Die Angabe des Gesamtverzerrungsfaktors der Spannung THD(U) basiert auf der Bewertung der Spannung Leiter-Leiter im Frequenzbereich < 9 kHz.

	Gesamtverzerrungsfaktor / Strom (berechnet gemäß IEEE 519:2014) THD(I)	Gesamtverzerrungsfaktor / Spannung (berechnet gemäß IEC 61000-2-4:2002) THD(U)
Netz mit großer bezogener Kurzschlussleistung (RSC >> 50): "Starkes Netz"	< 4,1 %	< 1,8 %
Netz mit mittlerer bezogener Kurzschlussleistung (RSC = 50)	< 3,0 %	< 2,1 %
Netz mit kleiner bezogener Kurzschlussleistung (RSC = 15): "Schwaches Netz"	< 2,6 %	< 2,3 %

Gesamtverzerrungsfaktoren THD(I) und THD(U) beim Active Infeed in Abhängigkeit von der Netzkurzschlussleistung

Beim Einsatz selbstgeführter IGBT-Einspeisungen (S150, S120 Active Line Modules) werden die strengen Grenzwerte der Norm IEEE 519:2014 (Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems) typischerweise eingehalten.

1.4.6 Normen und zulässige Oberschwingungen

Im Folgenden sind einige wichtige Normen angegeben, in denen zulässige Grenzwerte für Oberschwingungen definiert sind.

IEC 61000-2-2:2002 mit den Änderungen AMD1:2017 und AMD2:2018

Verträglichkeitspegel für niederfrequente leitungsgeführte Störgrößen und Signalübertragung in öffentlichen Niederspannungsnetzen

Die Norm IEC 61000-2-2:2002 mit den Änderungen AMD1:2017 und AMD2:2018 beschäftigt sich mit leitungsgeführten Störgrößen im Frequenzbereich von 0 Hz bis 150 kHz. Sie gibt Verträglichkeitspegel an für Niederspannungs-Wechselstromversorgungsnetze mit einer Nennspannung bis zu 420 V einphasig oder 690 V dreiphasig und einer Nennfrequenz von 50 Hz oder 60 Hz.

Die in dieser Norm festgelegten Verträglichkeitspegel gelten für den Verknüpfungspunkt PCC (Point of Common Coupling) mit dem öffentlichen Netz.

Es werden keine Grenzwerte für Stromüberschwingungen definiert. Grenzwerte werden nur für die Spannungsüberschwingungen und den Gesamtverzerrungsfaktor der Spannung THD(U) angegeben.

Hinweis:

Die in diesem Projektierungshandbuch beschriebenen Umrichtersysteme SINAMICS G130, G150, S120 Chassis, S120 Cabinet Modules und S150 sind nicht für den Anschluss an öffentliche Netze vorgesehen und halten daher die Grenzwerte der Norm IEC 61000-2-2:2002 mit den Änderungen AMD1:2017 und AMD2:2018 standardmäßig nicht ein. Dies gilt auch, wenn Netzfilter gemäß EMV-Produktnorm IEC 61800-3 für die Kategorie C2 eingesetzt werden. Denn die Netzfilter wirken nur im höheren Frequenzbereich 150 kHz bis 30 MHz und nicht im niedrigeren Frequenzbereich 0 Hz bis 150 kHz, den die Norm IEC 61000-2-2:2002 mit den Änderungen AMD1:2017 und AMD2:2018 abdeckt.

IEC 61000-2-4:2002

Verträglichkeitspegel für niederfrequente leitungsgeführte Störgrößen in Industrieanlagen

Die Norm IEC 61000-2-4:2002 beschäftigt sich mit leitungsgeführten Störgrößen im Frequenzbereich von 0 Hz bis 9 kHz. Sie gibt zahlenmäßige Verträglichkeitspegel an für industrielle und nicht-öffentliche Stromversorgungsnetze mit Nennspannungen bis zu 35 kV und einer Nennfrequenz von 50 Hz oder 60 Hz.

Stromversorgungsnetze an Bord von Schiffen, Flugzeugen, außerhalb der Küste gelegenen Plattformen und Bahnen fallen nicht in den Anwendungsbereich dieser Norm.

IEC 61000-2-4:2002 definiert drei elektromagnetische Umgebungsklassen:

- | | |
|----------|--|
| Klasse 1 | Diese Klasse gilt für geschützte Versorgungen und besitzt Verträglichkeitspegel, die kleiner als die Pegel für öffentliche Netze sind. Sie bezieht sich auf den Betrieb von sehr empfindlich auf Störgrößen in der Stromversorgung reagierende Betriebsmittel, z. B. die elektrische Ausrüstung von technischen Laborkolonnen, bestimmte Automatisierungs- und Schutzeinrichtungen, bestimmte Datenverarbeitungseinrichtungen usw. |
| Klasse 2 | Diese Klasse gilt für anlageninterne Anschlusspunkte IPC (Internal Point of Coupling) mit industriellen und anderen nicht-öffentlichen Stromversorgungsnetzen. |
| Klasse 3 | Diese Klasse gilt für anlageninterne Anschlusspunkte IPC (Internal Point of Coupling) in industriellen Umgebungen. Sie besitzt für einige Störgrößen höhere Verträglichkeitspegel als diejenigen der Klasse 2. Zum Beispiel sollte diese Klasse in Erwägung gezogen werden, wenn eine der folgenden Bedingungen zutrifft: <ul style="list-style-type: none">• ein Hauptanteil der Last wird durch Stromrichter gespeist;• Schweißmaschinen sind vorhanden;• große Motoren werden häufig gestartet;• Lasten schwanken schnell. |

Die Klasse, die für neue Anlagen und Erweiterungen bestehender Anlagen anwendbar ist, kann nicht von vornherein bestimmt werden und sollte auf die vorgesehene Art der Einrichtung (des Betriebsmittels, Geräts) und des Prozesses bezogen werden.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

IEC 61000-2-4:2002 definiert keine Grenzen für Stromüberschwingungen. Nur für Spannungsüberschwingungen und den Gesamtverzerrungsfaktor der Spannung THD(U) werden Verträglichkeitspegel angegeben.

Ordnungszahl h	Klasse 1 U _h %	Klasse 2 U _h %	Klasse 3 U _h %
5	3	6	8
7	3	5	7
11	3	3,5	5
13	3	3	4,5
17	2	2	4
17 < h ≤ 49	2,27 x (17/h) – 0,27	2,27 x (17/h) – 0,27	4,5 x (17/h) - 0,5

Verträglichkeitspegel für Oberschwingungen

– Oberschwingungsanteile der Spannung U, ungeradzahlige Oberschwingungen, keine Vielfachen von 3

	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
Gesamtverzerrungsfaktor THD(U)	5 %	8 %	10 %

Verträglichkeitspegel für die Gesamtverzerrung der Spannung THD(U)

Im Folgenden soll eine grobe Orientierung gegeben werden, unter welchen Randbedingungen die Verträglichkeitspegel gemäß IEC 61000-2-4:2002 bei typischen Netzbedingungen (RSC > 10 bzw. u_{k Netz} < 10 %) eingehalten werden können basierend auf der Bewertung der Spannung Leiter-Leiter im Frequenzbereich < 9 kHz:

- Beim Einsatz 6-pulsiger Gleichrichterschaltungen (G130, G150, S120 Basic Line Modules und S120 Smart Line Modules) lassen sich die Verträglichkeitspegel der Klasse 2 in der Regel einhalten, wenn 30 % bis maximal 50 % der Gesamtbelastung des Transformators aus Umrichterlast besteht. Die Verträglichkeitspegel der Klasse 3 können bei typischen Netzverhältnissen in der Regel auch noch bei nahezu 100 % Umrichterlast eingehalten werden.
- Beim Einsatz 6-pulsiger Gleichrichterschaltungen (G130, G150) mit Line Harmonics Filtern (LHF und LHF compact) lassen sich die Verträglichkeitspegel der Klasse 2 einhalten, unabhängig davon, wie groß der Anteil der Umrichterlast an der Gesamtbelastung des Transformators ist.
- Beim Einsatz 12-pulsiger Gleichrichterschaltungen (G150-Leistungserweiterung, S120 Basic Line Modules und S120 Smart Line Modules gespeist von einem Dreiwicklungstransformator) lassen sich die Verträglichkeitspegel der Klasse 2 ebenfalls einhalten.
- Beim Einsatz selbstgeführter IGBT-Einspeisungen (S150, S120 Active Line Modules) werden die Verträglichkeitspegel der Klasse 2 eingehalten.

Wenn in größerem Umfang 6-pulsige Gleichrichterschaltungen eingesetzt werden, sollte auf jeden Fall eine exakte Netzurückwirkungsberechnung mit den Randbedingungen der individuellen Anlagenkonstellation durchgeführt werden.

SINAMICS-Geräte sowie die zugehörigen netzseitigen Systemkomponenten (Netzdröseln, Line Harmonics Filter und Netzfilter) sind ausgelegt für den Anschluss an Netze mit einem Dauerpegel an Spannungsüberschwingungen gemäß IEC 61000-2-4:2002, Klasse 3. Kurzzeitig (<15 s innerhalb eines Zeitraumes von 2,5 min) ist der 1,5-fache Dauerpegel zulässig.

Das bedeutet, dass am Anschlusspunkt der SINAMICS-Geräte dauerhaft keine höheren Spannungsüberschwingungen auftreten dürfen als in den Tabellen für Klasse 3 angegeben - einschließlich der von den Geräten selbst erzeugten Oberschwingungen. Dies ist durch entsprechende Projektierung sicherzustellen. Gegebenenfalls sind Line Harmonics Filter, 12-pulsige Lösungen oder Active Infeeds vorzusehen, um die Verträglichkeitspegel einzuhalten.

Die Verträglichkeitspegel gemäß IEC 61000-2-4:2002, Klasse 3 sind somit nicht nur zum Schutz anderer am PCC angeschlossener Verbraucher einzuhalten, sondern auch zum Schutz der SINAMICS-Geräte selbst. Anderenfalls können Komponenten im Umrichter selbst oder die zugehörigen netzseitigen Systemkomponenten thermisch überlastet werden oder Fehlfunktionen im Umrichter auftreten.

IEEE 519 - 2014

IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems

Auf diese Norm wird in den USA, Kanada und in großen Teilen Asiens Bezug genommen. Sie legt Grenzwerte für Spannungs- als auch für Stromüberschwingungen für die Gesamtheit aller Abnehmer am gemeinsamen Anschlusspunkt PCC (Point of Common Coupling) fest.

Zulässige Spannungsüberschwingungen für ganzzahlige Vielfache der Grundschwingung und zulässiger Gesamtverzerrungsfaktor THD(U) (Total Harmonic Distortion der Spannung) am gemeinsamen Anschlusspunkt PCC

Nennspannung U_{Netz} am Anschlusspunkt PCC	Zulässiger Wert für jede einzelne Spannungsüberschwingung	Zulässiger Wert für den Gesamtverzerrungsfaktor THD(U) der Spannung
$U_{\text{Netz}} \leq 1,0 \text{ kV}$	5 %	8 %

Zulässige ganzzahlige Spannungsüberschwingungen am PCC und zulässiger THD(U)-Wert am PCC

Der Gesamtverzerrungsfaktor THD(U) (Total Harmonic Distortion der Spannung) ist definiert als das Verhältnis des Effektivwertes der Summe aller Oberschwingungsspannungen bis zur 50. Oberschwingung zum Effektivwert der Grundschwingung der Spannung.

$$THD(U)[\%] = \sqrt{\sum_{h=2}^{h=50} \left(\frac{U_h}{U_1}\right)^2} * 100\%$$

Darin ist:

- h die Ordnungszahl der Oberschwingung am PCC
- U_h der Effektivwert der Oberschwingungsspannung am PCC mit der Ordnungszahl h
- U_1 der Effektivwert der Grundschwingung der Spannung am PCC (Ordnungszahl 1)

Zulässige Stromüberschwingungen für ungeradzahlige¹ Vielfache der Grundschwingung und zulässiger Gesamtbezugsverzerrungsfaktor TDD (Total Demand Distortion) des Stromes am gemeinsamen Anschlusspunkt PCC

Die Grenzwerte sind abhängig vom Verhältnis des maximalen Netzkurzschlussstromes am gemeinsamen Anschlusspunkt PCC zur Grundschwingung des maximalen Bezugsstromes am gemeinsamen Anschlusspunkt PCC unter normalen Betriebsbedingungen gemäß nachfolgender Tabelle:

Verhältnis max. Kurzschlussstrom / max. Bezugsstrom am PCC	$3 \leq h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h \leq 50$	Total Demand Distortion TDD
< 20	4 %	2,0 %	1,5 %	0,6 %	0,3 %	5 %
20 < 50	7 %	3,5 %	2,5 %	1,0 %	0,5 %	8 %
50 < 100	10 %	4,5 %	4,0 %	1,5 %	0,7 %	12 %
100 < 1000	12 %	5,5 %	5,0 %	2,0 %	1,0 %	15 %
> 1000	15 %	7,0 %	6,0 %	2,5 %	1,4 %	20 %

Zulässige ungeradzahlige¹ Stromüberschwingungen bezogen auf die Grundschwingung des maximalen Bezugsstromes am PCC und zulässiger Strom-TDD-Wert am PCC

¹ Geradzahlige Stromüberschwingungsgrenzwerte betragen 25 % der oben angegebenen ungeradzahligsten Stromüberschwingungsgrenzwerte

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Der Gesamtbezugsverzerrungsfaktor TDD des Stromes (**T**otal **D**emand **D**istortion) ist definiert als das Verhältnis des Effektivwertes der Summe aller Oberschwingungsströme bis zur 50. Oberschwingung zum Effektivwert der Grundschwingung des maximalen Bezugsstromes.

$$TDD[\%] = \sqrt{\sum_{h=2}^{h=50} \left(\frac{I_h}{I_1} \right)^2} * 100\%$$

Darin ist:

h die Ordnungszahl der Oberschwingung am PCC

I_h der Effektivwert des Oberschwingungsstromes am PCC mit der Ordnungszahl h

I₁ der Effektivwert der Grundschwingung des maximalen Bezugsstromes am PCC (Ordnungszahl 1)

Hinweis:

Im Gegensatz zum THD, bei dem die Oberschwingungen der betrachteten physikalischen Größe auf die zugehörige Grundschwingung bezogen sind, sind beim TDD gemäß IEEE 519:2014 die Oberschwingungsströme am PCC auf die Grundschwingung des maximalen Bezugsstromes am PCC bezogen.

Der maximale Bezugsstrom am PCC ist definiert als der maximale Strom, der vom PCC bezogen wird, wobei eine arithmetische Mittelwertbildung der Maximalströme über 12 Monate erfolgt.

Im Folgenden soll eine grobe Orientierung gegeben werden, unter welchen Randbedingungen die Grenzwerte gemäß IEEE 519:2014 bei typischen Netzbedingungen eingehalten werden können:

- Beim Einsatz 6-pulsiger Gleichrichterschaltungen (G130, G150, S120 Basic Line Modules und S120 Smart Line Modules) lassen sich die Grenzwerte in der Regel nur dann einhalten, wenn ein sehr geringer Prozentsatz der Gesamtbelastung des Transformators aus Umrichterlast besteht. Typische Konstellationen mit 6-pulsigen Gleichrichtern halten die Grenzwerte nicht ein aufgrund zu hoher Oberschwingungsströme mit den Ordnungszahlen 5, 7, 11 und 13.
- Beim Einsatz 6-pulsiger Gleichrichterschaltungen (G130, G150) mit Line Harmonics Filtern (LHF und LHF compact) werden die Grenzwerte eingehalten unter der Voraussetzung: Relative Kurzschlussleistung des Netzes $u_k \leq 5\%$ bzw. relative Kurzschlussleistung des Netzes $RSC \geq 20$.
- Beim Einsatz 12-pulsiger Gleichrichterschaltungen (G150-Leistungserweiterung, S120 Basic Line Modules oder S120 Smart Line Modules gespeist von einem Dreiwicklungstransformator) können die Grenzwerte nur bei relativ starken Netzen mit großer bezogener Kurzschlussleistung eingehalten werden. Konstellationen mit 12-pulsigen Gleichrichterschaltungen an schwachen Netzen mit kleiner bezogener Kurzschlussleistung halten die Grenzwerte nicht ein aufgrund zu hoher Oberschwingungsströme mit den Ordnungszahlen 11 und 13.
- Beim Einsatz selbstgeführter IGBT-Einspeisungen (S150, S120 Active Line Modules) werden die Grenzwerte typischerweise eingehalten.

Wenn 6-pulsige Schaltungen ohne Line Harmonics Filter oder 12-pulsige Schaltungen eingesetzt werden, sollte auf jeden Fall eine exakte Netzurückwirkungsberechnung mit den Randbedingungen der individuellen Anlagenkonstellation durchgeführt werden.

1.5 Netzseitige Drosseln und Filter

1.5.1 Netzdrosseln (Netzkommutierungsdrosseln)

Der Einsatz von Netzdrosseln ist bei Umrichtern mit 6-pulsigen oder 12-pulsigen Gleichrichterschaltungen (G130, G150, S120 Basic Line Modules und S120 Smart Line Modules) immer dann erforderlich, wenn

- Umrichter an ein Netz mit hoher Kurzschlussleistung, d. h. mit niedriger Impedanz angeschlossen werden,
- mehrere Umrichter an einen gemeinsamen Netzanschlusspunkt angeschlossen werden,
- Umrichter mit Netzfiltern zur Funk-Entstörung ausgerüstet werden,
- Umrichter G130 / G150 mit Line Harmonics Filtern (LHF) zur Reduktion der Netzurückwirkungen ausgestattet sind (gilt nicht für Line Harmonics Filter LHF compact),
- Umrichter zur Leistungserweiterung im Parallelbetrieb arbeiten (Parallelschaltung G150 und Umrichter mit einer Parallelschaltung von S120 Basic Line Modules oder S120 Smart Line Modules).

Für die Umrichter G130 und G150 sowie für die S120 Basic Line Modules stehen Netzdrosseln mit einer bezogenen Kurzschlussleistung $u_K = 2\%$ zur Verfügung. Die S120 Smart Line Modules benötigen Netzdrosseln mit einer bezogenen Kurzschlussleistung $u_K = 4\%$.

Netze mit hoher Kurzschlussleistung

Die Netzdrossel glättet den vom Umrichter aufgenommenen Strom und reduziert die Oberschwingungsanteile im Netzstrom. Die 5. Stromoberschwingung kann durch eine Netzdrossel bei den in diesem Projektierungshandbuch beschriebenen Geräten typischerweise um ca. 5 - 10 %-Punkte reduziert werden, die 7. typischerweise um ca. 2 - 4 %-Punkte. Die Oberschwingungen mit höheren Ordnungszahlen werden durch die Netzdrossel nicht mehr nennenswert beeinflusst. Durch die Reduktion der Stromoberschwingungen werden die Leistungsbaulemente im Gleichrichter sowie die Zwischenkreiskondensatoren thermisch entlastet und die Netzurückwirkungen reduziert, d. h. sowohl die Oberschwingungsströme als auch die Oberschwingungsspannungen im speisenden Netz werden verringert.



Typischer Netzstrom einer 6-pulsigen Gleichrichterschaltung ohne und mit Netzdrossel

Auf den Einsatz von Netzdrosseln kann nur dann verzichtet werden, wenn die Netzinduktivität genügend groß bzw. die bezogene Kurzschlussleistung RSC am Netzanschlusspunkt PCC genügend klein ist. Die Werte, bei denen dies der Fall ist, sind gerätespezifisch und daher den gerätespezifischen Kapiteln zu entnehmen. Die Definition der bezogenen Kurzschlussleistung ist im Abschnitt „Netze und Netzformen“ angegeben und erläutert.

Mehrere Umrichter an einem gemeinsamen Netzanschlusspunkt

Netzdrosseln sind immer zwingend erforderlich, wenn mehrere Umrichter an einen gemeinsamen Netzanschlusspunkt angeschlossen werden. Sie dienen neben der Glättung des Netzstromes auch zur netzseitigen Entkopplung der Gleichrichter. Diese Entkopplung ist die Voraussetzung für eine einwandfreie Funktion der Gleichrichterschaltung, insbesondere bei SINAMICS G130 und G150. Aus diesem Grunde muss jeder Umrichter mit einer eigenen Netzdrossel versehen werden und es ist nicht zulässig, mehreren Umrichtern eine gemeinsame Netzdrossel zuzuordnen.

Umrichter mit Netzfiltern oder Line Harmonics Filtern (LHF)

Ebenfalls zwingend erforderlich ist der Einsatz einer Netzdrossel, wenn der Umrichter mit einem Netzfilter zur Funk-Entstörung oder mit einem Line Harmonics Filter (LHF) zur Reduktion der Netzurückwirkungen ausgerüstet werden soll, weil die genannten Filter ohne die Netzdrossel nicht die volle Filterwirkung erreichen (gilt nicht für Line Harmonics Filter LHF compact). Die Netzdrossel ist dabei zwischen dem Netzfilter und dem Umrichtereingang bzw. zwischen dem LHF und dem Umrichtereingang anzuordnen.

Umrichter im Parallelbetrieb

Eine weitere Konstellation, die den Einsatz von Netzdrosseln erforderlich macht, ist der Parallelbetrieb von Umrichtern, bei dem die parallel arbeitenden Gleichrichter sowohl netzseitig als auch am Zwischenkreis direkt miteinander verbunden sind. Dies ist bei den Parallelschaltgeräten G150 sowie bei der Parallelschaltung von S120 Basic Line Modules und S120 Smart Line Modules der Fall, wenn eine 6-pulsige Anordnung vorliegt. Die Netzdrosseln symmetrieren die Stromaufteilung und sorgen dafür, dass kein Gleichrichter durch zu große Unsymmetrien überlastet wird.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Zulässige Leitungslänge zwischen Netzdrossel und Umrichter

Netzdrosseln sollten vorzugsweise unmittelbar am Eingang des Umrichters platziert werden. Aufgrund der niederfrequenten Vorgänge ist es aber im Einzelfall auch durchaus möglich, die Netzdrossel in größeren Abständen vom Umrichter zu platzieren, wobei die Leitungslänge 100 m nicht überschreiten sollte. Ausnahme: Umrichter mit optionalen Netzfiltern für die Kategorie C2 gemäß IEC 61800-3 erfordern eine unmittelbare Platzierung von Netzdrossel und Netzfilter am Umrichtereingang (siehe auch Abschnitt „Netzfilter“).

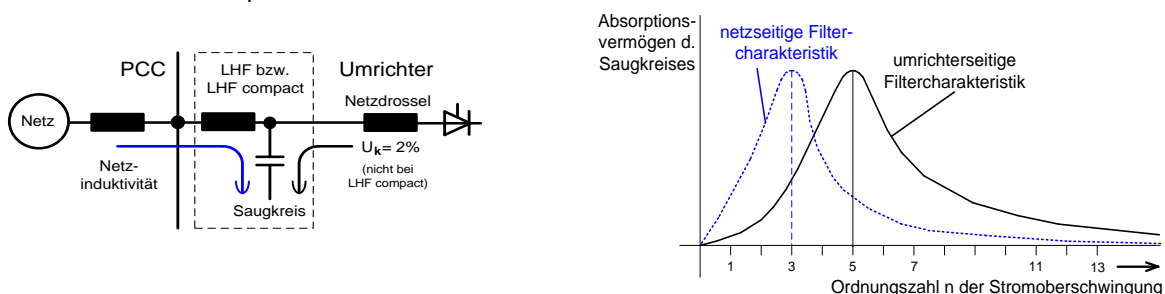
1.5.2 Line Harmonics Filter (LHF und LHF compact)

1.5.2.1 Wirkungsweise der Line Harmonics Filter (LHF und LHF compact)

Line Harmonics Filter (LHF und LHF compact) sind passive LC-Filter, die im Wesentlichen darauf abgestimmt sind, die 5. und 7. Oberschwingung im Netzstrom 6-pulsiger Gleichrichter herauszufiltern und so die Netzurückwirkungen am Anschlusspunkt PCC auf ein deutlich niedrigeres Niveau zu reduzieren. Dadurch werden die Verträglichkeitspegel der Norm IEC 61000-2-4:2002 / Klasse 2 eingehalten sowie die sehr niedrigen Grenzwerte der Norm IEEE 519:2014 (Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems) unter der Voraussetzung: Relative Kurzschlussleistung des Netzes $u_k \leq 5\%$ bzw. relative Kurzschlussleistung des Netzes $RSC \geq 20$.

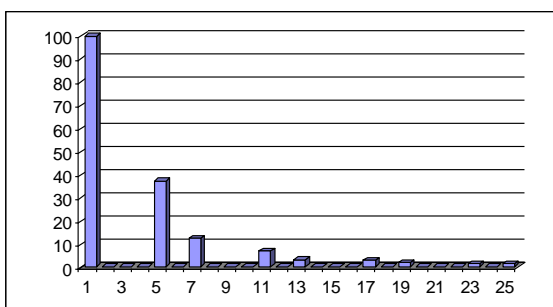
Line Harmonics Filter stehen in zwei Ausführungen zur Verfügung, als LHF und LHF compact. Sie können eingesetzt werden bei SINAMICS G130 (nur LHF) und G150 (LHF und LHF compact). Sie sind zwischen Netz und Umrichter angeordnet. Line Harmonics Filter (LHF) bilden mit der Netzdrossel des Umrichters, die zwischen dem LHF und dem Umrichtereingang angeordnet sein muss, einen umrichterseitigen, und mit der Induktivität des Netzes einen netzseitigen Saugkreis. Bei Line Harmonics Filtern compact (LHF compact) entfällt die Netzdrossel am Umrichtereingang.

Der umrichterseitige Saugkreis besteht aus dem Line Harmonics Filter und der am Umrichtereingang befindlichen Netzdrossel mit einer bezogenen Kurzschlussleistung $u_k = 2\%$ (nicht bei LHF compact). Dieser Saugkreis soll die vom Umrichter erzeugten Stromüberschwingungen möglichst gut herausfiltern und somit verhindern, dass diese ins Netz gelangen. Er hat deshalb seine Resonanzfrequenz bei der größten Oberschwingung, d. h. der 5., so dass die 5. Stromüberschwingung des Umrichters nahezu vollständig vom Filter aufgenommen wird. Die 7. Stromüberschwingung des Umrichters wird auch noch relativ stark, die 11. und 13. noch geringfügig herausgefiltert. In der folgenden Abbildung zeigt die schwarze, durchgezogene Kurve die umrichterseitige Filtercharakteristik. Sie ist ein Maß dafür, wie stark die einzelnen vom Umrichter erzeugten Stromüberschwingungen vom Line Harmonics Filter herausgefiltert werden und das speisende Netz entlastet wird.

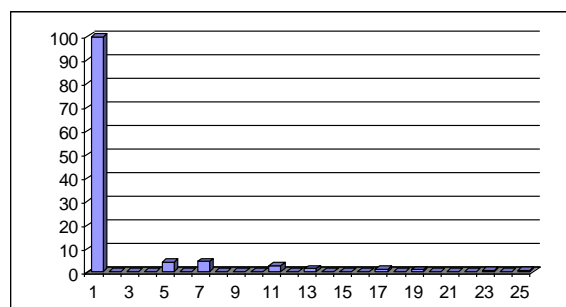


Prinzipialschaltbild des Line Harmonics Filters sowie umrichter- und netzseitige Filtercharakteristik (qualitative Angabe)

Die angegebenen Spektren zeigen die typischen Oberschwingungsströme sowohl auf der Umrichterseite, wo sie entstehen, als auch auf der Netzseite, nachdem das Line Harmonics Filter (LHF bzw. LHF compact) die Oberschwingungsströme entsprechend seiner umrichterseitigen Filtercharakteristik reduziert hat. Nähere Informationen zum Oberschwingungsverhalten sind im Abschnitt „Netzurückwirkungen“ zu finden.



a) Typisches Spektrum der Oberschwingungsströme auf der Umrichterseite (Angaben in %)



b) Typisches Spektrum der Oberschwingungsströme auf der Netzseite nach der Filterung (Angaben in %)

Der netzseitige Saugkreis besteht aus dem Line Harmonics Filter und der Netzinduktivität. Er ergibt sich zwangsläufig aus dem Filteraufbau und filtert prinzipbedingt im Netz vorhandene Oberschwingungen heraus. Dieses Verhalten ist aber höchst unerwünscht, weil das Line Harmonics Filter als eine dem Umrichter zugeordnete Komponente nur die umrichterseitigen, jedoch nicht die netzseitigen Oberschwingungen herausfiltern soll. Da sich der netzseitige Saugkreis aber prinzipiell nicht vermeiden lässt, ist er so dimensioniert, dass die netzseitige Filterwirkung möglichst gering ist. Dieses Verhalten wird erreicht, indem man den netzseitigen Saugkreis anders dimensioniert als den umrichterseitigen und die Resonanzfrequenz des netzseitigen Saugkreises auf die 3. Oberschwingung abstimmt. Diese ist in dreiphasigen Drehstromnetzen praktisch nicht vorhanden, so dass das Filter bei seiner Resonanzfrequenz nahezu nicht belastet wird. Die 5. und auch die 7. Oberschwingung werden auf der Netzseite zwar herausgefiltert, aber in wesentlich geringerem Umfang als auf der Umrichterseite. Die blaue, gestrichelte Kurve in der Abbildung auf der vorhergehenden Seite zeigt die netzseitige Filtercharakteristik, die ein Maß dafür ist, wie stark die im Netz vorhandenen Oberschwingungen vom Filter aufgenommen werden. Für die in Netzen mit 6-pulsigen Gleichrichterschaltungen relevanten Oberschwingungen mit den Ordnungszahlen $h = 5, 7, 11, 13, 17, 19, \dots$ liegt die blaue Kurve erheblich unter der schwarzen Kurve, so dass das Filter – wie gewünscht – im Wesentlichen die umrichterseitigen Oberschwingungen herausfiltert und nur in deutlich geringerem Umfang die im Netz vorhandenen Oberschwingungen. Somit filtert das Line Harmonics Filter in erster Linie den Umrichter und nicht das speisende Netz. Eine Überlastung des Line Harmonics Filters durch die im Netz vorhandenen Oberschwingungen ist ausgeschlossen, so lange die Oberschwingungsbelastung des Netzes unterhalb der Verträglichkeitspegel gemäß IEC 61000-2-4:2002, Klasse 3 liegt, die einen Gesamtverzerrungsfaktor in der Spannung von $THD(U) < 10\%$ zulässt entsprechend einer relativ rauen Industrieumgebung. Details sind im Abschnitt „NetZRückwirkungen“, Unterabschnitt „Normen und zulässige Oberschwingungen“ zu finden.

Wirkungsgrade der Umrichter mit Line Harmonics Filtern

Im Line Harmonics Filter entstehen Verluste, die den Wirkungsgrad des Umrichters verschlechtern. Dieser sinkt durch den Einsatz von Line Harmonics Filtern LHF und LHF compact bei Umrichtern SINAMICS G130 / G150 um typischerweise ca. 1 % von 98 % auf 97 %. Die starke Reduktion der Oberschwingungen gegenüber 6-pulsigen Umrichtern ohne Line Harmonics Filter geht also mit einer eher geringen Abnahme des Wirkungsgrades einher.

Zur Reduktion der Oberschwingungen können als Alternative zu SINAMICS G130 / G150 mit Line Harmonics Filtern LHF und LHF compact prinzipiell auch Umrichter SINAMICS S150 mit aktiver, gepulster Einspeisung eingesetzt werden. Diese erzeugen netzseitig zwar noch etwas geringere Oberschwingungen, doch dafür ist deren Wirkungsgrad mit typischerweise 96 % schlechter, so dass diese Alternativlösung aus rein energetischer Sicht nicht zu empfehlen ist.

Im Folgenden werden die zu beachtenden Randbedingungen für den Einsatz der zwei Ausführungen von Line Harmonics Filtern im Detail beschrieben:

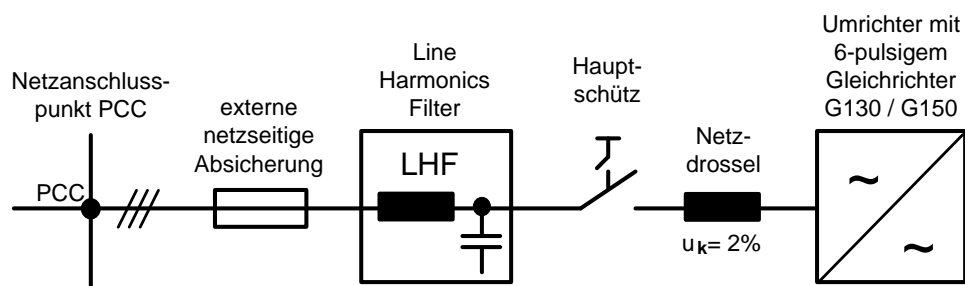
- Line Harmonics Filter (LHF) mit eigenständigem Gehäuse (6SL3000-0J__-AA0).
- Line Harmonics Filter compact (LHF compact) als Option L01 für Schrankgeräte SINAMICS G150.

1.5.2.2 Line Harmonics Filter (LHF) mit eigenständigem Gehäuse (6SL3000-0J__-AA0)

Line Harmonics Filter (LHF) sind eigenständige Filter in einem eigenständigen Gehäuse der Schutzart IP21, die in Kombination mit den Umrichter-Einbaugeräten SINAMICS G130 sowie den Umrichter-Schrankgeräten SINAMICS G150 eingesetzt werden können und die zwischen der anlagenseitigen Niederspannungsverteilung und dem SINAMICS Umrichter installiert werden.

Voraussetzung für den Einsatz der Line Harmonics Filter (LHF) ist

- eine netzseitige Absicherung des LHF,
- ein umrichterseitiges Hauptschütz oder ein umrichterseitiger Leistungsschalter,
- eine umrichterseitige Netzdrossel mit einer bezogenen Kurzschlussspannung $u_k = 2\%$.



Für den Einsatz von eigenständigen Line Harmonics Filtern (LHF) erforderliche Zusatzkomponenten

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Weiterhin sind folgende Punkte zu beachten:

Jedem Umrichter ist ein eigenes LHF zuzuordnen. Es ist nicht zulässig, mehrere Umrichter kleiner Leistung an einem LHF größerer Leistung zu betreiben.

Der Umrichter darf maximal zwei Leistungsstufen kleiner gewählt werden als das LHF, weil sonst durch die Fehlanpassung der Netzdrossel die umrichterseitige Resonanzfrequenz zu sehr verstimmt wird und sich die Wirkung des Filters verschlechtert. Unter Berücksichtigung dieser Randbedingung stehen LHF für folgende Umrichtertypleistungen zur Verfügung:

Netzanschlussspannung	Umrichtertypleistung
3AC 380 V – 480 V	≥ 160 kW
3AC 500 V – 600 V	≥ 110 kW
3AC 660 V – 690 V	≥ 160 kW

Die bezogene Kurzschlussleistung RSC (**R**elative **S**hort-**C**ircuit **P**ower) des speisenden Netzes muss mindestens den Wert $RSC = 10$ aufweisen. Bei kleineren bezogenen Kurzschlussleistungen wird die netzseitige Resonanzfrequenz zu sehr verstimmt und die Grundschiwingung der Netzspannung kann deutlich ansteigen bis auf Werte außerhalb der zulässigen Netzspannungstoleranz der Umrichter.

Die netzseitige Absicherung der LHF sollte mit denselben Sicherungstypen erfolgen, die im Katalog D 11 als netzseitige Leistungskomponenten zur Absicherung der zugehörigen Umrichter empfohlen werden.

Werden netzseitig Schalter oder Schütze zum Zu- und Abschalten des LHF verwendet, so müssen diese für den auftretenden Einschaltstrom dimensioniert sein. Dieser liegt in der Größenordnung des Bemessungsstromes. Daher können Schütze der Gebrauchskategorie AC-1 (Schalten ohmscher Lasten) verwendet werden.

Das umrichterseitige Hauptschütz oder der umrichterseitige Leistungsschalter dürfen den Umrichter erst dann an das Filter schalten, wenn dieses bereits ans Netz geschaltet ist. Beim Abschalten muss immer erst der Umrichter über sein Hauptschütz oder seinen Leistungsschalter vom Filter getrennt werden, bevor das Filter vom Netz getrennt wird.

LHF dürfen zur Erreichung höherer Leistungen parallelgeschaltet werden. Dabei ist ein Strom-Derating von 7,5 % bezogen auf den Bemessungsstrom zu berücksichtigen.

LHF können auch bei Parallelschaltungen G150 (Leistungserweiterung G150) eingesetzt werden, wenn ein 6-pulsiger Netzanschluss vorliegt und beide Teilumrichter aus demselben Netz bzw. derselben Transformatorwicklung gespeist werden. In diesem Fall ist jedem Teilumrichter netzseitig ein in der Leistung angepasstes LHF vorzuschalten.

Bei 12-pulsigem Netzanschluss ist der Einsatz von Line Harmonics Filtern (LHF) technisch nicht sinnvoll, weil hierdurch keine zusätzliche Verbesserung der Netzurückwirkungen erzielt wird.

LHF können auch bei Umgebungstemperaturen > 40 °C bis zu maximal 50 °C eingesetzt werden. Bei Umgebungstemperaturen > 40 °C ist ein Strom-Derating von 2 % je °C zu berücksichtigen.

LHF können sowohl an 50 Hz-Netzen als auch an 60 Hz-Netzen betrieben werden. Die Umschaltung erfolgt bei der Inbetriebnahme durch Umklemmen von Leitungsbrücken im Filter. Auslieferungszustand ist die Einstellung für 50 Hz-Netze.

LHF können an folgende Netze angeschlossen werden:

Netzanschlussspannung / Netzfrequenz
3AC 380 V – 415 V ±10 % / 50 Hz, umklemmbar auf
3AC 440 V – 480 V ±10 % / 60 Hz
3AC 500 V – 600 V ±10 % / 50 Hz, umklemmbar auf
3AC 500 V – 600 V ±10 % / 60 Hz
3AC 660 V – 690 V ±10 % / 50 Hz, umklemmbar auf
3AC 660 V – 690 V ±10 % / 60 Hz

Line Harmonics Filter (LHF) können sowohl in geerdeten Netzen (TN/TT) als auch in ungeerdeten Netzen (IT) verwendet werden.

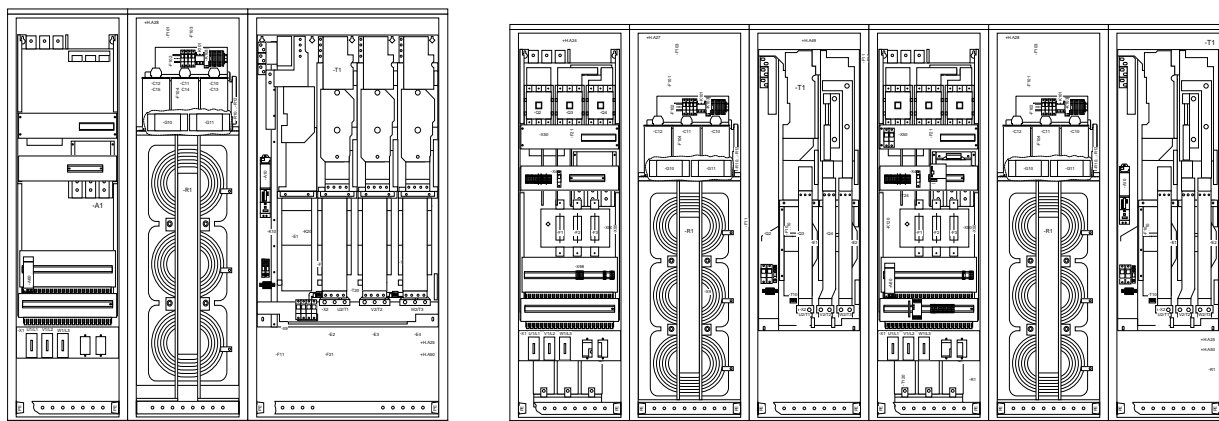
Line Harmonics Filter sollten nicht an Netzen mit Blindstromkompensationsanlagen betrieben werden, nicht in Kombination mit anderen 6-pulsigen Umrichtern, die nicht mit Line Harmonics Filtern ausgestattet sind, und nicht in Kombination mit Geräten, die mit ausgeprägter Phasenanschnittsteuerung arbeiten.

Line Harmonics Filter (LHF) sollten vorzugsweise unmittelbar am Eingang des Umrichters aufgestellt werden. Aufgrund der niederfrequenten Vorgänge ist es aber auch durchaus möglich, das LHF in größeren Abständen vom Umrichter zu platzieren, wobei die Leitungslänge 100 m nicht überschreiten sollte.

1.5.2.3 Line Harmonics Filter compact (LHF compact) als Option L01 für SINAMICS G150

Line Harmonics Filter compact (LHF compact) stehen für die Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS G150 – einschließlich der Parallelschaltungen mit Typleistungen ≤ 1500 kW – als in den Schrank integrierbare Standardoption L01 zur Verfügung → SINAMICS G150 Clean Power mit integriertem Line Harmonic Filter compact.

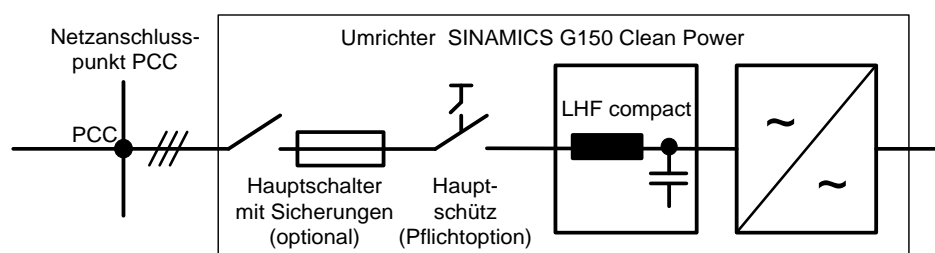
Durch die Integration des LHF compact vergrößert sich die Schrankbreite des Umrichter-Schrankgerätes SINAMICS G150 leistungsabhängig um 400 mm oder 600 mm (Parallelschaltungen 1200 mm).



Beispiele für SINAMICS G150 u. Parallelschaltungen SINAMICS G150 mit integriertem Line Harmonics Filter LHF compact

Die Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS G150 mit integriertem LHF compact sind in allen verfügbaren Schutzarten von IP20 bis IP54 erhältlich.

Umrichter mit Line Harmonics Filter compact können optional mit einem Hauptschalter inkl. Sicherungen ausgerüstet werden. Ein Hauptschütz bzw. ein Leistungsschalter sind immer zwingend erforderlich (Pflichtoption L13 / Hauptschütz bzw. L26 / Leistungsschalter). Diese Komponenten sind im Schrankgerät SINAMICS G150 Clean Power jeweils zwischen dem Netzanschluss und dem LHF compact angeordnet, so dass Filter und Umrichter stets als Einheit geschützt bzw. geschaltet werden.



SINAMICS G150 Clean Power mit integriertem Line Harmonics Filter compact (LHF compact)

Die bezogene Kurzschlussleistung RSC (Relative Short-Circuit Power) des speisenden Netzes muss mindestens den Wert $RSC = 10$ aufweisen. Bei kleineren bezogenen Kurzschlussleistungen wird die netzseitige Resonanzfrequenz zu sehr verstimmt und die Grundschiwingung der Netzspannung kann deutlich ansteigen bis auf Werte außerhalb der zulässigen Netzspannungstoleranz der Umrichter.

Bei 12-pulsigem Netzanschluss ist der Einsatz von Line Harmonics Filtern compact technisch nicht sinnvoll, weil hierdurch keine zusätzliche Verbesserung der Netzurückwirkungen erzielt wird.

Line Harmonics Filter compact können auch bei Umgebungstemperaturen > 40 °C bis zu maximal 50 °C eingesetzt werden, wobei dieselben Derating-Faktoren gelten wie für die Umrichter SINAMICS G150.

Line Harmonics Filter compact können sowohl in geerdeten Netzen (TN/TT) als auch in ungeerdeten Netzen (IT) verwendet werden.

Line Harmonics Filter compact sollten nicht an Netzen mit Blindstromkompensationsanlagen betrieben werden, nicht in Kombination mit anderen 6-pulsigen Umrichtern, die nicht mit Line Harmonics Filtern ausgestattet sind, und nicht in Kombination mit Geräten, die mit ausgeprägter Phasenanschnittsteuerung arbeiten.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Line Harmonics Filter compact sind sowohl für 50 Hz-Netze als auch für 60 Hz-Netze geeignet. Werden Umrichter mit Line Harmonics Filter compact an 60 Hz-Netzen an den oberen Netzspannungen der jeweils zulässigen Anschlussbereichsbereiche betrieben, so ist die zulässige obere Netzspannungstoleranz auf +8 % begrenzt, weil durch das Filter-Design die Spannung am Gleichrichtereingang gegenüber der Netzspannung etwas angehoben wird.

Netzanschlussspannungsbereich	Netzanschlussspannung	Zulässige obere Netzspannungstoleranz
3AC 380 V – 480 V / 60 Hz	bis 460 V / 60 Hz	+ 10 %
	480 V / 60 Hz	+ 8 %
3AC 500 V – 600 V / 60 Hz	bis 600 V / 60 Hz	+ 10 %
3AC 660 V – 690 V / 60 Hz	bis 660 V / 60 Hz	+ 10 %
	690 V / 60 Hz	+ 8 %

Zulässige Netzspannungstoleranzen beim Einsatz von Umrichtern mit Line Harmonics Filtern compact an 60 Hz-Netzen

Wird in Umrichtern mit Line Harmonics Filtern compact ein Braking Module eingesetzt, so muss das Braking Module immer auf die obere Ansprechschwelle eingestellt sein, was der Werkseinstellung entspricht. Diese Einstellung darf nicht verändert werden.

Nach dem Trennen des Umrichters vom Netz müssen sich die Filterkondensatoren weitgehend entladen haben, bevor der Umrichter erneut ans Netz geschaltet werden darf. Daher muss das erneute Zuschalten des Umrichters für 30 s verhindert werden. Dies wird bei allen SINAMICS G150 mit LHF compact (Option L01) durch ein Zeitrelais sichergestellt.

Aus diesem Grunde ist ein schnelles Wiedereinschalten (Wiedereinschaltautomatik) der Umrichter G150 mit Option L01 innerhalb von 30 s nach Netzausfällen oder Störabschaltungen standardmäßig nicht möglich.

Die Wartezeit kann jedoch durch die zusätzliche Option L76 (Schnellentladung der Filterkondensatoren) verringert werden. Die Option L76 verkürzt die standardmäßige Wartezeit von 30 s bis zum Wiedereinschalten auf ca. 3 - 5 s.

Hinweis zur Inbetriebnahme:

Bei Umrichtern mit LHF compact sollte der Drehzahlregler nicht zu dynamisch eingestellt werden, d. h. die Drehzahlregler-Verstärkung K_p sollte eher klein und die Drehzahlregler-Nachstellzeit T_n eher groß gewählt werden. Gegebenenfalls ist zusätzlich die Filterzeitkonstante der Vdc-Korrektur (p1806) auf Werte im Bereich von ca. 20 ms bis zu ca. 100 ms anzuheben.

1.5.3 Netzfilter (Funk-Entstörfilter bzw. EMV-Filter)

1.5.3.1 Allgemeines und Normen

Netzfilter begrenzen die hochfrequenten leitungsgebundenen Störaussendungen von drehzahlveränderbaren Antriebssystemen im Frequenzbereich von 150 kHz bis 30 MHz und liefern somit einen Beitrag zur Elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV).

Die elektromagnetische Verträglichkeit beschreibt gemäß der Definition der EMV-Richtlinie die „Fähigkeit eines Gerätes, in der elektromagnetischen Umwelt zufriedenstellend zu arbeiten, ohne dabei selbst elektromagnetische Störungen zu verursachen, die für andere in dieser Umwelt vorhandenen Geräte unannehmbar wären“.

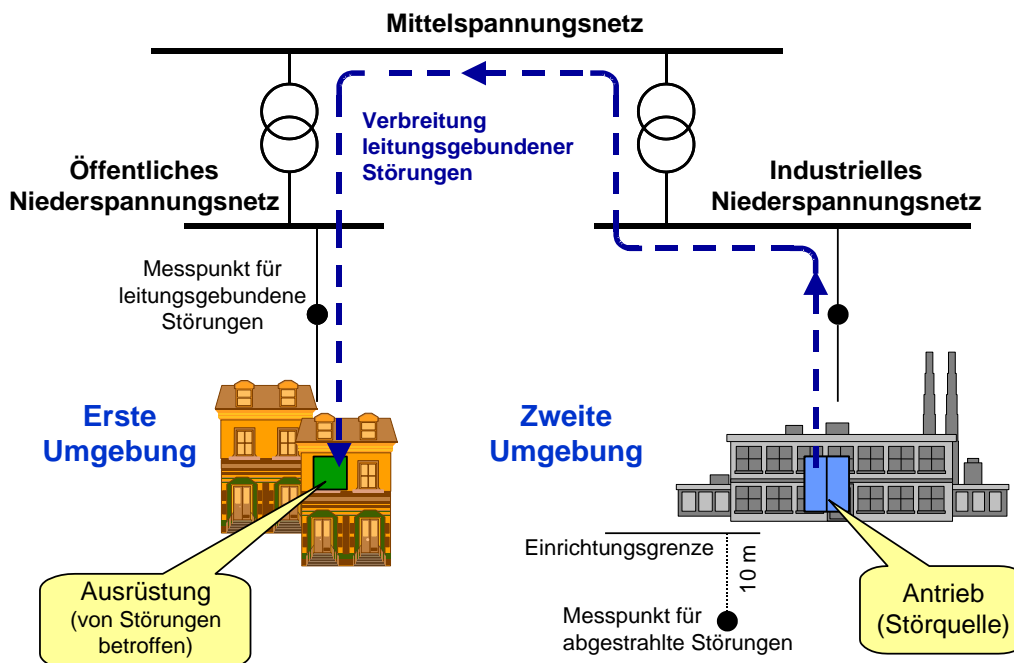
Damit die einschlägigen EMV-Bestimmungen eingehalten werden, müssen die Geräte zum einen eine genügend hohe Störfestigkeit aufweisen und zum anderen muss die Störaussendung auf verträgliche Werte begrenzt werden.

Die EMV-Anforderungen an "Drehzahlveränderbare elektrische Antriebe" werden definiert in der EMV-Produktnorm IEC 61800-3 bzw. EN 61800-3. Ein drehzahlveränderbares Antriebssystem (Power Drive System) im Sinne dieser Norm besteht aus dem Antriebsstromrichter und dem Elektromotor einschließlich der Verbindungsleitungen. Die angetriebene Arbeitsmaschine ist nicht Bestandteil des Antriebssystems.

Die EMV-Produktnorm IEC 61800-3 definiert unterschiedliche Grenzwerte in Abhängigkeit vom Aufstellort des Antriebssystems und bezeichnet die Aufstellorte als Erste und Zweite Umgebung.

Definition der Ersten und der Zweiten Umgebung

- Erste Umgebung (Wohnbereich):
Wohngebäude oder Standorte, an denen das Antriebssystem ohne Zwischentransformator direkt an das öffentliche Niederspannungsnetz angeschlossen ist.
- Zweite Umgebung (Industriebereich):
Standorte außerhalb des Wohnbereiches bzw. Industriegebiete, die über einen eigenen Transformator aus dem Mittelspannungsnetz versorgt werden.



Erste und Zweite Umgebung gemäß Definition der EMV-Produktnorm IEC 61800-3

In Abhängigkeit von Aufstellort und Leistung des drehzahlveränderbaren Antriebs sind in der EMV-Produktnorm IEC 61800-3 vier verschiedene Kategorien definiert.

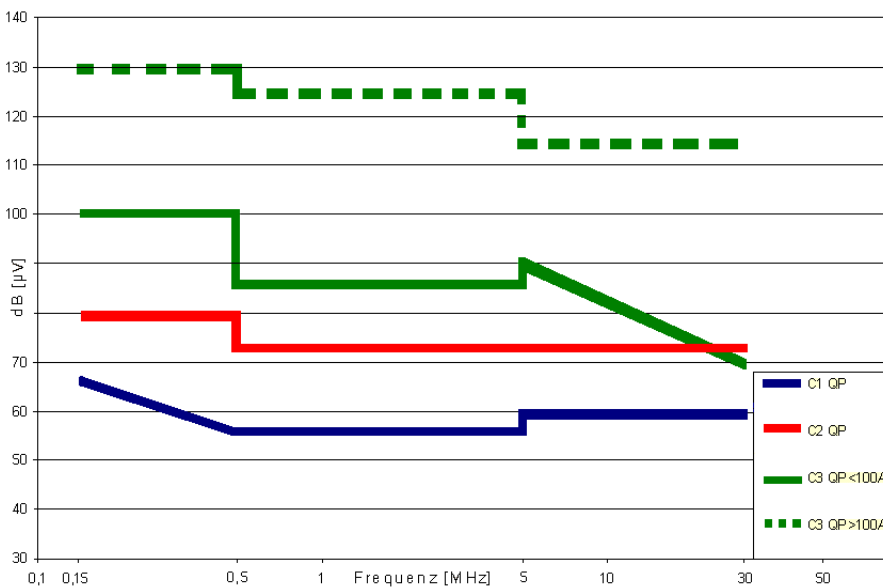
Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Definition der Kategorien C1 bis C4 und zugehörige zulässige Störspannungsgrenzwerte

- **Kategorie C1:**
Antriebssysteme mit Nennspannungen <1000 V für den uneingeschränkten Einsatz in der Ersten Umgebung
- **Kategorie C2:**
Ortsfeste Antriebssysteme mit Nennspannungen <1000 V für den Einsatz in der Zweiten Umgebung. Ein Einsatz in Erster Umgebung ist möglich, wenn das System von fachkundigem Personal installiert wird. Die vom Hersteller mitgelieferten Warn- und Installationshinweise sind zu beachten.
- **Kategorie C3:**
Antriebssysteme mit Nennspannungen <1000 V für den ausschließlichen Einsatz in der Zweiten Umgebung.
- **Kategorie C4:**
Antriebssysteme mit Nennspannungen ≥ 1000 V oder für Nennströme ≥ 400 A für den Einsatz in komplexen Systemen in der Zweiten Umgebung.

Das folgende Diagramm zeigt die zulässigen Störspannungsgrenzwerte für die Kategorien C1, C2 und C3. Die Kategorie C3 unterscheidet zusätzlich noch zwischen Strömen < 100 A und Strömen > 100 A. Je höher die Kategorie, desto höher sind die zulässigen Grenzwerte für die leitungsgebundenen Störaussendungen (Störspannungen). Die Kategorie C1 ist nur mit extrem hohem Filteraufwand einzuhalten (untere, blaue Grenzkurve), die Kategorie C4 erfordert praktisch gar keine Filtermaßnahmen und ist daher im Diagramm nicht dargestellt.



Zulässige Störspannungsgrenzwerte in dB[µV] für die Kategorien C1, C2 und C3 (QP = Quasi-Peak-Werte)

SINAMICS-Geräte werden nahezu ausnahmslos in der Zweiten Umgebung gemäß den Kategorien C3 und C4 eingesetzt. Sie sind daher standardmäßig mit Netzfiltern für die Zweite Umgebung, Kategorie C3 ausgerüstet. Dies gilt für die Einbaugeräte SINAMICS G130, die Schrankgeräte SINAMICS G150, alle Einspeisungen des modularen Systems SINAMICS S120 (Basic Line Modules, Smart Line Modules und Active Line Modules) in den Bauformen Chassis und Cabinet Modules sowie für die Schrankgeräte SINAMICS S150. Die Netzfilter gemäß Kategorie C3 sind geeignet für TN- oder TT-Netze mit geerdetem Sternpunkt.

Für den Einsatz gemäß Kategorie C2 stehen zusätzliche optionale Netzfilter zur Verfügung. Dies gilt für die Umrichter SINAMICS G130 und G150, alle Einspeisungen des modularen Systems SINAMICS S120 (Basic Line Modules, Smart Line Modules und Active Line Modules) in den Bauformen Chassis und Cabinet Modules sowie für die Schrankgeräte SINAMICS S150. Die optionalen Netzfilter sind bei allen SINAMICS Schrankgeräten als Option L00 bestellbar und jeweils in den Line Connection Modules LCM angeordnet. Die Netzfilter gemäß Kategorie C2 sind geeignet für TN- oder TT-Netze mit geerdetem Sternpunkt.

Hinweis:

Die Einhaltung der Kategorie C2 gemäß EMV-Produktnorm IEC 61800-3 durch den Einsatz optionaler Netzfilter ist allein nicht ausreichend, um die Geräte direkt an öffentliche Netze gemäß IEC 61000-2-2:2002 mit den Änderungen AMD1:2017 und AMD2:2018 anschließen zu können, weil die Netzfilter nur im höheren Frequenzbereich 150 kHz bis 30 MHz wirken und nicht im niedrigeren Frequenzbereich 0 Hz bis 150 kHz, den die Norm IEC 61000-2-2:2002 mit den Änderungen AMD1:2017 und AMD2:2018 abdeckt. Daher sind zum Anschluss an öffentliche Netze Zusatzmaßnahmen im Frequenzbereich 0 Hz bis 150 kHz erforderlich.

Da die Stör- bzw. Ableitströme, welche über die Netzfilter fließen, gemäß dem Abschnitt „Wirkungsweise der Netzfilter“ proportional zur Motorleitungslänge zunehmen, nimmt die Entstörungswirkung der Netzfilter mit zunehmender Motorleitungslänge ab. Deshalb werden die Störspannungsgrenzwerte der Kategorie C3 mit den standardmäßigen Netzfiltern sowie die relativ niedrigen Störspannungsgrenzwerte der Kategorie C2 mit den zusätzlichen optionalen Netzfiltern nur dann sicher eingehalten, wenn die in der folgenden Tabelle angegebenen Motorleitungslängen nicht überschritten werden.

SINAMICS Umrichter bzw. Infeed	Maximal zulässige Motorleitungslänge (geschirmt) (z. B. PROTOFLEX EMV-FC oder Protodur NYCWY)
G130	100 m
G150	100 m
S120 Basic Line Module	100 m
S120 Smart Line Module	300 m
S120 Active Line Module + Active Interface Module	300 m
S150	300 m

Max. zulässige Motorleitungslänge zur Einhaltung der Störspannungsgrenzwerte der Kategorie C3 mit dem standardmäßigen Netzfilter bzw. der Störspannungsgrenzwerte der Kategorie C2 mit dem zusätzlichen optionalen Netzfilter

Hinweise zur Tabelle:

- Bei Einzelantrieben, bei denen ein Umrichter G130, G150 oder S150, bzw. ein S120 Line Module mit einem S120 Motor Module einen Motor speist, geben die Motorleitungslängen den Abstand zwischen Umrichter bzw. Motor Module und Motor entlang des Leitungsweges an und berücksichtigen bereits, dass bei Antrieben größerer Leistung mehrere Leitungen parallel verlegt werden müssen.
- Bei Mehrmotorenantrieben, bei denen ein S120 Line Module eine DC-Schiene mit mehreren Motor Modules speist, geben die Motorleitungslängen die Summenleitungslänge an, d. h. die Summe der Abstände zwischen den einzelnen Motor Modules und den jeweils zugehörigen Motoren. Auch hier ist bereits berücksichtigt, dass bei Antrieben größerer Leistung mehrere Leitungen parallel verlegt werden müssen.
- Bei Parallelschaltungen von S120 Line Modules (Basic Line Modules, Smart Line Modules, Active Line Modules) gelten die angegebenen Motorleitungslängen immer für jeweils eines der parallel geschalteten Line Modules.
- Bei Parallelschaltungen von S120 Line Modules in der Bauform Cabinet Modules ist der Einsatz der optionalen Netzfilter (Option L00) für den Einsatz gemäß Kategorie C2 nur möglich, wenn jedem der parallelgeschalteten Line Modules ein eigenes Line Connection Module LCM zugeordnet wird. Gemeinsame Line Connection Modules LCM zur Speisung von zwei Line Modules in mechanisch gespiegelter Anordnung können nicht mit der Option L00 ausgerüstet werden.

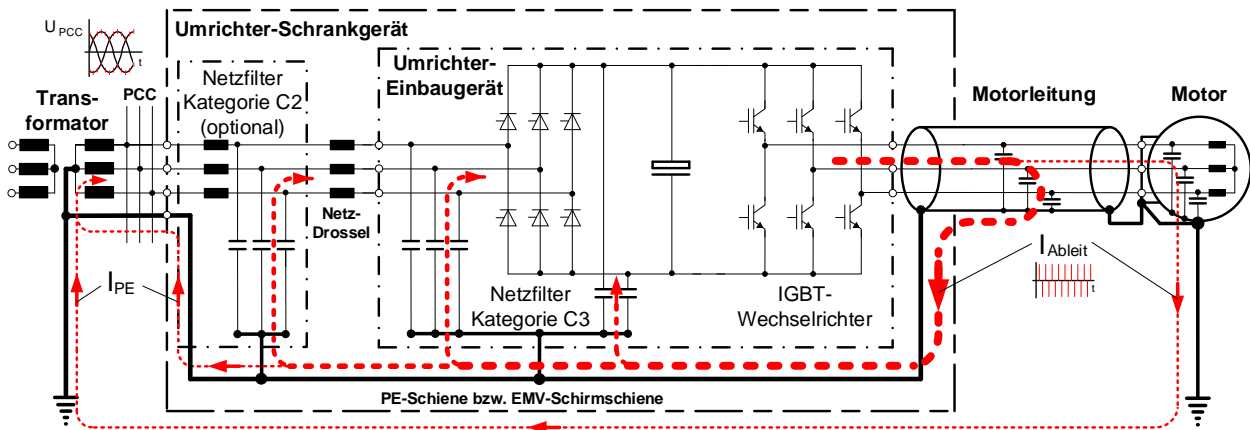
1.5.3.2 Netzfilter für die Kategorien C3 (standard) und C2 (optional)

Netzfilter bzw. Funk-Entstörfilter begrenzen die hochfrequenten Netzurückwirkungen des Antriebssystems, indem sie die leitungsgebundenen Störaussendungen im Frequenzbereich zwischen 150 kHz und 30 MHz reduzieren. Sie stellen damit sicher, dass die vom drehzahlveränderbaren Antriebssystem produzierten Störungen weitestgehend im Antriebssystem selbst verbleiben und sich nur ein geringer - unter den zulässigen Grenzwerten liegender - Anteil der Störungen in das speisende Netz ausbreiten kann.

Die folgende Skizze zeigt ein drehzahlveränderbares Antriebssystem, das an ein TN-Netz mit geerdetem Sternpunkt angeschlossen ist. Das Antriebssystem besteht aus einem in einen Schrank eingebauten Einbaugerät SINAMICS G130, das über eine geschirmte Motorleitung einen Motor speist. Anhand dieses Beispiels soll die Wirkungsweise der standardmäßigen und optionalen Netzfilter erläutert werden.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise



Drehzahlveränderbares Antriebssystem PDS bestehend aus einem Schrank mit Einbaugerät SINAMICS G130 und Motor

1.5.3.3 Wirkungsweise der Netzfilter

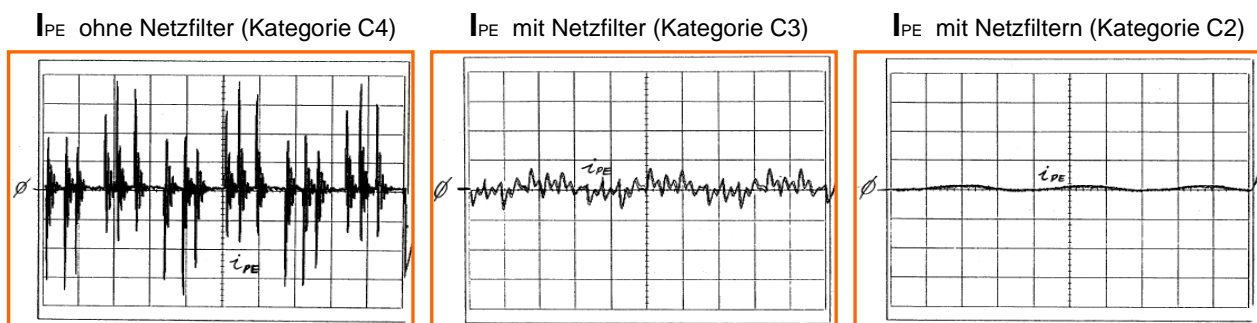
Ursache der hochfrequenten Störungen im drehzahlveränderbaren Antriebssystem ist das schnelle Schalten der IGBTs (Insulated Gate Bipolar Transistor) im motorseitigen Wechselrichter des Einbaugerätes, welches sehr hohe Spannungssteilheiten du/dt verursacht. Nähere Einzelheiten hierzu sind im Abschnitt "Auswirkungen der Verwendung schnell schaltender Leistungsbau-elemente" beschrieben.

Die hohen Spannungssteilheiten am Wechselrichterausgang erzeugen hohe hochfrequente Ableitströme, die über die Kapazitäten der Motorleitung und der Motorwicklung zur Erde fließen und auf geeignetem Wege zurückkehren müssen zu ihrer Quelle, dem Wechselrichter. Bei Verwendung geschirmter Motorleitungen fließen die hochfrequenten Ableit- bzw. Störströme I_{Ableit} im Wesentlichen über den Schirm der Motorleitung zurück zur PE- bzw. EMV-Schirmschiene des Schrankgerätes.

Wären innerhalb des Schrank- bzw. Einbaugerätes keinerlei Filter vorhanden, die den hochfrequenten Störströmen einen geeigneten niederohmigen Rückweg zum Wechselrichter bieten würden, so müssten die Störströme vollständig über den netzseitigen PE-Anschluss des Schrankgerätes zum Sternpunkt des Transformators fließen ($I_{PE} \approx I_{Ableit}$) und von dort aus weiter über die drei Leiter des Drehstromnetzes zurück zum Umrücker. Auf diesem Wege würden sie die Netzspannung mit hochfrequenten Störspannungen überlagern und somit alle Verbraucher stören, die an demselben Netzanschlusspunkt PCC angeschlossen sind wie das Schrankgerät selbst. Der Störpegel am Netzanschluss läge auf dem Niveau der Kategorie C4.

Durch das standardmäßig in SINAMICS-Einbaugeräten vorhandene Netzfilter wird dem hochfrequenten Störstrom ein niederohmiger Rückweg zum Wechselrichter innerhalb des Einbaugerätes angeboten, so dass ein großer Teil des Störstromes I_{Ableit} über dieses Filter fließt. Das Netz wird dadurch mit geringeren Störströmen $I_{PE} < I_{Ableit}$ belastet und der Störpegel am Netzanschluss sinkt auf das Niveau der Kategorie C3.

Wird zusätzlich zu dem standardmäßig in SINAMICS-Einbaugeräten vorhandenen Netzfilter noch das optionale Netzfilter in den Schrank eingebaut, so wird der Störstrom I_{Ableit} nahezu vollständig im Antriebssystem gehalten und das Netz noch weiter entlastet ($I_{PE} \ll I_{Ableit}$), so dass der Störpegel auf das Niveau der Kategorie C2 sinkt.



Hochfrequente Ableit- bzw. Störströme auf dem netzseitigen PE-Anschluss in Abhängigkeit von den Netzfiltern

1.5.3.4 Größenordnung der Ableit- bzw. Störströme

Die Größe der hochfrequenten Ableitströme hängt von zahlreichen Antriebsparametern ab. Die wichtigsten Einflussfaktoren sind:

- Höhe der Netzspannung U_{Netz} bzw. der Zwischenkreisspannung U_{ZK} des Umrichters,
- Spannungsanstiegsgeschwindigkeit du/dt beim Schalten der IGBTs im Wechselrichter,
- Pulsfrequenz f_P des Wechselrichters,
- Umrichteranschluss mit oder ohne Motordrossel bzw. Motorfilter,
- Wellenwiderstand Z_W bzw. Kapazität C der Motorleitung,
- Induktivität des Erdungssystems und aller Erdungs- und Schirmverbindungen.

Normalerweise sind die Werte der Induktivitäten des Erdungssystems und die genauen Erdungsbedingungen nicht bekannt, so dass es in der Praxis sehr schwierig ist, die zu erwartenden Ableitströme exakt zu berechnen. Aber es ist möglich, die theoretischen Maximalwerte des auf dem Motorleitungsschirm fließenden Ableitstromes I_{Ableit} zu bestimmen unter der Annahme, dass die Induktivität des Erdungssystems vernachlässigbar und die Wirkung der Netzfilter ideal ist. In diesem Falle lässt sich der Spitzenwert des Ableitstromes \hat{I}_{Ableit} aus der Zwischenkreisspannung U_{ZK} und dem Wellenwiderstand Z_W der Motorleitung wie folgt abschätzen:

$$\hat{I}_{\text{Ableit}} = \frac{U_{\text{ZK}}}{Z_W}.$$

Wendet man diese Formel auf die Umrichter und Wechselrichter bei SINAMICS an und legt eine Einspeisung mit 3AC 400 V zugrunde sowie die maximale Anzahl paralleler Motorleitungen n_{max} und die maximalen Leitungsquerschnitte geschirmter Motorleitungen A_{max} , so ergeben sich die folgenden Größenordnungen für die theoretischen Spitzenwerte \hat{I}_{Ableit} der auf den Motorleitungsschirmen fließenden Ableitströme:

- | | |
|-----------------------------------|---|
| • Booksize-Geräte 1,5 kW - 100 kW | $\hat{I}_{\text{Ableit}} = 10 \text{ A} - 30 \text{ A}$ |
| • Chassis-Geräte 100 kW - 250 kW | $\hat{I}_{\text{Ableit}} = 30 \text{ A} - 100 \text{ A}$ |
| • Chassis-Geräte 250 kW - 800 kW | $\hat{I}_{\text{Ableit}} = 100 \text{ A} - 300 \text{ A}$ |

Die zugehörigen Effektivwerte I_{Ableit} liegen unter den folgenden Randbedingungen ca. 10 Mal niedriger:

- Pulsfrequenz f_P gemäß Werkseinstellung
- 300 m geschirmte Motorleitung (mit n_{max} und A_{max})

Sowohl die Spitzenwerte als auch die Effektivwerte steigen proportional mit der Netzspannung bzw. der Zwischenkreisspannung an. Die Spitzenwerte sind unabhängig von Pulsfrequenz und Leitungslänge, während die Effektivwerte mit der Pulsfrequenz und der Leitungslänge ansteigen.

Da bei den oben angestellten Betrachtungen die Induktivitäten des Erdungssystems vernachlässigt wurden, liegen die realen Werte in der Regel niedriger. Sind Motordrosseln oder Motorfilter vorhanden, so führt dies ebenfalls zu einer zusätzlichen Reduktion der Ableitströme.

Welcher Anteil des auf dem Motorleitungsschirm fließenden hochfrequenten Ableitstromes I_{Ableit} über den netzseitigen PE-Anschluss fließt, hängt von den Netzfiltern im Umrichter-Chassis bzw. im Umrichter-Schrank ab, wie auf der vorhergehenden Seite beschrieben. Die dort dargestellten Oszillogramme geben einen groben Anhaltspunkt für die zu erwartende Reduktion der Ableitströme am PE-Anschluss in Abhängigkeit von den eingesetzten Netzfiltern. Selbst beim Einsatz von Netzfiltern gemäß der Kategorie C2 ist am PE-Anschluss noch mit Spitzenwerten der Ableitströme von $> 1 \text{ A}$ bei den größten Geräten der Bauform Booksize und von $> 10 \text{ A}$ bei den größten Geräten der Bauform Chassis zu rechnen.

Die hier angestellten Betrachtungen zeigen, dass die hochfrequenten Ableitströme auf dem netzseitigen PE-Anschluss nicht zu vernachlässigen sind, selbst wenn relativ aufwändige Entstörmaßnahmen ergriffen werden. Daher ist bei SINAMICS-Antrieben im Leistungsbereich der in diesem Projektierungshandbuch beschriebenen Geräte der Einsatz netzseitiger Fehlerstrom-Schutzschalter (FI-Schutzschalter bzw. Residual-Current Circuit-Breaker RCCB) oder allstromsensitiver Differenzstrom-Überwachungsgeräte in aller Regel nicht möglich. Dies gilt sowohl für FI-Schutzschalter mit einer Ansprechschwelle von 30 mA für den Personenschutz als auch für FI-Schutzschalter mit einer Ansprechschwelle von 300 mA für den Brandschutz. Erfahrungsgemäß kann man davon ausgehen, dass nur Antriebe mit sehr kurzen Motorleitungslängen und Leistungen von wenigen kW zufriedenstellend an 30 mA-FI-Schutzschaltern, und Antriebe mit kurzen Motorleitungslängen und Leistungen von bis zu ca. 10 - 15 kW zufriedenstellend an 300 mA-FI-Schutzschaltern arbeiten. Nähere Informationen können dem „Leitfaden für Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen und elektrische Antriebe“ des ZVEI entnommen werden.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

1.5.3.5 EMV-gerechte Installation

Damit die Netzfilter die oben beschriebene Filterwirkung erzielen können, ist eine fachgerechte Installation des gesamten Antriebssystems unabdingbar. Die Installation muss sicherstellen, dass der Störstrom auf seinem Weg vom Schirm der Motorleitung über die PE- bzw. die EMV-Schirmschiene und das Netzfilter einen durchgehenden niederinduktiven Pfad zurück zum Wechselrichter findet, der durch keine Schwachstellen unterbrochen ist.

Die Einhaltung der Kategorien C2 und C3 der EMV-Produktnorm IEC 61800-3 erfordert deshalb als Verbindungsleitung zwischen Umrichter und Motor zwingend eine geschirmte Leitung. Diese sollte bei größeren Leistungen im Leistungsbereich der SINAMICS Chassis- und Schrankgeräte möglichst als symmetrische 3-Leiter-Drehstromleitung aufgebaut sein.

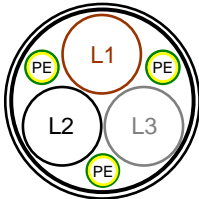
Ideal sind geschirmte Leitungen mit symmetrisch angeordneten Drehstromleitern L1, L2, L3 und einem integrierten, 3-adrigen, ebenfalls symmetrisch angeordneten PE-Leiter, wie z. B. die abgebildete Leitung PROTOFLEX EMV-FC 2XSLEY des Typs 2XSLEY-J 0,6/1 kV der Fa. Prysmian.



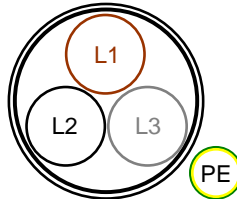
Geschirmte, symmetrisch aufgebaute Drehstromleitung mit 3-adrigem PE-Leiter

Alternativ können auch geschirmte Leitungen verwendet werden, die nur symmetrisch angeordnete Drehstromleiter L1, L2, L3 enthalten, wie z. B. 3-adrige Leitungen des Typs Protodur NYCWY. In diesem Fall ist der PE-Leiter getrennt in möglichst geringem Abstand parallel zur 3-adrigen Motorleitung zu verlegen.

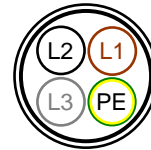
Bei kleineren Leistungen im Leistungsbereich der Booksize- und Blocksize-Geräte sowie im unteren Leistungsbereich der Chassis- und Schrankgeräte ist auch der Einsatz von geschirmten, unsymmetrischen, 4-adrigen Leitungen (L1, L2, L3 und PE) möglich, wie z. B. von Leistungsleitungen des Typs MOTION-CONNECT.



ideal symmetrische Drehstromleitung einschließlich PE-Leiter



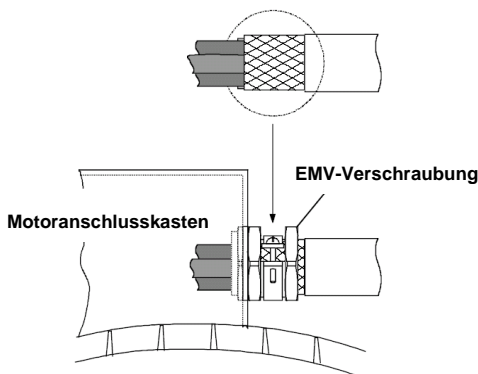
symmetrische Drehstromleitung mit separat verlegtem PE-Leiter



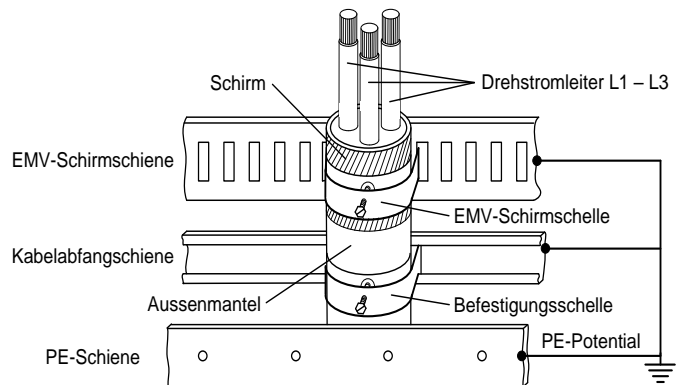
unsymmetrische Drehstromleitung einschließl. PE-Leiter

Geschirmte Drehstromleitungen mit konzentrisch angeordnetem Schirm

Eine gute Schirmauflage erhält man, wenn der Schirm am Anschlusskasten des Motors mit EMV-Verschraubungen großflächig kontaktiert wird und im Umrichter-Schrank eine großflächige Kontaktierung an der EMV-Schirmschiene mit EMV-Schirmschellen erfolgt. Ein alternativer Schirmanschluss an die PE-Schiene des Umrichters ausschließlich über längere geflochtene Zöpfe ist weniger empfehlenswert, insbesondere wenn die Zöpfe sehr lang sind, weil diese Art der Schirmauflage für die hochfrequenten Ströme einen relativ hohen Widerstand darstellt. Weitere zusätzliche Schirmauflagen zwischen Umrichter und Motor, z. B. in Zwischenklemmenkästen, sind unbedingt zu vermeiden, da sonst der Schirm seine Aufgabe, die Störströme im Antriebssystem zu halten, nur sehr eingeschränkt erfüllen kann.



Schirmkontaktierung am Motoranschlusskasten mit einer EMV-Verschraubung (PG-Verschraubung)



Schirmkontaktierung im Umrichter an der EMV-Schirmschiene mit einer EMV-Schirmschelle

Die geschirmte Leitung mit dem beidseitig gut aufgelegten Schirm gewährleistet einen guten Rückfluss der Störströme zum Schrankgerät.

Innerhalb des Schrankgerätes muss das Gehäuse des Einbaugerätes, welches das standardmäßige Netzfilter für die Kategorie C3 enthält, möglichst niederinduktiv mit der PE-Schiene und der EMV-Schirmschiene verbunden sein. Die Anbindung kann großflächig über die metallische Konstruktion des Schrankgerätes erfolgen, wobei die Kontaktflächen metallisch blank sein müssen und einen Mindestquerschnitt von mehreren cm^2 je Kontaktstelle aufweisen müssen. Alternativ kann diese Verbindung mit kurzen Erdungsleitungen größeren Querschnitts ($\geq 95 \text{ mm}^2$) erfolgen, die eine niedrige Impedanz über einen weiten Frequenzbereich aufweisen, wie z. B. feindrähtige geflochtene Kupfer-Rundleitungen oder feindrähtige geflochtene Kupferflachbänder.

Dieselben Regeln gelten auch für die Anbindung des optionalen Netzfilters der Kategorie C2 an die PE-Schiene und die EMV-Schirmschiene.

Das optionale Netzfilter ist grundsätzlich immer in Kombination mit einer Netzdrossel einzusetzen, weil sonst nicht die volle Filterwirkung erreicht wird.

Käme anstatt einer geschirmten Motorleitung eine ungeschirmte zur Verwendung, so könnten die hochfrequenten Ableitströme über die Motorleitungskapazitäten nicht auf direktem Wege zurück zum Schrankgerät fließen. Sie müssten zur Kabelpritsche und damit zur Anlagenerde fließen. Von dort aus würden sie auf undefinierten Wegen weiterfließen zum Sternpunkt des Transformators und schließlich über die drei Leiter des Drehstromnetzes zurück zum Umrichter. Das Netzfilter wäre umgangen und damit weitestgehend wirkungslos, so dass der Störpegel nur noch der Kategorie C4 entsprechen würde.

Die Kategorie C4 ist in komplexen Anlagen mit Nennströmen $\geq 400 \text{ A}$ in industrieller Umgebung sowie in IT-Netzen (siehe folgenden Abschnitt) gemäß IEC 61800-3 durchaus zulässig. In diesem Fall müssen Anlagenhersteller und Anlagenbetreiber einen EMV-Plan, d. h. individuelle, anlagenspezifische Maßnahmen vereinbaren, um die EMV sicherzustellen. Hierzu gehören z. B. die durchgängige Verwendung sehr störfester Komponenten, wozu die SINAMICS-Geräte und ihre Systemkomponenten gehören, und die strikte räumliche Trennung von Störquellen und Störsenken, wie z. B. die konsequente getrennte Verlegung von Leistungs- und Signalleitungen. Unter den genannten Randbedingungen ist aus EMV-Gründen der Einsatz geschirmter Motorleitungen nicht mehr zwingend erforderlich, aber ihr Einsatz wird zur Reduktion der Lagerströme im Motor dennoch empfohlen, wenn umrichterseitig keine Motordrosseln oder Motorfilter eingesetzt werden.

Prinzipiell lassen sich auch mit ungeschirmten Motorleitungen die leitungsgebundenen Störaussendungen auf die niedrigen Werte der Kategorie C3 gemäß IEC 61800-3 reduzieren. Dies setzt allerdings sehr aufwändige Filtermaßnahmen am Wechselrichter Ausgang voraus, die die Spannungssteilheiten und damit die Störströme sehr stark reduzieren. Wegen des hinsichtlich des Volumens und der Kosten hohen Filteraufwandes am Wechselrichter Ausgang und wegen des negativen Einflusses der Filter auf die Regelungsdynamik und -genauigkeit des Antriebs stellt diese Vorgehensweise in der Praxis in aller Regel keine sinnvolle Alternative zur Verwendung geschirmter Motorleitungen dar, wenn die Grenzwerte der Kategorie C3 oder gar der Kategorie C2 einzuhalten sind.

Netzfilter und IT-Netze

Sowohl die standardmäßigen Netzfilter für die Kategorie C3 als auch die optionalen Netzfilter für die Kategorie C2 sind nur für den Einsatz in geerdeten Netzen (TN- oder TT-Netze mit geerdetem Sternpunkt) geeignet. Werden SINAMICS-Geräte an einem ungeerdeten IT-Netz betrieben, so ist folgendes zu beachten:

- Bei den standardmäßigen Netzfiltern muss bei der Installation bzw. der Inbetriebnahme der Geräte die Verbindung des Filters zur Erde unterbrochen werden. Dies geschieht durch einfaches Entfernen eines Metallbügels gemäß Betriebsanleitung.
- Optionale Netzfilter für die Kategorie C2 dürfen nicht verwendet werden.

Wird dies nicht beachtet, so werden die Netzfilter im Falle eines motorseitigen Erdschlusses überlastet und zerstört. Nach dem Entfernen der Erdverbindung des standardmäßigen Funk-Entstörfilters entsprechen die Geräte in der Regel nur noch der Kategorie C4 gemäß der EMV-Produktnorm IEC 61800-3 (Erläuterungen hierzu siehe vorherige Seite).

1.6 SINAMICS Infeeds (Einspeisestromrichter) und ihre Eigenschaften

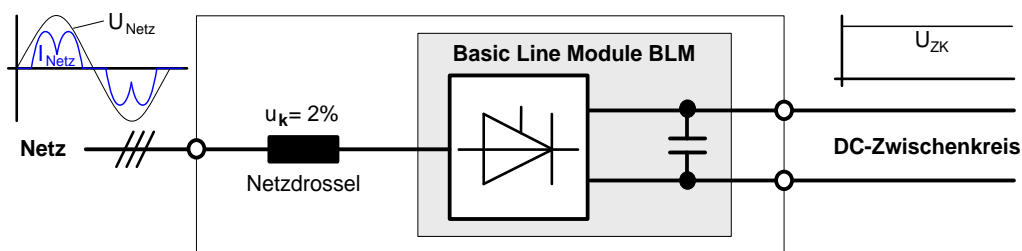
SINAMICS Infeeds erzeugen aus der speisenden Netzspannung des 3-phasigen Drehstromsystems eine Gleichspannung (Zwischenkreisspannung U_{ZK}), die durch die Zwischenkreiskondensatoren geglättet wird. Sie sind integraler Bestandteil der Umrichter-Geräte SINAMICS G130, G150 und S150 und stehen als eigenständige Komponenten im Rahmen des modularen Antriebssystems SINAMICS S120 in den Bauformen Chassis und Cabinet Modules für Zweiquadrant-Betrieb (Basic Infeed) und für Vierquadrant-Betrieb (Smart Infeed und Active Infeed) zur Verfügung.

1.6.1 Basic Infeed

Das Basic Infeed ist eine robuste, unregelte Einspeisung für Zweiquadrant-Betrieb, d. h. der Energiefluss erfolgt stets vom Netz zum Zwischenkreis. Eine Rückspeisung von Energie vom Zwischenkreis ins Netz ist grundsätzlich nicht möglich. Fällt antriebsseitig kurzfristig generatorische Energie an, z. B. beim Abbremsen, so muss diese über ein am Zwischenkreis angeschlossenes Braking Module und einen Bremswiderstand in Wärme umgesetzt werden.

Das Basic Infeed besteht aus einer netzgeführten, 6-pulsigen Drehstrom-Brückenschaltung, die mit Thyristoren oder Dioden bestückt ist. Auf der Netzseite wird in der Regel eine Netzdrossel mit einer relativen Kurzschlussspannung von 2 % vorgeschaltet. Details hierzu sind im Abschnitt „Netzdrosseln“ sowie in den gerätespezifischen Kapiteln beschrieben.

Das Basic Infeed ist integraler Bestandteil der Leistungsteile der Einbaugeräte SINAMICS G130 (Thyristorbestückung) sowie der Schrankgeräte SINAMICS G150 (Thyristorbestückung bis zu Typleistungen ≤ 2150 kW und Diodenbestückung bei höheren Typleistungen). Es steht auch als eigenständige Einspeisung im modularen System SINAMICS S120 in den Bauformen Chassis und Cabinet Modules zur Verfügung (Thyristorbestückung bei kleineren Leistungen und Diodenbestückung bei 900 kW / 400 V und 1500 kW / 500 V-690 V).



SINAMICS S120 Basic Infeed bestehend aus einem Basic Line Module mit Thyristoren und einer Netzdrossel mit $u_k = 2\%$

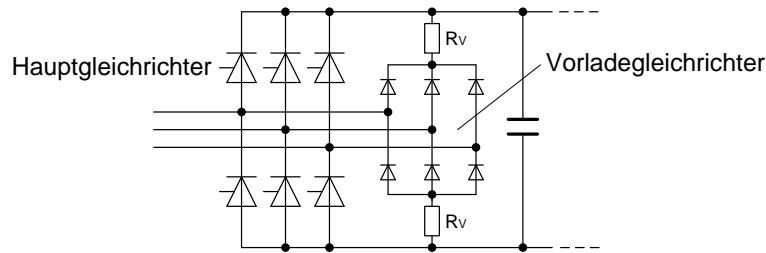
Das Basic Infeed ist eine netzgeführte Einspeisung und erzeugt aus der dreiphasigen Netzspannung U_{Netz} eine unregelte, belastungsabhängige Zwischenkreisspannung U_{ZK} . Im Leerlauf wird der Zwischenkreis auf den Scheitelwert der Netzspannung aufgeladen, d. h. auf $U_{ZK} = 1,41 \cdot U_{\text{Netz}}$. Bei Belastung sinkt die Zwischenkreisspannung ab. Im Teillastbereich stellt sich $U_{ZK} \approx 1,35 \cdot U_{\text{Netz}}$ ein und bei voller Belastung ergibt sich

$$U_{ZK} \approx 1,32 \cdot U_{\text{Netz}}$$

Da die Zwischenkreisspannung nicht geregelt wird, führen Schwankungen der Netzspannung zu entsprechenden Schwankungen der Zwischenkreisspannung.

Die Vorladung des angeschlossenen Zwischenkreises erfolgt bei den verschiedenen Gerätevarianten auf sehr unterschiedliche Art und Weise:

Bei den Umrichtern SINAMICS G130 und G150, die das Basic Infeed als integralen Bestandteil ihrer Leistungsteile enthalten, ist dem mit Thyristoren bestückten Hauptgleichrichter ein kleiner mit Dioden bestückter Vorladegleichrichter parallelgeschaltet (Ausnahmen: G150-Parallelschaltungen im Leistungsbereich von 1750 kW – 2700 kW. Nähere Informationen zu diesen Geräten sind im Kapitel „Projektierung der Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS G150“ zu finden). Wenn diese Anordnung netzseitig an Spannung gelegt wird, lädt sich der Zwischenkreis über den Vorladegleichrichter und die zugehörigen Vorladewiderstände auf. Der Hauptgleichrichter ist während dieser Zeit gesperrt, d. h. die Thyristoren werden nicht angesteuert. Sobald der Zwischenkreis aufgeladen ist, werden die Thyristoren des Hauptgleichrichters angesteuert, und zwar so, dass die Thyristoren zum frühest möglichen Zeitpunkt zünden. Somit verhält sich der Thyristorgleichrichter im Betrieb quasi wie ein Diodengleichrichter. Der betriebsmäßige Strom fließt praktisch vollständig über den Hauptgleichrichter, da er hier einen wesentlich geringeren Widerstand vorfindet als über den parallelgeschalteten Vorladegleichrichter mit seinen Vorladewiderständen.

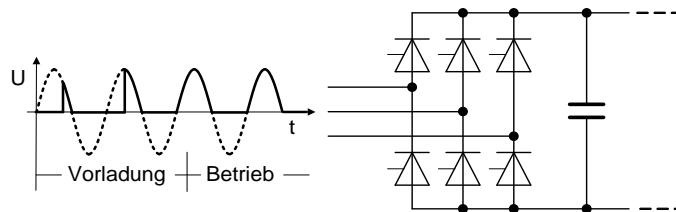


Vorladung bei Umrichtern G130 und G150 über einen separaten Vorladegleichrichter und Vorladewiderstände

Aufgrund des Vorladeprinzips über ohmsche Widerstände erfolgt die Vorladung verlustbehaftet, wobei die Vorladewiderstände thermisch so ausgelegt sind, dass sie den Zwischenkreis ihres Umrichters G130 bzw. G150 vorladen können, ohne überlastet zu werden. Zusätzliche Zwischenkreiskapazitäten können nicht vorgeladen werden. Daher ist es nicht gestattet, an den Zwischenkreis eines Umrichters SINAMICS G130 oder G150 z. B. noch weitere S120 Motor Modules anzuschließen oder mehrere Umrichter G130 / G150 am Zwischenkreis miteinander zu verbinden. Eine vollständige Vorladung des DC-Zwischenkreises ist maximal alle 3 Minuten zulässig.

Bei den Basic Line Modules des modularen Systems SINAMICS S120 mit Thyristorbestückung erfolgt die Vorladung des Zwischenkreises über die Gleichrichterthyristoren durch Verändern des Steuerwinkels (Phasenanschnittsteuerung). Der Steuerwinkel wird dabei innerhalb 1 s kontinuierlich bis zur Vollaussteuerung erhöht. Dieses Vorladeprinzip arbeitet nahezu verlustlos, so dass mit Blick auf die Vorladung eine extrem hohe Zwischenkreiskapazität vorgeladen werden könnte. Die zulässige Zwischenkreiskapazität des angeschlossenen Antriebsverbandes muss jedoch begrenzt werden, um die Thyristoren bei der Spannungswiederkehr nach Netzspannungseinbrüchen vor einem zu hohen Nachladestrom in die Zwischenkreiskondensatoren zu schützen. Wegen der Verwendung robuster Netzthyristoren liegt die Grenze der zulässigen Zwischenkreiskapazität aber bei relativ hohen Werten.

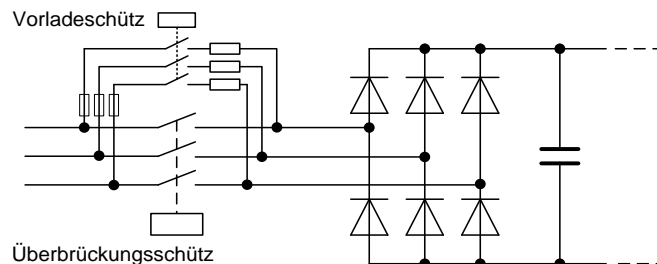
Die für die jeweiligen S120 Basic Line Modules maximal zulässige Zwischenkreiskapazität ist dem Kapitel „Projektierung der SINAMICS S120“, Abschnitt „Überprüfung der maximalen Zwischenkreiskapazität“ zu entnehmen.



Vorladung bei S120 Basic Line Modules mit Thyristorbestückung über Phasenanschnittsteuerung der Thyristoren

Bei den Basic Line Modules des modularen Systems SINAMICS S120 mit Diodenbestückung erfolgt die Vorladung verlustbehaftet über Widerstände. Zur Vorladung des Zwischenkreises wird der Gleichrichter netzseitig über ein Vorladeschütz und Vorladewiderstände mit dem speisenden Netz verbunden. Nach beendeter Vorladung wird das Überbrückungsschütz geschlossen und das Vorladeschütz wieder geöffnet. Aufgrund der bei der Vorladung auftretenden Verlustleistung in den Widerständen ist eine vollständige Vorladung des DC-Zwischenkreises maximal alle 3 Minuten erlaubt und die zulässige Zwischenkreiskapazität des angeschlossenen Antriebsverbandes ist auf geringere Werte begrenzt als bei den Basic Line Modules mit Thyristorbestückung.

Die für die jeweiligen S120 Basic Line Modules maximal zulässige Zwischenkreiskapazität ist dem Kapitel „Projektierung der SINAMICS S120“, Abschnitt „Überprüfung der maximalen Zwischenkreiskapazität“ zu entnehmen.



Vorladung bei S120 Basic Line Modules mit Diodenbestückung über Vorladeschütz und Vorladewiderstände

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Die Vorladeschaltung besteht aus Vorladeschütz und Vorladewiderständen sowie deren Absicherung.

Bei den S120 Basic Line Modules der Bauform Chassis (mit Diodenbestückung) ist die Vorladeschaltung einschließlich deren Absicherung anlagenseitig aufzubauen. Die hierzu empfohlenen Komponenten sind dem Kapitel „Projektierung der SINAMICS S120“, Abschnitt „Vorladung des Zwischenkreises und Vorladeströme“ zu entnehmen.

Bei den S120 Basic Line Modules der Bauform Cabinet Modules (mit Diodenbestückung) befindet sich die Vorladeschaltung einschließlich deren Absicherung immer innerhalb des Line Connection Modules LCM, welches dem Basic Line Module (mit Diodenbestückung) vorgeschaltet ist.

Das Überbrückungsschütz wird als Leistungsschalter ausgeführt.

Bei den S120 Basic Line Modules der Bauform Chassis (mit Diodenbestückung) ist das Überbrückungsschütz (Leistungsschalter) anlagenseitig aufzubauen.

Bei den S120 Basic Line Modules der Bauform Cabinet Modules (mit Diodenbestückung) befindet sich das Überbrückungsschütz (Leistungsschalter) immer innerhalb des Line Connection Modules LCM, welches dem Basic Line Module (mit Diodenbestückung) vorgeschaltet ist.

ACHTUNG:

Vorladeschütz und Überbrückungsschütz sind absolut zwingend durch die interne Ablaufsteuerung des S120 Basic Line Modules (mit Diodenbestückung) anzusteuern (Vorladeschütz über den Stecker -X9:5,6 und Überbrückungsschütz (Leistungsschalter) über den Stecker -X9:3,4). Das Öffnen des Leistungsschalters muss zwingend durch eine unverzögerte Auslösung erfolgen. Daher dürfen nur Leistungsschalter mit unverzögertem Unterspannungsauslöser eingesetzt werden.

Zur Leistungserhöhung können bis zu vier S120 Basic Line Modules parallelgeschaltet werden, wobei 6-pulsige und 12-pulsige Schaltungen möglich sind. Die Details sind im Abschnitt „Umrichter-Parallelschaltungen“ beschrieben.

Aufgrund der Funktionsweise der 6-pulsigen Drehstrom-Brückenschaltung treten beim Basic Infeed relativ starke Netzrückwirkungen auf. Der Netzstrom enthält hohe Oberschwingungsanteile mit den Ordnungszahlen $h = n \cdot 6 \pm 1$, wobei n ganzzahlige Werte 1, 2, 3, usw. annimmt. Der Gesamtverzerrungsfaktor des Stromes THD(I) liegt typischerweise im Bereich von ca. 30 % - 45 %. Nähere Angaben zum Oberschwingungsverhalten sind im Abschnitt „Netzrückwirkungen“ beschrieben. Zur Reduktion der Netzrückwirkungen können bei den Einbaugeräten G130 und den Schrankgeräten G150 netzseitig Line Harmonics Filter eingesetzt werden. Diese reduzieren den Gesamtverzerrungsfaktor THD(I) auf Werte unter 7,5 %. Eine ähnliche Reduktion lässt sich auch mit 12-pulsigen Schaltungen erreichen, wenn man zwei Basic Line Modules über einen Dreiwicklungstransformator speist, dessen Spannungen um 30 ° gegeneinander phasenverschoben sind.

Die Kriterien zur Festlegung der erforderlichen Transformatorleistung unter Berücksichtigung der Oberschwingungsbelastung sowie die erforderlichen Eigenschaften von Dreiwicklungstransformatoren für 12-pulsigen Betrieb sind im Abschnitt „Transformatoren“ beschrieben.

Hinweis:

Basic Infeeds sollten möglichst nicht zusammen mit DC-Antrieben an einem Netz betrieben werden, weil DC-Antriebe starke Kommutierungseinbrüche in der Netzspannung verursachen. Dadurch kann der zuverlässige Betrieb des Basic Infeeds negativ beeinflusst werden. Dies gilt insbesondere für Basic Infeeds mit Thyristorbestückung.

1.6.2 Smart Infeed

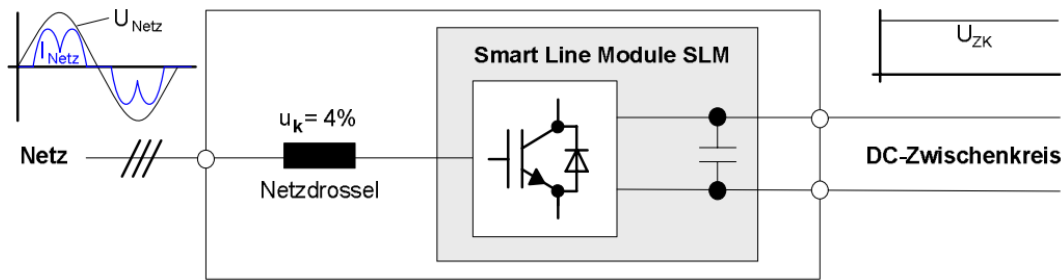
Das Smart Infeed ist eine kipp sichere, unregelte Ein- / Rückspeisung für Vierquadrant-Betrieb, d. h. der Energiefluss kann sowohl vom Netz zum Zwischenkreis als auch in umgekehrter Richtung erfolgen. Die in den Katalogen angegebenen Ströme stehen sowohl im Einspeise- als auch im Rückspeisebetrieb in voller Höhe zur Verfügung.

Das Smart Infeed besteht aus einem IGBT-Wechselrichter, der am Netz betrieben und netzsynchron getaktet wird. Ein Pulsen der IGBTs wie beim Active Infeed findet nicht statt. Im Einspeisebetrieb fließt der Strom über die in den IGBT-Modulen integrierten Dioden, so dass in Einspeiserichtung eine netzgeführte, 6-pulsige Drehstrom-Brückenschaltung aus Dioden vorliegt. Im Rückspeisebetrieb fließt der Strom über die IGBTs, die netzfrequent getaktet werden. Damit liegt in Rückspeiserichtung eine netzgeführte, 6-pulsige Drehstrom-Brückenschaltung aus IGBTs vor.

Da die IGBTs – im Gegensatz zu Thyristoren - jederzeit abschaltbar sind, kommt es bei Netzausfällen während des Rückspeisens nicht zu Kommutierungskurzschlüssen und somit nicht zum Wechselrichterkippen wie bei Ein- / Rückspeiseeinheiten mit antiparallelen Thyristorbrücken.

Auf der Netzseite besitzt das Smart Infeed in der Regel eine Netzdrossel mit einer relativen Kurzschlussspannung von $u_k = 4 \%$.

Das Smart Infeed steht als eigenständige Einspeisung im modularen System SINAMICS S120 in den Bauformen Chassis und Cabinet Modules zur Verfügung.



SINAMICS S120 Smart Infeed bestehend aus einem Smart Line Module und einer Netzdrossel mit $u_k = 4\%$

Die IGBTs für die generatorische Richtung des Smart Infeed werden unabhängig von der Richtung des aktuellen Energieflusses stets zum natürlichen Zündzeitpunkt gezündet und nach 120° (elektr.) wieder ausgeschaltet. Hierdurch ist jederzeit ein Strom- bzw. Energiefluss vom Netz zum Zwischenkreis oder umgekehrt möglich. Die Richtung des aktuellen Strom- bzw. Energieflusses wird nur durch die Spannungsverhältnisse zwischen Netz und Zwischenkreis bestimmt. Im stationären motorischen Betrieb ist die aktuelle Zwischenkreisspannung während der möglichen Stromflussphase stets kleiner als die aktuelle Netzspannung, so dass der Strom über die Dioden vom Netz zum Zwischenkreis fließt. Im stationären generatorischen Betrieb ist die aktuelle Zwischenkreisspannung während der möglichen Stromflussphase stets größer als die aktuelle Netzspannung, so dass der Strom über die IGBTs vom Zwischenkreis zum Netz fließt. Dieses Steuerungsprinzip bietet den Vorteil, dass das Smart Infeed relativ dynamisch auf Lastwechsel reagieren und jederzeit ohne Verzögerung die Strom- bzw. Energierichtung wechseln kann.

Das beschriebene Steuerungsprinzip bringt es jedoch mit sich, dass im Leerlauf ein Oberschwingungs-Blindstrom auf der Netzseite fließt. Ursache ist die sich sinusförmig ändernde Netzspannung, der im Leerlauf eine nahezu ideal geglättete Gleichspannung im Zwischenkreis gegenüber steht. Dadurch fließt unmittelbar nach der Zündung eines IGBTs kurzfristig Strom vom Zwischenkreis ins Netz, weil zu diesem Zeitpunkt die Netzspannung noch etwas kleiner ist als die Zwischenkreisspannung. Erreicht die Netzspannung dann ihren Scheitelwert, so drehen sich die Spannungsverhältnisse und damit die Stromrichtung um. Der hierdurch fließende Blindstrom nimmt mit zunehmender Belastung des Smart Infeed ab und ist bei Volllast nicht mehr vorhanden.

Der Blindstrom im Leerlauf kann durch das Sperren der generatorischen Richtung verhindert werden (Parameter p3533: Einspeisung generatorischen Betrieb sperren).

Die Sperrung der generatorischen Richtung kann zur Erhöhung der Robustheit des Betriebsverhaltens auch während des motorischen Betriebs sinnvoll sein, wenn eine oder mehrere der folgenden Bedingungen vorliegen:

- Betrieb des Smart Infeed an einem schwachen, instabilen Netz mit häufigen Netzspannungseinbrüchen.
- Betrieb des Smart Infeed mit einem DC-Verband mit sehr großer Zwischenkreiskapazität C_{ZK} .
- 12-pulsiger Betrieb des Smart Infeed an einem Dreiwicklungstransformator.
- Mischbetrieb des Smart Infeed mit einem Basic Infeed.

Sperrung und Freigabe des generatorischen Betriebs können z. B. durch die überlagerte Automatisierung erfolgen, wenn durch die Prozesssteuerung eindeutig festgelegt ist, in welchen Prozessschritten ein generatorischer Betrieb auftreten kann.

Da das Smart Infeed eine netzgeführte Einspeisung ist, erzeugt es aus der dreiphasigen Netzspannung U_{Netz} eine unregelmäßige, belastungsabhängige Zwischenkreisspannung U_{ZK} .

Im motorischen Betrieb sinkt die Zwischenkreisspannung etwas stärker ab als beim Basic Infeed, da der Spannungsabfall an der 4 %-Drossel des Smart Infeed größer ist als an der 2 %-Drossel des Basic Infeed. Im motorischen Teillastbereich stellt sich $U_{ZK} \approx 1,32 \cdot U_{\text{Netz}}$ ein und bei motorischer Volllast ergibt sich

$$U_{ZK} \approx 1,30 \cdot U_{\text{Netz}} \text{ (motorisch).}$$

Im generatorischen Betrieb steigt die Zwischenkreisspannung gegenüber dem motorischen Betrieb an, da sich die Stromflussrichtung umdreht und damit auch der Spannungsabfall an der 4 %-Drossel. Im generatorischen Teillastbereich stellt sich $U_{ZK} \approx 1,38 \cdot U_{\text{Netz}}$ ein und bei generatorischer Volllast ergibt sich

$$U_{ZK} \approx 1,40 \cdot U_{\text{Netz}} \text{ (generatorisch).}$$

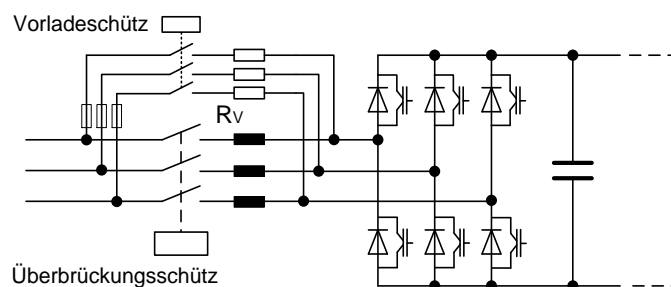
Da die Zwischenkreisspannung nicht geregelt wird, führen sowohl Schwankungen der Netzspannung als auch Änderungen des Betriebszustandes (motorisch/generatorisch) zu entsprechenden Schwankungen der Zwischenkreisspannung.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Bei S120 Smart Line Modules erfolgt die Vorladung des angeschlossenen Zwischenkreises verlustbehaftet über Widerstände. Zur Vorladung des Zwischenkreises wird das Smart Line Module netzseitig über ein Vorladeschütz und Vorladewiderstände mit dem speisenden Netz verbunden. Nach beendeter Vorladung wird das Überbrückungsschütz geschlossen und das Vorladeschütz wieder geöffnet. Vorlade- und Hauptstromkreis müssen absolut zwingend dieselbe Phasenfolge aufweisen, weil sonst während der kurzfristigen Überlappungsphase, in der beide Schütze gleichzeitig angezogen sind, die Vorladewiderstände überlastet und zerstört werden können. Aufgrund der bei der Vorladung auftretenden Verlustleistung in den Widerständen ist eine vollständige Vorladung des DC-Zwischenkreises maximal alle 3 Minuten erlaubt und die zulässige Zwischenkreiskapazität des angeschlossenen Antriebsverbandes ist auf relativ geringe Werte begrenzt. Diese Begrenzung ist jedoch nicht nur wegen der Vorladungsverluste erforderlich, sondern auch um die Dioden in den IGBT-Modulen bei der Spannungswiederkehr nach Netzspannungseinbrüchen vor einem zu hohen Nachladestrom in die Zwischenkreiskondensatoren zu schützen.

Die für die jeweiligen S120 Smart Line Modules maximal zulässige Zwischenkreiskapazität ist dem Kapitel „Projektierung der SINAMICS S120“, Abschnitt „Überprüfung der maximalen Zwischenkreiskapazität“ zu entnehmen.



Vorladung bei S120 Smart Line Modules über Vorladeschütz und Vorladewiderstände

Die Vorladeschaltung besteht aus Vorladeschütz und Vorladewiderständen und ist integraler Bestandteil der S120 Smart Line Modules, so dass nur noch die Absicherung der Vorladeschaltung außerhalb des S120 Smart Line Modules erfolgen muss.

Bei den S120 Smart Line Modules der Bauform Chassis ist die Absicherung der Vorladeschaltung anlagenseitig aufzubauen. Die hierzu empfohlenen Sicherungen sind dem Kapitel „Projektierung der SINAMICS S120“, Abschnitt „Vorladung des Zwischenkreises und Vorladeströme“ zu entnehmen.

Bei den S120 Smart Line Modules der Bauform Cabinet Modules erfolgt die Absicherung der Vorladeschaltung immer mit Sicherungen innerhalb des Line Connection Modules LCM, welches dem Smart Line Module vorgeschaltet ist.

Das Überbrückungsschütz, welches leistungsabhängig als Schütz oder Leistungsschalter ausgeführt sein kann, befindet sich immer außerhalb des S120 Smart Line Modules.

Bei den S120 Smart Line Modules der Bauform Chassis ist das Überbrückungsschütz anlagenseitig aufzubauen.

Bei den S120 Smart Line Modules der Bauform Cabinet Modules befindet sich das Überbrückungsschütz (leistungsabhängig als Schütz oder Leistungsschalter) immer innerhalb des Line Connection Modules LCM, welches dem Smart Line Module vorgeschaltet ist.

ACHTUNG:

Vorladeschütz und Überbrückungsschütz sind absolut zwingend durch die interne Ablaufsteuerung des S120 Smart Line Modules anzusteuern (Vorladeschütz über die interne Verdrahtung und Überbrückungsschütz / Leistungsschalter über den Stecker -X9:3,4). Im Falle der Verwendung eines Leistungsschalters muss das Öffnen des Leistungsschalters zwingend durch eine unverzögerte Auslösung erfolgen. Daher dürfen nur Leistungsschalter mit unverzögertem Unterspannungsauslöser eingesetzt werden.

Zur Leistungserhöhung können bis zu vier S120 Smart Line Modules parallelgeschaltet werden, wobei 6-pulsige und 12-pulsige Schaltungen möglich sind. Die Details sind im Abschnitt „Umrichter-Parallelschaltungen“ beschrieben.

Aufgrund der Funktionsweise der 6-pulsigen Drehstrom-Brückenschaltung treten beim Smart Infeed relativ starke Netzrückwirkungen auf. Der Netzstrom enthält hohe Oberschwingungsanteile mit den Ordnungszahlen $h = n \cdot 6 \pm 1$, wobei n ganzzahlige Werte 1, 2, 3, usw. annimmt. Im Einspeisebetrieb entstehen genau dieselben Stromoberschwingungen mit derselben spektralen Verteilung wie beim Basic Infeed. Der Gesamtverzerrungsfaktor des Stromes THD(I) liegt typischerweise im Bereich von ca. 30 % - 45 %. Im Rückspeisebetrieb nimmt die 5. Stromoberschwingung deutlich ab, aber dafür steigen alle anderen etwas an, so dass der Gesamtverzerrungsfaktor THD(I) nur um wenige Prozent sinkt. Der Einsatz von Line Harmonics Filtern zur Reduktion der Netzrückwirkungen ist bei Smart Infeeds nicht

zulässig wegen der vom Einspeisebetrieb abweichenden spektralen Zusammensetzung der Stromoverschwingungen im Rückspeisebetrieb. Eine Reduktion des Gesamtverzerrungsfaktors THD(I) auf Werte von ca. 10 % lässt sich nur mit 12-pulsigen Schaltungen erreichen, wenn man zwei Smart Line Modules über einen Dreiwicklungstransformator speist, dessen Spannungen um 30 ° gegeneinander phasenverschoben sind.

Die Kriterien zur Festlegung der erforderlichen Transformatorleistung unter Berücksichtigung der Oberschwingungsbelastung sowie die erforderlichen Eigenschaften von Dreiwicklungstransformatoren für 12-pulsigen Betrieb sind im Abschnitt „Transformatoren“ beschrieben.

Hinweis:

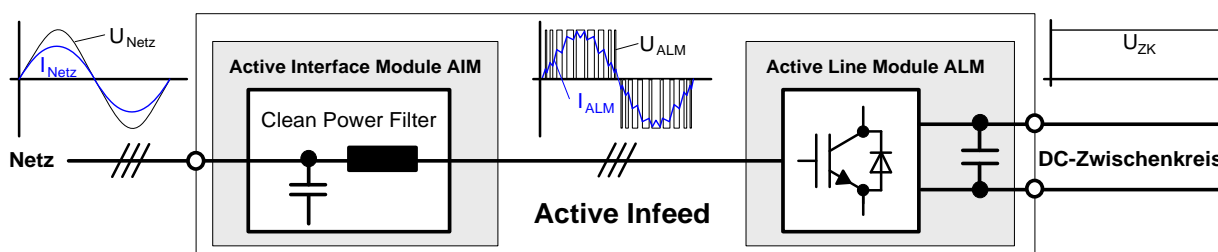
Smart Infeeds sollten möglichst nicht zusammen mit DC-Antrieben an einem Netz betrieben werden, weil DC-Antriebe starke Kommutierungseinbrüche in der Netzspannung verursachen. Dadurch kann der zuverlässige Betrieb des Smart Infeeds negativ beeinflusst werden.

1.6.3 Active Infeed

Das Active Infeed ist eine aktiv gepulste, kippsichere, geregelte Ein- / Rückspeisung für Vierquadrant-Betrieb, d. h. der Energiefluss kann sowohl vom Netz zum Zwischenkreis als auch in umgekehrter Richtung erfolgen. Die in den Katalogen angegebenen Ströme stehen sowohl im Einspeise- als auch im Rückspeisebetrieb in voller Höhe zur Verfügung.

Das Active Infeed besteht aus einem selbstgeführten IGBT-Wechselrichter (Active Line Module ALM), der über das Clean Power Filter (Active Interface Module) am Netz betrieben wird. Das Active Line Module arbeitet nach dem Verfahren der Pulsweitenmodulation und erzeugt aus der dreiphasigen Netzspannung U_{Netz} eine konstante, geregelte Zwischenkreisspannung U_{ZK} . Das zwischen Active Line Module und Netz angeordnete Clean Power Filter filtert aus der pulswertenmodulierten Spannung U_{ALM} des Active Line Modules die Oberschwingungen weitestgehend heraus und sorgt netzseitig für eine nahezu sinusförmige Stromaufnahme und somit für sehr geringe Netzurückwirkungen.

Das Active Infeed ist die hochwertigste Einspeisevariante bei SINAMICS. Es ist integraler Bestandteil der Schrankgeräte SINAMICS S150 und steht als eigenständige Einspeisung im modularen System SINAMICS S120 in den Bauformen Chassis und Cabinet Modules zur Verfügung.



SINAMICS S120 Active Infeed bestehend aus einem Active Interface Module und einem Active Line Module

Das Active Infeed ist eine selbstgeführte Einspeisung und erzeugt aus der dreiphasigen Netzspannung U_{Netz} eine geregelte Zwischenkreisspannung U_{ZK} , die unabhängig von Netzspannungsschwankungen und kurzzeitigen Netzspannungseinbrüchen konstant gehalten wird. Es arbeitet als Hochsetzsteller, d. h., die Zwischenkreisspannung liegt immer höher als der Scheitelwert der Netzspannung ($U_{\text{ZK}} > 1,41 \cdot U_{\text{Netz}}$). Der Wert ist parametrierbar (1,42 bis 2) und beträgt in der Werkseinstellung

$$U_{\text{ZK}} = 1,50 \cdot U_{\text{Netz}}$$

Dieser Wert sollte nicht ohne zwingende Gründe verändert werden. Eine Verringerung geht tendenziell zu Lasten der Regelungsgüte. Eine Vergrößerung führt zu einem Anstieg der Netzurückwirkungen und einer erhöhten Spannungsbelastung von Wechselrichter und Motorwicklung. Wenn eine ausreichende Spannungsfestigkeit der Motorwicklung vorliegt (siehe Abschnitt „Erhöhte Spannungsbelastungen der Motorwicklung durch lange Leitungen“), kann die Zwischenkreisspannung über die Werkseinstellung hinaus auf die in der Tabelle angegebenen Werte $U_{\text{ZK max}}$ angehoben werden. Damit lässt sich am Ausgang der an das Active Infeed angeschlossenen Wechselrichter bzw. Motor Modules eine Spannung erreichen, die höher liegt als die Netzspannung. Die Tabelle zeigt die maximal erreichbare Ausgangsspannung am Wechselrichter in Abhängigkeit von der Zwischenkreisspannung und dem verwendeten Modulationssystem bei Vektorregelung (Raumzeigermodulation ohne Übersteuerung bzw. Flankenmodulation).

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Netzanschlussspannung U_{Netz}	Maximal zulässige Zwischenkreisspannung im Dauerbetrieb $U_{\text{ZK max}}$	Maximal erreichbare Ausgangsspannung mit Raumzeigermodulation $U_{\text{Aus max RZM}}$	Maximal erreichbare Ausgangsspannung mit Flankenmodulation $U_{\text{Aus max FLM}}$
Geräte mit 3AC 380 V – 480 V	720 V	504 V	533 V
Geräte mit 3AC 500 V – 690 V bei Betrieb an Netzspannungen 3AC 500 V – 600 V	1000 V bei $U_{\text{Netz}} = 500 \text{ V}$ 1080 V bei $U_{\text{Netz}} = 600 \text{ V}$	700 V bei $U_{\text{Netz}} = 500 \text{ V}$ 756 V bei $U_{\text{Netz}} = 600 \text{ V}$	740 V bei $U_{\text{Netz}} = 500 \text{ V}$ 800 V bei $U_{\text{Netz}} = 600 \text{ V}$
3AC 660 V – 690 V	1080 V	756 V	800 V

SINAMICS Active Infeed: Maximale, dauerhaft zulässige Zwischenkreisspannungen und erreichbare Ausgangsspannungen

Da die Höhe der Zwischenkreisspannung parametrierbar ist und der Zwischenkreisstrom von dieser Parametrierung abhängt, ist der Zwischenkreisstrom als Kriterium zur Dimensionierung des erforderlichen Active Infeeds nicht geeignet. Deshalb sollte zur Dimensionierung des Active Infeed stets die Leistungsbilanz des Antriebes herangezogen werden.

Dazu muss zunächst die aufzubringende mechanische Leistung P_{mech} an der Motorwelle bekannt sein. Ausgehend von dieser Wellenleistung erhält man die dem Netz zu entnehmende elektrische Wirkleistung P_{Netz} , indem man zur mechanischen Leistung P_{mech} die Verlustleistung des Motors $P_{\text{V Mot}}$, die Verlustleistung des Motor Modules $P_{\text{V MoMo}}$ und die Verlustleistung des Active Infeed $P_{\text{V AI}}$ hinzu addiert

$$P_{\text{Netz}} = P_{\text{mech}} + P_{\text{V Mot}} + P_{\text{V MoMo}} + P_{\text{V AI}} .$$

Anstelle der Verlustleistungen können auch die Wirkungsgrade von Motor (η_{Mot}), Motormodule (η_{MoMo}) und Active Infeed (η_{AI}) verwendet werden

$$P_{\text{Netz}} = P_{\text{mech}} / (\eta_{\text{Mot}} \cdot \eta_{\text{MoMo}} \cdot \eta_{\text{AI}}) .$$

Diese dem Netz zu entnehmende Wirkleistung ist abhängig von der Netzspannung U_{Netz} , dem Netzstrom I_{Netz} und dem netzseitigen Leistungsfaktor $\cos\varphi_{\text{Netz}}$ gemäß der Beziehung

$$P_{\text{Netz}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{Netz}} \cdot I_{\text{Netz}} \cdot \cos\varphi_{\text{Netz}} .$$

Hieraus berechnet sich der erforderliche Netzstrom I_{Netz} des Active Infeed zu

$$I_{\text{Netz}} = P_{\text{Netz}} / (\sqrt{3} \cdot U_{\text{Netz}} \cdot \cos\varphi_{\text{Netz}}) .$$

Wird das Active Infeed gemäß der Werkseinstellung mit einem netzseitigen Leistungsfaktor $\cos\varphi_{\text{Netz}} = 1$ betrieben, so dass es dem Netz nur reine Wirkleistung entnimmt, so vereinfacht sich die Formel zu

$$I_{\text{Netz}} = P_{\text{Netz}} / (\sqrt{3} \cdot U_{\text{Netz}}) .$$

Das Active Infeed ist nun so auszuwählen, dass der zulässige Netzstrom des Active Infeed größer oder gleich dem erforderlichen Wert I_{Netz} ist.

Beim Betrieb mit einem netzseitigen Leistungsfaktor $\cos\varphi_{\text{Netz}} = 1$ stellt sich in der Regel ein Netzstrom ein, der geringer als der Motorstrom ist. Das liegt darin begründet, dass der Motor typischerweise einen Leistungsfaktor $\cos\varphi_{\text{Mot}} \leq 0,9$ aufweist und somit einen relativ hohen Blindstrom benötigt. Dieser wird jedoch aus den Zwischenkreiskondensatoren bezogen und nicht aus dem Netz, wodurch der Netzstrom geringer als der Motorstrom ist.

Aufgrund des Betriebes als Hochsetzsteller kann das Active Infeed die Zwischenkreisspannung auch bei starken Netzspannungsschwankungen und -einbrüchen konstant halten. Wenn der Antriebsverband Netzspannungseinbrüche von mehr als 15 % ohne Störabschaltung tolerieren soll, sind folgende Punkte zu beachten:

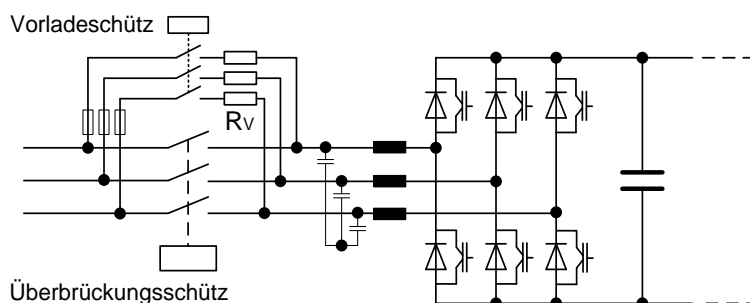
- Die internen Hilfsbetriebe müssen aus einem sicheren externen Netz mit 230 V gespeist werden (z. B. über eine unterbrechungsfreie Stromversorgung USV).
- Die netzseitige Unterspannungs-Abschaltswelle muss entsprechend niedrig parametrieren werden.
- Das Active Infeed muss im Normalbetrieb Stromreserven bereithalten, damit die während des Netzspannungseinbruchs aufgrund der niedrigen Spannung absinkende Ein- bzw. Rückspeiseleistung durch einen erhöhten Strom kompensiert werden kann.

Nähere Angaben sind im Abschnitt „Netze und Netzformen“ Unterabschnitt „Verhalten der SINAMICS-Geräte bei Netzspannungsschwankungen und -einbrüchen“ zu finden.

Die Vorladung des angeschlossenen Zwischenkreises erfolgt bei Umrichtern S150 und bei S120 Active Infeeds verlustbehaftet über Widerstände in den Active Interface Modules. Zur Vorladung des Zwischenkreises wird das Active Interface Module mit zugehörigem Active Line Module netzseitig über ein Vorladeschütz und Vorladewiderstände mit dem speisenden Netz verbunden. Nach beendeter Vorladung wird das Überbrückungsschütz geschlossen und das Vorladeschütz 500 ms später wieder geöffnet.

Die kurzzeitige Überlappung von Vorlade- und Überbrückungsschütz ist beim Active Infeed zwingend erforderlich, weil das Vorladeschütz nicht nur die Zwischenkreiskondensatoren vorlädt, sondern auch die Filterkondensatoren des Clean Power Filters im Active Interface Module. Die Überlappung sorgt somit für einen stoßstromfreien Spannungsaufbau an den Filterkondensatoren. Damit eine ausreichende Überlappung stattfindet, darf die Einschaltzeit des Überbrückungsschützes maximal 500 ms betragen.

Außerdem ist es durch die Überlappung absolut zwingend erforderlich, dass Vorlade- und Hauptstromkreis dieselbe Phasenfolge aufweisen, weil sonst die Vorladewiderstände überlastet und zerstört werden können.



Vorladung bei Umrichtern S150 und bei S120 Active Infeeds über Vorladeschütz und Vorladewiderstände

Durch die bei der Vorladung auftretende Verlustleistung in den Widerständen ist eine vollständige Vorladung des DC-Zwischenkreises maximal alle 3 Minuten erlaubt und die zulässige Zwischenkreiskapazität des angeschlossenen Antriebsverbandes ist auf relativ geringe Werte begrenzt.

Die für die jeweiligen S120 Active Interface Modules / Active Line Modules maximal zulässige Zwischenkreiskapazität ist dem Kapitel „Projektierung der SINAMICS S120“, Abschnitt „Überprüfung der maximalen Zwischenkreiskapazität“ zu entnehmen.

Bei S120 Active Line Modules der Bauform Chassis mit zugehörigen Active Interface Modules der Baugrößen FI und GI sind die Vorladeschaltung (Vorladeschütz und Vorladewiderstände) sowie das Überbrückungsschütz Bestandteil des Active Interface Modules. Der Vorladezweig im Active Interface Module ist kurzschlussfest ausgeführt. Eine anlagenseitige Absicherung des Vorladezweiges ist hier nicht erforderlich.

Bei S120 Active Line Modules der Bauform Chassis mit zugehörigen Active Interface Modules der Baugrößen HI und JI ist das Überbrückungsschütz kein Bestandteil des Active Interface Modules. Das Überbrückungsschütz, welches leistungsabhängig als Schütz oder Leistungsschalter ausgeführt sein kann und eine maximale Einschaltzeit von 500 ms haben darf, ist hier anlagenseitig aufzubauen. Auch die Absicherung des Vorladezweiges ist hier anlagenseitig vorzunehmen. Die hierzu empfohlenen Sicherungen sind dem Kapitel „Projektierung der SINAMICS S120“, Abschnitt „Vorladung des Zwischenkreises und Vorladeströme“ zu entnehmen.

Bei S120 Active Line Modules mit zugehörigen Active Interface Modules der Bauform Cabinet Modules ist die Absicherung des Vorladezweiges entweder nicht erforderlich (kurzschlussfeste Ausführung in den Active Interface Modules der Baugrößen FI und GI) oder die Absicherung erfolgt immer mit Sicherungen innerhalb des Line Connection Modules, welches dem Active Line Module mit zugehörigem Active Interface Module vorgeschaltet ist.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

ACHTUNG:

Vorladeschütz und Überbrückungsschütz sind absolut zwingend durch die interne Ablaufsteuerung des S120 Active Line Modules anzusteuern (Vorladeschütz über Stecker -X9:5,6 und Überbrückungsschütz über Stecker -X9:3,4). Im Falle der Verwendung eines Leistungsschalters als Überbrückungsschütz muss das Öffnen des Leistungsschalters zwingend durch eine unverzögerte Auslösung erfolgen. Daher dürfen nur Leistungsschalter mit unverzögertem Unterspannungsauslöser eingesetzt werden.

Zur Leistungserhöhung können bis zu vier S120 Active Line Modules mit den zugehörigen Active Interface Modules parallelgeschaltet werden. Die Details sind im Abschnitt „Umrichter-Parallelschaltungen“ beschrieben.

Aufgrund des aktiv gepulsten Betriebes in Kombination mit dem netzseitigen Clean Power Filter treten beim Active Infeed nahezu keine Netzrückwirkungen auf. Der Netzstrom enthält nur sehr geringe Oberschwingungsanteile und damit treten auch in der Netzspannung kaum Oberschwingungen auf. Die überwiegende Anzahl der Strom- und Spannungsüberschwingungen liegt beim Active Infeed typischerweise deutlich unterhalb von 1 % des Bemessungsstromes bzw. der Bemessungsspannung. Die Gesamtverzerrungsfaktoren des Stromes THD(I) und der Spannung Leiter-Leiter THD(U) liegen bei Betrieb mit Nennstrom typischerweise im Bereich von ca. 3 %. Beim Einsatz selbstgeführter IGBT-Einspeisungen (S150, S120 Active Line Modules) werden die Grenzwerte der Norm IEEE 519:2014 (Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems) typischerweise eingehalten.

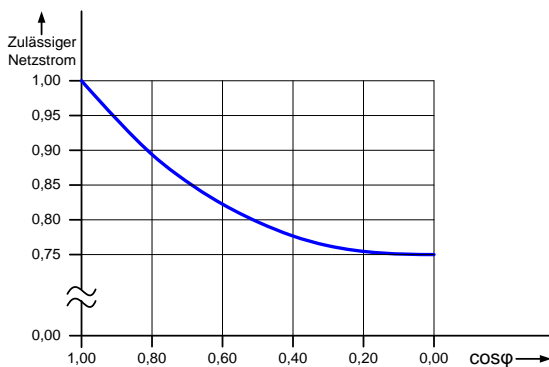
Die Kriterien zur Festlegung der erforderlichen Transformatorleistung unter Berücksichtigung der Oberschwingungsbelastung sind im Abschnitt „Transformatoren“ beschrieben.

Hinweis:

Active Infeeds sollten möglichst nicht zusammen mit DC-Antrieben an einem Netz betrieben werden, weil DC-Antriebe starke Kommutierungseinbrüche in der Netzspannung verursachen. Dadurch kann die Lebensdauer der Filterkondensatoren im Active Interface Module negativ beeinflusst werden.

Betrieb des Active Infeed mit einem netzseitigen Leistungsfaktor $\cos\phi < 1$

Wird das Active Infeed, dessen netzseitiger Blindstrom in der Firmware frei parametrierbar ist, mit einem Leistungsfaktor $\cos\phi < 1$ betrieben, so steigt die Verlustleistung im Active Line Module an. Daher muss der Netzstrom gemäß der folgenden Derating-Kennlinie reduziert werden.



Zulässiger Netzstrom des SINAMICS Active Infeed in Abhängigkeit vom netzseitigen Leistungsfaktor $\cos\phi$

Erzeugung eines Inselnetzes durch das Active Infeed

Das SINAMICS Active Infeed in der Standardausführung wurde konzipiert als Einspeisekomponente für SINAMICS Antriebssysteme und ist daher zwingend auf ein vorhandenes dreiphasiges Drehstromnetz angewiesen. Es erfasst über das im Active Interface Module AIM integrierte Voltage Sensing Module VSM die Spannung des speisenden Netzes nach Betrag und Phasenlage, synchronisiert sich auf die vorhandene Netzspannung und -frequenz und regelt mit Hilfe eines unterlagerten Stromreglers die Zwischenkreisspannung für den angeschlossenen Antriebsverband auf einen parametrierbaren, konstanten Wert.

Für Anwendungen, welche die Erzeugung eines Inselnetzes mittels eines selbstgeführten netzseitigen Stromrichters zur Aufgabe haben, stehen spezielle Ausführungen des Active Infeed zur Verfügung. Diese Anwendungen sind:

- Wellengeneratoren auf Schiffen mit Active Infeed zur Erzeugung von Bordnetzen.
- Solaranlagen mit Active Infeed zur Erzeugung lokaler Inselnetze.

Die hierfür benötigten Ausführungen des Active Infeed besitzen gegenüber der Standardausführung eine modifizierte Leistungsteil-Hardware (CIM-Baugruppe mit Zusatzprozessor) und erfordern neben der Standard-Firmware zusätzliche, lizenzpflichtige Firmware-Module. Diese Ausführungen stehen nur in eingeschränkten Leistungsbereichen zur Verfügung. Nähere Informationen auf Anfrage.

Hinweis zur Pulsfrequenz des Active Infeed

Im Gegensatz zu den SINAMICS S120 Motor Modules, bei denen die Pulsfrequenz in relativ weiten Grenzen verändert werden kann, ist die Pulsfrequenz beim SINAMICS S120 Active Line Module weitestgehend fest vorgegeben, weil diese in einem festen Verhältnis zur Resonanzfrequenz des Clean Power Filters im zugehörigen Active Interface Module stehen muss.

Bei den **SINAMICS S120 Active Line Modules der Bauform Chassis und Cabinet Modules** sind der Stromreglertakt und die Pulsfrequenz werkseitig eingestellt auf die in der Tabelle angegebenen Werte:

Netzanschlussspannung	Zwischenkreisspannung	Leistung des S120 ALM	Einspeise-/Rückspeisestrom	ALM-Stromreglertakt	ALM-Pulsfrequenz
3AC 380 V – 480 V	DC 570 V – 720 V	132 kW – 300 kW 380 kW – 900 kW	210 A – 490 A 605 A – 1405 A	250 µs 400 µs	4,00 kHz 2,50 kHz
3AC 500 V – 690 V	DC 750 V – 1035 V	630 kW – 1700 kW	575 A – 1560 A	400 µs	2,50 kHz

Werkseinstellung von Stromreglertakt und Pulsfrequenz bei S120 Active Line Modules (Chassis und Cabinet Modules)

Bei den **Schrankgeräten SINAMICS S150 sind beim netzseitigen Active Line Module** der Stromreglertakt und die Pulsfrequenz werkseitig eingestellt auf die in der Tabelle angegebenen Werte:

Netzanschlussspannung	Leistung des S150	Einspeise-/Rückspeisestrom	Ausgangs-Bemessungsstrom	ALM-Stromreglertakt	ALM-Pulsfrequenz
3AC 380 V – 480 V	110 kW – 250 kW 315 kW ¹⁾ – 800 kW	197 A – 447 A 549 A – 1262 A	210 A – 490 A 605 A – 1405 A	250 µs 400 µs	4,00 kHz 2,50 kHz
3AC 500 V – 690 V	75 kW – 315 kW 400 kW – 1200 kW	86 A – 304 A 375 A – 1142 A	85 A – 330 A 410 A – 1270 A	250 µs 400 µs	4,00 kHz 2,50 kHz

¹⁾ Mit der Option L04 arbeitet das ALM des S150 Schrankgerätes 315 kW (380 V – 480 V) mit einem Stromreglertakt von 250 µs und einer Pulsfrequenz von 4,00 kHz

Werkseinstellung von ALM-Stromreglertakt und ALM-Pulsfrequenz bei Schrankgeräten SINAMICS S150

Eine geringfügige Veränderung ist nur durch den Parameter p0092 (Taktsynchroner Betrieb Vorbelegung/Überprüfung) möglich. Hierdurch kann der Stromreglertakt von 400 µs auf 375 µs geändert werden, um einen taktsynchronen PROFIdrive-Betrieb zu ermöglichen. Dadurch erhöht sich die Pulsfrequenz bei diesen Geräten geringfügig von 2,50 kHz auf 2,67 kHz.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

1.6.4 Eigenschaften der verschiedenen SINAMICS Infeeds im direkten Vergleich

In der folgenden Tabelle sind alle wesentlichen Eigenschaften der verschiedenen SINAMICS Infeeds als Übersicht zusammengestellt.

SINAMICS Infeed	Basic Infeed	Smart Infeed	Active Infeed
Betriebsart	Einspeisebetrieb (2Q)	Ein-/Rückspeisebetrieb (4Q)	Ein-/Rückspeisebetrieb (4Q)
Kippsicherer Betrieb beim Rückspeisen	nicht relevant	ja	ja
Leistungshalbleiter	Thyristoren / Dioden	IGBT-Module	IGBT-Module
Netzseitige Drossel	2 %	4 %	Clean Power Filter im AIM
Leistungsfaktor $\cos\phi_1$ (Grundschwingung) bei Bemessungsleistung	> 0,96	> 0,96	parametrierbar (Werkseinstellung = 1)
Gesamtverzerrungsfaktor des Netzstromes THD(I) bei Bemessungsleistung			typisch < 3 %
- 6-pulsig	typisch 30 % - 45 %	typisch 30 % - 45 %	-
- 6-pulsig + LHF ¹	typisch 5 % - 7,5 %	-	-
- 6-pulsig + LHF compact ²	typisch 5 % - 7,5 %	-	-
- 12-pulsig	typisch 8 % - 10 %	typisch 8 % - 10 %	-
EMV-Filter Kategorie C3	ja	ja	ja
Zwischenkreisspannung bei Bemessungsleistung	1,32 x U _{Netz} (ungeregelt)	1,30 x U _{Netz} (ungeregelt)	> 1,42 x U _{Netz} (geregelt und parametrierbar)
Spannungsbelastung an der Motorwicklung	niedrig	niedrig	höher als bei Basic Infeed u. Smart Infeed
Vorladung	- über Steuerwinkel bei Thyristoren - über Widerstände bei Dioden	über Widerstände	über Widerstände
Vorladbare Zwischenkreiskapazität	- hoch bei Thyristoren - gering bei Dioden	gering	gering
Typischer Wirkungsgrad bei Bemessungsleistung	> 99,0 %	> 98,5 %	> 97,5 %
Volumen	gering	mittel	hoch
Preis	gering	mittel	hoch

Eigenschaften der verschiedenen SINAMICS Infeeds im Vergleich

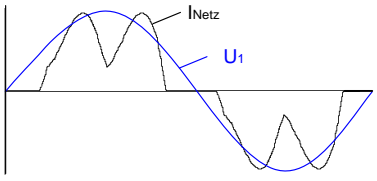
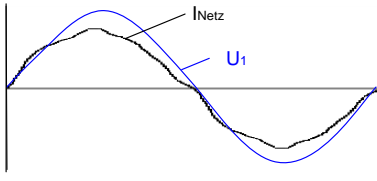
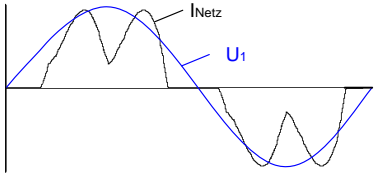
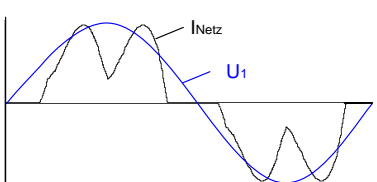
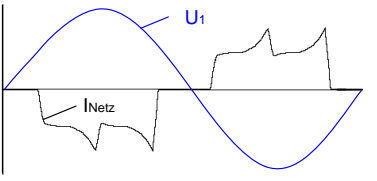
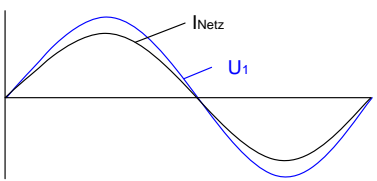
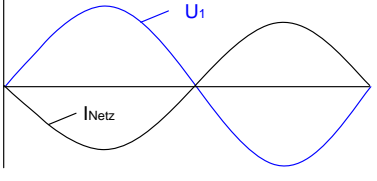
¹ nur verfügbar für SINAMICS G130 und SINAMICS G150, siehe Abschnitt „Line Harmonics Filter (LHF und LHF compact)“

² nur verfügbar für SINAMICS G150 als Option L01, siehe Abschnitt „Line Harmonics Filter (LHF und LHF compact)“

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Die folgende Tabelle zeigt die typischen Zeitverläufe der Netzströme in Relation zur Netzspannung (Strangspannung $U_1 = U_{\text{Netz}}/\sqrt{3}$) für die Umrichter G130/G150 sowie für die verschiedenen S120 Infeeds im Betrieb mit Bemessungsleistung.

	Motorischer Betrieb	Generatorischer Betrieb
G130 / G150 6-pulsig		Keine Rückspeisung ins Netz möglich
G130 / G150 mit Line Harmonics Filter		Keine Rückspeisung ins Netz möglich
S120 Basic Infeed 6-pulsig		Keine Rückspeisung ins Netz möglich
S120 Smart Infeed 6-pulsig		
S120 Active Infeed mit $\cos\phi = 1$ gemäß Werkseinstellung		

Typischer Verlauf der Netzströme bei Umrichtern SINAMICS G130 / G150 sowie bei SINAMICS S120 Infeeds im Vergleich

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

1.6.5 ---

1.6.6 Redundante Einspeisekonzepte

Allgemeines

In manchen Applikationen besteht zur Erhöhung der Verfügbarkeit die Forderung nach redundanten Einspeisungen für einen Mehrmotorenantrieb bzw. DC-Verband. Diese Forderung lässt sich durch den Einsatz von mehreren unabhängigen, parallel auf den DC-Verband arbeitenden Einspeisungen grundsätzlich erfüllen. Fällt eine Einspeisung aus, so ist die Versorgung des DC-Verbandes durch die verbleibende Einspeisung – in vielen Fällen sogar ohne Betriebsunterbrechung – gewährleistet. Je nach Dimensionierung kann beim Ausfall einer Einspeisung der DC-Verband mit der halben bis hin zur vollen Leistung weiterbetrieben werden. Die zwingenden Voraussetzungen hierfür sind:

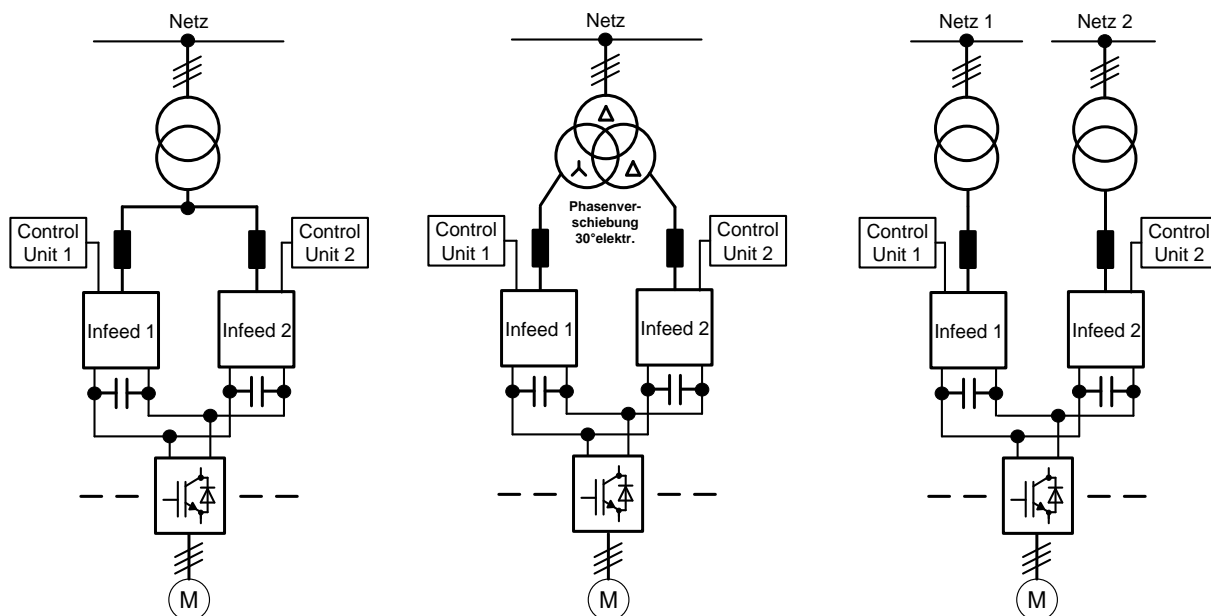
- Jedes Infeed muss eine eigene Control Unit besitzen.
- Die Control Unit eines jeden Infeeds darf nur das eigene Infeed regeln und keine zusätzlichen Motor Modules.
- Die am DC-Verband betriebenen Motor Modules müssen aufgrund der Redundanzanforderung völlig unabhängig von den Infeed Modules an einer eigenen Control Unit bzw. mehreren eigenen Control Units betrieben werden.

Der Unterschied zur Parallelschaltung von Einspeisungen zur Leistungserhöhung, wie sie im Abschnitt „Umrichter-Parallelschaltungen“ beschrieben ist, besteht darin, dass bei redundanten Einspeisungen jede Einspeisung durch eine eigene Control Unit gesteuert wird und somit völlig autark arbeitet, während bei der Parallelschaltung von Einspeisungen in der Regel eine einzige Control Unit alle parallelgeschalteten Leistungsteile steuert, die sich damit praktisch wie eine einzige Einspeisung großer Leistung verhalten.

Hinweis:

Durch den Einsatz von mehreren unabhängigen Einspeisungen kann die Verfügbarkeit der versorgten DC-Schiene deutlich erhöht werden. Eine 100 %-ige Ausfallsicherheit ist jedoch in der Praxis nicht erreichbar, da immer noch Fehlerszenarien möglich sind, die zu einer Betriebsunterbrechung führen können (z. B. Kurzschluss an der DC-Schiene). Auch wenn diese denkbaren Fehlerszenarien extrem unwahrscheinlich sind, können sie in der Praxis nie definitiv ausgeschlossen werden.

Je nachdem, ob sich die Forderung nach Redundanz nur auf die Einspeisestromrichter selbst bezieht oder auch auf die speisenden Transformatoren oder die speisenden Netze, ergeben sich unterschiedliche Schaltungskonzepte, die im Folgenden gegenübergestellt und erläutert werden.



Variante 1:
Speisung aus einem Netz mit
Zweiwicklungstransformator

Variante 2:
Speisung aus einem Netz mit
Dreiwicklungstransformator

Variante 3:
Speisung aus zwei unabhängigen
Netzen mit zwei Transformatoren

Bei **Variante 1** werden die beiden leistungsgleichen redundanten Einspeisungen bzw. Infeeds aus einem Netz über einen Zweiwicklungstransformator versorgt. Da beide Infeeds netzseitig mit exakt derselben Spannung gespeist werden, ergibt sich im Normalbetrieb auch bei unregelmäßigen Infeeds eine weitgehend symmetrische Stromaufteilung. Die Infeeds können daher so dimensioniert werden, dass jedes Infeed unter Berücksichtigung eines geringen Strom-Derating-Faktors den halben Gesamtstrom führen kann. Bei Ausfall eines Infeeds steht dann aber nur noch die halbe Leistung zur Verfügung. Soll bei Ausfall eines Infeeds die gesamte Leistung zur Verfügung stehen, so ist jedes Infeed für die gesamte Leistung zu dimensionieren.

Bei **Variante 2** werden die beiden leistungsgleichen redundanten Einspeisungen bzw. Infeeds auch aus einem Netz gespeist, jedoch über einen Dreiwicklungstransformator. Der Transformator muss für den Redundanzbetrieb ausgelegt sein und eine zu 100 % unsymmetrische Belastung verkraften. Je nach Ausführung des Transformators weisen die netzseitigen Spannungen der beiden Infeeds geringfügige Toleranzen von ca. 0,5 % bis 1 % auf, die im Normalbetrieb bei unregelmäßigen Infeeds zu einer geringfügig unsymmetrischeren Stromaufteilung führen als bei Variante 1, was durch entsprechende Strom-Derating-Faktoren zu berücksichtigen ist. Soll bei Ausfall eines Infeeds die gesamte Leistung zur Verfügung stehen, so ist jedes Infeed für die gesamte Leistung zu dimensionieren.

Bei **Variante 3** werden die beiden leistungsgleichen redundanten Einspeisungen bzw. Infeeds aus zwei unabhängigen Netzen über zwei separate Zweiwicklungstransformatoren gespeist. Da sich die Spannungen der beiden unabhängigen Netze deutlich unterscheiden können, sind im Normalbetrieb bei unregelmäßigen Infeeds sehr große Unsymmetrien in der Stromaufteilung möglich. Wenn mit Spannungstoleranzen zwischen den beiden Netzen in der Größenordnung von 5 % bis 10 % gerechnet werden muss, ist es beim Einsatz unregelmäßiger Infeeds zwingend erforderlich, jedes Infeed für die gesamte Leistung des angeschlossenen DC-Verbandes auszulegen.

Hinweis:

Die in der Skizze mit „Infeed 1“ und „Infeed 2“ bezeichneten Einspeisungen können jeweils aus einem einzigen Leistungssteil (Power Module) bestehen, oder aus der Parallelschaltung von zwei identischen Leistungssteilen (Power Modules). Parallelschaltungen von mehr als zwei Leistungssteilen (Power Modules) je „Infeed“ sind prinzipiell auch möglich. Hierzu ist eine Anfrage zur Detailklärung der Randbedingungen erforderlich.

Im Folgenden wird erläutert, welche der drei redundanten Einspeisekonzepte (Variante 1 bis Variante 3) mit den drei bei SINAMICS zur Verfügung stehenden Infeeds (Basic Infeed, Smart Infeed, Active Infeed) realisierbar sind und welche Randbedingungen dabei beachtet werden müssen.

Realisierbare redundante Einspeisekonzepte mit SINAMICS Basic Infeed

Mit der unregelmäßigen 2Q-Einspeisung SINAMICS Basic Infeed lassen sich alle drei Varianten realisieren.

Variante 1 mit Basic Infeed; zu beachtende Randbedingungen:

- Je Basic Line Module ist eine Netzdrossel mit $u_K = 2\%$ zwingend erforderlich.
- Wenn beim Ausfall eines Basic Line Modules ein Betrieb des DC-Verbandes mit halber Leistung akzeptabel ist, kann jedes Basic Line Module für den halben Einspeisestrom ausgelegt werden unter Berücksichtigung eines Strom-Deratings von 7,5 % bezogen auf den Bemessungsstrom. Wenn bei Ausfall eines Basic Line Modules die gesamte Einspeiseleistung benötigt wird, so ist jedes der beiden Basic Line Modules für die gesamte Leistung des DC-Verbandes auszulegen.
- Jedes Basic Line Module muss allein in der Lage sein, die Zwischenkreiskapazität des gesamten DC-Verbandes vorzuladen.

Variante 2 mit Basic Infeed; zu beachtende Randbedingungen:

- Entspricht der Dreiwicklungstransformator der Spezifikation im Abschnitt „Transformatoren“, Unterabschnitt „Dreiwicklungstransformatoren“, so kann auf die Netzdrosseln verzichtet werden.
- Wenn der Dreiwicklungstransformator der Spezifikation im Abschnitt „Transformatoren“, Unterabschnitt „Dreiwicklungstransformatoren“ entspricht und beim Ausfall eines Basic Line Modules ein Betrieb des DC-Verbandes mit halber Leistung akzeptabel ist, kann jedes Basic Line Module für den halben Einspeisestrom ausgelegt werden unter Berücksichtigung eines Strom-Deratings von 7,5 % bezogen auf den Bemessungsstrom - wie bei der 12-pulsigen Parallelschaltung von Basic Line Modules. Wenn bei Ausfall eines Basic Line Modules die gesamte Einspeiseleistung benötigt wird, so ist jedes der beiden Basic Line Modules einschließlich der zugehörigen Trafowicklungen für die gesamte Leistung des DC-Verbandes auszulegen.
- Jedes Basic Line Module muss allein in der Lage sein, die Zwischenkreiskapazität des gesamten DC-Verbandes vorzuladen.

Variante 3 mit Basic Infeed; zu beachtende Randbedingungen:

- Die Netzdrossel mit $u_K = 2\%$ kann entfallen.
- Wegen der möglichen großen Spannungstoleranzen zwischen beiden speisenden Netzen ist jedes der beiden Basic Line Modules zwingend für die gesamte benötigte Leistung des DC-Verbandes auszulegen.
- Jedes Basic Line Module muss allein in der Lage sein, die Zwischenkreiskapazität des gesamten DC-Verbandes vorzuladen.

Realisierbare redundante Einspeisekonzepte mit SINAMICS Smart Infeed

Mit der unregelmäßigen 4Q-Einspeisung SINAMICS Smart Infeed lässt sich nur die Variante 2 realisieren.

Variante 2 mit Smart Infeed; zu beachtende Randbedingungen:

- Je Smart Line Module ist eine Netzdrossel mit $u_K = 4\%$ erforderlich.
- Wenn der Dreiwicklungstransformator der Spezifikation im Abschnitt „Transformatoren“, Unterabschnitt „Dreiwicklungstransformatoren“ entspricht und beim Ausfall eines Smart Line Modules ein Betrieb des DC-Verbandes mit halber Leistung akzeptabel ist, kann jedes Smart Line Module für den halben Einspeisestrom ausgelegt werden unter Berücksichtigung eines Strom-Deratings von 7,5 % bezogen auf den Bemessungsstrom - wie bei der 12-pulsigen Parallelschaltung von Smart Line Modules. Wenn bei Ausfall eines Smart Line Modules die gesamte Einspeiseleistung benötigt wird, so ist jedes der beiden Smart Line Modules einschließlich der zugehörigen Transformatorwicklungen für die gesamte benötigte Leistung des DC-Verbandes auszulegen.
- Jedes Smart Line Module muss allein in der Lage sein, die Zwischenkreiskapazität des gesamten DC-Verbandes vorzuladen.

Realisierbare redundante Einspeisekonzepte mit SINAMICS Active Infeed (Master-Slave-Funktionalität)

Mit der geregelten 4Q-Einspeisung SINAMICS Active Infeed lassen sich die Varianten 2 und 3 realisieren. Dabei müssen die einzelnen Active Infeeds, bestehend aus einem Active Interface Module AIM und einem Active Line Module ALM, völlig autark aufgebaut sein und in Master-Slave-Funktionalität betrieben werden. Autarker Aufbau bedeutet:

- Jedes Active Infeed muss eine eigene Control Unit besitzen.
- Die Control Unit eines jeden Active Infeeds darf nur das eigene Active Infeed regeln und keine zusätzlichen Motor Modules.
- Die am DC-Verband betriebenen Motor Modules müssen aufgrund der Redundanzanforderung völlig unabhängig von den Infeed Modules an einer eigenen Control Unit bzw. mehreren eigenen Control Units betrieben werden.

Das Master-Infeed wird spannungsgeregelt betrieben und regelt die Zwischenkreisspannung U_{zk} des DC-Verbandes, das Slave-Infeed bzw. die Slave-Infeeds werden stromgeregelt betrieben, wobei immer ein Master-Infeed notwendig ist und bis zu maximal 3 Slave-Infeeds zulässig sind.

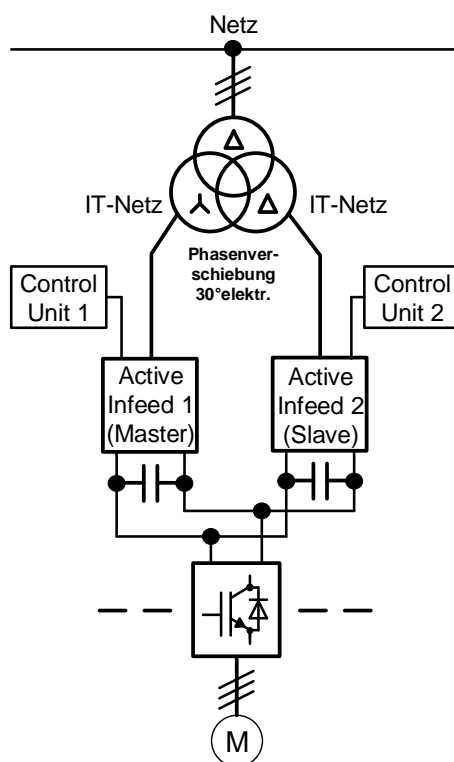
Die Übertragung des Stromsollwertes vom Master-Infeed an das Slave-Infeed bzw. die Slave-Infeeds kann auf verschiedene Arten erfolgen: Bei vorhandener übergeordneter Steuerung z. B. durch Querverkehr bei PROFIBUS DP, ohne überlagerte Steuerung über den SINAMICS Link unter Einsatz von Kommunikationsbaugruppen CBE20 oder über Analogkanäle unter Einsatz von Terminal Modules TM31. Nähere Details zur Kommunikation und zur Parametrierung sind dem Funktionshandbuch „SINAMICS S120 Antriebsfunktionen“ zu entnehmen.

Beim Ausfall eines Slave-Infeeds arbeiten das Master-Infeed und ggf. noch vorhandene Slave-Infeeds weiter. Beim Ausfall des Master-Infeeds muss ein Slave-Infeed vom stromgeregelteten Slave-Betrieb auf spannungsgeregelten Master-Betrieb umgeschaltet werden, was prinzipiell im Betrieb – also unterbrechungsfrei – erfolgen kann.

Variante 2 mit Active Infeed (Master-Slave-Funktionalität); zu beachtende Randbedingungen:

- Die beiden Active Infeeds (Master und Slave) müssen netzseitig galvanisch getrennt sein, um mögliche Kreisströme zu verhindern, die sich anderenfalls durch den autarken, nicht synchronisierten Betrieb mit zwei unabhängigen Control Units zwischen den Systemen ausbilden könnten. Diese zwingend erforderliche galvanische Trennung ist durch den Dreiwicklungstransformator automatisch gegeben.

Wie die üblichen 12-pulsigen Antriebssysteme mit Dreiwicklungstransformator ist auch das Active Infeed mit Master-Slave-Funktionalität als ungeerdetes IT-System auszuführen. Diese Netzform wirkt sich auch günstig aus mit Blick auf die Spannungsbelastungen von Zwischenkreis und Motorwicklung gegen Erde.



- Wenn beim Ausfall eines Active Infeeds ein Betrieb des DC-Verbandes mit halber Leistung akzeptabel ist, kann jedes Active Infeed für den halben Einspeisestrom ausgelegt werden unter Berücksichtigung eines Strom-Deratings von 5 % bezogen auf den Bemessungsstrom. Wenn beim Ausfall eines Active Infeeds die gesamte Einspeiseleistung benötigt wird, so ist jedes der beiden Active Infeeds einschließlich der zugehörigen Transformatorwicklungen für die gesamte benötigte Leistung des DC-Verbandes auszulegen.
- Jedes Active Line Module muss zusammen mit seinem Active Interface Module in der Lage sein, die Zwischenkreiskapazität des gesamten DC-Verbandes vorzuladen.

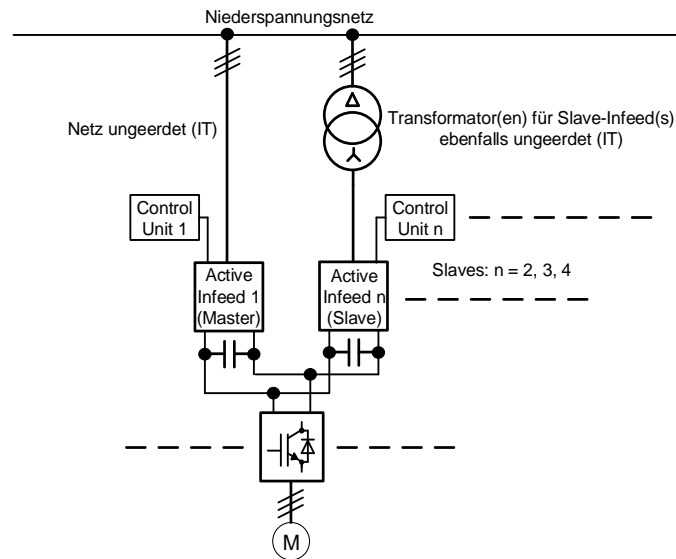
Variante 3 mit Active Infeed (Master-Slave-Funktionalität); zu beachtende Randbedingungen:

- Die Active Infeeds (Master und Slave(s)) müssen netzseitig galvanisch getrennt sein, um mögliche Kreisströme zu verhindern, die sich anderenfalls durch den autarken, nicht synchronisierten Betrieb mit unabhängigen Control Units zwischen den Systemen ausbilden könnten.

Je nachdem, ob die Active Infeeds aus einem gemeinsamen Niederspannungsnetz gespeist werden oder aus verschiedenen Netzen, sind zwei Konfigurationen zu unterscheiden:

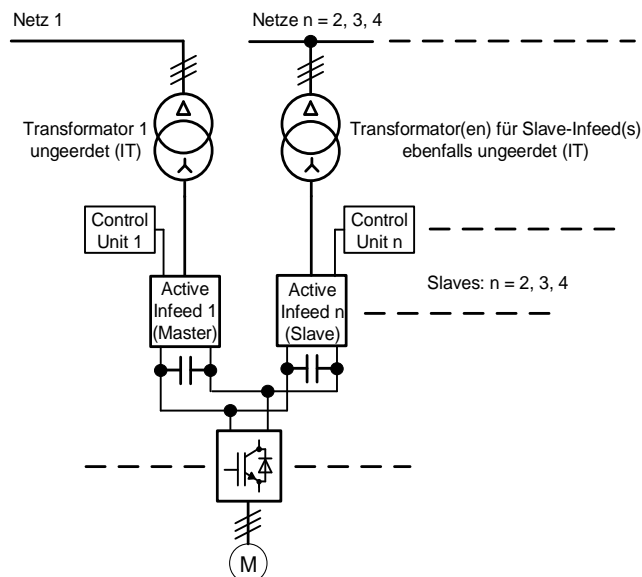
a) Speisung aus einem gemeinsamen Niederspannungsnetz:

- Das Master-Infeed wird direkt an das Niederspannungsnetz angeschlossen, wobei das Netz als ungeerdetes IT-Netz ausgeführt sein muss.
- Das Slave-Infeed bzw. die Slave-Infeeds müssen über jeweils eigene Trenntransformatoren gespeist werden, wobei alle Sekundärwicklungen zwingend ungeerdet bleiben müssen.
- Durch die oben genannte Vorgehensweise ergibt sich auch hier für das Active Infeed mit Master-Slave-Funktionalität ein ungeerdetes IT-System. Diese Netzform wirkt sich auch günstig aus mit Blick auf die Spannungsbelastungen von Zwischenkreis und Motorwicklung gegen Erde.



b) Speisung aus verschiedenen Netzen:

- Das Master-Infeed wird über einen Trenntransformator 1 gespeist, wobei die Sekundärwicklung ungeerdetet sein muss.
- Das Slave-Infeed bzw. die Slave-Infeeds müssen über jeweils eigene Trenntransformatoren gespeist werden, wobei alle Sekundärwicklungen zwingend ungeerdetet bleiben müssen.
- Durch die oben genannte Vorgehensweise ergibt sich auch hier für das Active Infeed mit Master-Slave-Funktionalität ein ungeerdetes IT-System. Diese Netzform wirkt sich auch günstig aus mit Blick auf die Spannungsbelastungen von Zwischenkreis und Motorwicklung gegen Erde.



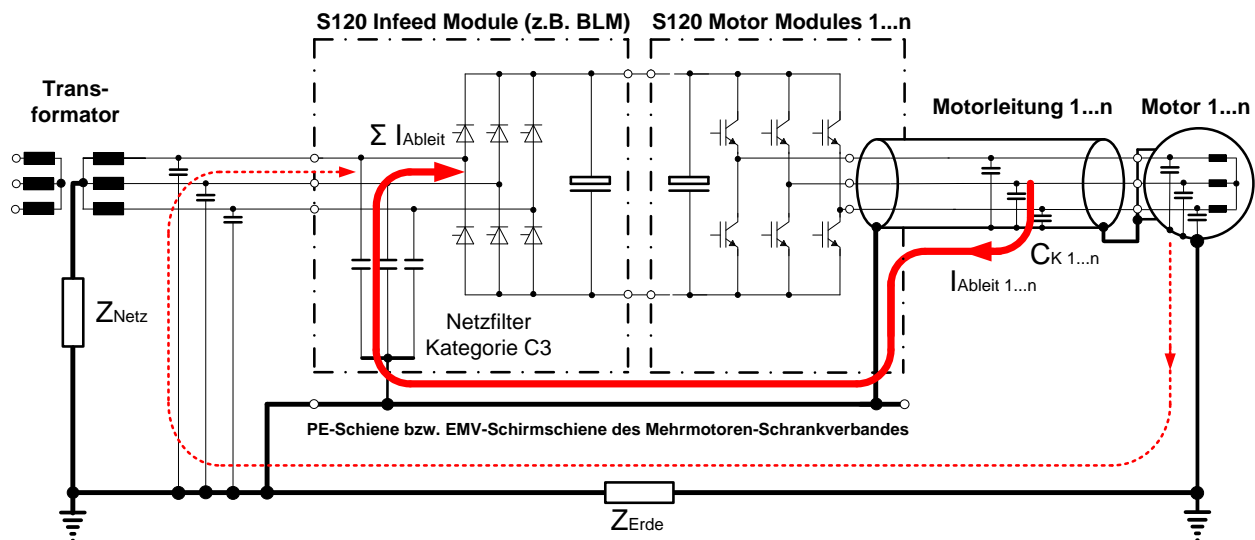
- Wenn beim Ausfall eines Active Infeeds ein Betrieb des DC-Verbandes mit reduzierter Leistung akzeptabel ist, kann jedes Active Infeed für den jeweiligen Anteil des gesamten Einspeisestroms ausgelegt werden unter Berücksichtigung eines Strom-Deratings von 5 % bezogen auf den Bemessungsstrom. Wenn beim Ausfall eines Active Infeeds die gesamte Einspeiseleistung benötigt wird, so ist jedes der Active Infeeds einschließlich der zugehörigen Transformatoren entsprechend überzudimensionieren.
- Die im Fehlerfall verbleibenden Active Line Modules müssen zusammen mit ihren Active Interface Modules in der Lage sein, die Zwischenkreiskapazität des gesamten DC-Verbandes vorzuladen.

1.6.7 Zulässige Summenleitungslänge für S120 Infeed Modules bei Mehrmotorenantrieben

Allgemeines

Bei SINAMICS S120 Mehrmotorenantrieben, bei denen ein S120 Infeed Module eine DC-Schiene mit mehreren S120 Motor Modules speist, ist nicht nur die Leitungslänge zwischen jedem einzelnen Motor Module und dem zugehörigen Motor begrenzt, sondern auch die Summenleitungslänge, d. h., die Summe der Motorleitungslängen aller Motor Modules, die über eine gemeinsame DC-Schiene von einem gemeinsamen Infeed Module gespeist werden. Streng genommen ist bei der Ermittlung der zulässigen Summenleitungslänge auch die Länge der DC-Schiene mit zu berücksichtigen. Da jedoch in der Praxis die Länge der DC-Schiene gegenüber der Summe der Motorleitungslängen bei Mehrmotorenantrieben vernachlässigbar ist, kann die DC-Schiene bei der Ermittlung der zulässigen Summenleitungslänge unberücksichtigt bleiben.

Diese Begrenzung der Summenleitungslänge ist notwendig, damit der von der resultierenden Motorleitungslänge abhängige, resultierende kapazitive Summenableitstrom ΣI_{Ableit} (Summe der von den einzelnen Motor Modules 1...n erzeugten kapazitiven Ableitströme I_{Ableit}) das Infeed Module nicht überlastet, wenn er über das Netzfilter des Infeed Modules bzw. das Netz sowie das Infeed Module selbst zurückfließt zur DC-Schiene.



Weg des resultierenden Summenableitstroms ΣI_{Ableit} bei einem Mehrmotorenantrieb mit SINAMICS S120

Wird die Summenleitungslänge und damit der Summenableitstrom ΣI_{Ableit} nicht hinreichend begrenzt, so können das im Infeed Module integrierte Netzfilter der Kategorie C3 gemäß IEC 61800-3, die Leistungsbaulemente im Infeed Module sowie die Beschaltungen der Leistungsbaulemente im Infeed Module durch zu hohe Strom- bzw. zu hohe du/dt -Beanspruchung überlastet werden.

Die zulässige Summenleitungslänge ist gerätespezifisch und daher den entsprechenden Katalogen oder dem Kapitel „Projektierung der SINAMICS S120“, Abschnitt „Überprüfung der Summenleitungslänge bei Mehrmotorenantrieben“ zu entnehmen.

Nähere Informationen zur Ursache der kapazitiven Ableitströme sowie zu deren Größenordnung sind im Abschnitt „Netzfilter“ zu finden.

EMV-Hinweise

SINAMICS S120 Mehrmotorenantriebe mit Summenleitungslängen von mehreren hundert Metern und mehr entsprechen in der Regel nur noch der Kategorie C4 gemäß EMV-Produktnorm IEC 61800-3, was die Norm für derartig komplexe Systeme mit Nennströmen ≥ 400 A in industrieller Umgebung sowie für IT-Netze ausdrücklich zulässt. In diesem Fall müssen Anlagenhersteller und Anlagenbetreiber einen EMV-Plan, d. h. individuelle, anlagenspezifische Maßnahmen vereinbaren, um die EMV sicherzustellen.

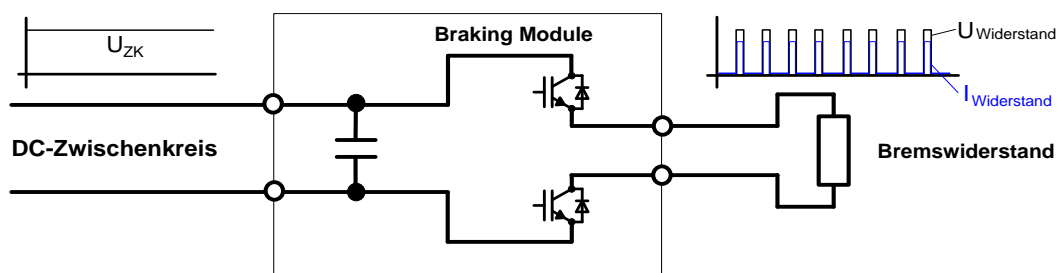
Dies gilt unabhängig davon, ob der SINAMICS S120 Mehrmotorenantrieb an einem geerdeten TN-Netz mit standardmäßig im SINAMICS Infeed Module eingebauten Netzfilter betrieben wird oder an einem ungeerdeten IT-Netz mit deaktiviertem Netzfilter.

1.7 SINAMICS Bremseinheiten (Braking Modules und Bremswiderstände)

Bremseinheiten bestehend aus einem Braking Module (Brems-Chopper) und einem externen Bremswiderstand werden immer dann benötigt, wenn eine nicht rückspeisefähige Einspeisung vorhanden ist (Umrichter SINAMICS G130 und G150 sowie Antriebe mit SINAMICS S120 Basic Line Modules) und gelegentlich für kurze Zeit generatorische Energie anfällt, z. B. beim Abbremsen des Antriebes.

Ein Braking Module und ein externer Bremswiderstand können auch eingesetzt werden, wenn bei der Verwendung rückspeisefähiger Einspeisungen (Umrichter SINAMICS S150 sowie Antriebe mit SINAMICS S120 Smart Line Modules oder Active Line Modules) die Antriebe auch bei einem Netzausfall gezielt stillgesetzt werden müssen (z. B. Notrückzug oder NOT-AUS / Kategorie 1).

Das Braking Module enthält die Leistungselektronik und die dazugehörige Ansteuerung. Im Betrieb wird die Zwischenkreiseenergie in einem externen Bremswiderstand außerhalb des Schaltschranks in Verlustwärme umgewandelt. Das Braking Module wird an den Zwischenkreis angeschlossen und arbeitet völlig autark in Abhängigkeit von der Höhe der Zwischenkreisspannung. Eine Wechselwirkung mit der Regelung der Einspeisung oder des Wechselrichters besteht nicht.



Bremseinheit bestehend aus einem Braking Module und einem Bremswiderstand

Bei SINAMICS stehen im Leistungsbereich der in diesem Projektierungshandbuch behandelten Geräte unterschiedliche Arten von Braking Modules zur Verfügung:

- Einbau-Braking Modules (Ansprechzeit 1 - 2 ms),
- Central Braking Modules (Ansprechzeit 1 - 2 ms),
- Motor Modules, die als 3-phasiges Braking Module betrieben werden (Ansprechzeit 4 - 5 ms).

Einbau-Braking Modules sind zum Einbau in die luftgekühlten SINAMICS Leistungsteile konzipiert und stehen mit Dauerleistungen von 25 kW und 50 kW zur Verfügung. Sie können in die Power Modules der Umrichter SINAMICS G130, G150 und S150 eingebaut werden sowie in die luftgekühlten Power Modules, Line Modules und Motor Modules des modularen Systems SINAMICS S120 in den Bauformen Chassis und Cabinet Modules.

Zur Erhöhung der Bremsleistung können mehrere Einbau-Braking Modules an einem gemeinsamen Zwischenkreis betrieben werden. Die maximale Anzahl sollte im Hinblick auf die Leistungsaufteilung auf ca. 4 bis 6 Braking Modules je Zwischenkreis beschränkt werden.

Central Braking Modules sind eigenständige Schrankkomponenten im Gerätespektrum der modularen Schrankgeräte SINAMICS S120 Cabinet Modules, die mit Dauerleistungen von 200 kW bis 460 kW zur Verfügung stehen.

Damit können bei Antriebsverbänden, die aus S120 Cabinet Modules aufgebaut sind, anstatt mehrerer Einbau-Braking Modules, ein oder mehrere Central Braking Modules eingesetzt werden. Auch hier sollte die maximale Anzahl auf ca. 4 Braking Modules je Zwischenkreis beschränkt werden, wobei die Regeln im Kapitel „Projektierung der modularen Schrankgeräte SINAMICS S120 Cabinet Modules“, Abschnitt „Central Braking Modules“ zwingend zu beachten sind. Beim Betrieb mehrerer Central Braking Modules an einem gemeinsamen Zwischenkreis ist an jedes Central Braking Module ein eigener Bremswiderstand anzuschließen.

SINAMICS S120 Motor Modules der Bauformen Chassis und Cabinet Modules können ebenfalls als Braking Modules (Brems-Chopper) genutzt werden, wenn anstelle eines Motors ein 3-phasiger Bremswiderstand angeschlossen wird. Sie stehen mit Dauerbremsleistungen bis zu ca. 1300 kW bei 400 V und bis zu ca. 1750 kW bei 690 V zur Verfügung. Der Einsatz von SINAMICS S120 Motor Modules als 3-phasige Braking Modules empfiehlt sich immer dann, wenn extrem hohe Bremsleistungen – insbesondere hohe Dauerbremsleistungen – benötigt werden.

Weiterführende Informationen zu den verfügbaren Braking Modules, den zugehörigen Bremswiderständen und deren Zuordnung zu den entsprechenden Leistungsteilen sowie die Dimensionierungsvorschriften sind in den gerätespezifischen Kapiteln zu finden.

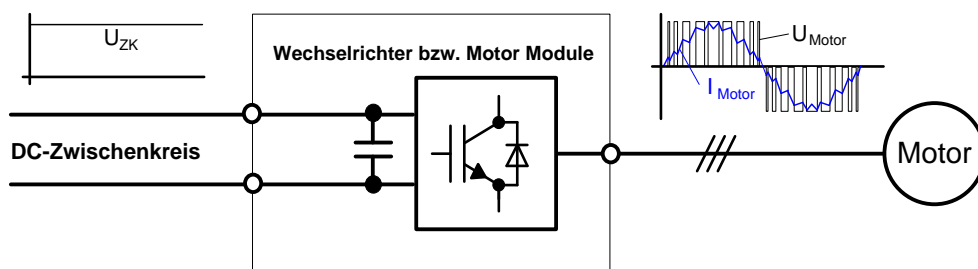
Die Kapitel „Projektierung der Umrichter-Einbaugeräte SINAMICS G130“ und „Projektierung der Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS G150“ enthalten darüber hinaus Berechnungsbeispiele zu Ermittlung der erforderlichen Braking Modules und Bremswiderstände anhand vorgegebener Lastspiele.

1.8 SINAMICS Wechselrichter bzw. Motor Modules

1.8.1 Funktionsprinzip und Eigenschaften

Wechselrichter bzw. Motor Modules erzeugen aus der Gleichspannung des Zwischenkreises, die vom Gleichrichter bzw. dem SINAMICS Infeed zur Verfügung gestellt wird, ein Drehstromsystem mit variabler Spannung und variabler Frequenz zur Speisung von Asynchron- und Synchronmotoren. SINAMICS Wechselrichter enthalten als Leistungshalbleiter Insulated Gate Bipolar Transistoren (IGBT), die nach dem Verfahren der Pulsweitenmodulation angesteuert werden. Näheres hierzu ist im Abschnitt „Funktionsprinzip der SINAMICS-Umrichter“ zu finden.

Wechselrichter sind integraler Bestandteil der Umrichter-Einbaugeräte SINAMICS G130 und der Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS G150 und S150. Sie stehen auch als eigenständige Motor Modules in den Bauformen Chassis und Cabinet Modules im modularen System SINAMICS S120 zur Verfügung.



SINAMICS S120 Wechselrichter bzw. Motor Module

Die maximal erreichbare Ausgangsspannung bzw. Motorspannung ist abhängig von der Höhe der Zwischenkreis-Spannung U_{ZK} und dem verwendeten Modulationsverfahren des Wechselrichters. Bei Vektorregelung (Wechselrichter als Antriebsobjekt des Typs Vector) kann die Raumzeigermodulation und die Flankenmodulation genutzt werden. Mit der Raumzeigermodulation ohne Übersteuerung ergibt sich die maximal erreichbare Motorspannung zu

$$U_{\text{Motor max RZM}} \approx 0,70 \cdot U_{ZK} .$$

Mit der Flankenmodulation erreicht man eine maximale Motorspannung von

$$U_{\text{Motor max FLM}} \approx 0,74 \cdot U_{ZK} .$$

Die Pulsfrequenz der motorseitigen Wechselrichter ist bei den Umrichtern SINAMICS G130, G150 und S150 sowie bei den Motor Modules SINAMICS S120 (Bauform Chassis und Cabinet Modules) in Vektorregelung (Antriebsobjekt des Typs Vector) werkseitig voreingestellt auf die in der Tabelle angegebenen Werte.

Netzanschluss-Spannung	Zwischenkreis-Spannung	Typeleistung	Bemessungs-Ausgangsstrom	Werkseinstellung der Pulsfrequenz
3AC 380 V – 480 V	DC 510 V – 720 V	≤ 250 kW ≥ 315 kW	≤ 490 A ≥ 605 A	2,00 kHz 1,25 kHz
3AC 500 V – 690 V	DC 675 V – 1035 V	Alle Leistungen	Alle Ströme	1,25 kHz

Werkseinstellung der Pulsfrequenz bei SINAMICS G130, G150, S150 und S120 Motor Modules (Chassis u. Cabinet Modules)

Nähere Informationen,

- in welchen Grenzen die Pulsfrequenz verstellt werden kann,
- welche Zusammenhänge zwischen Stromreglerakt, Pulsfrequenz und Ausgangsfrequenz bestehen,
- wie sich die Pulsfrequenz auf verschiedene Eigenschaften des Antriebssystems auswirkt,
- was im Zusammenhang mit motorseitigen Optionen (Motordrosseln, Motorfiltern) zu beachten ist,
- und welche Steuerungs- und Regelungsarten in der Firmware implementiert sind,

können dem Abschnitt „Funktionsprinzip der SINAMICS-Umrichter“ entnommen werden.

Zur Leistungserhöhung können bis zu vier S120 Motor Modules parallelgeschaltet werden. Die zu beachtenden Randbedingungen sind im Abschnitt „Umrichter-Parallelschaltungen“ beschrieben.

SINAMICS S120 Motor Modules der Bauformen Chassis und Cabinet Modules können auch als Braking Module (Brems-Chopper) genutzt werden, wenn anstelle eines Motors ein 3-phasiger Bremswiderstand angeschlossen wird. Nähere Informationen sind dem Kapitel „Projektierung der SINAMICS S120, Hinweise zu den Einbau- und Schrankgeräten“ zu entnehmen.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

1.8.2 Antriebsverbände mit mehreren Motor Modules an einer gemeinsamen DC-Schiene

Im Rahmen des modularen Antriebssystems SINAMICS S120 lassen sich Antriebsverbände für Mehrmotorenantriebe aufbauen, bei denen ein S120 Infeed (Basic Infeed, Smart Infeed oder Active Infeed), bestehend aus einem einzelnen oder bis zu vier parallelgeschalteten Line Modules, eine DC-Schiene mit mehreren Motor Modules speist.

Bei derartigen Antriebsverbänden sind mehrere Aspekte zu berücksichtigen:

- Anschluss der einzelnen Motor Modules an die DC-Schiene, Absicherung und Vorladung,
- Anordnung der Motor Modules entlang der DC-Schiene,
- Räumliche Ausdehnung und Topologie der DC-Schiene,
- Kurzschlussströme auf der DC-Schiene,
- Maximale Leistung des Antriebsverbandes an der DC-Schiene.

Im Folgenden werden diese Punkte näher beschrieben und erläutert.

1.8.2.1 Anschluss der Motor Modules an die DC-Schiene, Absicherung und Vorladung

Die DC-Schiene wird durch ein SINAMICS S120 Infeed gespeist, welches netzseitig über Sicherungen oder Leistungsschalter abzusichern ist, wodurch die netzseitige Absicherung des Antriebsverbandes sichergestellt wird.

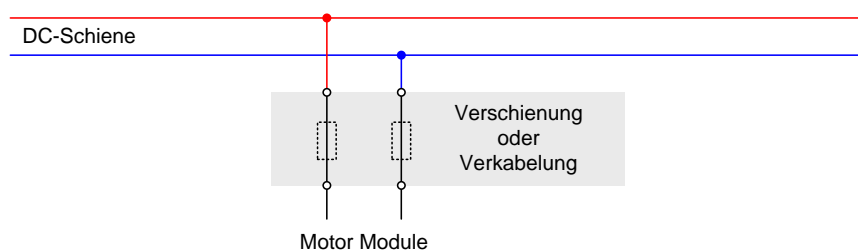
Die DC-Verschienenung bzw. die DC-Verkabelung muss so dimensioniert werden, dass der Querschnitt für den an der jeweiligen Stelle der DC-Schiene fließenden Betriebsstrom ausreichend bemessen ist. Im einfachsten Fall wird die DC-Verschienenung auf ihrer gesamten Länge für den maximal auftretenden Zwischenkreisstrom ausgelegt. In bestimmten Konstellationen ist es jedoch auch möglich, den Querschnitt der DC-Verschienenung abschnittsweise zu verringern, um Material und Kosten zu sparen. Abschließend ist die Kurzschlussfestigkeit der DC-Schiene zu prüfen.

Die DC-Schiene selbst ist möglichst induktivitätsarm auszuführen. Dies wird durch parallel geführte Plus- und Minus-Schienen erreicht, die einen möglichst geringen Abstand voneinander aufweisen, wobei die erforderlichen Luft- und Kriechstrecken zu berücksichtigen sind.

Der Anschluss der einzelnen SINAMICS S120 Motor Modules an die DC-Schiene kann grundsätzlich auf drei verschiedene Arten erfolgen.

Direkter Anschluss an die DC-Schiene

Beim direkten Anschluss an die DC-Schiene werden die Motor Modules ohne trennbare Kontaktstellen unmittelbar über Schienen, Kabel oder ggf. Sicherungen fest mit der DC-Schiene verbunden.



Direkter Anschluss eines Motor Modules an die DC-Schiene

Jedes Motor Module muss hierbei einzeln abgesichert werden:

- Luftgekühlte S120 Motor Modules der Bauform Chassis enthalten hierfür bereits standardmäßig integrierte, schnelle Halbleitersicherungen sowohl im Plus- als auch im Minus-Pfad, die das Motor Module bei einem internen Kurzschluss schnell und zuverlässig komplett von der DC-Schiene trennen.
- S120 Motor Modules der Bauform Booksize enthalten eine integrierte Sicherung nur im Plus-Pfad. Daher empfiehlt sich hier eine zusätzliche externe Absicherung mit schnellen Halbleitersicherungen im Plus- und Minus-Pfad.
- Flüssigkeitsgekühlte S120 Motor Modules der Bauform Chassis enthalten keine integrierten Sicherungen. Diese Motor Modules müssen daher über extern angeordnete schnelle Halbleitersicherungen mit der DC-Schiene verbunden werden. Die hierfür empfohlenen Sicherungen sind dem Kapitel „Projektierung der SINAMICS S120, Hinweise zu den Einbau- und Schrankgeräten“ zu entnehmen.

Ausnahme: Wird nur ein einzelnes Motor Module von einem einzelnen Infeed mit angepasster Leistung versorgt, so liegen dieselben Verhältnisse vor wie bei einem Umrichter-Gerät SINAMICS G130 oder G150, so dass hier die netzseitigen Sicherungen zur gemeinsamen Absicherung von Infeed und Motor Module ausreichend sind.

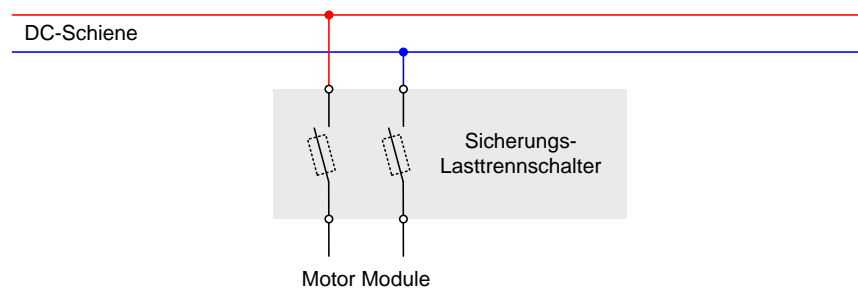
Die Vorladung der gesamten, mit der DC-Schiene verbundenen Zwischenkreiskapazität erfolgt durch die Vorladeschaltung des SINAMICS S120 Infeeds. Bei der Projektierung des Antriebsverbandes ist daher zwingend zu überprüfen, ob die Vorladeschaltung des Infeeds hierfür ausreicht. Nähere Informationen hierzu sind dem Kapitel „Projektierung der SINAMICS S120“, Abschnitt „Überprüfung der maximalen Zwischenkreiskapazität“ zu entnehmen.

Beim direkten Anschluss an die DC-Schiene werden sämtliche Motor Modules mit Gleichspannung versorgt, solange das SINAMICS S120 Infeed eingeschaltet ist. Ein selektives Zu- oder Abschalten einzelner Motor Modules ist bei dieser Variante nicht möglich, so dass immer nur der gesamte Antriebsverband ein- oder ausgeschaltet werden kann.

Elektromechanischer Anschluss an die DC-Schiene mittels eines Lasttrennschalters

Manchmal besteht die Forderung, die Motor Modules einzeln von der DC-Schiene zu trennen. Dies kann der Fall sein, wenn die Einhaltung spezieller Sicherheitsbestimmungen gefordert wird, wie z. B. sichtbare Trennstrecken bei Wartungsarbeiten, oder wenn Anlagenteile nach Bedarf zu- oder abzuschalten sind. In diesem Fall ist der Anschluss über trennbare Kontaktstellen erforderlich.

Beim elektromechanischen Anschluss erfolgt die Verbindung zwischen dem Motor Module und der DC-Schiene über einen Lasttrennschalter. Der Lasttrennschalter ist 2-polig zu verschalten.



Elektromechanischer Anschluss eines Motor Modules an die DC-Schiene

Enthalten die anzuschließenden Motor Modules bereits integrierte schnelle Halbleitersicherungen, wie die luftgekühlten Motor Modules der Bauform Chassis, dann gewährleisten diese internen Sicherungen bereits den Kurzschlusschutz bei einem Kurzschluss im Motor Module. In diesem Fall ist die Bestückung des Lasttrennschalters mit zusätzlichen Sicherungen nicht zwingend erforderlich, so dass hier der Einsatz von Trennlaschen möglich ist.

Enthalten die anzuschließenden Motor Modules keine integrierten Sicherungen, wie die flüssigkeitsgekühlten Motor Modules der Bauform Chassis, dann ist die Bestückung des Lasttrennschalters mit schnellen Halbleitersicherungen erforderlich, die den Kurzschlusschutz bei einem Kurzschluss im Motor Module gewährleisten.

Ein Überlastschutz der Motor Modules durch die verwendeten Sicherungen ist nicht erforderlich, da die Motor Modules bereits durch die Regelungselektronik gegen Überlast geschützt sind.

Die Vorladung der gesamten, mit der DC-Schiene verbundenen Zwischenkreiskapazität erfolgt durch die Vorladeschaltung des SINAMICS S120 Infeeds. Bei der Projektierung des Antriebsverbandes ist daher zwingend zu überprüfen, ob die Vorladeschaltung des Infeeds auch für die maximal mögliche Anzahl der mit der DC-Schiene verbundenen Motor Modules ausreicht. Nähere Informationen hierzu sind dem Kapitel „Projektierung der SINAMICS S120“, Abschnitt „Überprüfung der maximalen Zwischenkreiskapazität“ zu entnehmen.

Beim elektromechanischen Anschluss dürfen die einzelnen Motor Modules nur zu- oder abgeschaltet werden, wenn die DC-Schiene spannungslos ist. Ein selektives Zu- oder Abschalten einzelner Motor Modules im Betrieb ist bei dieser Variante wegen der fehlenden Vorladeeinrichtung nicht möglich, so dass das Zu- oder Abschalten immer nur bei ausgeschalteter Leistungsversorgung der gesamten Anlage möglich ist.

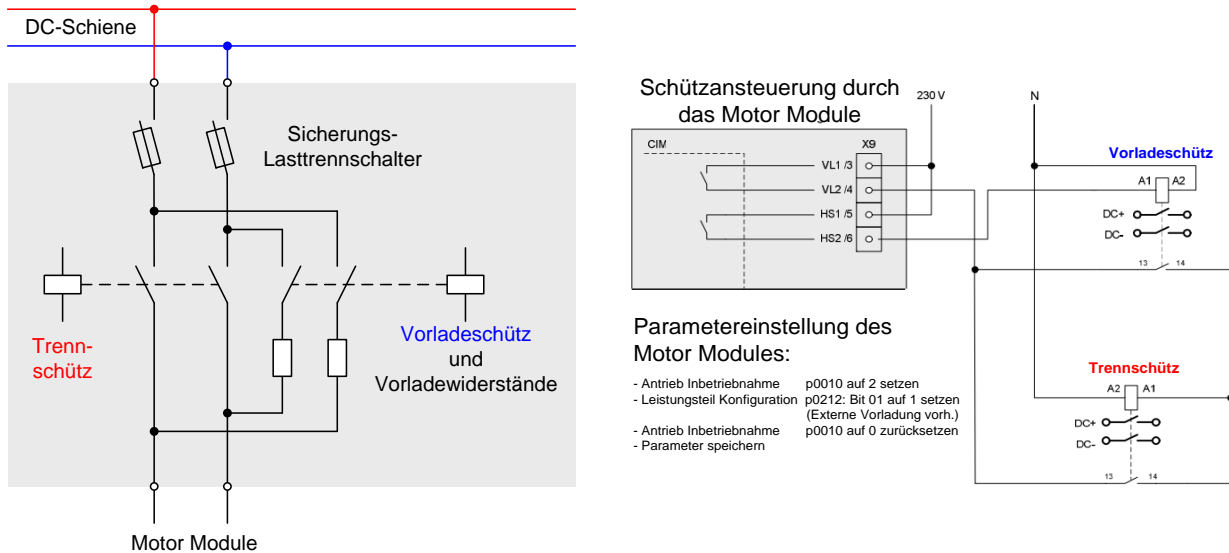
Elektrischer Anschluss an die DC-Schiene mittels eines Lasttrennschalters und einer Schützkombination

Besteht die Forderung nach einem selektiven Zu- oder Abschalten einzelner Motor Modules im Betrieb der Anlage, z. B. um defekte Motor Modules von der unter Spannung stehenden DC-Schiene zu trennen, Reservegeräte zuzuschalten oder reparierte Geräte wieder zuzuschalten, so ist ein elektrischer Anschluss mittels einer Schützkombination einschließlich Vorladeeinrichtung erforderlich.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Beim elektrischen Anschluss werden die Motor Modules über einen Lasttrennschalter mit Sicherungen sowie ein Trennschütz mit Vorladeeinrichtung mit der DC-Schiene verbunden. Lasttrennschalter und Schütze sind 2-polig zu verschalten.



Elektr. Anschluss eines Motor Modules an die DC-Schiene

Steuerung von Vorlade- und Trennschütz durch das Motor Module

Schnelle Halbleitersicherungen gewährleisten den Kurzschlusschutz bei einem Kurzschluss in der elektrischen Anpoppelvorrichtung. Ein Überlastschutz durch die Sicherungen ist nicht erforderlich, da die angeschlossenen Motor Modules bereits durch ihre Regelungselektronik den Schutz gegen Überlast gewährleisten.

Die Elektronik (Control Interface Module CIM) eines jeden Motor Modules steuert über den Stecker X9 des Motor Modules das Vorladeschütz (X9:5/6) und das Trennschütz (X9:3/4), siehe Bild oben rechts. Durch die Vorladeeinrichtung, bestehend aus Vorladeschütz und Vorladewiderständen, lassen sich die Motor Modules jederzeit einzeln zu- oder abschalten, während die DC-Schiene unter Spannung steht. Bei der Inbetriebnahme ist Parameter p0212 / Bit 01 des Motor Modules zwingend auf den Wert 1 (Externe Vorladung vorhanden) zu setzen, wie im Bild oben rechts beschrieben. Damit werden die Steuerung der Vorladung und die Vorladeüberwachung aktiviert.

Als Vorladeschütz sind Gleichstromschütze einzusetzen, da es im Fehlerfall vorkommen kann, dass der maximal mögliche Vorladegleichstrom abzuschalten ist. Dieser Fall kann z. B. auftreten, wenn ein defektes Motor Module mit einem Kurzschluss im Leistungsteil an die DC-Schiene geschaltet wird. Dann ist der Vorladegleichstrom der Größe

$$I_{\text{Vorladung}} = U_{\text{ZK}} / (2 \cdot R_{\text{Vorladung}})$$

durch das Vorladeschütz sicher zu beherrschen und abzuschalten.

Als Trennschütz können entweder Gleichstromschütze oder unter bestimmten Randbedingungen auch Wechselstromschütze eingesetzt werden.

Bei der Verwendung kostengünstiger Wechselstromschütze muss das Schalten immer stromlos erfolgen. Daher müssen die Ansteuerimpulse für die IGBTs der Motor Modules beim Zu- oder Abschalten gesperrt sein (Impulssperre). Weil das Schalten stromlos erfolgen muss, ist bei der Projektierung auch sicherzustellen, dass das Trennschütz im Betrieb nicht abfallen kann, d. h. die Steuerspannung für die Spule des Trennschützes muss von einer sicheren Spannungsversorgung – wie z. B. einer unterbrechungsfreien Stromversorgung (USV) – zur Verfügung gestellt werden.

1.8.2.2 Anordnung der Motor Modules entlang der DC-Schiene

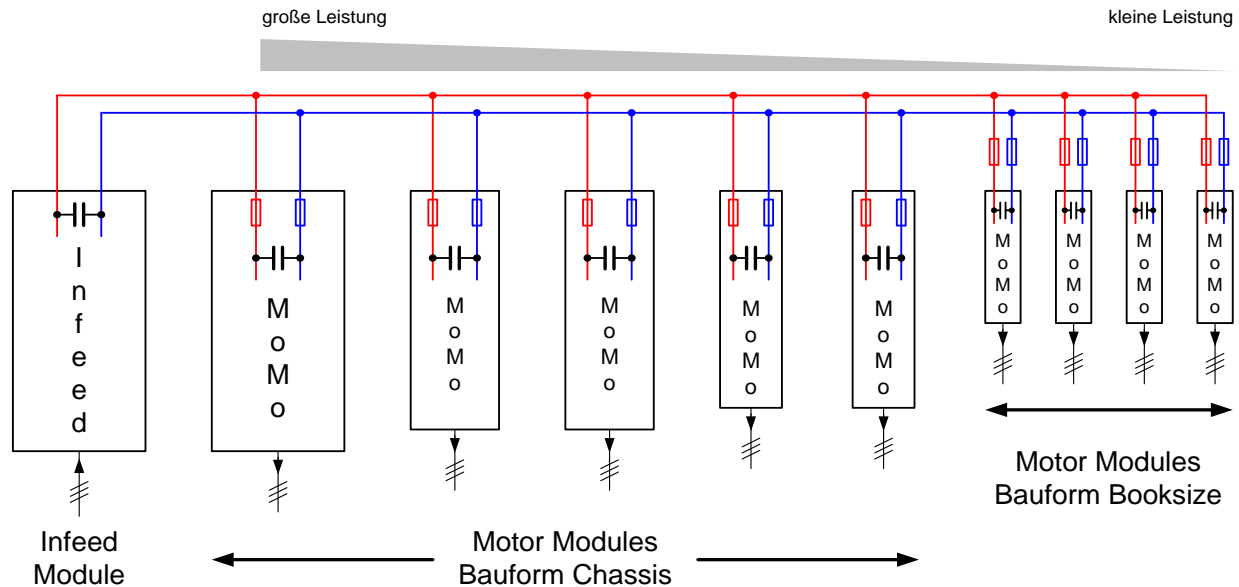
Es gibt im Wesentlichen zwei Möglichkeiten, die SINAMICS S120 Motor Modules an der DC-Schiene anzuordnen:

- Anordnung der Motor Modules gemäß ihrer Typleistung (leistungsbezogene Reihenfolge).
- Anordnung der Motor Modules gemäß der Position der Antriebe im Produktionsprozess (technologische Reihenfolge).

Anordnung der Motor Modules gemäß ihrer Typeleistung

Die mechanisch und elektrisch zweckmäßigste Anordnung der Motor Modules entlang der DC-Schiene ist die leistungsbezogene Reihenfolge nach abnehmender Typeleistung rechts oder links neben dem SINAMICS S120 Infeed. Dabei wird die größte Leistung unmittelbar neben dem Infeed platziert, die kleinste Leistung rechts oder links außen.

Die folgende Abbildung zeigt ein Beispiel bestehend aus einem SINAMICS S120 Infeed der Bauform Chassis mit rechts daneben nach abnehmender Typeleistung angeordneten S120 Motor Modules der Bauformen Chassis und Booksize.



Leistungsbezogene Anordnung der Motor Modules bei Antriebsverbänden mit SINAMICS S120

Die Anordnung der Motor Modules in leistungsbezogener Reihenfolge wird empfohlen, weil diese Anordnung mehrere vorteilhafte Eigenschaften aufweist, bedingt durch die relativ geringen Unterschiede in den mechanischen Abmessungen und in der elektrischen Leistung jeweils benachbarter Motor Modules:

- Die S120 Motor Modules der Bauformen Chassis bzw. Booksize können problemlos eng nebeneinander montiert werden, weil die jeweils benachbarten Motor Modules in der Regel ähnliche mechanische Abmessungen aufweisen, so dass zwischen den meisten Motor Modules keine oder nur geringe Höhen- oder Tiefenunterschiede bei der Montage im Schrank auszugleichen sind.
- Die erforderlichen Abschottungsmaßnahmen zwischen den Motor Modules der Bauformen Chassis bzw. Booksize zur Sicherstellung einer optimalen Kühlluftführung im Schrank sind relativ einfach zu realisieren, weil die jeweils benachbarten Motor Modules einerseits ähnliche Abmessungen und andererseits ähnliche Kühlluftbedarfe und somit ähnliche Druckverhältnisse aufweisen, so dass unerwünschte schrankinterne Luftzirkulationen mit relativ einfachen Maßnahmen verhindert werden können. Nähere Informationen zur Kühlluftführung und zur Abschottung sind dem Kapitel „Geräteübergreifende SINAMICS-Projektierung“, Abschnitt „Schaltschrankaufbau und -klimatisierung“ zu entnehmen.
- Der Querschnitt der DC-Schiene kann mit abnehmender Leistung der angeschlossenen Motor Modules verringert werden. Hierdurch lässt sich in vielen Fällen eine nennenswerte Materialeinsparung erzielen. Dabei ist jedoch sicherzustellen, dass die netzseitigen Sicherungen bzw. der netzseitige Leistungsschalter für das S120 Infeed eine ausreichende Absicherung der gesamten DC-Schiene im Kurzschlussfall gewährleisten.
- Bei einem schwerwiegenden Defekt innerhalb eines Motor Modules (z. B. Kurzschluss durch den Defekt eines IGBTs oder eines Zwischenkreiskondensators) lösen wegen der ähnlichen Leistungen jeweils benachbarter Motor Modules in aller Regel nur die Sicherungen des defekten Motor Modules aus. Die Sicherungen benachbarter Motor Modules bleiben in der Regel intakt.

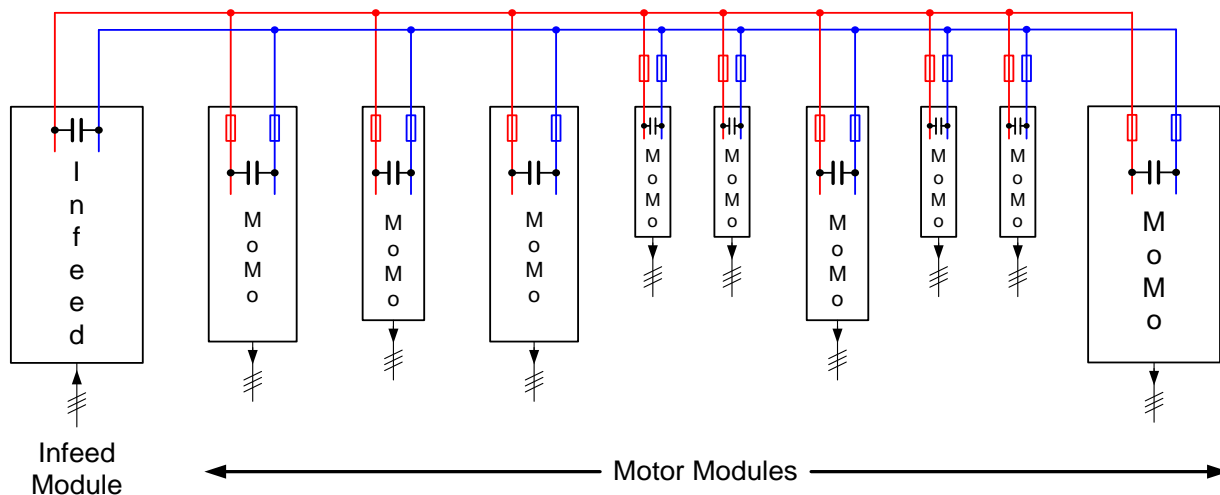
Anordnung der Motor Modules gemäß der Position der Antriebe im Produktionsprozess

Von manchen Anlagenbetreibern wird die Anordnung der Motor Modules entlang der DC-Schiene in technologischer Reihenfolge gewünscht, d. h. in der Reihenfolge, in der die Antriebe im Produktionsprozess angeordnet sind. Dabei wird am Anfang der DC-Schiene das Infeed platziert und die Motor Modules werden unabhängig von ihren mechanischen Abmessungen und ihrer elektrischen Leistung so angeordnet, dass es der Position der Antriebe im Produktionsprozess entspricht.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Die folgende Abbildung zeigt ein Beispiel bestehend aus einem SINAMICS S120 Infeed der Bauform Chassis am Anfang der DC-Schiene und rechts daneben angeordneten S120 Motor Modules der Bauformen Chassis und Booksize in gemischter Reihenfolge.



Beispiel für eine Anordnung der Motor Modules in technologischer Reihenfolge bei Antriebsverbänden mit SINAMICS S120

Die Anordnung der Motor Modules in technologischer Reihenfolge ist in der Regel dann problemlos möglich, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- Die Leistungen der einzelnen Motor Modules unterscheiden sich um nicht mehr als etwa den Faktor 4 bis 5.
- Der Antriebsverband besteht nur aus Motor Modules einer Bauform, entweder Chassis oder Booksize.

Unter diesen Randbedingungen weist die Anordnung in technologischer Reihenfolge praktisch dieselben vorteilhaften Eigenschaften auf wie die Anordnung in leistungsbezogener Reihenfolge, bedingt durch die relativ geringen Unterschiede in den mechanischen Abmessungen und in der elektrischen Leistung jeweils benachbarter Motor Modules.

Unterscheiden sich dagegen die Leistungen der einzelnen Motor Modules um mehr als etwa den Faktor 5 oder werden Motor Modules der Bauformen Chassis und Booksize beliebig in der Reihenfolge gemischt, so ergeben sich einige nachteilige Eigenschaften:

- Der Einbau der S120 Motor Modules der Bauformen Chassis bzw. Booksize in Schränke kann relativ aufwändig werden, wenn die jeweils benachbarten Motor Modules sehr unterschiedliche mechanische Abmessungen aufweisen, so dass zwischen den Motor Modules große Höhen- oder Tiefenunterschiede auszugleichen sind.
- Die erforderlichen Abschottungsmaßnahmen zwischen den Motor Modules der Bauformen Chassis bzw. Booksize zur Sicherstellung einer optimalen Kühlluftführung im Schrank können relativ aufwändig werden, wenn die jeweils benachbarten Motor Modules sehr unterschiedliche Abmessungen und Kühlluftbedarfe und somit sehr unterschiedliche Druckverhältnisse aufweisen, so dass schrankinterne Luftzirkulationen nur mit hohem Aufwand verhindert werden können. Nähere Informationen zur Kühlluftführung und zur Abschottung sind dem Kapitel „Geräteübergreifende SINAMICS-Projektierung“, Abschnitt „Schaltschrankaufbau und -klimatisierung“ zu entnehmen.
- Wird das S120 Infeed am einen Ende der DC-Schiene angeordnet und sehr leistungsstarke Motor Modules am anderen Ende, so ist oftmals der Querschnitt der gesamten DC-Schiene zwingend für den vollen Einspeisestrom des S120 Infeeds zu dimensionieren, was einen relativ hohen Materialaufwand für die DC-Schiene bedeuten kann.
- Bei einem schwerwiegenden Defekt innerhalb eines leistungsstarken Motor Modules (z. B. Kurzschluss durch den Defekt eines IGBTs oder eines Zwischenkreiskondensators) können neben den Sicherungen des defekten Motor Modules auch die Sicherungen mehrerer benachbarter Motor Modules kleiner Leistung auslösen, so dass gegebenenfalls bei einer relativ großen Anzahl von Motor Modules Sicherungen zu wechseln sind.

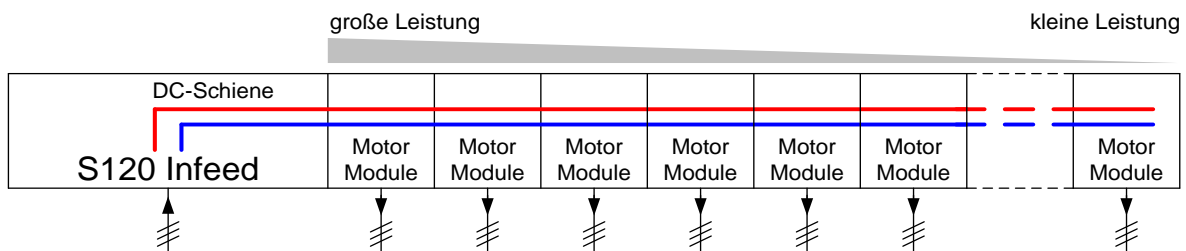
1.8.2.3 Räumliche Ausdehnung und Topologie der DC-Schiene

Das modulare Antriebssystem SINAMICS S120 ist als zentrales Antriebssystem konzipiert. Das bedeutet, dass die zulässige räumliche Ausdehnung der DC-Schiene einschließlich der angeschlossenen Motor Modules begrenzt ist. Daher sind alle an die DC-Schiene anzuschließenden Komponenten (Infeed Modules, Motor Modules, Braking Modules) idealerweise ohne größere Abstände unmittelbar nebeneinander anzuordnen, so dass sich ein möglichst kompakter Aufbau des gesamten Antriebsverbandes ergibt.

Erfahrungsgemäß sind im Leistungsbereich der in diesem Projektierungshandbuch beschriebenen Einbau- und Schrankgeräte räumliche Ausdehnungen der DC-Schiene bis zu ca. 50 m - 75 m als unkritisch anzusehen. Bei Ausdehnungen im Bereich zwischen ca. 75 m und 150 m müssen die Randbedingungen genau geprüft werden. Hierzu ist eine technische Klärung im Einzelfall erforderlich. Ausdehnungen der DC-Schiene, die über ca. 150 m hinaus gehen sowie sternförmige Topologien, bei denen mehrere DC-Schienen Systeme über mehrere 100 m miteinander vernetzt werden, sind nicht zulässig, da unerwünschte Wechselwirkungen und daraus resultierende Systemprobleme nicht sicher ausgeschlossen werden können. Die geringsten Wechselwirkungen ergeben sich bei DC-Verbindungen, die durch Active Infeeds gespeist werden, so dass diese bei grenzwertigen Ausdehnungen zu bevorzugen sind.

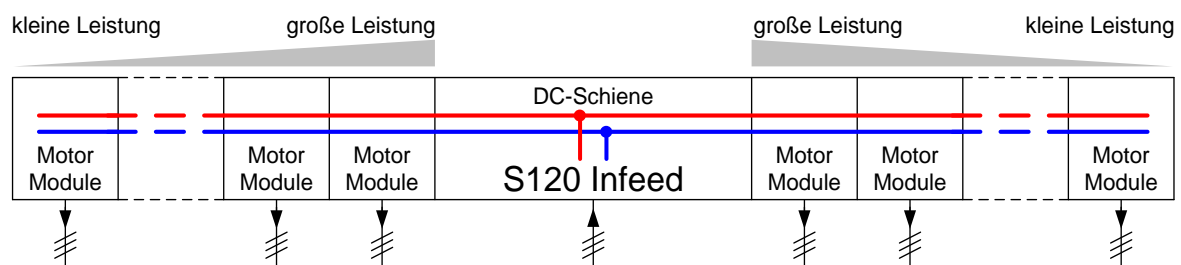
Im Folgenden werden typische zulässige Anordnungen von Antriebsverbänden für Mehrmotorenantriebe angegeben. Die DC-Schiene wird dabei stets von einem S120 Infeed gespeist, das aus der Parallelschaltung von bis zu vier gleichen S120 Infeeds bestehen kann. Die Anordnung der Motor Modules entlang der DC-Schiene erfolgt in diesen Beispielen in der empfohlenen, leistungsbezogenen Reihenfolge.

Beispiel 1 zeigt eine typische linienförmige Anordnung der DC-Schiene, bei der am linken Ende das S120 Infeed platziert ist und die Motor Modules mit abnehmender Leistung rechts neben dem S120 Infeed angeordnet sind.



Beispiel 1: Linienförmige Anordnung der DC-Schiene mit Einspeisung am linken Ende des Verbandes

Die Anordnung des Beispiels 1 bietet sich für Antriebsverbände kleiner bis mittlerer Leistung an. Bei größeren Leistungen lässt sich die Belastung der DC-Schiene und damit der erforderliche Querschnitt deutlich reduzieren, indem das S120 Infeed in der Mitte der DC-Schiene platziert wird und die Motor Modules mit abnehmender Leistung rechts und links neben dem S120 Infeed angeordnet werden, wie im Beispiel 2 dargestellt.

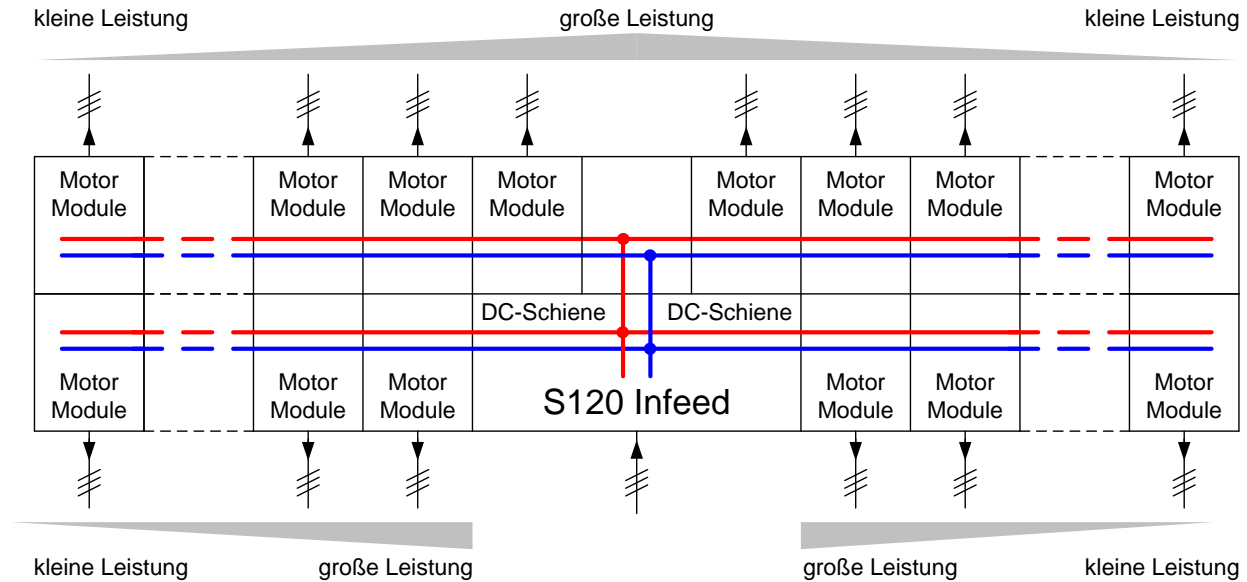


Beispiel 2: Linienförmige Anordnung der DC-Schiene mit Einspeisung in der Mitte des Verbandes

Grundlagen und Systembeschreibung

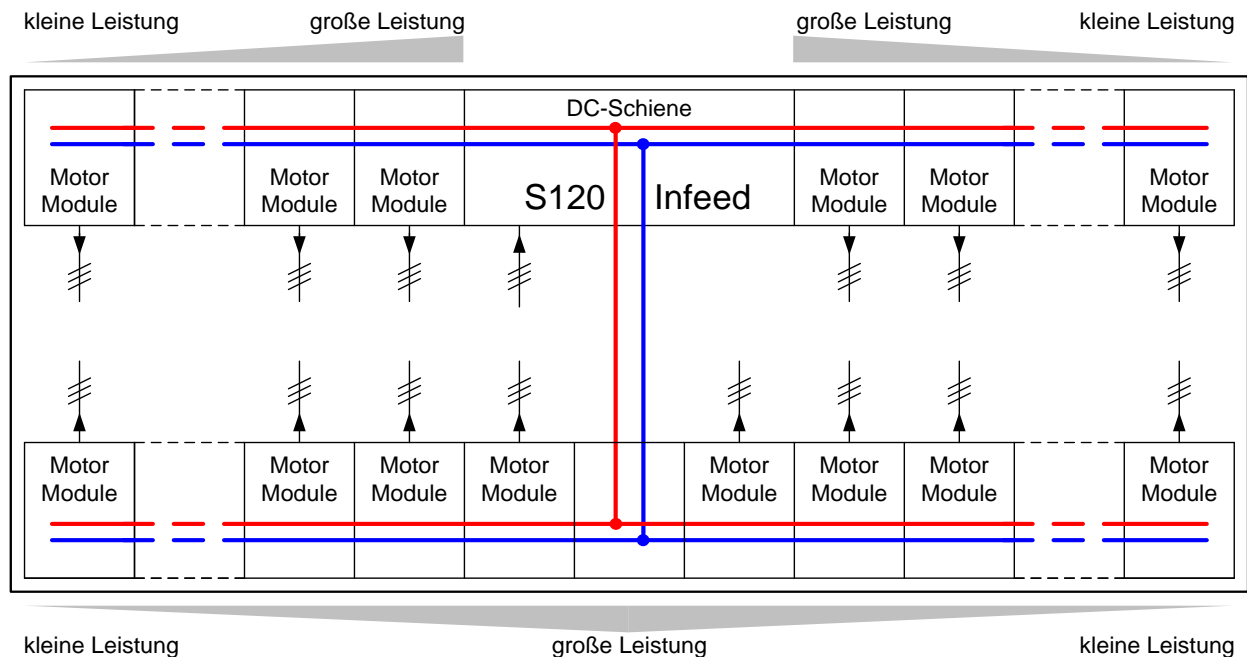
Projektierungshinweise

Bei sehr großen Leistungen im Bereich einiger MW, bei denen die DC-Schiene sehr lang werden kann, bietet es sich an, den Verband zu teilen und zwei Teilverbände Rücken an Rücken anzuordnen. Wird zudem das S120 Infeed in der Mitte eines Teilverbandes platziert und unmittelbar mit der Mitte der DC-Schiene des anderen Teilverbandes verbunden, so ergeben sich sehr günstige Verhältnisse für die erforderlichen Querschnitte der DC-Schienen. Beispiel 3 zeigt eine derartige Anordnung.



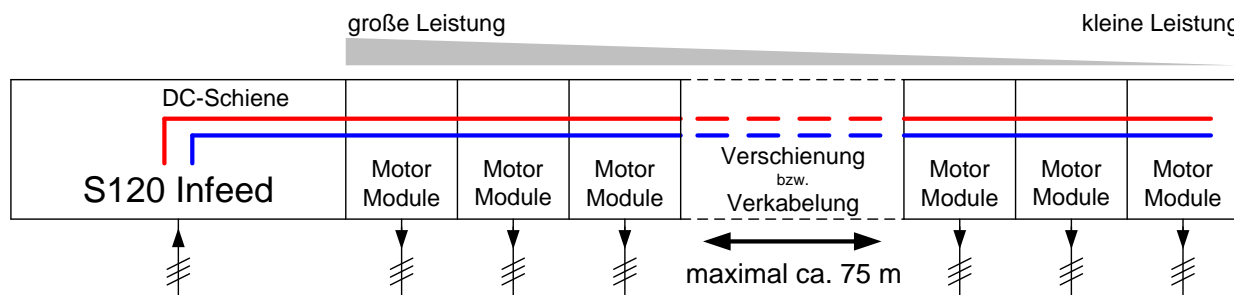
Beispiel 3: Linienförmige Anordnung der DC-Schiene in zwei Teilverbänden / Aufstellung Rücken an Rücken

Anstatt die beiden Teilverbände wie im Beispiel 3 Rücken an Rücken anzuordnen, ist es auch möglich, eine gegenüberliegende Anordnung zu wählen, wie in Beispiel 4 dargestellt. So kann z. B. der eine Teilverband in Wandaufstellung an der einen Längsseite des Umrichterraumes platziert werden und der andere Teilverband ebenfalls in Wandaufstellung an der gegenüberliegenden Längsseite.



Beispiel 4: Linienförmige Anordnung der DC-Schiene in zwei Teilverbänden / Aufstellung gegenüberliegend

In manchen Anwendungen ist es zwingend erforderlich, einen Antriebsverband in zwei Teilverbände aufzuteilen, die räumlich weit entfernt liegen. Diese müssen dann über längere DC-Verschienungen oder DC-Verkabelungen miteinander verbunden werden, wie in Beispiel 5 gezeigt.



Beispiel 5: Linienförmige Anordnung der DC-Schiene in zwei Teilverbänden, die räumlich weit entfernt liegen

Bei derartigen Anwendungen sollten die beiden Teilverbände nicht weiter als ca. 75 m voneinander entfernt sein. Grundsätzlich sind auch Entfernungen zwischen ca. 75 m und 150 m denkbar, wobei die Randbedingungen genau geprüft werden müssen. Hierzu ist eine technische Klärung im Einzelfall erforderlich.

Generell ist bei den oben genannten Entfernungen eine induktivitätsarme Ausführung der DC-Verschienung oder der DC-Verkabelung besonders wichtig, um die Gefahr möglicher Oszillationen zwischen den Teilverbänden zu minimieren. Diese Oszillationen können in dem Schwingkreis entstehen, der aus den Kapazitäten der beiden Teilverbände und der Induktivität der DC-Schiene gebildet wird, z. B. dann, wenn die Resonanzfrequenz dieses Schwingkreises durch Systemgrößen des Antriebsverbandes, wie z. B. die Pulsfrequenzen der Motor Modules, angeregt wird. Die induktivitätsarme Ausführung der DC-Schiene wird durch parallel geführte Plus- und Minus-Schienen bzw. Plus- und Minus-Kabel erreicht, die einen möglichst geringen Abstand voneinander aufweisen.

Außerdem wirkt es sich günstig aus, wenn der DC-Verband durch ein geregeltes Active Infeed gespeist wird, weil hier das Risiko der Anregung möglicher Oszillationen am geringsten ist.

Hinweis:

Bei SINAMICS S120 Mehrmotorenantrieben gibt es grundsätzlich drei wichtige Begrenzungen hinsichtlich der Länge von Verschienungen und Leitungen:

- **Begrenzung der Länge der DC-Schiene.** Diese ist notwendig, um unerwünschte Oszillationen im System wie oben beschrieben zu vermeiden.
- **Begrenzung der Motorleitungslänge zwischen jedem Motor Module und dem zugehörigen Motor.** Diese ist erforderlich, um die durch die Motorleitungskapazitäten hervorgerufenen kapazitiven Ableitströme zu begrenzen und Überstromabschaltungen der Motor Modules zu vermeiden. Näheres hierzu ist im Abschnitt „Auswirkungen der Verwendung schnell schaltender Leistungsbaulemente (IGBTs)“ beschrieben.
- **Begrenzung der Summenleitungslänge, d. h. der Summe aller Motorleitungslängen aller Motor Modules,** die über eine gemeinsame DC-Schiene von einem gemeinsamen Infeed gespeist werden. Dies ist erforderlich, damit der von der resultierenden Motorleitungslänge abhängige, resultierende kapazitive Summenableitstrom (Summe der von den einzelnen Motor Modules erzeugten kapazitiven Ableitströme) das S120 Infeed nicht überlastet, wenn er über das Netzfilter des S120 Infeeds bzw. das Netz sowie das S120 Infeed selbst zurückfließt zur DC-Schiene. Einzelheiten sind dem Kapitel „Projektierung der SINAMICS S120“, Abschnitt „Überprüfung der Summenleitungslänge bei Mehrmotorenantrieben“ zu entnehmen. Streng genommen ist bei der Ermittlung der zulässigen Summenleitungslänge auch die Länge der DC-Schiene mit zu berücksichtigen. Da jedoch in der Praxis die Länge der DC-Schiene gegenüber der Summe der Motorleitungslängen bei Mehrmotorenantrieben vernachlässigbar ist, kann die DC-Schiene bei der Ermittlung der zulässigen Summenleitungslänge unberücksichtigt bleiben.

1.8.2.4 Kurzschlussströme auf der DC-Schiene

Ein direkter Kurzschluss auf der DC-Schiene führt zu einer spontanen Entladung der Zwischenkreise aller an die DC-Schiene angeschlossenen S120 Infeeds und S120 Motor Modules. Aufgrund der relativ geringen Induktivität der DC-Schiene baut sich sehr schnell ein sehr hoher Kurzschlussstrom auf. Dieser wird zwar innerhalb weniger Millisekunden durch das Ansprechen der DC-Sicherungen in den Motor Modules sowie der netzseitigen Sicherungen oder Leistungsschalter der Infeeds unterbrochen, aber dennoch muss die DC-Schiene in der Lage sein, den kurzen Stoßkurzschlussstrom zu beherrschen, ohne sich unzulässig mechanisch zu verformen oder zu erwärmen. Daher ist bei der Dimensionierung des Antriebsverbandes die Kurzschlussfestigkeit der DC-Schiene zu berücksichtigen.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Die folgenden Tabellen geben Orientierungswerte an, welchen maximalen Beitrag die einzelnen S120 Basic Line Modules, Smart Line Modules und Active Line Modules sowie die einzelnen S120 Motor Modules zum Gesamt-Stoßkurzschlussstrom $I_{\text{Stoß-gesamt}}$ der DC-Schiene theoretisch liefern können.

Die Werte gelten relativ exakt bei einer geringen Anzahl von Line Modules und Motor Modules an der DC-Schiene, so dass hier zur Berechnung des Gesamt-Stoßkurzschlussstromes die Tabellenwerte der einzelnen Line Modules und Motor Modules einfach addiert werden können. Bei einer wachsenden Anzahl von Line Modules und Motor Modules an der DC-Schiene nehmen die Abstände der einzelnen S120 Modules zur Kurzschlussstelle – und damit auch die zugehörigen Induktivitäten – im Mittel immer mehr zu, so dass die Beiträge der einzelnen S120 Modules zum Gesamt-Stoßkurzschlussstrom im Mittel immer mehr abnehmen. Dieser Effekt kann bei der Berechnung des Gesamt-Stoßkurzschlussstromes näherungsweise durch den Korrekturfaktor k berücksichtigt werden, der abhängig von der Anzahl der Line Modules und Motor Modules an der DC-Schiene ist. Damit ergibt sich der Gesamt-Stoßkurzschlussstrom an der DC-Schiene näherungsweise zu

$$I_{\text{Stoß-gesamt}} = k \cdot [\text{Summe der Beiträge aller Line Modules und Motor Modules an der DC-Schiene gemäß Tabelle}]$$

Für den Faktor k gilt:

- Anzahl der Line Modules und Motor Modules < 10 $k = 1,00$
- Anzahl der Line Modules und Motor Modules 10 - 20 $k = 0,75$
- Anzahl der Line Modules und Motor Modules > 20 $k = 0,50$

Bei Parallelschaltungen von mehreren S120 Line Modules oder mehreren S120 Motor Modules sind alle Teile der jeweiligen Parallelschaltung einzeln zu berücksichtigen. Dies sind z. B. bei einer 3-fach-Parallelschaltung von Line Modules und einer 3-fach-Parallelschaltung von Motor Modules an einer DC-Schiene insgesamt 6 Modules.

Basic Line Modules 380 V bis 480 V			Basic Line Modules 500 V bis 690 V		
Typeleistung [kW]	Baugröße	Stoßkurzschlussstrom [kA]	Typeleistung [kW]	Baugröße	Stoßkurzschlussstrom [kA]
200	FB	3,3	250	FB	4,5
250	FB	4,2	355	FB/FBL	6,4
360	FBL	6,0	560	FB	10,1
400	FB	6,7	630	FBL	11,3
560	GB	9,4	900	GB	16,2
600	FBL	10,0	1100	GB/GBL	19,8
710	GB	11,9	1370	GBL	24,7
830	GBL	13,9	1500	GD	27,0
900	GD	15,0			

Beitrag der einzelnen S120 Basic Line Modules zum Gesamt-Stoßkurzschlussstrom auf der DC-Schiene

Smart Line Modules 380 V bis 480 V			Smart Line Modules 500 V bis 690 V		
Typeleistung [kW]	Baugröße	Stoßkurzschlussstrom [kA]	Typeleistung [kW]	Baugröße	Stoßkurzschlussstrom [kA]
250	GX	4,2	450	GX	8,1
355	GX	5,9	710	HX	12,8
500	HX	8,4	1000	JX	18,0
630	JX	10,5	1400	JX	25,2
800	JX	13,4	-	-	-

Beitrag der einzelnen S120 Smart Line Modules zum Gesamt-Stoßkurzschlussstrom auf der DC-Schiene

Active Line Modules 380 V bis 480 V			Active Line Modules 500 V bis 690 V		
Typeleistung [kW]	Baugröße	Stoßkurzschlussstrom [kA]	Typeleistung [kW]	Baugröße	Stoßkurzschlussstrom [kA]
132	FX	2,2	630	HX/HXL	11,3
160	FX	2,7	800	JX/JXL	14,4
235	GX	3,9	900	HXL	16,2
300	GX/GXL	5,0	1100	JX/JXL	19,8
380	HX/HXL	6,3	1400	JX/JXL	25,2
450	HX	7,5	1700	JXL	30,6
500	HX/HXL	8,4	-	-	-
630	JX/JXL	10,5	-	-	-
800	JX	13,4	-	-	-
900	JX/JXL	15,0	-	-	-

Beitrag der einzelnen S120 Active Line Modules zum Gesamt-Stoßkurzschlussstrom auf der DC-Schiene

Motor Modules 380 V bis 480 V			Motor Modules 500 V bis 690 V		
Typeleistung [kW]	Baugröße	Stoßkurzschlussstrom [kA]	Typeleistung [kW]	Baugröße	Stoßkurzschlussstrom [kA]
110	FX/FXL	1,8	75	FX	1,4
132	FX/FXL	2,2	90	FX/FXL	1,6
160	GX/GXL	2,7	110	FX	2,0
200	GX	3,3	132	FX/FXL	2,4
250	GX/GXL	4,2	160	GX	2,9
315	HX/HXL	5,3	200	GX/GXL	3,6
400	HX/HXL	6,7	250	GX	4,5
450	HX/HXL	7,5	315	GX/GXL	5,7
560	JX/JXL	9,4	400	HX	7,2
710	JX	11,9	450	HX/HXL	8,1
800	JX/JXL	13,4	560	HX/HXL	10,1
-	-	-	710	JX/JXL	12,8
-	-	-	800	HXL	14,4
-	-	-	800	JX/JXL	14,4
-	-	-	900	JX	16,2
-	-	-	1000	JX/JXL	18,0
-	-	-	1200	JX/JXL	21,6
-	-	-	1500	JXL	27,0

Beitrag der einzelnen S120 Motor Modules zum Gesamt-Stoßkurzschlussstrom auf der DC-Schiene

Zur Dimensionierung der DC-Schiene sind im ersten Schritt die betriebsmäßigen Ströme zu ermitteln und die Querschnitte der DC-Schiene entsprechend festzulegen. Im zweiten Schritt ist der im Kurzschlussfall auftretende Gesamt-Stoßkurzschlussstrom zu berechnen und zu überprüfen, dass die ausgewählte DC-Schiene diesen Stoßkurzschlussstrom beherrscht. Für die SINAMICS S120 Cabinet Modules befinden sich die Angaben zu den zulässigen Stoßkurzschlussströmen der DC-Schienen im Kapitel „Projektierung der modularen Schrankgeräte SINAMICS S120 Cabinet Modules“, Abschnitt „Erforderliche Querschnitte der DC-Verschienenung und maximale Kurzschlussströme“.

1.8.2.5 Maximale Leistung des Antriebsverbandes an der DC-Schiene

Im Rahmen des modularen Antriebssystems SINAMICS S120 lassen sich Antriebsverbände aufbauen, bei denen ein S120 Infeed (Basic Infeed, Smart Infeed oder Active Infeed), bestehend aus einem einzelnen oder bis zu vier parallelgeschalteten S120 Line Modules, eine DC-Schiene mit mehreren S120 Motor Modules speist. Damit lassen sich bei einer Netzspannung von 690 V Leistungen von bis zu ca. 6 MW (4 • 1500 kW) in die DC-Schiene einspeisen. Die Ströme in der DC-Schiene erreichen Werte von bis zu 7500 A und die Länge der DC-Schiene kann abhängig von der Leistung der Motor Modules und der Anzahl evtl. vorhandener weiterer Komponenten (z. B. Braking Modules, du/dt-Filter oder ausgangsseitige Schalter) Werte von 30 m oder mehr erreichen.

Das System der modularen, typgeprüften Einbaugeräte SINAMICS S120 Bauform Chassis sowie die zugehörigen Systemkomponenten beherrschen bei einer Netzspannung von 690 V Einspeiseleistungen von bis zu ca. 6 MW (4 • 1500 kW) in die DC-Schiene, wenn der Schaltschrankbauer für die korrekte elektrische, thermische und mechanische Auslegung des Antriebsverbandes sorgt.

Es ist auf eine ausreichende netzseitige Absicherung des Antriebsverbandes zu achten, sowie auf eine ausreichende thermische und mechanische Festigkeit der Leistungskabel und -verschienenungen, – insbesondere der DC-Schiene – um Kurzschlüsse im System zu beherrschen. Außerdem sind ausreichend dimensionierte PE-Schienen und ausreichend niederohmige Verbindungen zwischen den S120 Chassis und den zugehörigen Schrankgerüsten sowie zwischen den einzelnen Schrankgerüsten des Antriebsverbandes vorzusehen, um Erdschlüsse im System zu beherrschen. Zur Sicherstellung einer ausreichenden Kühlung muss der erforderliche Kühlluftstrom über geeignete Öffnungsquerschnitte, und die Luftführung durch geeignete Schottungsmaßnahmen sichergestellt werden. Für eine störungsfreie Funktion sind insbesondere bei ausgedehnten Antriebsverbänden großer Leistung EMV-gerechte Leitungsführungen und Schirmauflagen sicherzustellen. Somit sind folgende Punkte absolut zwingend erforderlich:

- Beachtung der empfohlenen netzseitigen Absicherung durch Sicherungen bzw. Leistungsschalter sowie die auf die Anlagenverhältnisse abgestimmte, richtige Einstellung der Leistungsschalter.
- Beachtung der zulässigen Kurzschlussströme der DC-Schiene.
- Beachtung der empfohlenen Absicherung der Motor Modules an der DC-Schiene.
- Beachtung der erforderlichen Querschnitte für Netzanschluss, DC-Schiene und Motoranschluss.
- Beachtung der empfohlenen Ausdehnung und Topologie der DC-Schiene.
- Beachtung der erforderlichen Luftöffnungsquerschnitte und der empfohlenen Schottungsmaßnahmen.
- Beachtung einer ausreichenden Schaltraumklimatisierung (Kühlleistung, Volumenstrom).
- Beachtung der EMV-Aufbauorientierung.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Das System der modularen, typgeprüften und systemgetesteten Schrankgeräte SINAMICS S120 Cabinet Modules ist elektrisch, thermisch und mechanisch so ausgelegt, dass es bei einer Netzspannung von 690 V Einspeiseleistungen von bis zu ca. 6 MW (4 • 1500 kW) in die DC-Schiene beherrscht. Dies gilt sowohl für den normalen, störungsfreien Betrieb als auch für Fehlersituationen wie Kurzschlüsse und Erdschlüsse im System, insbesondere auf der DC-Schiene. Die Voraussetzungen hierfür sind:

- Beachtung der empfohlenen netzseitigen Absicherung durch Sicherungen bzw. Leistungsschalter sowie die auf die Anlagenverhältnisse abgestimmte, richtige Einstellung der Leistungsschalter.
- Beachtung der zulässigen Kurzschlussströme der DC-Schiene.
- Beachtung der erforderlichen Querschnitte für Netzanschluss, DC-Schiene und Motoranschluss.
- Beachtung der empfohlenen Ausdehnung und Topologie der DC-Schiene.
- Beachtung einer ausreichenden Schaltraumklimatisierung (Kühlleistung, Volumenstrom).
- Beachtung der EMV-Aufbaurichtlinie.

1.9 Auswirkungen der schnell schaltenden Leistungsbaulemente im Wechselrichter

Bei SINAMICS werden in den Leistungsteilen der motorseitigen Wechselrichter ausschließlich IGBTs (Insulated Gate Bipolar Transistors) eingesetzt. Diese modernen Leistungsbaulemente zeichnen sich u. a. dadurch aus, dass sie extrem schnell schalten können, wodurch die Verluste, die bei jeder Schalthandlung im Wechselrichter entstehen, sehr klein gehalten werden können. Daher können die Wechselrichter mit relativ hoher Pulsfrequenz betrieben werden. Hiermit lässt sich eine hohe Regelungsdynamik erreichen und der Motorstrom lässt sich der Sinusform sehr gut annähern, so dass die durch die Umrichterspeisung hervorgerufenen Pendelmomente und Zusatzverluste im Motor gering bleiben.

Allerdings treten durch das schnelle Schalten der IGBTs auch unerwünschte Nebenwirkungen auf:

- Beim Einsatz langer Motorleitungen werden die nicht unerheblichen Motorleitungskapazitäten mit jeder Schalthandlung sehr schnell umgeladen. Dadurch werden der Wechselrichter selbst und gegebenenfalls am Wechselrichteranschluss vorhandene Schütze oder Leistungsschalter mit zusätzlichen Stromspitzen belastet.
- Es treten durch die Laufzeit der elektromagnetischen Vorgänge entlang der Motorleitung Spannungsüberhöhungen an den Motoranschlüssen auf, die zu einer erhöhten Spannungsbelastung der Motorwicklung führen.
- Die steilen Spannungsflanken an den Motoranschlüssen rufen einen erhöhten Stromfluss in den Motorlagern hervor.

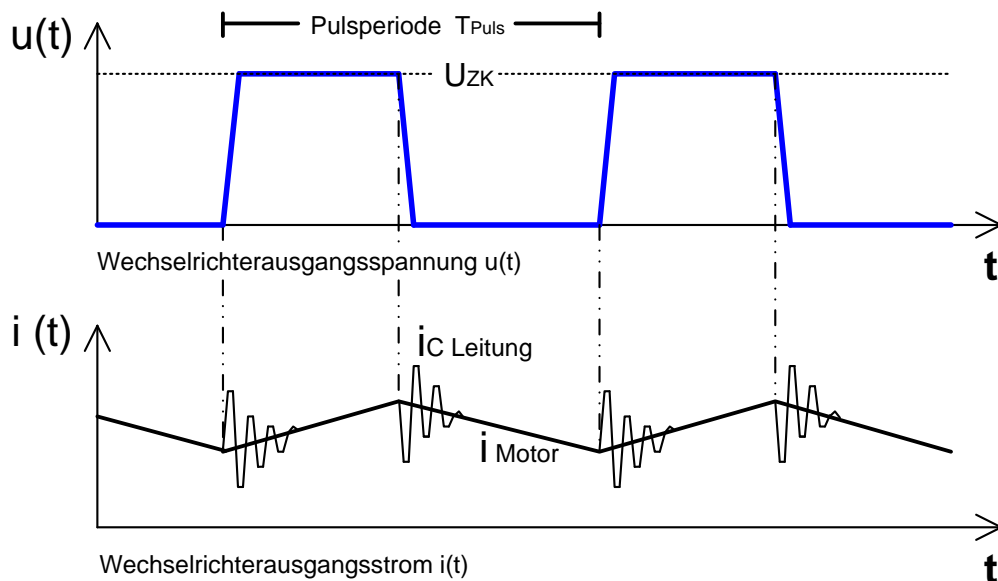
Diese Effekte müssen bei der Antriebsprojektierung berücksichtigt werden, damit der Wechselrichter nicht vor Erreichen seines projektierten Ausgangsstromes mit der Störmeldung "Überstrom" abschaltet und der Motor nicht frühzeitig durch Wicklungs- oder Lagerschäden ausfällt.

Im Folgenden wird auf die einzelnen Effekte sowie auf geeignete Abhilfemaßnahmen näher eingegangen.

1.9.1 Erhöhte Strombelastung des Wechselrichters durch lange Motorleitungen

Motorleitungen besitzen eine Leitungskapazität, die proportional mit der Leitungslänge zunimmt. Daher ergeben sich bei sehr langen Motorleitungen erhebliche Leitungskapazitäten, insbesondere wenn geschirmte Motorleitungen verwendet werden und bei größeren Antriebsleistungen mehrere Leitungen parallel verlegt werden müssen.

Diese Leitungskapazitäten werden durch jede Schalthandlung des Wechselrichters umgeladen, wodurch sich dem eigentlichen Motorstrom zusätzliche Stromspitzen überlagern, wie in der folgenden Skizze dargestellt.



Augenblickswerte von Wechselrichter-Ausgangsspannung und -strom bei langen Motorleitungen

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Die Höhe dieser zusätzlichen Stromspitzen ist einerseits proportional zur Leitungskapazität - also zur Leitungslänge - und andererseits proportional zur Spannungsanstiegsgeschwindigkeit du/dt am Wechselrichter Ausgang gemäß der Beziehung

$$I_{c \text{ Leitung}} = C_{\text{Leitung}} \cdot du/dt .$$

Die zusätzlichen Stromspitzen klingen zwar innerhalb weniger μs ab, müssen aber dennoch für diese kurze Zeit vom Wechselrichter zusätzlich zum Motorstrom bereitgestellt werden. Dies vermag der Wechselrichter nur bis zu einer bestimmten Motorleitungskapazität zu leisten. Wird diese durch eine zu große Motorleitungslänge oder zu viele parallel verlegte Motorleitungen überschritten, so schaltet der Wechselrichter mit der Störmeldung "Überstrom" ab.

Bei der Antriebsprojektierung ist daher darauf zu achten, dass die für die einzelnen Geräte vorgeschriebenen Motorleitungslängen und -querschnitte nicht überschritten werden oder aber zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden, die den Anschluss größerer Motorleitungslängen und -querschnitte gestatten.

Im Standard – wenn also keine Motordrosseln, du/dt -Filter plus VPL, du/dt -Filter compact plus VPL oder Sinusfilter am Wechselrichter Ausgang eingesetzt werden – gelten für SINAMICS G130, G150, S150, S120 Motor Modules (Chassis sowie Cabinet Modules) einheitlich die folgenden zulässigen Motorleitungslängen:

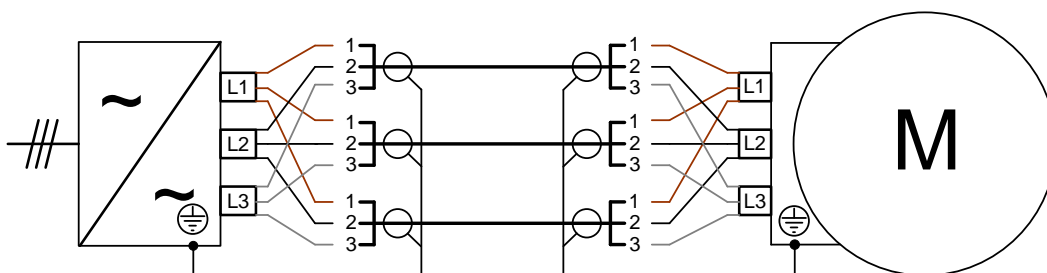
Netzanschlussspannung	Maximal zulässige Motorleitungslängen im Standard	
	Geschirmte Leitung z. B. Protodur NYCWY	Ungeschirmte Leitung z. B. Protodur NYY
3AC 380 V – 480 V	300 m ¹⁾	450 m ¹⁾
3AC 500 V – 600 V	300 m ¹⁾	450 m ¹⁾
3AC 660 V – 690 V	300 m ¹⁾	450 m ¹⁾

1) Für SINAMICS S120 Motor Modules in Kombination mit einer aktiven Einspeisung SINAMICS S120 Active Infeed sowie für Umrichter SINAMICS S150 gelten für Pulsfrequenzen größer als die Werkseinstellung reduzierte Motorleitungslängen (Werte auf Anfrage)

Zulässige Motorleitungslängen im Standard für Einbaugeräte SINAMICS G130, Schrankgeräte SINAMICS G150 und S150 sowie SINAMICS S120 Motor Modules der Bauformen Chassis und Cabinet Modules

Hinweis:

Die angegebenen Motorleitungslängen beziehen sich immer auf den Abstand zwischen Wechselrichter Ausgang und Motor entlang des Leitungsweges und berücksichtigen bereits, dass bei Antrieben größerer Leistung mehrere Leitungen parallel verlegt werden müssen. Die empfohlenen und maximal anschließbaren Leitungsquerschnitte sowie die zulässige Anzahl paralleler Motorleitungen sind gerätespezifisch und daher den gerätespezifischen Kapiteln dieses Projektierungshandbuches oder den entsprechenden Katalogen zu entnehmen. Bei der Parallelverlegung mehrerer Motorleitungen ist zu beachten, dass innerhalb jeder Motorleitung alle drei Leiter des Drehstromsystems geführt werden müssen. Auf diese Weise werden die magnetischen Streufelder und damit die magnetischen Beeinflussungen anderer Verbraucher minimiert. Die folgende Skizze zeigt ein Beispiel mit drei parallel verlegten Motorleitungen.



Symmetrischer Anschluss mehrerer parallel verlegter Motorleitungen an Umrichter und Motor

Beispiel:

Beim Schrankgerät SINAMICS G150, 380 V – 480 V, 560 kW wird im Katalog D 11 empfohlen, für den Motoranschluss vier parallele Leitungen mit einem Leiterquerschnitt von je 185 mm² zu verlegen. Der Abstand zwischen Wechselrichter Ausgang und Motor entlang des Leitungsweges darf bei Verwendung geschirmter Leitungen gemäß obiger Tabelle 300 m betragen. Somit wären in dieser Konstellation 4 * 300 m = 1200 m Leitung zu verlegen, um den zulässigen leitungsmäßigen Abstand zwischen Wechselrichter und Motor von 300 m zu realisieren.

Reichen in speziellen Antriebskonstellationen die angegebenen Motorleitungslängen nicht aus, so müssen geeignete Maßnahmen ergriffen werden, die den Einsatz größerer Motorleitungslängen und -querschnitte gestatten. Zu diesem Zweck können z. B. entsprechend dimensionierte Motordrosseln eingesetzt werden, welche die zusätzlichen Stromspitzen verringern und es so erlauben, größere Motorleitungskapazitäten anzuschließen (siehe Abschnitt "Motordrosseln").

1.9.2 Zu beachtende Besonderheiten bei motorseitigen Schützen und Leistungsschaltern

Allgemeines

Motorseitige Schütze und Leistungsschalter werden in den meisten Anwendungen nicht benötigt. Für spezielle Anwendungen können diese jedoch erforderlich sein, z. B. wenn

- eine Bypass-Schaltung für den Umrichter vorgesehen ist,
- aus Sicherheitsgründen eine Trennung zwischen Umrichter und Motor erforderlich ist,
- ein Umrichter für mehrere Motoren vorgesehen ist, die wahlweise zugeschaltet werden sollen,
- bei Gruppenantrieben die Motoren einzeln gegen Überlast geschützt werden sollen.

Schütze

Motorseitige Schütze werden üblicherweise nach Gebrauchskategorie AC-3 (Anlassen von Käfigläufermotoren) entsprechend der Motorbemessungsspannung und dem Motorbemessungsstrom ausgelegt. Eine Überdimensionierung der Schütze bei langen Motorleitungen aufgrund der kapazitiven Umladeströme ist im Leistungsbereich der in diesem Projektierungshandbuch beschriebenen Umrichter und Wechselrichter in der Regel nicht erforderlich.

Das Schalten bei niedrigen Ausgangsfrequenzen, welches beim Einsatz am Umrichterausgang prinzipiell immer vorkommen kann, ist kritisch. Denn je niedriger die Ausgangsfrequenz ist, desto länger dauert es, bis der Schaltlichtbogen durch den Spannungs-Nulldurchgang unterbrochen wird. Hier können die Schaltstücke schon nach wenigen Schalt-handlungen verschleifen. Insofern ist das betriebsmäßige Schalten von motorseitigen Schützen möglichst ganz zu vermeiden, d. h. das Schließen des Schützes sollte immer bei Impulssperre des Wechselrichters erfolgen und vor dem Öffnen des Schützes sollte die Ablaufsteuerung immer erst die Impulssperre für den Wechselrichter auslösen.

Leistungsschalter

Motorseitige Leistungsschalter werden üblicherweise entsprechend der Motorbemessungsspannung und dem Motorbemessungsstrom ausgelegt und können bis zu Frequenzen von 400 Hz eingesetzt werden. Dabei sind jedoch folgende Punkte zu beachten:

Der Ansprechwert des unverzögerten Kurzschlussauslösers verändert sich in Abhängigkeit von der Frequenz, wobei folgende Anhaltswerte zugrundegelegt werden können:

- 5 Hz: Standardwert gemäß Datenblatt für 50 Hz - 9 %
- 50 Hz Standardwert gemäß Datenblatt für 50 Hz
- 100 Hz Standardwert gemäß Datenblatt für 50 Hz + 10 %
- 200 Hz Standardwert gemäß Datenblatt für 50 Hz + 20 %
- 300 Hz Standardwert gemäß Datenblatt für 50 Hz + 30 %
- 400 Hz Standardwert gemäß Datenblatt für 50 Hz + 40 %

Diese Veränderungen sind für die praktische Auslegung jedoch nur von untergeordneter Bedeutung, da der Standardansprechwert gemäß Datenblatt für 50 Hz bei mehr als dem 10-fachen Wert des Bemessungsstromes liegt.

Der Ansprechwert thermisch verzögerter Überlastauslöser kann aufgrund der von Pulsfrequenz und Pulsmuster abhängigen Stromüberschwingungen und der kapazitiven Umladeströme bei langen Motorleitungen gegenüber dem Datenblattwert nennenswert reduziert sein. Denn thermische Überlastauslöser von Leistungsschaltern bestehen in der Regel aus einem Bimetall und einer Heizwicklung, die vom Motorstrom durchflossen und somit erwärmt werden. Bei zu großer Auslenkung des Bimetalls erfolgt die Abschaltung des Leistungsschalters. Justiert werden thermische Überlastauslöser mit einem Wechselstrom von 50 Hz. Damit liegt der Auslösepunkt nur für Ströme im geforderten Normbereich, deren Effektivwert, d. h. deren Wärmewirkung gleich oder ähnlich dem Justierstrom ist. Dies ist für Wechselströme von 0 - 400 Hz der Fall. Durch die relativ hochfrequenten kapazitiven Umladeströme bei langen Motorleitungen wird das Bimetall zusätzlich erwärmt. Dies ist zum Einen auf die induzierten Wirbelströme und zum Anderen auf den Skineneffekt in der Heizwicklung zurückzuführen. Beides kann zu Frühauslösungen thermischer Überlastauslöser führen.

Daher sollten motorseitige Leistungsschalter mit thermischen Überlastauslösern so ausgewählt werden, dass sich der Motorbemessungsstrom im unteren bis mittleren Bereich der Einstellskala des thermischen Überlastauslösers befindet. Hierdurch werden Korrekturen bzw. Anpassungen an die Anlagenverhältnisse während der Inbetriebnahme des Antriebs ermöglicht. Die Einstellreserve sollte umso größer sein, je kleiner die Motorleistung und je größer die Motorleitungslänge ist.

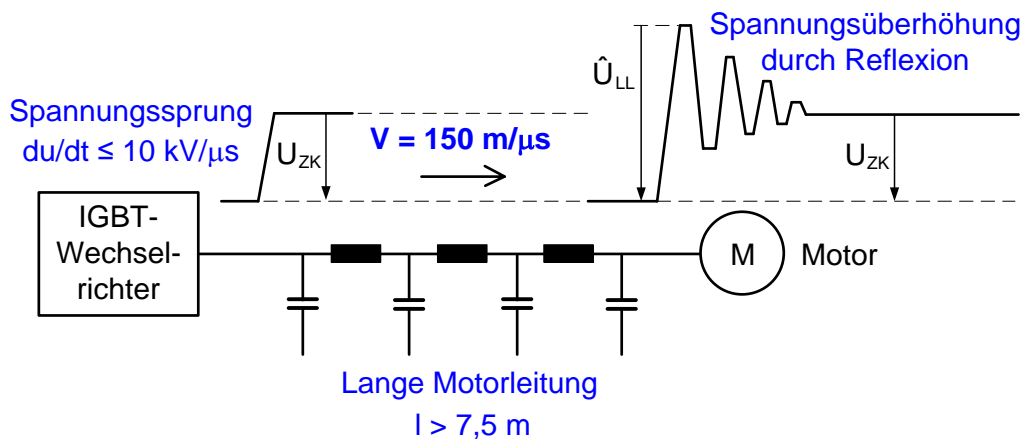
Eine gewisse Überdimensionierung von Leistungsschaltern mit thermischen Überlastauslösern ist vor allem bei Gruppenantrieben vorzusehen, bei denen sehr viele Motoren kleiner Leistung von einem Umrichter großer Leistung gespeist werden, und die Motoren einzeln über Leistungsschalter mit thermischen Überlastauslösern abgesichert werden sollen.

1.9.3 Erhöhte Spannungsbelastung der Motorwicklung durch lange Motorleitungen

Ausgangspunkt zur Ermittlung der Spannungsbelastung zwischen den Leitern der Motorwicklung ist die Zwischenkreisspannung U_{ZK} des Umrichters bzw. Wechselrichters.

Die bei SINAMICS im Wechselrichter verwendeten IGBTs schalten die Zwischenkreisspannung U_{ZK} mit einer Anstiegszeit $T_a \geq 0,1 \mu s$ auf den Wechselrichter Ausgang. Bei einem 690 V-Netz mit einer Zwischenkreisspannung von nahezu 1000 V entspricht dies einem Sprung der Leiter-Leiter-Spannung mit einer Steilheit von $du/dt \leq 10 \text{ kV}/\mu s$, wobei die typischen Werte der Spannungssteilheit bei SINAMICS im Mittel bei $du/dt = 3 \text{ kV}/\mu s - 6 \text{ kV}/\mu s$ liegen. Wenn der Wechselrichter Ausgang direkt mit der Motorleitung verbunden ist – sich also keine motorseitigen Optionen wie Motordrossel, du/dt -Filter plus VPL, du/dt -Filter compact plus VPL oder Sinusfilter am Wechselrichter Ausgang befinden – läuft dieser Sprung der Leiter-Leiter-Spannung mit einer Geschwindigkeit von ca. $150 \text{ m}/\mu s$ (\approx halbe Lichtgeschwindigkeit) entlang der Motorleitung in Richtung Motor.

Da der Wellenwiderstand $Z_{W \text{ Motor}}$ des Motors deutlich größer ist als der Wellenwiderstand $Z_{W \text{ Leitung}}$ der Motorleitung, wird die an der Motorwicklung ankommende Spannungsflanke reflektiert und es treten kurzzeitige Spitzen \hat{U}_{LL} in der Leiter-Leiter-Spannung der Motorwicklung auf, die Werte bis zum Zweifachen der Zwischenkreisspannung U_{ZK} annehmen können.



Verläufe der Leiter-Leiter-Spannung am Wechselrichter Ausgang und an der Motorwicklung bei einer langen Motorleitung

Die Spannungsüberhöhung durch Reflexion nimmt zunächst proportional zur Motorleitungslänge zu und erreicht ihren Maximalwert, wenn die Anstiegszeit T_a der Spannungsflanke am Wechselrichter Ausgang kleiner als die zweifache Laufzeit t_{Lauf} entlang der Motorleitung wird, d. h. bei

$$T_a < 2 \cdot t_{\text{Lauf}} = \frac{2 \cdot l_{\text{Leitung}}}{v}$$

Bei einer minimalen Anstiegszeit der Spannungsflanke von $T_a = 0,1 \mu s$ und einer Ausbreitungsgeschwindigkeit entlang der Motorleitung von $v \approx 150 \text{ m}/\mu s$ ergibt sich die kritische Leitungslänge, ab der theoretisch die volle Spannungsüberhöhung durch Reflexion auftreten kann, zu

$$l_{\text{Leitung}} > \frac{1}{2} \cdot v \cdot T_a = \frac{1}{2} \cdot 150 \frac{\text{m}}{\mu s} \cdot 0,1 \mu s = 7,5 \text{ m}$$

Praktisch tritt die volle Spannungsüberhöhung durch Reflexion typischerweise erst ab Motorleitungslängen von ca. 20 - 25 m auf. Somit muss bei den meisten Applikationen mit nennenswerten, reflexionsbedingten Spannungsüberhöhungen am Motor gerechnet werden, immer vorausgesetzt, dass der Wechselrichter Ausgang direkt mit der Motorleitung verbunden ist und keine Motordrosseln oder Motorfilter verwendet werden.

Wenn man Motorleitungslängen unterstellt, bei denen die volle Spannungsüberhöhung durch Reflexion auftritt, hängt die absolute Höhe der reflexionsbedingten Spitzen \hat{U}_{LL} in der Leiter-Leiter-Spannung am Motor von zwei Einflussgrößen ab, und zwar von

- der Zwischenkreisspannung U_{ZK} des Wechselrichters und
- der Reflexionsüberhöhung r an den Motoranschlüssen.

Die Zwischenkreisspannung U_{ZK} des Wechselrichters hängt wiederum von drei Einflussgrößen ab:

- der Netzanschlussspannung U_{Netz} des Antriebs,
- der Art der Einspeisung (Basic Infeed / Smart Infeed oder Active Infeed), und
- dem Betriebszustand des Antriebs (normaler motorischer Betrieb oder Bremsbetrieb unter Einsatz des $V_{dc\ max}$ -Reglers oder einer Bremseinheit).

Die Art der Einspeisung bestimmt das Verhältnis zwischen der Zwischenkreisspannung und der Netzspannung.

Das Basic Infeed, das bei G130, G150 und als S120 Basic Infeed verwendet wird, sowie das S120 Smart Infeed liefern im normalen motorischen Betrieb eine Zwischenkreisspannung, die typischerweise um den Faktor 1,32 (Volllast) bis 1,35 (Teillast) größer ist als die speisende Netzspannung

$$U_{ZK} / U_{Netz} \approx 1,35$$

Active Infeeds, die bei S150 und als S120 Active Infeed eingesetzt werden (selbstgeführte IGBT-Wechselrichter) arbeiten als Hochsetzsteller und die Zwischenkreisspannung muss im Betrieb stets auf einen Wert geregelt werden, der größer ist als die Amplitude der Netzspannung. Das Verhältnis U_{ZK}/U_{Netz} muss daher immer größer als 1,42 sein. Bei Active Infeeds kann das Verhältnis U_{ZK}/U_{Netz} über Parameter eingestellt werden. Die Werkseinstellung liegt bei

$$U_{ZK} / U_{Netz} = 1,50$$

Sie sollte nicht ohne zwingende Gründe verändert werden. Eine Verringerung geht tendenziell zu Lasten der Regelungsgüte und eine Vergrößerung führt zu einer unnötig hohen Spannungsbelastung der Motorwicklung.

Der Betriebszustand des Antriebs hat ebenfalls Einfluss auf die Zwischenkreisspannung, insbesondere bei Antrieben mit Basic Infeeds. Da diese im Gegensatz zum Smart Infeed oder Active Infeed keine generatorische Energie ins Netz zurückspeisen können, steigt die Zwischenkreisspannung beim Bremsen an. Um eine Überspannungsabschaltung im Zwischenkreis zu vermeiden, benötigen Antriebe mit Basic Infeed zum Bremsen oftmals die Aktivierung des $V_{dc\ max}$ -Reglers oder den Einsatz einer Bremseinheit. Beide Maßnahmen begrenzen den Anstieg der Zwischenkreisspannung während des Bremsens.

Der $V_{dc\ max}$ -Regler begrenzt den Anstieg der Zwischenkreisspannung durch eine gezielte Einflussnahme auf die Rücklaufzeit. Die Rücklaufzeit wird so lange erhöht, bis der Antrieb nur noch so viel generatorische Energie liefert, wie durch die Verluste des Antriebs in Wärme umgesetzt werden kann.

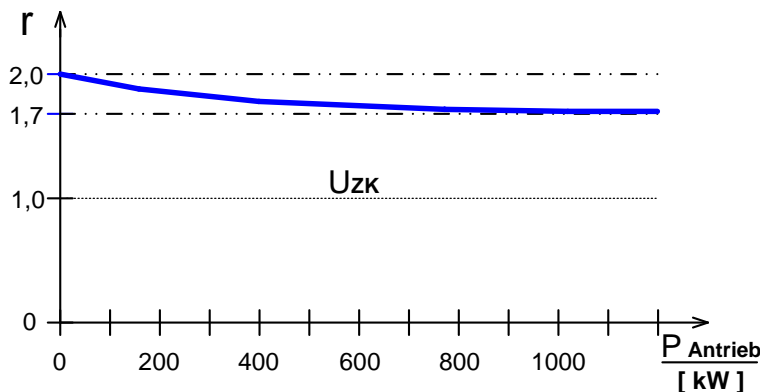
Die Bremseinheit begrenzt den Anstieg der Zwischenkreisspannung, indem sie die anfallende generatorische Energie im Bremswiderstand in Wärme umsetzt.

Das Zwischenkreisspannungsniveau, bei der $V_{dc\ max}$ -Regler und Bremseinheiten ihre Einsatzschwellen bzw. Arbeitsbereiche haben, ist nahezu identisch und liegt um ca. 20 % höher als die Zwischenkreisspannung beim Basic Infeed im motorischen Betrieb.

Die Reflexionsüberhöhung r ist das Verhältnis zwischen dem Spitzenwert \hat{U}_{LL} der Leiter-Leiter-Spannung an den Motoranschlüssen und der Zwischenkreisspannung U_{ZK} des Wechselrichters:

$$r = \hat{U}_{LL} / U_{ZK}$$

Bei Antrieben im Leistungsbereich weniger kW ist das Verhältnis der Wellenwiderstände $Z_{W\ Motor} / Z_{W\ Leitung}$ so groß, dass man bei voller Reflexion mit einer Reflexionsüberhöhung von $r = 2$ rechnen muss. Mit zunehmender Antriebsleistung wird das Verhältnis der Wellenwiderstände $Z_{W\ Motor} / Z_{W\ Leitung}$ jedoch immer günstiger, so dass man bei Antrieben > 800 kW auch bei voller Reflexion nur noch von einer Reflexionsüberhöhung von $r = 1,7$ gemäß nachfolgendem Diagramm auszugehen hat.



Typische Reflexionsüberhöhung r an den Motoranschlüssen als Funktion der Antriebsleistung

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Mit Hilfe der angegebenen Gleichungen und Diagramme lässt sich für Motorleitungslängen mit voller Reflexionsüberhöhung der Spitzenwert \hat{U}_{LL} der Leiter-Leiter-Spannung an der Motorwicklung exakt berechnen:

$$\hat{U}_{LL} = U_{Netz} * \frac{U_{ZK}}{U_{Netz}} * r .$$

In den folgenden Übersichten sind für typische SINAMICS-Antriebskonstellationen die an der Motorwicklung auftretenden Spitzenwerte \hat{U}_{LL} der Leiter-Leiter-Spannung in Abhängigkeit von den oben beschriebenen Einflussfaktoren für Motorleitungslängen mit voller Reflexionsüberhöhung zusammengestellt.

Die geringsten Spitzenwerte \hat{U}_{LL} am Motor stellen sich bei der Verwendung von Antrieben mit Basic Infeed im motorischen Betrieb (G130, G150, S120 Basic Line Modules) oder bei Antrieben mit Smart Infeed ein.

Netzanschlussspannung U_{Netz}	Zwischenkreisspannung $U_{ZK} \approx 1,35 \cdot U_{Netz}$	Spitzenspannung \hat{U}_{LL} an der Motorwicklung bei Reflexionsüberhöhung 1,7	Spitzenspannung \hat{U}_{LL} an der Motorwicklung bei Reflexionsüberhöhung 2,0
400 V	540 V	920 V	1080 V
460 V	620 V	1050 V	1240 V
480 V	650 V	1100 V	1300 V
500 V	675 V	1150 V	1350 V
600 V	810 V	1380 V	1620 V
660 V	890 V	1510 V	1780 V
690 V	930 V	1580 V	1860 V

Spitzenwerte \hat{U}_{LL} am Motor mit Basic Infeed oder Smart Infeed als Einspeisung

Etwas höhere Spitzenwerte \hat{U}_{LL} am Motor ergeben sich bei der Verwendung von Active Infeeds, die im Hochsetzstellerbetrieb arbeiten (S150, S120 Active Line Modules).

Netzanschlussspannung U_{Netz}	Zwischenkreisspannung in der Werkseinstellung $U_{ZK} = 1,5 \cdot U_{Netz}$	Spitzenspannung \hat{U}_{LL} an der Motorwicklung bei Reflexionsüberhöhung 1,7	Spitzenspannung \hat{U}_{LL} an der Motorwicklung bei Reflexionsüberhöhung 2,0
400 V	600 V	1020 V	1200 V
460 V	690 V	1170 V	1380 V
480 V	720 V	1220 V	1440 V
500 V	750 V	1270 V	1500 V
600 V	900 V	1530 V	1800 V
660 V	990 V	1680 V	1980 V
690 V	1035 V	1760 V	2070 V

Spitzenwerte \hat{U}_{LL} am Motor mit Active Infeed als Einspeisung

Die höchsten Spitzenwerte \hat{U}_{LL} am Motor ergeben sich beim Bremsen, wenn der $V_{dc \max}$ – Regler oder aber eine angeschlossene Bremseinheit aktiv ist. Im Falle der Bremseinheit wird vorausgesetzt, dass die Einsatzschwelle der Bremseinheit an die Netzspannung angepasst, also bei niedrigen Netzspannungen die untere Einsatzschwelle der Bremseinheit angewählt ist. Details sind in den gerätespezifischen Kapiteln, z. B. „Projektierung der Umrichter-Einbaugeräte SINAMICS G130“ oder „Projektierung der Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS G150“ beschrieben.

Netzanschlussspannung U_{Netz}	Einsatzspannung der Bremseinheit	Spitzenspannung \hat{U}_{LL} an der Motorwicklung bei Reflexionsüberhöhung 1,7	Spitzenspannung \hat{U}_{LL} an der Motorwicklung bei Reflexionsüberhöhung 2,0
400 V	673 V (untere Schwelle)	1140 V	1350 V
460 V	774 V (obere Schwelle)	1320 V	1550 V
480 V	774 V (obere Schwelle)	1320 V	1550 V
500 V	841 V (untere Schwelle)	1430 V	1680 V
600 V	967 V (obere Schwelle)	1640 V	1934 V
660 V	1070 V (untere Schwelle)	1820 V	2140 V
690 V	1158 V (obere Schwelle)	1970 V	2320 V

Spitzenwerte \hat{U}_{LL} am Motor im Bremsbetrieb mit einer Bremseinheit

Hinweis:

Die in den Tabellen angegebenen Spitzenwerte \hat{U}_{LL} am Motor gelten für Schaltvorgänge ohne Überlagerungseffekte. Diese Schaltvorgänge machen die ganz überwiegende Anzahl aller Schaltvorgänge aus. Nur wenn innerhalb des vom Wechselrichter erzeugten Pulsmusters extrem kurze Impulse auftreten, können sporadisch Spitzenwerte \hat{U}_{LL} am Motor auftreten, welche die in den Tabellen angegebenen Werte um bis zu maximal ca. 10 % überschreiten. Aufgrund ihrer geringen Häufigkeit sind diese Kurzimpulse und die damit verbundenen höheren Spitzenwerte \hat{U}_{LL} am Motor für die Auslegung des Antriebssystems nicht relevant und brauchen deshalb im Rahmen der Projektierung nicht berücksichtigt zu werden.

Auswahl der richtigen Wicklungsisolations

Die in den Tabellen für die verschiedenen SINAMICS-Antriebskonstellationen angegebenen Spitzenwerte \hat{U}_{LL} der Leiter-Leiter-Spannung und der Wertebereich für die Anstiegszeit der Spannungsflanken von typisch $T_a = 0,1 \dots 0,5 \mu s$ bilden die Grundlage zur Bestimmung der erforderlichen Isolationsfestigkeit der Motorwicklung.

IEC 60034-18-41:2019 „Drehende elektrische Maschinen – Teil 18-41: Qualifizierung und Qualitätsprüfungen für teilentladungsfreie elektrische Isoliersysteme (Typ I) in drehenden elektrischen Maschinen, die von Spannungsumrichtern gespeist werden“ definiert Kriterien zur Festlegung des Isolationssystems für Motorwicklungen, die an Spannungswellenkreisumrichtern mit Pulsweitenmodulation betrieben werden sollen. Hierzu verwendet IEC 60034-18-41:2019 die Impulsspannungs-Isolationsklasse (Impuls Voltage Insulation Class IVIC) und legt vier Klassen fest.

Impulsspannungs-Isolationsklasse IVIC	Reflexionsüberhöhung r	Typische Impuls-Anstiegszeit T_a
A (schwach)	$r \leq 1,1$	0,3 μs
B (moderat)	$1,0 < r \leq 1,5$	0,3 μs
C (stark)	$1,5 < r \leq 2,0$	0,3 μs
D (extrem)	$2,0 < r \leq 2,5$	0,3 μs

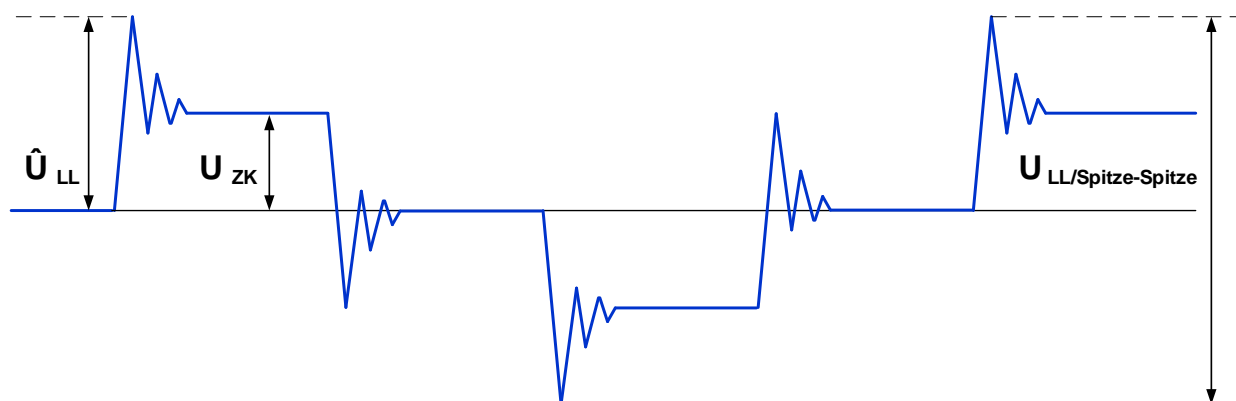
Impulsspannungs-Isolationsklassen für teilentladungsfreie Isolationssysteme (Typ I) für 2-Punkt-Umrichter gemäß IEC 60034-18-41:2019

Die in diesem Projektierungshandbuch beschriebenen SINAMICS-Umrichter sind ausnahmslos Spannungswellenkreisumrichter mit 2-Punkt-IGBT-Wechselrichter, die mit Pulsweitenmodulation arbeiten. Die Reflexionsüberhöhung an der Motorwicklung liegt gemäß den Erläuterungen auf den vorhergehenden Seiten im Bereich von $1,7 < r \leq 2,0$. Damit wird die Motorwicklung beim Betrieb an SINAMICS-Umrichtern gemäß Impulsspannungs-Isolationsklasse C beansprucht und muss mindestens die Spitzenspannungen gemäß Impulsspannungs-Isolationsklasse C aushalten.

In der folgenden Tabelle sind die im Umrichterbetrieb maximal zulässigen Spitzenwerte der Spannung an der Motorwicklung für Motoren gemäß Impulsspannungs-Isolationsklasse C für alle üblichen Motorbemessungsspannungen angegeben.

Die Angabe erfolgt in zwei verschiedenen Darstellungsformen:

- Als einfacher Spitzenwert \hat{U}_{LL} der Leiter-Leiter-Spannung (gelb hinterlegte Felder), der unmittelbar vergleichbar ist mit den Tabellenwerten für die verschiedenen SINAMICS-Antriebskonstellationen auf den vorhergehenden Seiten.
- Als Spitze-Spitze-Wert der Leiter-Leiter-Spannung (blau hinterlegte Felder), der in IEC 60034-18-41:2019 angegeben ist und um den Faktor 2 größer ist als der einfache Spitzenwert \hat{U}_{LL} der Leiter-Leiter-Spannung.



Zeitverlauf der Leiter-Leiter-Spannung an der Motorwicklung bei Speisung durch Spannungswellenkreisumrichter mit 2-Punkt-IGBT-Wechselrichter

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Der Vollständigkeit wegen sind in der letzten Spalte der Tabelle auch noch die Spitze-Spitze-Werte der Leiter-Erde-Spannung angegeben, die aber im Rahmen der in diesem Abschnitt beschriebenen Vorgehensweise zur Festlegung des Isolationssystems der Motorwicklung nicht benötigt werden und daher auch nicht berücksichtigt werden müssen.

Motorbemessungsspannung $U_{\text{Mot-n}}$	Zulässige Spitzenwerte der Spannung Leiter-Leiter an der Motorwicklung \hat{U}_{LL}	Zulässige Spitze-Spitze-Werte der Spannung Leiter-Leiter an der Motorwicklung $U_{\text{LL/Spitze-Spitze}}$	Zulässige Spitze-Spitze-Werte der Spannung Leiter-Erde an der Motorwicklung $U_{\text{LE/Spitze-Spitze}}$
400 V	1180 V	2360 V	1680 V
460 V	1357 V	2714 V	1932 V
480 V	1416 V	2832 V	2016 V
500 V	1475 V	2950 V	2100 V
600 V	1770 V	3540 V	2520 V
660 V	1947 V	3894 V	2772 V
690 V	2035 V	4070 V	2898 V

Maximal zulässige Spitzenwerte bzw. Spitze-Spitze-Werte der Spannung an der Motorwicklung für Motoren mit Impulsspannungs-Isolationsklasse C gemäß IEC 60034-18-41:2019

Vergleicht man die wenige Seiten vorher angegebenen Spitzenwerte \hat{U}_{LL} in der Tabelle für Antriebe mit Basic Infeeds oder Smart Infeeds (gelb hinterlegte Zeilen) mit den zulässigen Spitzenwerten \hat{U}_{LL} der Tabelle gemäß Impulsspannungs-Isolationsklasse C (gelb hinterlegte Zeilen), so stellt man fest, dass die auftretenden Werte \hat{U}_{LL} unabhängig von der Reflexionsüberhöhung stets kleiner sind als die zulässigen Werte für Motoren mit Impulsspannungs-Isolationsklasse C gemäß IEC 60034-18-41:2019.

Vergleicht man die wenige Seiten vorher angegebenen Spitzenwerte \hat{U}_{LL} in den Tabellen für Antriebe mit Active Infeeds und beim Bremsbetrieb mit Bremseinheit (gelb hinterlegte Zeilen) mit den zulässigen Spitzenwerten \hat{U}_{LL} der Tabelle gemäß Impulsspannungs-Isolationsklasse C (gelb hinterlegte Zeilen), so stellt man fest, dass die auftretenden Werte \hat{U}_{LL} nur dann unter den zulässigen Werten für Motoren mit Impulsspannungs-Isolationsklasse C gemäß IEC 60034-18-41:2019 liegen, wenn die Reflexionsüberhöhung r geringfügig niedriger ist als der Wert 2. Dies ist aufgrund der Antriebsleistung $> 75 \text{ kW}$ (gemäß der Skizze: Reflexionsüberhöhung als Funktion der Antriebsleistung) bei G130, G150, S150 und S120 Chassis und Cabinet Modules der Fall.

Somit sind Motoren mit Impulsspannungs-Isolationsklasse C gemäß IEC 60034-18-41:2019 ausreichend isoliert für den Betrieb an SINAMICS Umrichtern G130, G150, S150 und S120 Chassis und Cabinet Modules.

Hinweis:

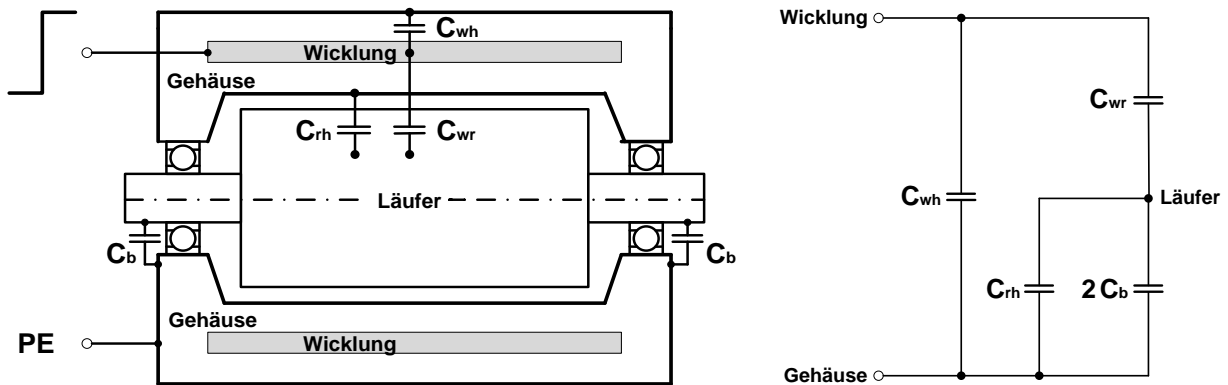
Alle Angaben dieses Abschnitts setzen immer voraus, dass die Motorleitungen direkt an den Wechselrichterausgang angeschlossen sind und keine Motordrosseln, du/dt-Filter plus VPL, du/dt-Filter compact plus VPL oder Sinusfilter verwendet werden.

Durch den Einsatz von du/dt-Filtern plus VPL, du/dt-Filtern compact plus VPL oder Sinusfiltern ändern sich die Verhältnisse hinsichtlich der Spannungssteilheiten und Spannungsspitzen am Motor grundlegend, so dass prinzipiell auch Motoren mit geringerer Isolationfestigkeit als Impulsspannungs-Isolationsklasse C gemäß IEC 60034-18-41:2019 eingesetzt werden können. Allerdings bringt der Einsatz dieser Filter gewisse Einschränkungen mit sich, die in den Abschnitten "du/dt-Filter plus VPL und du/dt-Filter compact plus VPL" sowie "Sinusfilter" ausführlich beschrieben sind.

1.9.4 Lagerströme durch steile Spannungsflanken am Motor

Die durch das schnelle Schalten der IGBTs im Wechselrichter hervorgerufenen steilen Spannungsflanken erzeugen im Motor Ströme durch die internen Kapazitäten. Über unterschiedliche physikalische Wirkungsmechanismen entstehen daraus Lagerströme. Diese können unter ungünstigen Randbedingungen sehr hohe Werte annehmen, das Lager schädigen und somit seine Lebensdauer verkürzen.

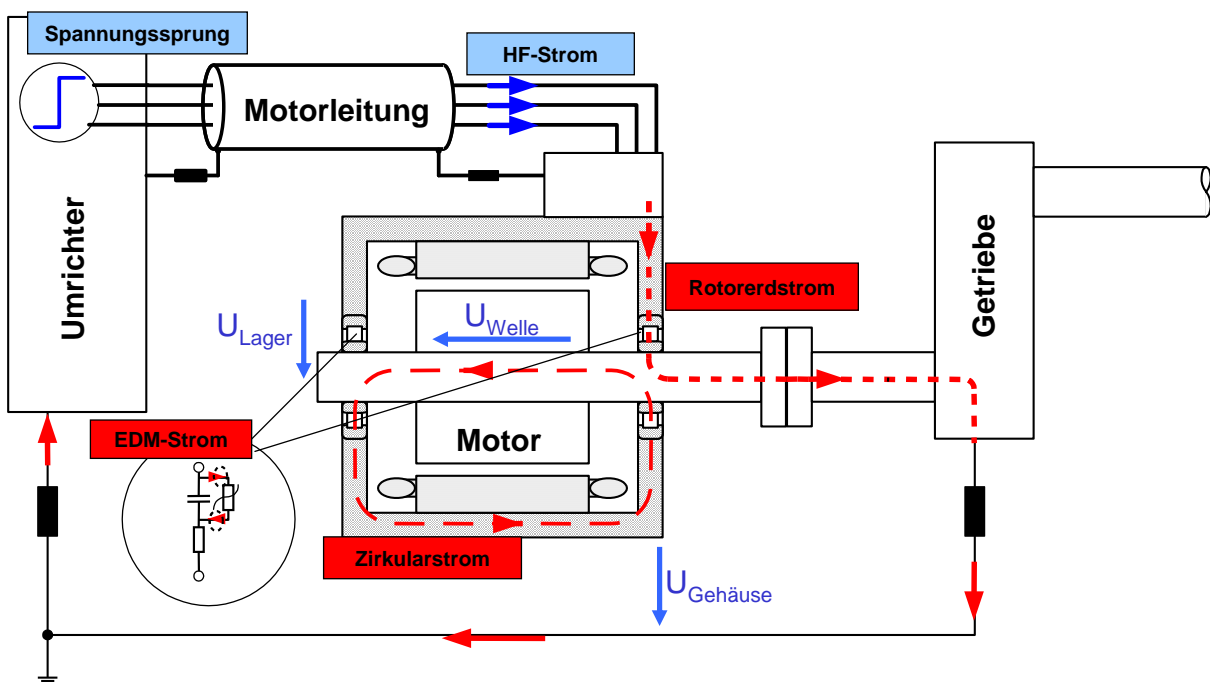
Die nachfolgende Skizze zeigt schematisch den Motor mit seinen internen Kapazitäten sowie das daraus abgeleitete elektrische Ersatzschaltbild zur Beschreibung der Ursachen für die Lagerströme.



Schematische Darstellung des Motors mit seinen internen Kapazitäten und zugehöriges elektrisches Ersatzschaltbild

Die Ständerwicklung besitzt eine Kapazität C_{wh} zum Motorgehäuse sowie eine Kapazität C_{wr} zum Läufer. Der Läufer besitzt seinerseits eine Kapazität C_{rh} zum Motorgehäuse. Die Lager lassen sich durch Kapazitäten C_b beschreiben, die parallel zur Kapazität C_{rh} liegen. Dieses Ersatzschaltbild gilt, solange der Schmierfilm intakt ist und damit elektrisch eine Isolierung darstellt. Wenn zu hohe Spannungen am Lager auftreten, die zu einem Durchschlag des Schmierfilmes führen, verhält sich das Lager im Augenblick des Durchschlags wie ein nichtlinearer, spannungsabhängiger Widerstand (im Ersatzschaltbild oben nicht dargestellt).

Die folgende Skizze zeigt die Einbindung des Motors in das Antriebssystem und die verschiedenen Lagerstromarten.



Einbindung des Motors in das Antriebssystem und Darstellung der verschiedenen Lagerstromarten

Der Zirkularstrom

Wie die Kapazität der Motorleitung durch jede Schaltflanke am Wechselrichter Ausgang umgeladen wird, so wird auch die Kapazität C_{wh} zwischen Wicklung und Gehäuse mit jeder Schaltflanke umgeladen. Dadurch entsteht an der Wicklung gewissermaßen ein hochfrequenter, kapazitiver "Leckstrom" zum Gehäuse und damit zur Erde. Dieser Leckstrom führt zu einer magnetischen Unsymmetrie im Motor, die wiederum eine hochfrequente Wellenspannung U_{Welle} induziert. Übersteigt die Wellenspannung das Isoliervermögen des Schmierfilms der Motorlager, so fließt ein kapazitiver Zirkularstrom in dem Kreis: Welle → Lager auf der Nichtantriebsseite (NDE-Lager bzw. BS-Lager) → Motorgehäuse → Lager auf der Antriebsseite (DE-Lager bzw. AS-Lager) → Welle. Dieser Zirkularstrom fließt somit in einem Lager von der Welle zum Gehäuse und in dem anderen Lager vom Gehäuse zurück zur Welle. Da die Höhe des Zirkularstroms von der Kapazität C_{wh} zwischen Wicklung und Gehäuse abhängt, nimmt der Zirkularstrom mit der Achshöhe des Motors zu. Er ist ab Achshöhe 225 die dominierende Lagerstromart.

Der EDM-Strom

Jede Flanke der drei Leiter-Erde-Spannungen an der Wicklung lädt über die Kapazität C_{wr} zwischen Wicklung und Läufer die Kapazität C_b der Lager um. Der zeitliche Verlauf der Spannung an Welle und Lagern ist somit ein Abbild der Überlagerung der drei Leiter-Erde-Spannungen an der Motorwicklung (Gleichtaktspannung bzw. Common Mode Spannung). Allerdings ist die Höhe der Spannung am Lager reduziert gemäß dem kapazitiven Spannungsteilerverhältnis BVR (Bearing Voltage Ratio), das sich berechnen lässt gemäß der Beziehung

$$BVR = \frac{U_{Lager}}{U_{Gleichtakt}} = \frac{C_{wr}}{C_{wr} + C_{rh} + 2C_b}$$

Die resultierende Spannung an Welle und Lagern ergibt sich somit aus der Gleichtaktspannung bzw. Common Mode Spannung an der Wicklung multipliziert mit dem Spannungsteilerverhältnis BVR. Sie liegt bei üblichen Motoren in der Größenordnung von ca. 5 % der Gleichtaktspannung bzw. Common Mode Spannung an der Wicklung.

Unter ungünstigen Randbedingungen kann die Spannung am Lager U_{Lager} so hohe Werte erreichen, dass der Schmierfilm des Lagers durchschlägt und sich die Kapazitäten C_b sowie C_{rh} durch einen kurzen hohen Stromimpuls entladen. Dieser Stromimpuls wird als EDM-Strom bezeichnet (Electrostatic Discharge Machining).

Der Rotorerdstrom

Der den Zirkularstrom verursachende hochfrequente, kapazitive "Leckstrom" durch die Kapazität C_{wh} zwischen Wicklung und Gehäuse muss vom Motorgehäuse zurück zum Wechselrichter fließen. Wenn die Erdung des Motorgehäuses aus hochfrequenztechnischer Sicht schlecht ausgeführt ist, befindet sich für den hochfrequenten "Leckstrom" ein nennenswerter Widerstand zwischen Motorgehäuse und Erdungssystem, an dem ein relativ hoher Spannungsabfall $U_{Gehäuse}$ auftritt. Ist gleichzeitig die Erdung des gekuppelten Getriebes oder der gekuppelten Arbeitsmaschine hochfrequenztechnisch besser ausgeführt, so kann die Konstellation auftreten, dass der Strom dem Weg des geringsten Widerstandes folgend vom Motorgehäuse über Motorlager – Motorwelle – Kupplung – Getriebe oder Arbeitsmaschine zum Erdungssystem und dann weiter zum Wechselrichter fließt. Auf diesem Wege kann er nicht nur die Motorlager sondern auch die Lager des Getriebes oder der Arbeitsmaschine schädigen.

1.9.4.1 Maßnahmen zur Reduktion der Lagerströme

Aufgrund der unterschiedlichen Lagerstromarten mit ihren unterschiedlichen Entstehungsmechanismen sind in der Regel mehrere Maßnahmen erforderlich, um die resultierenden Lagerströme auf einem unkritischen Niveau zu halten. Diese Maßnahmen werden auf den folgenden Seiten detailliert beschrieben.

Bei Antrieben im Leistungsbereich der in diesem Projektierungshandbuch beschriebenen SINAMICS G130, G150, S120 (Chassis sowie Cabinet Modules) und S150, die Motoren der Achshöhen 225 oder größer speisen, sind die ersten beiden der beschriebenen Maßnahmen zwingend vorzusehen, nämlich eine EMV-gerechte Installation zur Unterdrückung des Rotorerdstroms in Kombination mit einem isolierten Lager auf der Nichtantriebsseite des Motors zur Begrenzung des Zirkularstroms. Damit ist in praktisch allen Applikationen ein ausreichender Schutz vor Lagerschäden durch Lagerströme gegeben.

Alle weiteren beschriebenen Maßnahmen sind als zusätzliche Maßnahmen zu sehen, die nur bei sehr kritischen Antriebskonstellationen einzusetzen sind, wenn es nicht möglich sein sollte, eine EMV-gerechte Installation in ausreichender Güte zu realisieren.

Wenn bei der Erweiterung von bestehenden Anlagen mit einem schlechten Erdungssystem und evtl. vorhandenen ungeschirmten Leitungen eine EMV-gerechte Installation praktisch nicht realisierbar ist, kann es sinnvoll sein, zusätzlich eine isolierende Kupplung zur Unterdrückung des Rotorerdstroms einzusetzen. Bei Niederspannungsmotoren großer Leistung ist es auch prinzipiell möglich, zwei isolierte Motorlager in Kombination mit einer Wellenerdung und einer isolierenden Kupplung einzusetzen, wie es bei Hochspannungsmotoren für Umrichterbetrieb üblich ist.

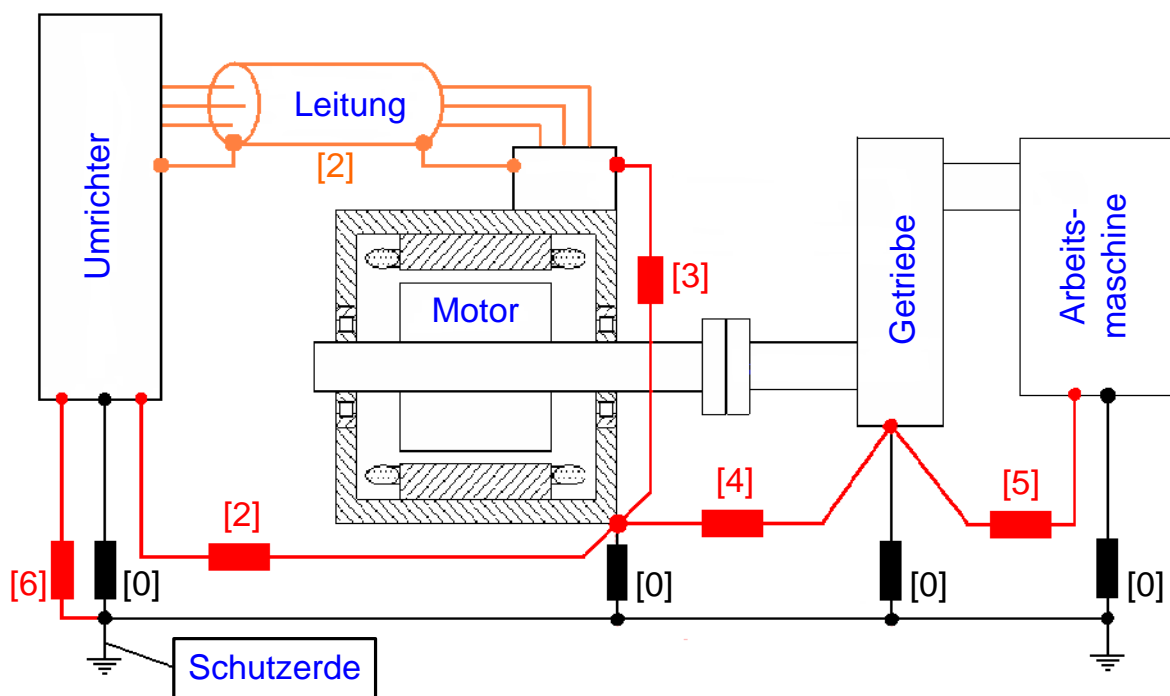
1.9.4.1.1 EMV-gerechte Installation für einen optimalen Potenzialausgleich im Antriebssystem

Potenzialausgleichsmaßnahmen verfolgen alle das Ziel, sämtliche Komponenten des Antriebssystems (Transformator, Umrichter, Motor, Getriebe und Arbeitsmaschine) auf genau demselben Potenzial zu halten - nämlich dem Erdpotenzial -, damit keine unerwünschten Ausgleichsströme im System auftreten können.

Grundlage für einen guten Potenzialausgleich ist die Erdung aller Antriebskomponenten über ein gutes anlagenseitiges Erdungssystem (Schutzerde PE). Dieses Erdungssystem sollte möglichst als Maschennetz mit vielen Verbindungen zur Fundamenterde ausgeführt sein, um im niederfrequenten Bereich einen optimalen Potenzialausgleich herzustellen.

Zusätzlich ist eine fachgerechte hochfrequenztechnische Erdung des kompletten Antriebssystems einschließlich Getriebe und Arbeitsmaschine erforderlich (Funktionserde FE). Diese soll im hochfrequenten Bereich einen guten Potenzialausgleich zwischen allen Antriebskomponenten eines jeden Antriebsstranges sicherstellen, die unvermeidlichen betriebsmäßigen Hochfrequenzströme gezielt führen, und somit die Schutzerde PE von diesen betriebsmäßigen Hochfrequenzströmen bestmöglich entlasten.

Die Skizze zeigt einen kompletten Antriebsstrang sowie alle wichtigen Erdungs- und Potenzialausgleichsmaßnahmen zwischen den einzelnen Komponenten dieses Antriebsstranges.



Antriebssystem mit allen Erdungs- und Potenzialausgleichsmaßnahmen zur Reduktion der Lagerströme

Im Folgenden wird beschrieben, wie durch eine fachgerechte Installation insbesondere die Induktivitäten derjenigen Verbindungen niedrig gehalten werden können, die in der Skizze orange und rot dargestellt sind. Damit gelingt es einerseits, die Spannungsabfälle, die durch die hochfrequenten Ströme im Antriebsstrang hervorgerufen werden, gering zu halten. Andererseits verbleiben die hochfrequenten Ströme weitestgehend im eigenen Antriebsstrang, so dass sie die Schutzerde PE und damit andere Antriebsstränge und Verbraucher nicht nennenswert beeinflussen können.

Schutzerdung der Komponenten des Antriebssystems [0]

Zunächst sind die Gehäuse aller elektrischen und mechanischen Antriebskomponenten (Transformator, Umrichter, Motor, Getriebe, Arbeitsmaschine sowie Verrohrung und Rückkühlanlage bei flüssigkeitsgekühlten Systemen) an das Erdungssystem (Schutzerde PE) anzubinden. Diese Anbindungen sind in der Skizze schwarz dargestellt und erfolgen mit den üblichen energietechnischen PE-Leitungen, die keine besonderen Hochfrequenz-Eigenschaften aufzuweisen brauchen.

Zusätzlich zu diesen Verbindungen müssen der Umrichter – als Quelle der hochfrequenten Ströme – sowie alle weiteren Komponenten des Antriebsstranges – Motor, Getriebe und Arbeitsmaschine – hochfrequenztechnisch optimal miteinander verbunden werden. Außerdem ist der Umrichter als Störquelle hochfrequenztechnisch gut leitend mit der Fundamenterde zu verbinden. Hierzu sind spezielle Leitungen mit guten Hochfrequenz-Eigenschaften erforderlich.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Hochfrequenztechnisch optimale Verbindung zwischen Umrichter und Motoranschlusskasten [2]

Die Verbindung zwischen Umrichter und Motor sollte unbedingt mit einer geschirmten Leitung und bei größeren Leistungen im Leistungsbereich der SINAMICS Chassis- und Schrankgeräte möglichst mit einer symmetrisch aufgebauten 3-Leiter-Drehstromleitung erfolgen.

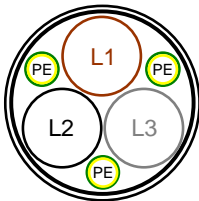
Ideal sind geschirmte Leitungen mit symmetrisch angeordneten Drehstromleitern L1, L2, L3 und einem integrierten, 3-adrigen, ebenfalls symmetrisch angeordneten PE-Leiter, wie z. B. die abgebildete Leitung PROTOFLEX EMV-FC des Typs 2XSLCY-J 0,6/1 kV der Fa. Prysmian.



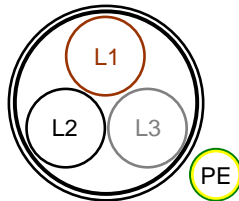
Geschirmte, symmetrisch aufgebaute Drehstromleitung mit 3-adrigem PE-Leiter

Alternativ können auch geschirmte Leitungen verwendet werden, die nur symmetrisch angeordnete Drehstromleiter L1, L2, L3 enthalten, wie z. B. 3-adrige Leitungen des Typs Protodur NYCWY. In diesem Fall ist der PE-Leiter getrennt in möglichst geringem Abstand parallel zur 3-adrigen Motorleitung zu verlegen.

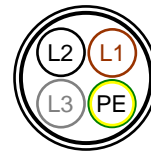
Bei kleineren Leistungen im Leistungsbereich der Booksize- und Blocksize-Geräte sowie im unteren Leistungsbereich der Chassis- und Schrankgeräte ist auch der Einsatz von geschirmten, unsymmetrischen, 4-adrigen Leitungen (L1, L2, L3 und PE) möglich, wie z. B. von Leistungsleitungen des Typs MOTION-CONNECT.



ideal symmetrische Drehstromleitung einschließlich PE-Leiter



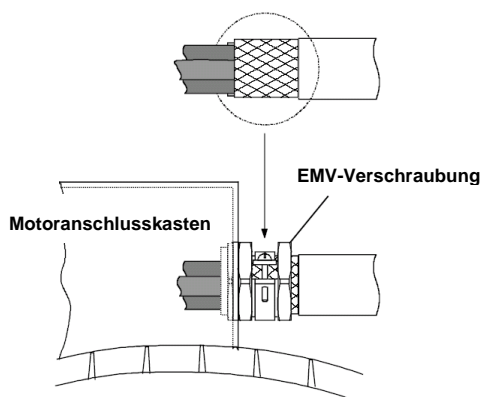
symmetrische Drehstromleitung mit separat verlegtem PE-Leiter



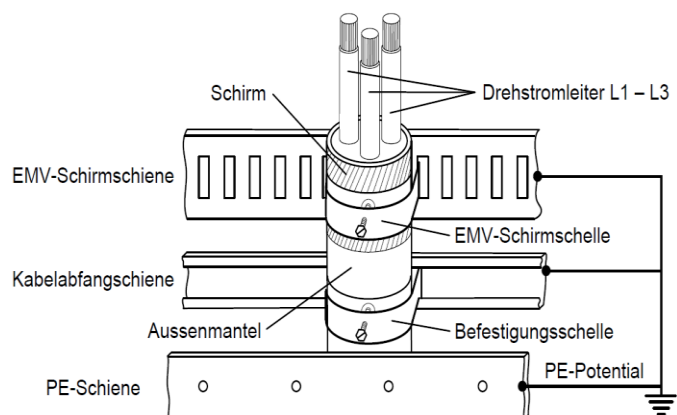
unsymmetrische Drehstromleitung einschließl. PE-Leiter

Geschirmte Drehstromleitungen mit konzentrisch angeordnetem Schirm

Eine gute Schirmauflage erhält man, wenn der Schirm am Anschlusskasten des Motors mit EMV-Verschraubungen großflächig kontaktiert wird und im Umrichter-Schrank eine großflächige Kontaktierung an der EMV-Schirmschiene mit EMV-Schirmschellen erfolgt. Ein alternativer Schirmanschluss an die PE-Schiene des Umrichters ausschließlich über längere geflochtene Zöpfe ist weniger empfehlenswert, insbesondere wenn die Zöpfe sehr lang sind, weil diese Art der Schirmauflage für die hochfrequenten Ströme einen relativ hohen Widerstand darstellt. Weitere zusätzliche Schirmauflagen zwischen Umrichter und Motor, z. B. in Zwischenklemmenkästen, sind unbedingt zu vermeiden, da sonst der Schirm seine Aufgabe nur sehr eingeschränkt erfüllen kann.



Schirmkontaktierung am Motoranschlusskasten mit einer EMV-Verschraubung (PG-Verschraubung)



Schirmkontaktierung im Umrichter an der EMV-Schirmschiene mit einer EMV-Schirmschelle

Die geschirmte Leitung mit dem beidseitig gut aufgelegten Schirm gewährleistet einen hochfrequenztechnisch optimalen Potenzialausgleich zwischen Umrichter und Motoranschlusskasten.

Bei älteren Anlagen mit bereits vorhandenen ungeschirmten Leitungen, bei Leitungen mit schlechten Hochfrequenzeigenschaften des Schirms oder bei schlechten Erdungssystemen wird dringend empfohlen, eine zusätzliche Potenzialausgleichsleitung aus feindrätig geflochtenem Kupferseil größeren Querschnitts ($\geq 95 \text{ mm}^2$) zwischen der PE-Schiene des Umrichters und dem Motorgehäuse zu verlegen. Diese ist in möglichst geringem Abstand parallel zur Motorleitung zu führen.

Hochfrequenztechnisch optimale Verbindung zwischen Motoranschlusskasten und Motorgehäuse [3]

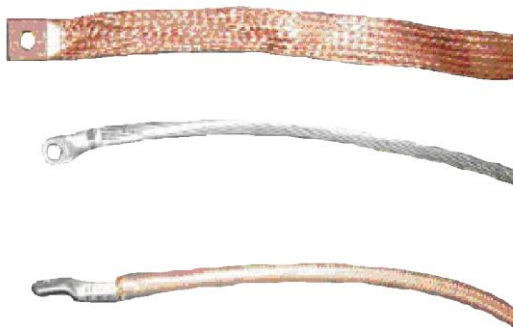
Die elektrische Verbindung zwischen dem Anschlusskasten des Motors und dem Motorgehäuse ist bei einigen Motoren bzw. Motorenreihen konstruktionsbedingt für hochfrequente Vorgänge nur mäßig geeignet.

So werden z. B. bei den meisten Motoren mit Gehäusen aus Grauguss flächige, nichtleitende Dichtungen zwischen Anschlusskasten und Gehäuse verwendet, so dass die elektrische Verbindung im Wesentlichen punktuell über wenige Schraubstellen erfolgt, die auch in ihrer Summe keine optimale, niederohmige Verbindung für hochfrequente Vorgänge darstellen.

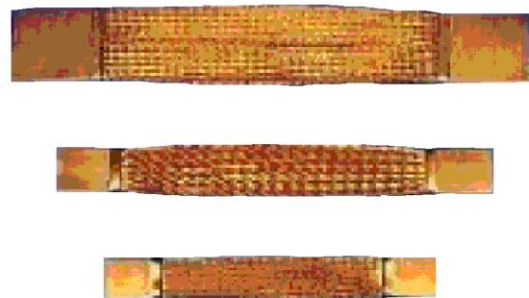
Daher ist bei solchen Motoren eine zusätzliche, hochfrequenztechnisch geeignete Potenzialausgleichsverbindung zwischen dem Anschlusskasten und dem Motorgehäuse in Erwägung zu ziehen. Dies gilt insbesondere dann, wenn kein gutes Erdungssystem zur Verfügung steht, wie es teilweise bei Modernisierungen von älteren Anlagen der Fall ist.

Diese Verbindung sollte mit möglichst kurzen Erdungsleitungen größeren Querschnitts ($\geq 95 \text{ mm}^2$) erfolgen, die eine niedrige Impedanz über einen weiten Frequenzbereich aufweisen, wie z. B. feindrätige, geflochtene Kupferrundleitungen oder feindrätige, geflochtene Kupferflachbänder. Die Kontaktstellen am Anschlusskasten und am Gehäuse müssen möglichst großflächig, sorgfältig von Lack befreit und gut leitend sein.

Die folgenden Abbildungen zeigen einige Beispiele geeigneter Leitungen.



Feindrätige, geflochtene Kupferrundleitungen



Feindrätige, geflochtene Kupferflachbänder

Bei Motoren, die durch entsprechende konstruktive Maßnahmen bereits mit einer großflächigen, hinreichend gut leitenden Verbindung zwischen Anschlusskasten und Gehäuse ausgestattet sind, ist eine zusätzliche Verbindung nicht erforderlich und kann somit entfallen. Dies ist z. B. bei den Siemens Kompakt-Asynchronmotoren SIMOTICS M 1PH8 sowie bei den Siemens Motoren SIMOTICS FD der Fall, die speziell für den Betrieb am Umrichter ausgelegt sind.

Hochfrequenztechnisch optimale Verbindung zwischen Motorgehäuse, Getriebe und Arbeitsmaschine [4], [5]

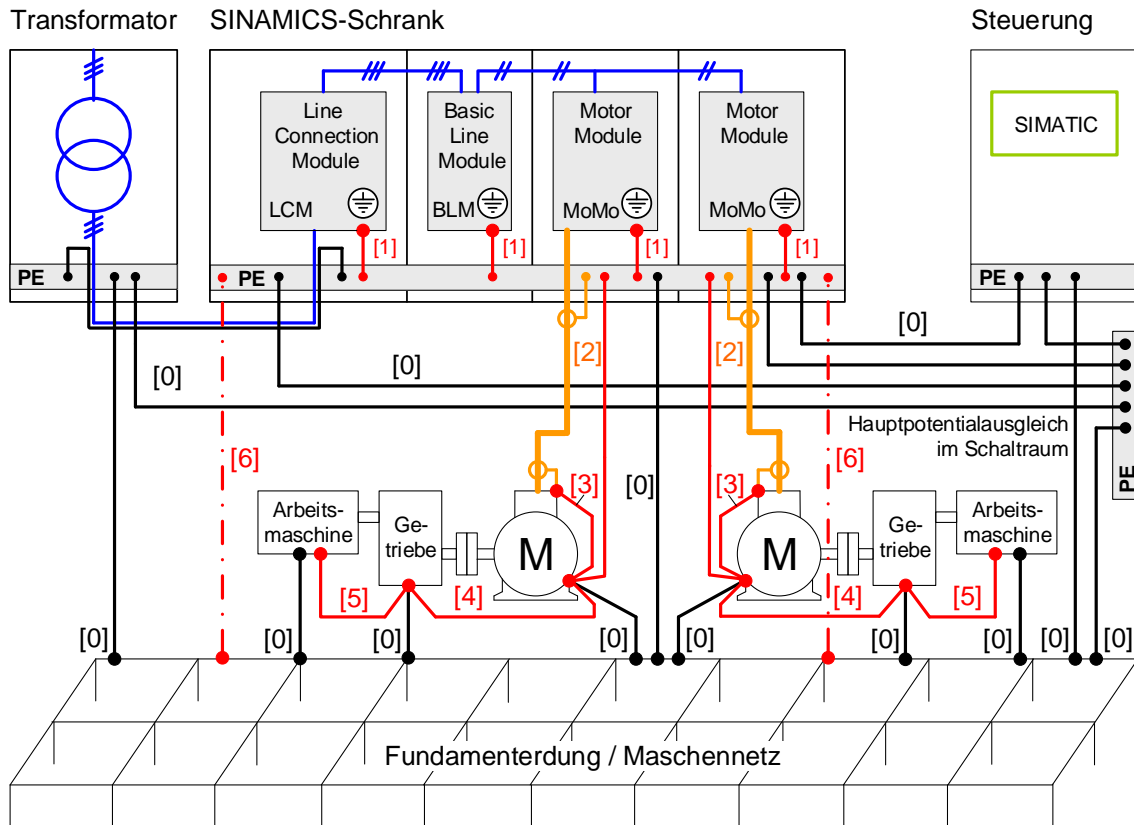
Als weitere Potenzialausgleichsmaßnahme ist das Motorgehäuse mit dem Getriebe und der Arbeitsmaschine hochfrequenztechnisch gut leitend zu verbinden. Hierfür sollte ebenfalls eine Leitung aus feindrätig geflochtenem Kupferseil größeren Querschnitts ($\geq 95 \text{ mm}^2$) verwendet werden.

Hochfrequenztechnisch optimale Verbindung des Umrichters mit der Fundamenterdung [6]

Als letzte Potenzialausgleichsmaßnahme ist der Umrichter hochfrequenztechnisch gut leitend mit der Fundamenterdung zu verbinden. Hierfür sollte auch eine Leitung aus feindrätig geflochtenem Kupferseil größeren Querschnitts ($\geq 95 \text{ mm}^2$) verwendet werden.

Erdungs- und Potenzialausgleichsmaßnahmen im Überblick

In der folgenden Skizze sind alle Erdungsmaßnahmen und alle hochfrequenten Potenzialausgleichsmaßnahmen am Beispiel einer typischen Anlage bestehend aus mehreren SINAMICS S120 Cabinet Modules dargestellt.



Erdungsmaßnahmen und hochfrequente Potenzialausgleichsmaßnahmen zur Reduktion der Lagerströme

Die schwarz gezeichneten Erdungsverbindungen [0] bilden die konventionelle Schutzerdung der Antriebskomponenten. Sie sind mit üblichen energietechnischen PE-Leitungen ohne spezielle Hochfrequenz-Eigenschaften ausgeführt und stellen den niederfrequenten Potenzialausgleich sowie den Personenschutz sicher.

Die rot dargestellten Verbindungen innerhalb der SINAMICS-Schränke [1] verbinden die Metallgehäuse der eingebauten Chassis-Komponenten hochfrequenztechnisch gut leitend mit der PE-Schiene und der EMV-Schirmschiene des Schrankgerätes. Diese internen Verbindungen können großflächig über die metallische Konstruktion des Schrankgerätes ausgeführt sein, wobei die Kontaktflächen metallisch blank sein müssen und einen Mindestquerschnitt von mehreren cm^2 je Kontaktstelle aufweisen müssen. Alternativ können diese Verbindungen mit kurzen, feindrähtigen, geflochtenen Kupferleitungen größeren Querschnitts ($\geq 95 \text{ mm}^2$) ausgeführt sein.

Die Schirme der orange gezeichneten Motorleitungen [2] stellen den hochfrequenten Potenzialausgleich zwischen den Motor Modulen und den Motoranschlusskästen her. Bei älteren Anlagen mit bereits vorhandenen ungeschirmten Leitungen, bei Leitungen mit schlechten Hochfrequenz-Eigenschaften des Schirmes oder bei schlechten Erdungssystemen sollten unbedingt die rot dargestellten, feindrähtigen, geflochtenen Kupferseile in möglichst geringem Abstand parallel zur Motorleitung verlegt sein.

Die rot dargestellten Verbindungen [3], [4] und [5] binden den Anschlusskasten des Motors bzw. das Getriebe und die Arbeitsmaschine hochfrequenztechnisch gut leitend an das Motorgehäuse an. Diese Verbindungen können entfallen, wenn der Anschlusskasten unter Hochfrequenzgesichtspunkten bereits durch die Motorkonstruktion gut leitend mit dem Gehäuse verbunden ist und Motor, Getriebe sowie Arbeitsmaschine räumlich eng zusammen stehen und über eine gemeinsame metallische Konstruktion, wie z. B. ein metallisches Maschinenbett, großflächig und gut leitend miteinander verbunden sind.

Die rot dargestellten, strich-punktierten Verbindungen [6] verbinden den Schrankrahmen hochfrequenztechnisch gut leitend mit der Fundamenterdung über feindrähtige, geflochtene Kupferleitungen größeren Querschnitts ($\geq 95 \text{ mm}^2$).

Mit den beschriebenen Potenzialausgleichsmaßnahmen lässt sich der Rotorerdstrom weitestgehend vermeiden. Somit kann auf den Einsatz isolierender Kupplungen zwischen Motor und Getriebe/Arbeitsmaschine zur Unterdrückung des Rotorerdstromes verzichtet werden. Dies ist immer dann von großem Vorteil, wenn isolierende Kupplungen aus unterschiedlichsten Gründen nicht eingesetzt werden können.

1.9.4.1.2 Isoliertes Lager auf der Nichtantriebsseite (NDE-Seite bzw. B-Seite) des Motors

Neben einer EMV-gerechten Installation, die im Wesentlichen den Rotorerdstrom unterdrückt, stellt die Verwendung eines Motors mit isoliertem Lager auf der Nichtantriebsseite (NDE-Seite bzw. B-Seite) die zweite wichtige Maßnahme zur Reduktion der Lagerströme dar.

Das isolierte NDE-Lager begrenzt im Wesentlichen den kapazitiven Zirkularstrom im Motor, indem es die Impedanz in dem Stromkreis, bestehend aus Welle – NDE-Lager – Motorgehäuse – DE-Lager – Welle, deutlich erhöht. Da der Zirkularstrom mit der Achshöhe zunimmt, ist ein isoliertes NDE-Lager insbesondere bei großen Motoren wichtig.

Bei Motoren, die für Netzbetrieb ausgelegt sind, aber prinzipiell auch am Umrichter betrieben werden können (umrichter-gesegnet), muss ein isoliertes NDE-Lager optional bestellt werden, was ab Achshöhe 225 dringend empfohlen wird. Dies ist z. B. der Fall bei den Siemens-Standardmotoren SIMOTICS SD 1LE1 und SIMOTICS SD 1LE5.

Bei Motoren, die speziell für Umrichterbetrieb ausgelegt sind, ist bei kritischen Achshöhen standardmäßig ein isoliertes NDE-Lager für den Umrichterbetrieb vorhanden. Dies ist z. B. der Fall für die Siemens-Umrichtermotoren SIMOTICS FD und SIMOTICS HT-direct.

Bei der Verwendung von Drehzahlgebern ist darauf zu achten, dass der Anbau des Gebers die Lagerisolation des NDE-Lagers nicht überbrückt, d. h., der Drehzahlgeber ist isoliert anzubringen oder es ist ein Drehzahlgeber zu verwenden, der ebenfalls isolierte Lager enthält. Auch die Schirmauflage der Geberleitung darf nicht zu einer Überbrückung der Lagerisolation führen.

1.9.4.1.3 Weitere Maßnahmen

Motordrosseln oder Motorfilter am Umrichteranschluss

Praktisch sind in nahezu allen Applikationen eine EMV-gerechte Installation und der Einsatz eines Motors mit isoliertem NDE-Lager ausreichend, um das Niveau der Lagerströme auf einem unkritischen Niveau zu halten, selbst wenn es unter ungünstigen Randbedingungen zu stochastischen Durchschlägen im Lager aufgrund des EDM-Effektes kommt.

Nur in seltenen Ausnahmefällen kann es erforderlich werden, die Lagerströme durch zusätzliche Maßnahmen noch weiter zu reduzieren.

Dies kann durch den Einsatz von Gleichtaktfiltern bzw. Common Mode Filtern erreicht werden. Hierbei handelt es sich um Ringkerne aus hochpermeablem magnetischem Material, die am Umrichteranschluss angebracht werden und alle drei Phasen der Motorleitung umschließen. Diese Common Mode Filter reduzieren die von den Common Mode Strömen hervorgerufenen Lagerstromarten, also Zirkularströme und Rotorerdströme. Gegen die spannungsbedingten EDM-Ströme wirken die Kerne dagegen kaum.

Da die Verwendung von Common Mode Filtern bei SINAMICS-Antrieben in aller Regel nicht erforderlich ist, stehen diese auch nicht als Standardoption zur Verfügung, sondern nur auf Anfrage.

Generell wirken sich alle Maßnahmen am Umrichteranschluss, welche die Spannungssteilheiten du/dt reduzieren, günstig auf das Niveau der Lagerströme im Motor aus.

Motordrosseln reduzieren die Spannungssteilheiten am Motor in Abhängigkeit von der Motorleitungslänge. Damit helfen sie zwar prinzipiell, die Lagerströme zu verringern, jedoch können sie eine EMV-gerechte Installation und den Einsatz isolierter NDE-Lager im Motor in der Regel nicht ersetzen.

du/dt -Filter plus VPL, du/dt -Filter compact plus VPL und Sinusfilter reduzieren die Spannungssteilheiten am Motor unabhängig von der Motorleitungslänge auf Werte, die niedriger liegen als es mit Motordrosseln der Fall ist. Insbesondere das Sinusfilter erreicht deutlich niedrigere Werte.

Erdung der Motorwelle mit einer Erdungsbürste

Wellenerdungsbürsten können Lagerströme prinzipiell reduzieren, weil sie das Lager kurzschließen. Sie sind in unterschiedlichen Ausführungsformen erhältlich. Neben Bürsten aus Graphit gibt es auch Systeme auf Kohlefaserbasis. Diese sind im Vergleich zu den Graphitbürsten sehr teuer. Der Verschleiß ist zwar geringer, aber die Abhängigkeit von den Umgebungsbedingungen ist extrem groß. Daher können diese Bürsten für den allgemeinen Industrieinsatz nicht empfohlen werden.

Wellenerdungsbürsten sind eine mögliche – wenn auch nicht besonders effektive – Maßnahme zur Reduzierung von spannungsbedingten Lagerschädigungen durch EDM-Ströme. Bei strombedingten Lagerschäden aufgrund von Zirkularströmen und/oder Rotorerdströmen ist diese Maßnahme eher kontraproduktiv. Insbesondere mit Blick auf die Rotorerdströme wird der in die Last (z.B. Getriebe) hineinfließende parasitäre Strom eher noch verstärkt. Das Motorlager ist zwar geschützt, aber das Risiko von Schäden in den nachfolgenden Komponenten des Antriebssystems (z.B. Getriebe) steigt. Daher sind Wellenerdungsbürsten eher für den Einsatz bei kleinen Leistungen geeignet, also in dem Leistungsbereich, in dem die EDM-Stromanteile überwiegen.

Wellenerdungsbürsten bringen jedoch auch Probleme mit sich. Bei kleineren Motoren lassen sie sich konstruktiv nur schwer realisieren, sie sind empfindlich gegenüber Verunreinigungen und schließlich sind sie wartungsintensiv. Daher sind Wellenerdungsbürsten keine generell zu empfehlende Maßnahme zur Reduktion von Lagerströmen bei Niederspannungsmotoren.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Elektrisch leitfähige Lagerfette

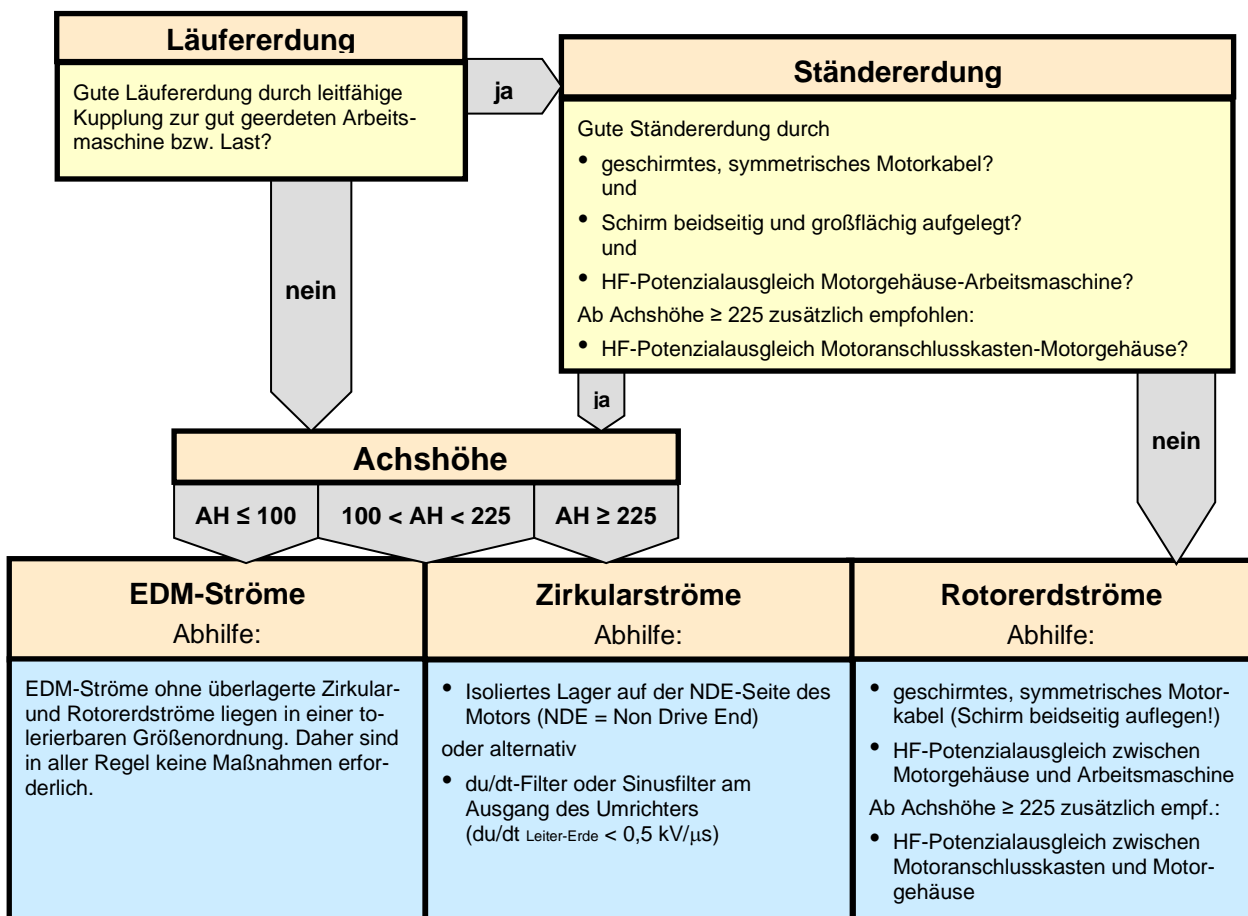
Nach dem heutigen Stand der Technik erhältliche, elektrisch leitfähige Lagerfette haben keine Wirksamkeit in Bezug auf die Verhinderung von spannungsbedingten Lagerschäden durch EDM-Ströme. Es besteht sogar das Risiko, dass sich der Anteil der strombedingten Lagerschäden aufgrund von Zirkular- und Rotorerdströmen vergrößert. Daher ist der Einsatz von elektrisch leitfähigen Fetten zurzeit keine brauchbare Maßnahme zur Reduktion von Lagerströmen.

IT-Netz

Beim Betrieb am IT-Netz ist der Sternpunkt des Transformators im Gegensatz zum TN-Netz nicht galvanisch mit Erde verbunden. Die Erdanbindung erfolgt nur noch rein kapazitiv, wodurch sich die Impedanz in dem Kreis, in dem die hochfrequenten Gleichtaktströme fließen, erhöht. Die Folge sind reduzierte Gleichtaktströme und damit auch reduzierte Lagerströme. Daher bietet im Hinblick auf Lagerströme das ungeerdete IT-Netz gegenüber dem geerdeten TN-Netz leichte Vorteile.

1.9.4.2 Zusammenfassende Übersicht über die Lagerstromarten und Abhilfemaßnahmen

Die folgende Übersicht zeigt die Lagerstromarten in Abhängigkeit von der Achshöhe sowie den Erdungsverhältnissen von Ständer und Läufer.



Dominierende Lagerstromarten in Abhängigkeit von der Achshöhe und den Erdungsverhältnissen von Ständer und Läufer

Bei guter Läufererdung mittels einer leitfähigen Kupplung zur gut geerdeten Arbeitsmaschine bzw. Last und gleichzeitig schlechter Ständererdung aufgrund schlechter Installation können die Rotorerdströme eine dominierende Größenordnung erreichen und die Lager von Motor und Arbeitsmaschine bzw. Last schnell schädigen. Solch eine Situation muss durch eine gute Ständererdung mittels EMV-gerechter Installation und/oder den Einsatz einer isolierenden Kupplung unbedingt vermieden werden.

Wenn durch eine gute Ständererdung mittels einer EMV-gerechten Installation und/oder eine isolierende Kupplung das Auftreten von Rotorerdströmen unterbunden wird, dominieren bei kleineren Motoren bis Achshöhe 100 die EDM-Ströme. Zirkularströme spielen hier eine untergeordnete Rolle. Damit liegen die resultierenden Lagerströme in einer für die Lager ungefährlichen Größenordnung, so dass in der Regel keine weiteren Maßnahmen erforderlich sind. Mit zunehmender Achshöhe verändern sich die EDM-Ströme nur geringfügig, während die Zirkularströme immer mehr ansteigen. Ab Achshöhe 225 erreichen die Zirkularströme eine dominierende Größenordnung, die für die Lager gefährlich werden kann. Daher wird ab Achshöhe 225 der Einsatz eines isolierten Lagers auf der NDE-Seite bzw. der B-Seite des Motors dringend empfohlen. Dies gilt insbesondere dann, wenn der Motor sehr häufig oder dauerhaft

- mit niedrigen Drehzahlen unterhalb ca. 800 – 1000 U/min betrieben wird, oder
- mit sehr schnellen Drehzahländerungen beaufschlagt wird,

weil sich unter diesen Betriebsbedingungen kein gleichmäßiger stabiler Schmierfilm im Lager ausbilden kann.

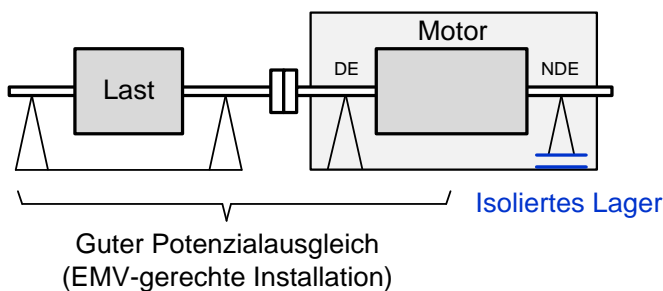
Grundsätzlich kann als Alternative zu einem isolierten Lager im Motor auch ein du/dt-Filter oder ein Sinusfilter am Ausgang des Umrichters verwendet werden.

Im Folgenden sind die Maßnahmen am Motor zur Vermeidung von Lagerstromschäden in einer grafischen Übersicht zusammengefasst.

1. Standardmaßnahmen für die in diesem Projektierungshandbuch beschriebenen SINAMICS-Antriebe

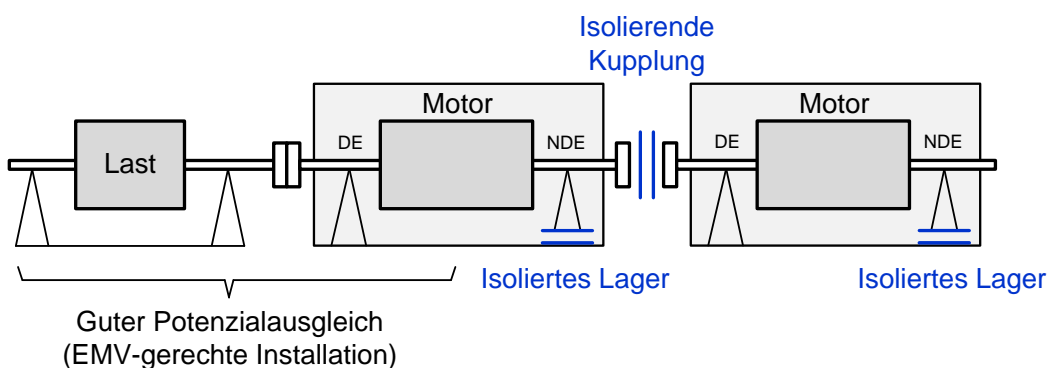
1.1 Antrieb mit einem Motor

- Guter Potenzialausgleich durch EMV-gerechte Installation
- Isoliertes Lager auf der NDE-Seite des Motors



1.2 Antrieb mit zwei Motoren in Tandem-Anordnung

- Guter Potenzialausgleich durch EMV-gerechte Installation
- Isolierte Lager auf den NDE-Seiten der Motoren
- Isolierende Kupplung zwischen den beiden Motoren



1.10 Motorseitige Drosseln und Filter

1.10.1 Motordrosseln

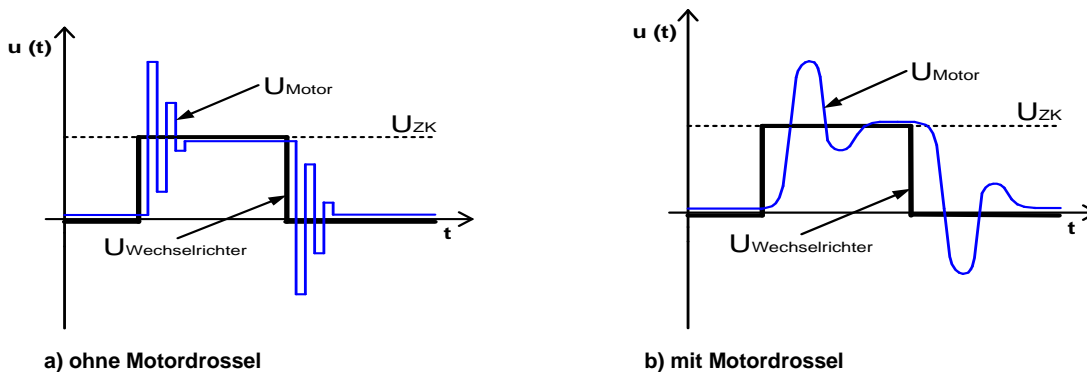
1.10.1.1 Reduktion der Spannungssteilheit du/dt an den Motoranschlüssen

Wie im Abschnitt "Auswirkungen der Verwendung schnell schaltender Leistungsbau-elemente" ausführlich beschrieben, treten am Wechselrichterausgang und an den Motoranschlüssen sehr hohe Spannungssteilheiten du/dt auf.

Der Einsatz von Motordrosseln reduziert die Spannungssteilheiten erheblich.

Ohne Motordrosseln laufen die Spannungsflanken am Wechselrichterausgang, die eine typische Steilheit du/dt von $3 \text{ kV}/\mu\text{s} - 6 \text{ kV}/\mu\text{s}$ aufweisen, entlang der Leitung Richtung Motor und kommen mit weitgehend unveränderter Steilheit an den Motoranschlüssen an, wo durch Reflexionen Spannungsspitzen bis zum Zweifachen der Zwischenkreisspannung auftreten können, siehe nachfolgende Skizze, Bild a).

Die Motorwicklung wird hierdurch in zweierlei Hinsicht stärker belastet als am sinusförmigen Netz. Es treten sehr hohe Spannungssteilheiten du/dt und durch Reflexion sehr hohe Spannungsspitzen \hat{U}_{LL} auf.



Spannung $u(t)$ am Wechselrichterausgang und an den Motoranschlüssen

Mit Motordrosseln bildet sich aus der Induktivität der Drossel und der Kapazität der Leitung ein Schwingkreis, der den Spannungsanstieg du/dt verringert. Je größer die Leitungskapazität, d. h. je länger die Leitung ist, desto geringer wird der Spannungsanstieg. Bei der Verwendung langer geschirmter Leitungen sinkt die Spannungsanstiegsgeschwindigkeit bis auf Werte von wenigen $100 \text{ V}/\mu\text{s}$, siehe Skizze, Bild b). Doch leider ist der Schwingkreis aus Drosselinduktivität und Leitungskapazität relativ schwach gedämpft, so dass die Spannung stark überschwingt. Die Spannungsspitzen an den Motoranschlüssen liegen daher typischerweise nur ca. 10 % bis maximal 15 % unter den Werten, die sich durch Reflexionen ergeben, wenn keine Motordrossel eingesetzt wird.

Weil die Motordrossel zwar die Spannungssteilheit du/dt deutlich reduziert, aber die Spannungsspitzen \hat{U}_{LL} nur geringfügig verringert, ergibt sich keine grundlegend andere Qualität der Wicklungsbelastung gegenüber den Verhältnissen ohne Motordrossel.

Der Einsatz einer Motordrossel ist daher in aller Regel nicht geeignet, die Wicklungsbelastung am Motor bei Netzanschlussspannungen von 500 V bis 690 V so weit zu verbessern, dass auf eine Sonderisolierung im Motor für Umrichterbetrieb verzichtet werden kann. Eine derartige Verbesserung lässt sich nur mit du/dt -Filtern plus VPL, du/dt -Filtern compact plus VPL oder Sinusfiltern erreichen (siehe Abschnitte "du/dt-Filter plus VPL und du/dt-Filter compact plus VPL" sowie "Sinusfilter").

Die verringerte Spannungssteilheit bewirkt eine Reduktion der Lagerströme im Motor, allerdings reicht dies in der Regel noch nicht aus, um auf den Einsatz eines isolierten NDE-Lagers im Motor ganz verzichten zu können.

1.10.1.2 Reduktion der zusätzlichen Stromspitzen beim Einsatz langer Motorleitungen

Durch die hohen Spannungssteilheiten der schnell schaltenden IGBTs werden beim Einsatz langer Motorleitungen die Leitungskapazitäten mit jeder Schalthandlung im Wechselrichter sehr schnell umgeladen, wodurch der Wechselrichter mit erheblichen zusätzlichen Stromspitzen belastet wird.

Der Einsatz von Motordrosseln reduziert die Höhe der zusätzlichen Stromspitzen, weil die Kapazitäten der Leitung über die Induktivität der Drossel langsamer umgeladen werden und dadurch geringere Amplituden der Stromspitzen auftreten.

Daher bieten geeignet dimensionierte Motordrosseln bzw. die Reihenschaltung mehrerer Motordrosseln die Möglichkeit, größere Kapazitäten und damit größere Motorleitungslängen anzuschließen.

1.10.1.3 Zulässige Motorleitungslängen mit Motordrossel(n) bei Einzel- und Gruppenantrieben

Zulässige Motorleitungslängen bei Antrieben mit einem Motor (Einzelantriebe)

Die folgenden Tabellen geben die zulässigen Motorleitungslängen bei Einsatz einer bzw. zwei in Reihe geschalteter Motordrosseln an für SINAMICS G130, G150 sowie S150, S120 Motor Modules (Chassis und Cabinet Modules).

SINAMICS G130 / G150	Maximal zulässige Motorleitungslänge			
	mit 1 Drossel		mit 2 Drosseln in Reihe	
	Geschirmte Leitung z. B. Protodur NYCWY	Ungeschirmte Leitung z. B. Protodur NYY	Geschirmte Leitung z. B. Protodur NYCWY	Ungeschirmte Leitung z. B. Protodur NYY
3AC 380 V – 480 V	300 m	450 m	450 m	675 m
3AC 500 V – 600 V	300 m	450 m	450 m	675 m
3AC 660 V – 690 V	300 m	450 m	450 m ¹⁾	675 m ¹⁾

¹⁾ Für Parallelschaltungen SINAMICS G150 mit Typeleistungen von 1750 kW – 2700 kW gelten die Werte: 525 m (geschirmt) und 787 m (ungeschirmt)

Maximal zulässige Motorleitungslängen mit 1 bzw. 2 Motordrosseln für Einbaugeräte SINAMICS G130 und Schrankgeräte SINAMICS G150

SINAMICS S120 / S150	Maximal zulässige Motorleitungslänge			
	mit 1 Drossel		mit 2 Drosseln in Reihe	
	Geschirmte Leitung z. B. Protodur NYCWY	Ungeschirmte Leitung z. B. Protodur NYY	Geschirmte Leitung z. B. Protodur NYCWY	Ungeschirmte Leitung z. B. Protodur NYY
3AC 380 V – 480 V	300 m	450 m	525 m	787 m
3AC 500 V – 600 V	300 m	450 m	525 m	787 m
3AC 660 V – 690 V	300 m	450 m	525 m	787 m

Maximal zulässige Motorleitungslängen mit 1 bzw. 2 Motordrosseln für Schrankgeräte SINAMICS S150 sowie Motor Modules SINAMICS S120 Bauform Chassis und Cabinet Modules

Hinweis:

Die angegebenen Motorleitungslängen beziehen sich immer auf den Abstand zwischen Wechselrichteranschluss und Motor entlang des Leitungsweges und berücksichtigen bereits, dass bei Antrieben größerer Leistung mehrere Leitungen parallel verlegt werden müssen. Die empfohlenen und maximal anschließbaren Leitungsquerschnitte sowie die zulässige Anzahl paralleler Motorleitungen sind gerätespezifisch und daher den gerätespezifischen Kapiteln dieses Projektierungshandbuches oder den entsprechenden Katalogen zu entnehmen.

Zulässige Motorleitungslängen bei Antrieben mit mehreren Motoren am Umrichteranschluss (Gruppenantriebe)

In der Regel wird an den Umrichteranschluss ein einzelner Motor angeschlossen. Es gibt aber auch Anwendungen, wie z. B. Rollgangantriebe oder Fahrwerksantriebe auf Containerkränen, bei denen eine Vielzahl gleicher Motoren kleiner Leistung von einem einzigen Umrichter mit entsprechend großer Leistung gespeist wird. In diesem Fall spricht man von Gruppenantrieben. Gruppenantriebe im engeren Sinne des im Folgenden vorgestellten Berechnungsverfahrens liegen immer dann vor, wenn die Anzahl der an den Umrichter angeschlossenen Motoren größer ist als die für den Motoranschluss des Umrichters maximal zulässige Anzahl paralleler Motorleitungen gemäß den Katalogangaben.

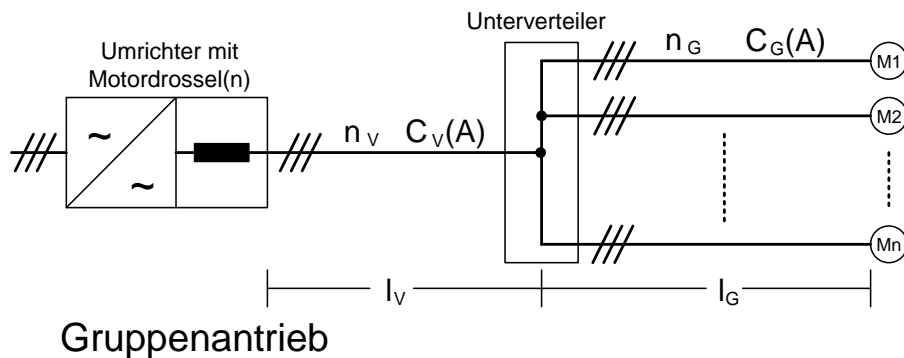
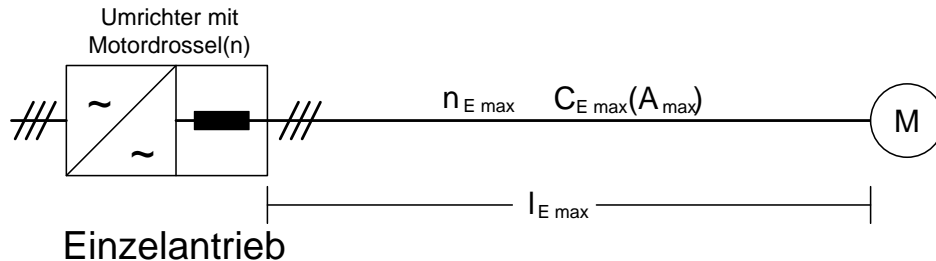
Bei Gruppenantrieben sind grundsätzlich Motordrosseln (oder alternativ Motorfilter) einzusetzen. Die einzelnen Motoren werden aufgrund ihrer geringen Leistung mit Leitungen sehr geringen Querschnitts angeschlossen. Diese Leitungen weisen deutlich geringere Kapazitätsbeläge auf als Leitungen mit großem Querschnitt, wie sie bei Einzelantrieben verwendet werden. Wegen der reduzierten Kapazitätsbeläge darf man daher bei Gruppenantrieben in der Regel wesentlich größere Summenleitungslängen je Umrichteranschluss zulassen, als in den oben abgebildeten Tabellen angegeben, ohne die für Umrichter und Motordrossel erlaubten Kapazitätswerte zu überschreiten.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Im Folgenden wird beschrieben, wie man ausgehend von den Katalogdaten für Einzelantriebe die zulässigen Leitungslängen für Gruppenantriebe l_G berechnen kann.

Die Skizze dient zur Erläuterung der verwendeten Größen und Begriffe beim Einzelantrieb und beim Gruppenantrieb.



Darstellung von Einzelantrieb und Gruppenantrieb mit den zugehörigen Größen und Begriffen

Die zulässige Motorleitungslänge je Motor beim Gruppenantrieb berechnet sich gemäß der Beziehung:

$$l_G = \frac{n_{E \max} \cdot C_{E \max}(A_{\max}) \cdot l_{E \max} - n_V \cdot C_V(A) \cdot l_V}{n_G \cdot C_G(A)}$$

Definition und Bedeutung der verwendeten Größen:

- l_G zulässige Leitungslänge zwischen Unterverteiler und jedem Motor beim Gruppenantrieb.
- $n_{E \max}$ Anzahl der maximal anschließbaren parallelen Motorleitungen beim Einzelantrieb. Dieser Wert ist den gerätespezifischen Kapiteln oder den entsprechenden Katalogen zu entnehmen.
- $C_{E \max}(A_{\max})$ Betriebskapazitätsbelag einer geschirmten Motorleitung mit dem maximal anschließbaren Querschnitt A_{\max} beim Einzelantrieb. Dieser Wert ist der auf der nächsten Seite angegebenen Tabelle zu entnehmen in Abhängigkeit vom maximal anschließbaren Querschnitt A_{\max} gemäß den gerätespezifischen Kapiteln oder den entsprechenden Katalogen.
- $l_{E \max}$ zulässige Motorleitungslänge beim Einzelantrieb gemäß den Tabellen der vorhergehenden Seite (abhängig von der Zahl der Motordrosseln (1 o. 2) und der Schirmung (geschirmt o. ungeschirmt)).
- n_V Anzahl der parallelen Leitungen zwischen Umrichter und Unterverteiler beim Gruppenantrieb.
- $C_V(A)$ Betriebskapazitätsbelag der Leitung zwischen Umrichter und Unterverteiler beim Gruppenantrieb.
- l_V Länge der Leitung zwischen Umrichter und Unterverteiler beim Gruppenantrieb.
- n_G Anzahl der parallelen Leitungen nach dem Unterverteiler = Anzahl der Motoren des Gruppenantriebs.
- $C_G(A)$ Betriebskapazitätsbelag der Leitungen nach dem Unterverteiler.

Das angegebene Berechnungsverfahren berücksichtigt sowohl Anordnungen, bei denen zunächst eine Leitung größeren Querschnitts vom Umrichter zu einem Unterverteiler führt, an den die einzelnen Motoren mit Leitungen geringen Querschnitts angeschlossen sind, als auch Anordnungen, bei denen die Leitungen zu den einzelnen Motoren direkt am Umrichter angeschlossen sind. Ist kein Unterverteiler vorhanden, so ist der Term $n_V \cdot C_V(A) \cdot l_V = 0$ zu setzen.

Grundsätzlich sind zwei Berechnungsvarianten möglich:

Variante 1

Diese Berechnungsvariante benötigt keine Angaben über die individuellen Betriebskapazitätsbeläge der verwendeten Motorleitungen und ist gültig für Umrichter mit einer oder zwei Motordrosseln am Ausgang sowie für geschirmte und ungeschirmte Motorleitungen. Die Berücksichtigung der Anzahl der Motordrosseln (1 oder 2) sowie des Leitungstyps (geschirmt oder ungeschirmt) erfolgt hier ausschließlich über den Wert $I_{E \max}$, der je nach der zu berechnenden Konfiguration den entsprechenden Spalten der Tabellen zwei Seiten zuvor zu entnehmen ist. Außerdem sind hier alle in der Formel vorkommenden Betriebskapazitätsbeläge, $C_{E \max}(A_{\max})$, $C_V(A)$ und $C_G(A)$ zwingend der unten aufgeführten Tabelle zu entnehmen, da die dort angegebenen Betriebskapazitätsbeläge des Leitungstyps NYCWY praktisch Worst-Case-Werte darstellen und die Berechnungsergebnisse somit immer auf der sicheren Seite liegen. Allerdings ist zu beachten, dass eine Mischung geschirmter und ungeschirmter Leitungen mit der hier angegebenen Berechnungsvariante nicht möglich ist, wie z. B. die Verwendung einer geschirmten Leitung zum Unterverteiler und ungeschirmter Leitungen zum Motor.

Variante 2

Diese Berechnungsvariante ist möglich für geschirmte Motorleitungen, deren individuelle Betriebskapazitätsbelege bekannt sind. Sie ist daher präziser als die Berechnung nach Variante 1. Bei dieser Berechnungsvariante definieren die Größen $I_{E \max}$, $C_{E \max}(A_{\max})$ und $I_{E \max}$, welche den entsprechenden Katalogen, der unten aufgeführten Tabelle und der Tabelle zwei Seiten vorher zu entnehmen sind, die zulässige Gesamtleitungskapazität für den jeweiligen Umrichter, während die Betriebskapazitäten der Leitungen $C_V(A)$ und $C_G(A)$ den individuellen Datenblättern der jeweiligen Leitungen entnommen werden. Dadurch ergeben sich bei der Verwendung relativ kapazitätsarmer Motorleitungen zum Teil deutlich größere zulässige Motorleitungslängen für Gruppenantriebe als bei der Berechnung nach Variante 1. Auch hier ist zu beachten, dass eine Mischung geschirmter und ungeschirmter Leitungen mit der hier angegebenen Berechnungsvariante nicht möglich ist, wie z. B. die Verwendung einer geschirmten Leitung zum Unterverteiler und ungeschirmter Leitungen zum Motor.

Querschnitt A [mm ²]	Betriebskapazitätsbelag [nF/m]
3 x 2,5	0,38
3 x 4,0	0,42
3 x 6,0	0,47
3 x 10	0,55
3 x 16	0,62
3 x 25	0,65
3 x 35	0,71
3 x 50	0,73
3 x 70	0,79
3 x 95	0,82
3 x 120	0,84
3 x 150	0,86
3 x 185	0,94
3 x 240	1,03
3 x 300	1,10
3 x 350	1,15
3 x 400	1,20

Betriebskapazitätsbelag geschirmter Dreileiterkabel des Typs Protodur NYCWY in Abhängigkeit vom Leitungsquerschnitt A

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Berechnungsbeispiel:

Ein Rollgang mit 25 Motoren zu je 10 kW soll durch einen Umrichter SINAMICS G150 gespeist werden. Dazu wird ein Umrichter mit einer Anschlussspannung von 400 V und einer Leistung von 250 kW ausgewählt. Die Vorgaben für den Rollgang lauten:

Der Umrichter steht in einem klimatisierten Raum und soll über zwei parallele, 50 m lange, geschirmte Leitungen mit einem Querschnitt von je 150 mm² einen Unterverteiler versorgen. An den Unterverteiler sind 25 Motoren über im Durchschnitt jeweils 40 m lange, geschirmte Leitungen mit einem Querschnitt von 1 x 10 mm² angeschlossen. Die exakten Leitungstypen sowie die exakten Betriebskapazitätsbeläge sind nicht bekannt. Daher muss die Berechnung gemäß Variante 1 durchgeführt werden.

Da es sich hier um einen Gruppenantrieb mit sehr vielen parallelen Motorleitungen handelt, ist auf jeden Fall der Einsatz mindestens einer Motordrossel erforderlich. Es soll nun nachgerechnet werden, ob sich die Anforderungen mit dem ausgewählten Umrichter und einer Motordrossel erfüllen lassen.

1. Schritt:

Bestimmung der Größen $n_{E \max}$, $C_{E \max}(A_{\max})$ und $l_{E \max}$ für Einzelantriebe aus den Angaben des Kapitels "Projektierung der Schrankgeräte G150" oder aus den Angaben des Katalogs D 11 unter Zuhilfenahme der Tabelle der Betriebskapazitätsbeläge als Funktion des Leitungsquerschnitts auf der vorherigen Seite:

Gemäß Katalog D 11 dürfen an die Motoranschlüsse des SINAMICS G150 / 400 V / 250 kW maximal zwei parallele Motorleitungen mit jeweils einem maximalen Querschnitt von 240 mm² angeschlossen werden. Die zulässige Motorleitungslänge für geschirmte Motorleitungen beträgt gemäß Katalog D 11 mit einer Motordrossel 300 m. Aus diesen Angaben ergibt sich:

- $n_{E \max} = 2$
- $C_{E \max}(A_{\max}) = C_{E \max}(240 \text{ mm}^2) = 1,03 \text{ nF/m}$
- $l_{E \max} = 300 \text{ m}$

2. Schritt:

Bestimmung der Größen n_V , $C_V(A)$ und l_V für die Leitung zwischen Umrichter und Unterverteiler:

- $n_V = 2$
- $C_V(A) = C_V(150 \text{ mm}^2) = 0,86 \text{ nF/m}$ (gemäß Tabelle auf der vorherigen Seite)
- $l_V = 50 \text{ m}$

3. Schritt:

Bestimmung der Größen n_G , $C_G(A)$ für die Leitung zwischen Unterverteiler und jedem Motor:

- $n_G = 25$
- $C_G(A) = C_G(10 \text{ mm}^2) = 0,55 \text{ nF/m}$ (gemäß Tabelle auf der vorherigen Seite)

4. Schritt:

Bestimmung der zulässigen Motorleitungslänge zwischen Unterverteiler und jedem Motor laut Berechnungsformel:

$$l_G = \frac{2 \cdot 1,03 \text{ nF/m} \cdot 300 \text{ m} - 2 \cdot 0,86 \text{ nF/m} \cdot 50 \text{ m}}{25 \cdot 0,55 \text{ nF/m}}$$
$$l_G = \frac{618 \text{ nF} - 86 \text{ nF}}{13,75 \text{ nF}} \text{ m} = 38,7 \text{ m} \approx 40 \text{ m}$$

Die geforderte Leitungslänge von 40 m je Motor liegt innerhalb einer 10 %-igen Toleranz von dem berechneten Wert $l_G = 38,7 \text{ m}$, so dass die Anordnung wie geplant realisiert werden darf.

Vergleicht man die maximal an den Umrichter anschließbare Leitungsstrecke von 600 m beim Einzelantrieb (zwei parallele Leitungen mit je 300 m Länge und einem Querschnitt von je 240 mm²) und die anschließbare Leitungsstrecke von 1068 m beim Gruppenantrieb (zwei parallele Leitungen mit je 50 m Länge und einem Querschnitt von je 150 mm² zum Unterverteiler plus 25 parallele Leitungen zu den Motoren mit je 38,7 m Länge und einem Querschnitt von je 10 mm²), so erkennt man, dass allein durch die Reduktion der Querschnitte beim Gruppenantrieb die mögliche, anschließbare Leitungsstrecke - bei gleicher Gesamtkapazität - gegenüber dem Einzelantrieb nahezu verdoppelt ist. Würde man besonders kapazitätsarme Motorleitungen wählen, deren individuelle Betriebskapazitätsbeläge bekannt sind, so könnte die Berechnung nach Variante 2 durchgeführt werden und die anschließbare Leitungsstrecke würde sich nochmals erhöhen.

1.10.1.4 Zu beachtende Randbedingungen beim Einsatz von Motordrosseln

Bei den Schrankgeräteausführungen G150 und S150 sowie den Motor Modules der S120 Cabinet Modules ist zu beachten, dass bei der Reihenschaltung zweier Drosseln gegebenenfalls ein Zusatzschrank erforderlich wird.

Bei den Geräten SINAMICS G130 und S120 der Bauform Chassis ist zu beachten, dass die Motordrossel in unmittelbarer Nähe des Umrichter- bzw. Wechselrichterausgangs platziert werden sollte. Die Leitungslänge zwischen Umrichter- bzw. Wechselrichterausgang und Motordrossel sollte ca. 5 m nicht überschreiten.

Die Verwendung von Motordrosseln erfordert aus thermischen Gründen eine Begrenzung der Pulsfrequenz und der Ausgangsfrequenz:

- Die maximale Pulsfrequenz ist begrenzt auf den doppelten Wert der Werkseinstellung, d. h. auf 4 kHz bei Geräten mit Werkseinstellung 2 kHz und auf 2,5 kHz bei Geräten mit Werkseinstellung 1,25 kHz.
- Die maximale Ausgangsfrequenz ist begrenzt auf 150 Hz.

Einschränkungen hinsichtlich der zulässigen Pulsmuster des Steuersatzes bestehen nicht, d. h. die Flankenmodulation kann uneingeschränkt genutzt werden, so dass die erreichbare Ausgangsspannung nahezu der Eingangsspannung entspricht.

Der Spannungsabfall an der Motordrossel liegt bei ca. 1 %.

Bei der Inbetriebnahme des Antriebes sollte die Motordrossel über den Parameter P0230 = 1 angewählt und die Induktivität der Drossel in den Parameter P0233 eingetragen werden. Damit wird gewährleistet, dass der Einfluss der Drossel im Modell für die Vektorregelung optimal berücksichtigt wird.

Motordrosseln können sowohl in geerdeten Netzen (TN/TT) als auch in ungeerdeten Netzen (IT) verwendet werden.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

1.10.2 du/dt-Filter plus VPL und du/dt-Filter compact plus VPL

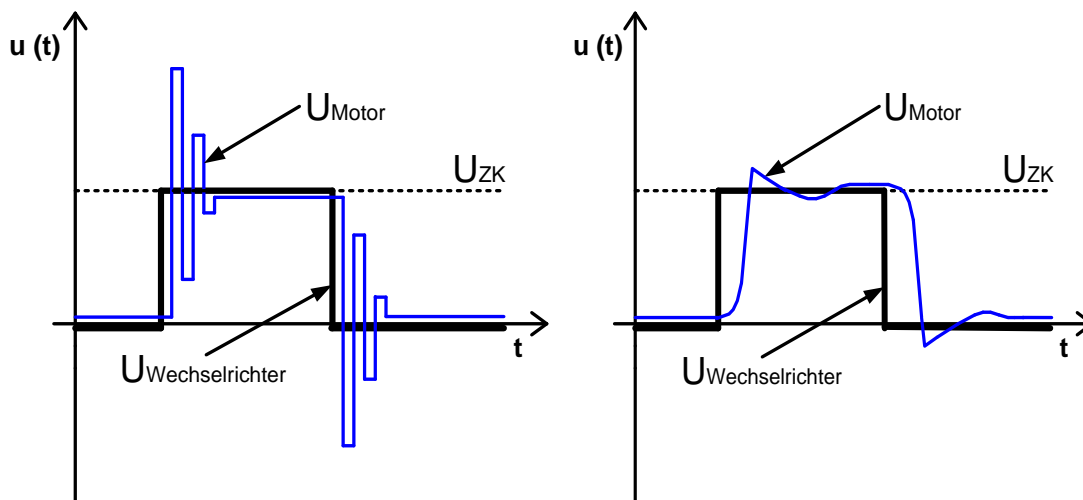
1.10.2.1 Aufbau und Wirkungsweise

Die du/dt-Filter plus VPL und du/dt-Filter compact plus VPL setzen sich aus zwei Komponenten zusammen, einer du/dt-Drossel und einem Spannungsbegrenzungsnetzwerk (Voltage Peak Limiter).

Die du/dt-Drossel entspricht in ihrer Wirkung der Motordrossel. Sie bildet zusammen mit der Kapazität der angeschlossenen Motorleitung sowie den internen Kapazitäten des Begrenzungsnetzwerkes einen Schwingkreis, der den Spannungsanstieg du/dt unabhängig von der angeschlossenen Motorleitungslänge auf folgende Werte begrenzt:

- $du/dt < 500 \text{ V}/\mu\text{s}$ bei du/dt-Filtern plus VPL
- $du/dt < 1600 \text{ V}/\mu\text{s}$ bei du/dt-Filtern compact plus VPL

Das Begrenzungsnetzwerk besteht im Wesentlichen aus einer Diodenbrücke und verbindet den Ausgang der du/dt-Drossel mit dem Zwischenkreis des Wechselrichters. Dadurch wird die überschwingende Spannung am Ausgang der du/dt-Drossel in etwa auf dem Niveau der Zwischenkreisspannung gehalten und so die Spitzenspannung \hat{U}_{LL} an der Motorleitung entsprechend begrenzt. Aufgrund der geringen Spannungssteilheit sind die Spannungsverhältnisse am Ausgang des du/dt-Filters und an den Motoranschlüssen praktisch identisch.



a) ohne du/dt-Filter

b) mit du/dt-Filter plus VPL oder du/dt-Filter compact plus VPL

Spannung $u(t)$ am Wechselrichteranschluss und an den Motoranschlüssen

du/dt-Filter plus VPL und du/dt-Filter compact plus VPL begrenzen sowohl die Spannungssteilheit du/dt als auch die Spitzenspannungen \hat{U}_{LL} an der Motorwicklung sehr effektiv auf die im Folgenden angegebenen Werte.

- du/dt-Filter plus VPL:
 - Spannungssteilheit $du/dt < 500 \text{ V}/\mu\text{s}$
 - Spitzenspannungen \hat{U}_{LL} (typisch) $< 1000 \text{ V}$ für $U_{\text{Netz}} < 575 \text{ V}$
 - Spitzenspannungen \hat{U}_{LL} (typisch) $< 1250 \text{ V}$ für $660 \text{ V} < U_{\text{Netz}} < 690 \text{ V}$
- du/dt-Filter compact plus VPL:
 - Spannungssteilheit $du/dt < 1600 \text{ V}/\mu\text{s}$
 - Spitzenspannungen \hat{U}_{LL} (typisch) $< 1150 \text{ V}$ für $U_{\text{Netz}} < 575 \text{ V}$
 - Spitzenspannungen \hat{U}_{LL} (typisch) $< 1400 \text{ V}$ für $660 \text{ V} < U_{\text{Netz}} < 690 \text{ V}$

Die Begrenzung des du/dt-Filters plus VPL liegt unterhalb der Grenzkurve gemäß IEC/TS 60034-17:2006 ($\dot{U}_{LL} < 1350 \text{ V}$), die Begrenzung des du/dt-Filters compact plus VPL liegt unterhalb der Grenzkurve A gemäß IEC/TS 60034-25:2007 ($\dot{U}_{LL} < 1560 \text{ V}$).

Damit ist der Einsatz von du/dt-Filtern plus VPL und du/dt-Filtern compact plus VPL als Maßnahme geeignet, die Spannungsbelastung an der Motorwicklung bei Netzanschlussspannungen von 500 V bis 690 V derart zu verringern, dass auf eine Sonderisolierung im Motor für Umrichterbetrieb verzichtet werden kann. Auch die Lagerströme werden deutlich reduziert. Somit ist es möglich, bis zu Netzanschlussspannungen von 690 V Standardmotoren mit Standardisolierung und ohne isolierte Lager an SINAMICS zu betreiben. Dies gilt sowohl für Siemens-Motoren als auch für Motoren von Fremdherstellern.

Die folgende Tabelle gibt die zulässigen Motorleitungslängen für du/dt-Filter plus VPL und du/dt-Filter compact plus VPL für SINAMICS G130, G150, S150, S120 Motor Modules (Chassis und Cabinet Modules) an.

Netzanschlussspannung	Maximal zulässige Motorleitungslänge	
	Geschirmte Leitung z. B. Protodur NYCWY	Ungeschirmte Leitung z. B. Protodur NYY
du/dt-Filter plus VPL		
3AC 380 V – 480 V	300 m	450 m
3AC 500 V – 600 V	300 m	450 m
3AC 660 V – 690 V	300 m	450 m
du/dt-Filter compact plus VPL		
3AC 380 V – 480 V	100 m	150 m
3AC 500 V – 600 V	100 m	150 m
3AC 660 V – 690 V	100 m	150 m

Maximal zulässige Motorleitungslängen mit du/dt-Filter plus VPL und du/dt-Filter compact plus VPL für SINAMICS G130, G150, S150 sowie Motor Modules SINAMICS S120 (Chassis und Cabinet Modules)

Diese Leitungslängen gelten für Antriebe, bei denen nur ein Motor am Filterausgang angeschlossen ist. Für Gruppenantriebe sind größere Motorleitungslängen zulässig. Die Berechnung der zulässigen Motorleitungslängen für Gruppenantriebe ist im Abschnitt „Motordrosseln“ zu finden. Wird das dort angegebene Berechnungsverfahren für Umrichter mit du/dt-Filtern angewendet, so ist zu beachten, dass anstelle der maximalen Anzahl paralleler Leitungen $n_{E \max}$ und anstelle der maximalen Querschnitte A_{\max} die entsprechenden empfohlenen Werte $n_{E \text{ empf}}$ und A_{empf} gemäß Katalog verwendet werden müssen.

1.10.2.2 Zu beachtende Randbedingungen beim Einsatz von du/dt-Filtern

Bei den Schrankgeräten G150 und S150 sowie bei den Motor Modules S120 als Cabinet Modules ist zu beachten:

- du/dt-Filter plus VPL benötigen ab bestimmten Typeleistungen ein zusätzliches Schrankfeld und vergrößern damit die Schrankabmessungen (siehe Kataloge D 11 bzw. D 21.3).
- du/dt-Filter compact plus VPL sind generell ohne zusätzliches Schrankfeld in die Schrankgeräte integrierbar.

Bei den Geräten SINAMICS G130 und S120 der Bauform Chassis ist zu beachten, dass das du/dt-Filter plus VPL bzw. das du/dt-Filter compact plus VPL in unmittelbarer Nähe des Umrichter- bzw. Wechselrichterausgangs platziert werden sollte. Die Leitungslänge zwischen Umrichter- bzw. Wechselrichterausgang und Filter darf 5 m nicht überschreiten.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Die Verwendung von du/dt-Filtern plus VPL und du/dt-Filtern compact plus VPL erfordert aus thermischen Gründen eine Begrenzung der Pulsfrequenz und des Ausgangsfrequenzbereiches:

- Die maximal zulässige Pulsfrequenz ist begrenzt auf den doppelten Wert der Werkseinstellung, d. h. auf 4 kHz bei Geräten mit Werkseinstellung 2 kHz und auf 2,5 kHz bei Geräten mit Werkseinstellung 1,25 kHz.
- Die maximal zulässige Ausgangsfrequenz ist begrenzt auf 150 Hz.
- Die minimale, dauerhaft zulässige Ausgangsfrequenz beträgt:
 - 0 Hz bei du/dt-Filtern plus VPL
 - 10 Hz bei du/dt-Filtern compact plus VPL
Ein Betrieb mit Ausgangsfrequenzen < 10 Hz ist für maximal 5 min zulässig, wenn anschließend ein Betrieb mit Ausgangsfrequenzen > 10 Hz für mindestens 5 min vorliegt.
Diese Einschränkung bei kleinen Ausgangsfrequenzen gilt jedoch nur, wenn die maximal zulässige Pulsfrequenz und die maximal zulässige Motorleitungslänge des du/dt-Filters compact plus VPL gleichzeitig weitgehend voll ausgenutzt werden.
Werden die maximal zulässige Pulsfrequenz oder die maximal zulässige Leitungslänge nur zu 50 % oder weniger ausgenutzt, so entfällt die oben genannte Einschränkung bei kleinen Ausgangsfrequenzen.

Einschränkungen hinsichtlich der zulässigen Pulsmuster des Steuersatzes bestehen nicht, d. h. die Flankenmodulation kann uneingeschränkt genutzt werden, so dass die erreichbare Ausgangsspannung nahezu der Eingangsspannung entspricht.

Der Spannungsabfall an dem du/dt-Filter plus VPL bzw. dem du/dt-Filter compact plus VPL beträgt ca. 1 %.

Bei der Inbetriebnahme des Antriebes sind die du/dt-Filter über den Parameter P0230 = 2 anzuwählen. Damit wird gewährleistet, dass der Einfluss des Filters im Modell für die Vektorregelung optimal berücksichtigt wird.

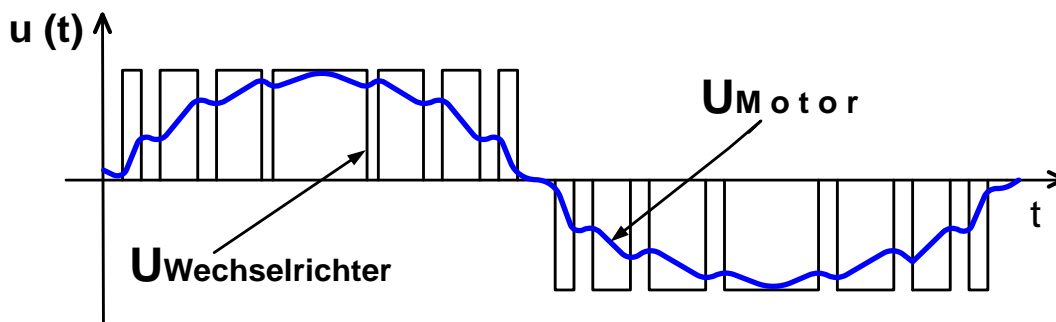
Die du/dt-Filter können sowohl in geerdeten Netzen (TN/TT) als auch in ungeerdeten Netzen (IT) verwendet werden.

1.10.3 Sinusfilter

1.10.3.1 Aufbau und Wirkungsweise

Sinusfilter sind LC-Tiefpassfilter und stellen die aufwändigste Filterlösung dar. Sie reduzieren die Spannungssteilheiten du/dt und die Spitzenspannungen \hat{U}_{LL} noch wesentlich mehr als du/dt -Filter plus VPL und du/dt -Filter compact plus VPL, aber der Betrieb mit Sinusfilter bringt deutliche Einschränkungen mit sich hinsichtlich der einstellbaren Pulsfrequenz sowie der Spannungs- und Stromausnutzung des Wechselrichters.

Wie in der folgenden Prinzipskizze dargestellt, filtert das Sinusfilter aus dem Pulsmuster des Wechselrichters die Grundschwingung heraus, so dass an den Motoranschlüssen eine sinusförmige Spannung anliegt, die nur noch einen sehr geringen Oberschwingungsanteil aufweist.



Prinzipskizze der Spannung $u(t)$ am Wechselrichterausgang und an den Motoranschlüssen mit Sinusfilter

Sinusfilter begrenzen sowohl die Spannungssteilheit du/dt als auch die Spitzenspannungen \hat{U}_{LL} an der Motorwicklung sehr effektiv auf folgende Werte:

- Spannungssteilheit $du/dt \ll 50 \text{ V}/\mu\text{s}$
- Spitzenspannungen $\hat{U}_{LL} < 1,1 \cdot \sqrt{2} \cdot U_{\text{Netz}}$

Damit liegt die Spannungsbelastung an der Motorwicklung nahezu auf einem Niveau wie bei direktem Netzbetrieb. Auch die Lagerströme werden deutlich reduziert. Deshalb ist es möglich, Standardmotoren mit Standardisolierung und ohne isolierte Lager an SINAMICS zu betreiben. Dies gilt sowohl für Siemens-Motoren als auch für Motoren von Fremdherstellern.

Durch die sehr geringen Spannungssteilheiten auf der Motorleitung wirkt das Sinusfilter auch positiv im Sinne der elektromagnetischen Verträglichkeit, so dass es bei eher kurzen Motorleitungen aus EMV-Sicht nicht mehr absolut zwingend erforderlich ist, geschirmte Motorleitungen zu verwenden.

Weil am Motor keine gepulste Spannung mehr anliegt, sind auch die umrichterbedingten Zusatzverluste und Zusatzgeräusche am Motor deutlich vermindert, so dass der Geräuschpegel des Motors in einer ähnlichen Größenordnung liegt wie bei direktem Netzbetrieb.

Sinusfilter sind verfügbar

- im Spannungsbereich 380 V – 480 V bis zu einer Umrichtertypleistung von 250 kW bei 400 V,
- im Spannungsbereich 500 V – 600 V bis zu einer Umrichtertypleistung von 132 kW bei 500 V.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Die folgende Tabelle gibt die zulässigen Motorleitungslängen mit Sinusfilter an für SINAMICS G130, G150, S150, S120 Motor Modules (Chassis und Cabinet Modules).

Netzanschlussspannung	Maximal zulässige Motorleitungslänge mit Sinusfilter	
	Geschirmte Leitung z. B. Protodur NYCWY	Ungeschirmte Leitung z. B. Protodur NYY
3AC 380 V – 480 V	300 m	450 m
3AC 500 V – 600 V	300 m	450 m

Maximal zulässige Motorleitungslängen mit Sinusfilter für SINAMICS G130, G150, S150 sowie Motor Modules SINAMICS S120 Bauform Chassis und Cabinet Modules

Diese Leitungslängen gelten für Antriebe, bei denen nur ein Motor am Filterausgang angeschlossen ist. Für Gruppenantriebe sind größere Motorleitungslängen zulässig. Die Berechnung der zulässigen Motorleitungslängen für Gruppenantriebe ist im Abschnitt „Motordrosseln“ zu finden. Wird das dort angegebene Berechnungsverfahren für Umrichter mit Sinusfilter angewendet, so ist zu beachten, dass anstelle der maximalen Anzahl paralleler Leitungen $n_{E\ max}$ und anstelle der maximalen Querschnitte A_{max} die entsprechenden empfohlenen Werte $n_{E\ empf}$ und A_{empf} gemäß Katalog verwendet werden müssen.

1.10.3.2 Zu beachtende Randbedingungen beim Einsatz von Sinusfiltern

Bei den Geräten SINAMICS G130 und S120 der Bauform Chassis ist zu beachten, dass das Sinusfilter in unmittelbarer Nähe des Umrichter- bzw. Wechselrichterausgangs platziert werden sollte. Die Leitungslänge zwischen Umrichter- bzw. Wechselrichterausgang und Sinusfilter sollte ca. 5 m nicht überschreiten.

Die Verwendung von Sinusfiltern erfordert mit Rücksicht auf die Resonanzfrequenz eine feste Einstellung der Pulsfrequenz auf 4 kHz (380 V – 480 V) bzw. 2,5 kHz (500 V – 600 V). Aus diesem Grunde reduziert sich der zulässige Ausgangsstrom auf die in der folgenden Tabelle angegebenen Werte.

Netzanschlussspannung	Typeleistung bei 400 V bzw. 500 V ohne Sinusfilter	Bemessungs- ausgangsstrom ohne Sinusfilter	Strom- Derating-Faktor	
			mit Sinusfilter	Ausgangsstrom mit Sinusfilter
3AC 380 V – 480 V	110 kW	210 A	82 %	172 A
3AC 380 V – 480 V	132 kW	260 A	83 %	216 A
3AC 380 V – 480 V	160 kW	310 A	88 %	273 A
3AC 380 V – 480 V	200 kW	380 A	87 %	331 A
3AC 380 V – 480 V	250 kW	490 A	78 %	382 A
3AC 500 V – 600 V	110 kW	175 A	87 %	152 A
3AC 500 V – 600 V	132 kW	215 A	87 %	187 A

Strom-Derating-Faktor und zulässiger Ausgangsstrom mit Sinusfilter

Die Verwendung von Sinusfiltern erfordert zwingend den Betrieb mit reiner Raumzeigermodulation ($p1802=3$ / RZM ohne Übersteuerung), d. h. es ist keine Flankenmodulation zulässig.

Dadurch ist die erreichbare Motorspannung bei G130, G150 und S120 Motor Modules, die durch Basic Infeeds oder Smart Infeeds gespeist werden, auf ca. 85 % der Eingangsspannung (380 V – 480 V) bzw. ca. 83 % der Eingangsspannung (500 V – 600 V) begrenzt. Der Antrieb geht daher entsprechend früher in den Feldschwächbetrieb über. Da die Bemessungsspannung des Motors nicht erreicht werden kann, lässt sich die Bemessungsleistung des Motors nur erzielen, indem der Motor mit einem Strom betrieben wird, der höher als der Bemessungsstrom liegt.

Bei S150 und S120 Motor Modules, die durch Active Infeeds gespeist werden, liegt die Zwischenkreisspannung aufgrund des Hochsetzstellerbetriebes des Active Infeed in der Werkseinstellung um ca. 13 % höher als beim Basic Infeed oder Smart Infeed. Damit werden am Motor mit reiner Raumzeigermodulation ($p1802=3$ / RZM ohne Übersteuerung) ca. 95 % der Netzanschlussspannung erreicht. Durch Erhöhung der parametrierbaren Zwischenkreisspannung (Parameter $p3510$ / Einspeisung Zwischenkreisspannung Sollwert) um ca. 5 % gegenüber der Werkseinstellung lässt sich mit dem Active Infeed jedoch auch die volle Netzanschlussspannung am Motor mit reiner Raumzeigermodulation erreichen.

Beim Betrieb mit Sinusfiltern ist die maximale Ausgangsfrequenz begrenzt auf 150 Hz (380 V – 480 V) bzw. 115 Hz (500 V – 600 V).

Sinusfilter sind bei der Inbetriebnahme des Antriebes zwingend über den Parameter p0230 anzuwählen.

Werden Sinusfilter der Gerätereihe SINAMICS verwendet, so ist p0230 = 3 zu setzen. Damit wird gewährleistet, dass alle erforderlichen Parameteränderungen im Zusammenhang mit dem Sinusfilter automatisch richtig erfolgen.

Werden Sinusfilter von Fremdherstellern eingesetzt, so ist p0230 = 4 zu setzen. Dies bewirkt eine Überlastreaktion ohne Pulsfrequenzreduktion (p0290=0 oder 1) sowie die Einstellung des Modulator Modus auf reine Raumzeigermodulation ohne Übersteuerung (p1802=3). Zusätzlich sind die technischen Daten des Sinusfilters in den weiteren Parametern p0233 u. p0234 einzutragen sowie die Maximalfrequenz bzw. die Maximaldrehzahl (p1082) und die Pulsfrequenz (p1800) gemäß dem Datenblatt des Sinusfilters einzustellen. Nähere Informationen sind in den Listenhandbüchern bzw. Parameterbeschreibungen enthalten.

Sinusfilter können sowohl in geerdeten Netzen (TN/TT) als auch in ungeerdeten Netzen (IT) verwendet werden.

Sinusfilter dürfen nur in Verbindung mit den Regelungsarten Vector und U/f-Steuerung verwendet werden und nicht in der Regelungsart Servo.

Hinweise zu Sinusfiltern von Fremdherstellern:

Um einen regelungstechnisch stabilen Betrieb sicherzustellen, muss die Resonanzfrequenz des Fremdfilters in einem bestimmten Verhältnis zu Stromreglertakt T_1 und Pulsfrequenz f_{Puls} des SINAMICS-Umrichters bzw. Wechselrichters stehen. Die folgenden Formeln, die alle gleichzeitig erfüllt sein müssen, beschreiben die entsprechenden Abhängigkeiten.

Mögliche Resonanzfrequenzen f_{Res} des Fremdfilters in Abhängigkeit vom eingestellten Stromreglertakt T_1 :

$$f_{Res} = n_1 \cdot [1 / (2 \cdot T_1)] \quad \text{mit} \quad n_1 = 1, 3 \quad \text{(Gilt für Vektorregelung und U/f-Steuerung)} \quad (1)$$

Mögliche Pulsfrequenzen f_{Puls} des SINAMICS-Umrichters in Abhängigkeit vom eingestellten Stromreglertakt T_1 :

$$f_{Puls} = n_2 \cdot [1 / T_1] \quad \text{mit} \quad n_2 = \frac{1}{2}, 1, 2, 3, \dots \quad \text{(Gilt für Vektorregelung und U/f-Steuerung)} \quad (2)$$

Mögliche Resonanzfrequenzen f_{Res} des Fremdfilters in Abhängigkeit von der Pulsfrequenz f_{Puls} :

$$f_{Res} \leq f_{Puls} / 2. \quad \text{(Gilt für Vektorregelung und U/f-Steuerung)} \quad (3)$$

Für die am häufigsten genutzten Stromreglertakte $T_1 = 250 \mu s$, $400 \mu s$ und $500 \mu s$ zeigt die folgende Tabelle die rechnerisch möglichen Resonanzfrequenzen des Fremdfilters, die rechnerisch möglichen Pulsfrequenzen des SINAMICS-Umrichters sowie die zulässigen Kombinationen von Resonanzfrequenz und Pulsfrequenz, die nach den oben angegebenen Gleichungen berechnet sind.

Stromreglertakt	Rechnerisch mögliche Resonanzfrequenzen gemäß Gleichung (1)	Rechnerisch mögliche Pulsfrequenzen gemäß Gleichungen (2)	Zulässige Kombinationen von Resonanzfreq. u. Pulsfrequenz gemäß Gleichungen (1) - (3)
$T_1 / \mu s$	f_{Res} / kHz	f_{Puls} / kHz	f_{Res} / kHz und f_{Puls} / kHz
250	2 / 6	2 / 4 / 8 ...	2 und 4 2 und 8
400	1,25 / 3,75	1,25 / 2,5 / 5 / 7,5 ...	1,25 und 2,5 1,25 und 5,0 1,25 und 7,5 3,75 und 7,5
500	1 / 3	1 / 2 / 4 / 6 ...	1,0 und 2,0 1,0 und 4,0 1,0 und 6,0 3,0 und 6,0

Rechnerisch mögl. Resonanzfrequenzen des Fremdfilters, rechnerisch mögl. Pulsfrequenzen sowie zulässige Kombinationen von Resonanzfrequenz und Pulsfrequenz für die am häufigsten genutzten Stromreglertakte 250 μs , 400 μs und 500 μs

Achtung:

Werden die in den Gleichungen bzw. der Tabelle angegebenen Abhängigkeiten nicht beachtet, so kann das System Umrichter-Fremdfilter aus regelungstechnischer Sicht instabil werden – insbesondere in Vektorregelung. Dies kann sich im ungünstigsten Fall darin äußern, dass der Antrieb beim Einschalten sowohl in U/f-Steuerung als auch in Vektorregelung sofort aufschwingt und unmittelbar mit der Störung Überstrom abschaltet.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

1.10.4 Eigenschaften der motorseitigen Drosseln und Filter im Vergleich

In der folgenden Tabelle sind alle wesentlichen Eigenschaften der motorseitigen Drosseln und Filter als Übersicht zusammengestellt.

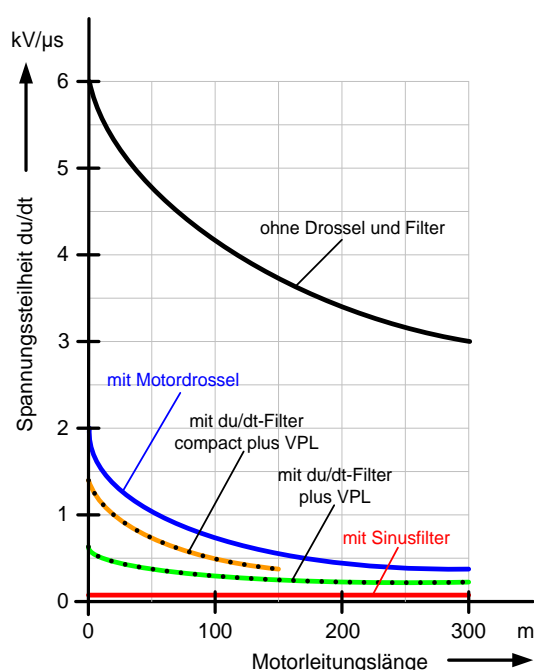
Umrichterausgang:	ohne Drossel o. Filter	mit Motordrossel	mit du/dt-Filter	mit Sinusfilter
Spannungsteilheit du/dt an den Motoranschlüssen	hoch (siehe Diagramm nächste Seite)	mittel (siehe Diagramm nächste Seite)	gering (siehe Diagramm nächste Seite)	sehr gering (siehe Diagramm nächste Seite)
Spitzenspannung \hat{U}_{LL} an den Motoranschlüssen	hoch (siehe Diagramm nächste Seite)	relativ hoch (siehe Diagramm nächste Seite)	gering (siehe Diagramm nächste Seite)	sehr gering (siehe Diagramm nächste Seite)
Zulässige Pulsmodulationssysteme	keine Einschränkungen	keine Einschränkungen	keine Einschränkungen	nur Raumzeigermodulation RZM
Zulässige Pulsfrequenzen	keine Einschränkungen	≤ zweifache Werkseinstellung	≤ zweifache Werkseinstellung	exakt zweifache Werkseinstellung
Zulässige Ausgangsfrequenzen	keine Einschränkungen	≤ 150 Hz	≤ 150 Hz	≤ 150 Hz
Zulässige Regelungsarten	Servoregelung Vektorregelung U/f-Steuerung	Servoregelung Vektorregelung U/f-Steuerung	Servoregelung Vektorregelung U/f-Steuerung	Vektorregelung U/f-Steuerung
Regelungsgüte und Regelungsdynamik	sehr hoch	hoch	hoch	gering
Zusätzliche Verluste in Drossel bzw. Filter bezogen auf Umrichter-verluste im Nennbetrieb	–	ca. 10 %	ca. 10 – 15 %	ca. 10 – 15 %
Zusatzverluste im Motor durch Umrichterspeisung bezogen auf Netzbetrieb	ca. 10 %	ca. 10 %	ca. 10 %	sehr gering
Reduktion der umrichterbedingten Motorgeräusche	nein	kaum	kaum	relativ stark
Reduktion der Lagerströme im Motor	nein	mittel	ja	ja
Max. Leitungslänge geschirmt Max. Leitungslänge ungesch.	300 m 450 m	300 m 450 m	100m bzw. 300 m 150m bzw. 450 m	300 m 450 m
Volumen	–	gering	mittel	mittel
Preis	–	gering	mittel bis hoch	hoch

Eigenschaften der motorseitigen Drosseln und Filter im Vergleich

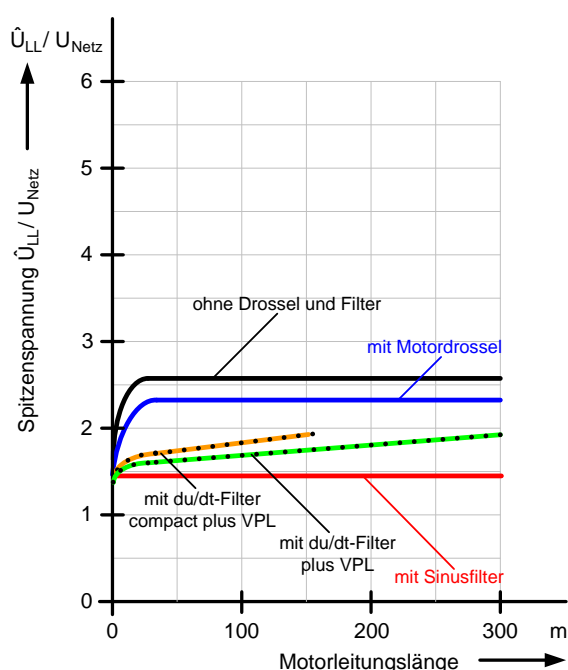
Die folgenden Diagramme zeigen die typischen Spannungsteilheiten du/dt und Spitzenspannungen \hat{U}_{LL} an den Motoranschlüssen mit und ohne motorseitige Drosseln und Filter in Abhängigkeit von der Motorleitungslänge. Die angegebenen Spitzenspannungen \hat{U}_{LL} sind jeweils auf den Effektivwert der speisenden Netzspannung U_{Netz} bezogen.

Die Werte gelten für Umrichter mit netzgeführten Einspeisungen (Umrichter G130 und G150 sowie Antriebe mit S120 Basic Line Modules und S120 Smart Line Modules) sowie geschirmte Motorleitungen mit den empfohlenen Leitungsquerschnitten gemäß den gerätespezifischen Kapiteln dieses Projektierungshandbuches. Die Werte gelten ferner nur für den stationären Betrieb. Bei kurzzeitig auftretenden Bremsvorgängen, bei denen entweder der $V_{dc,max}$ -Regler oder eine vorhandene Bremsinheit (Braking Module) aktiv sind, steigen die Werte proportional zur erhöhten Zwischenkreisspannung an.

Für Umrichter mit selbstgeführten Einspeisungen (Umrichter S150 sowie Antriebe mit S120 Active Infeeds) liegen die Werte aufgrund des höheren Zwischenkreisspannungsniveaus typischerweise um ca. 10 % höher.



Typische Spannungsteilheit an den Motoranschlüssen für SINAMICS-Antriebe mit netzgeführten Einspeisungen in Abhängigkeit von der Motorleitungslänge



Typische Spitzenspannung $\hat{U}_{LL}/U_{\text{Netz}}$ an den Motoranschlüssen für SINAMICS-Antriebe mit netzgeführten Einspeisungen in Abhängigkeit von der Motorleitungslänge

Anhand der Diagramme ist deutlich zu erkennen, dass sowohl du/dt-Filter mit VPL bzw. du/dt-Filter compact plus VPL als auch Sinusfilter die Spannungsteilheiten und insbesondere die Spitzenspannungen am Motor sehr effektiv reduzieren. Daher sind beide Filterarten gleichermaßen geeignet, um ältere Motoren mit unbekannter Wicklungsisolierung oder Motoren ohne spezielle Wicklungsisolierung für den Umrichterbetrieb problemlos bis zu Netzspannungen von 690 V an SINAMICS-Umrichtern betreiben zu können.

Nähere Erläuterungen zu den Spannungsteilheiten du/dt und den Spitzenspannungen \hat{U}_{LL} an den Motoranschlüssen ohne motorseitige Drosseln und Filter (physikalische Ursachen und Einflussparameter) sind im Abschnitt „Erhöhte Spannungsbelastungen an der Motorwicklung durch lange Motorleitungen“ zu finden.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

1.11 ---

1.12 Wechsellastfestigkeit der IGBT- Module und Leistungsteile

1.12.1 Allgemeines

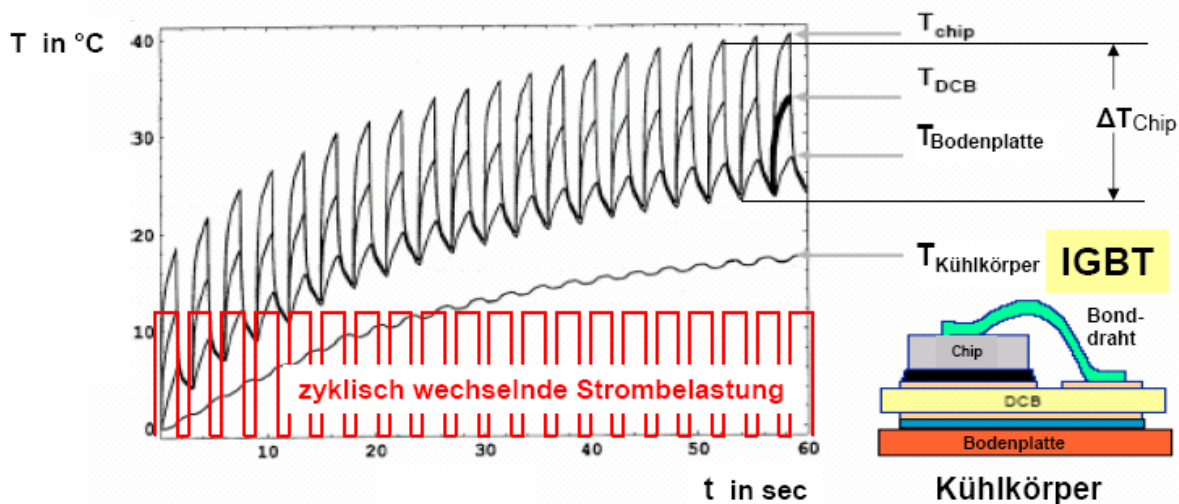
Unter Wechsellastfestigkeit versteht man das Vermögen eines Bauelementes, wie z. B. einer Sicherung oder eines IGBT-Moduls, Temperaturschwankungen im Betrieb aufgrund wechselnder Strombelastung auszuhalten, ohne Einbußen in der Lebensdauer zu erleiden.

Damit die in den SINAMICS-Leistungsteilen verwendeten IGBT-Module stets im Bereich ausreichender Wechsellastfestigkeit betrieben werden, sind bei der Antriebsprojektierung einige Aspekte zu beachten. Im Hinblick auf die Wechsellastfestigkeit kritische Betriebszustände müssen entweder vermieden werden oder die Geräte müssen entsprechend überdimensioniert werden.

Im Folgenden werden die physikalischen Hintergründe erläutert und Dimensionierungsrichtlinien angegeben, welche einen Betrieb der IGBT-Module und somit der Leistungsteile im Bereich ausreichender Wechsellastfestigkeit sicherstellen.

1.12.2 IGBT- Modul mit zyklisch wechselnder Strombelastung

Die Abbildung zeigt den internen Aufbau eines IGBT-Moduls sowie die Temperaturverläufe von IGBT-Chip, Bodenplatte und Kühlkörper bei zyklisch wechselnder Strombelastung des IGBT-Chips.



Aufbau eines IGBT- Moduls und Temperaturverläufe bei zyklisch wechselnder Strombelastung

Aufgrund des mechanischen Aufbaus des IGBT-Moduls aus mehreren Schichten unterschiedlicher Materialien ergibt sich ein relativ hoher Wärmewiderstand zwischen dem IGBT-Chip, in dem die Verlustwärme entsteht, und der Bodenplatte des IGBTs, über die die Verlustwärme in den Kühlkörper des Leistungsteils abfließt. Daher schwankt bei zyklisch wechselnder Strombelastung die Temperatur des IGBT-Chips sehr stark, während die Temperaturen von Bodenplatte und Kühlkörper relativ konstant bleiben.

Unter kritischen Betriebsbedingungen können sich Temperaturzyklen mit so hohem Temperaturhub ΔT_{Chip} einstellen, dass große thermische Spannungen im IGBT-Modul auftreten, welche die Lebensdauer des IGBTs nennenswert reduzieren können. Denn die Anzahl der zulässigen Temperaturzyklen eines IGBTs ist begrenzt und nimmt mit zunehmendem Temperaturhub ΔT_{Chip} deutlich ab. Damit nimmt auch die Lebensdauer des IGBTs mit zunehmendem Temperaturhub ΔT_{Chip} entsprechend ab.

Zu den kritischen Betriebsbedingungen mit starken zyklischen Temperaturschwankungen der IGBT-Chips zählen:

- Periodische Lastspiele mit starken Laststromschwankungen und gleichzeitig kurzen Lastspieldauern
- Betrieb mit niedrigen Ausgangsfrequenzen und gleichzeitig hohem Ausgangsstrom

Bei periodischen Lastspielen mit starken Laststromschwankungen (hoher Kurzzeitstrom und niedriger Grundlaststrom) erwärmen sich die IGBT-Chips während der Überlastphase sehr stark. In der anschließenden Grundlastphase kühlen die IGBT-Chips wieder sehr stark ab. Dadurch stellen sich sehr hohe Temperaturhübe ΔT_{Chip} ein, so dass die zulässige Anzahl von Temperaturzyklen gering ist. In Kombination mit kurzen Lastspieldauern kann deshalb die zulässige Anzahl von Temperaturzyklen relativ schnell erreicht werden, wodurch sich eine relativ geringe Lebensdauer der IGBTs ergeben kann. Um bei periodischen Lastspielen mit starken Laststromschwankungen eine Reduktion der Lebensdauer der IGBTs zu vermeiden, ist bei der Projektierung von Lastspielen der entsprechende Strom-Derating-Faktor k_{IGBT} im Abschnitt „Beliebige Lastspiele“ zu berücksichtigen.

Beim Betrieb mit niedrigen Ausgangsfrequenzen und gleichzeitig hohem Ausgangsstrom fließt während der positiven Halbwelle der Ausgangsstrom aufgrund der niedrigen Ausgangsfrequenz sehr lange Zeit nur über den mit der Plus-Schiene des Zwischenkreises verbundenen IGBT, so dass sich dessen Chips bei hohem Ausgangsstrom sehr stark erwärmen, während sich die Chips des mit der Minus-Schiene des Zwischenkreises verbundenen IGBTs stark abkühlen. Während der negativen Halbwelle des Ausgangsstromes drehen sich dann die Verhältnisse um. Unter diesen Betriebsbedingungen liegt – auch bei konstantem Effektivwert des Ausgangsstromes – eine mit der Ausgangsfrequenz wechselnde Strombelastung der IGBT-Chips vor, bei der sich sehr hohe absolute Chip-Temperaturen T_{Chip} sowie sehr hohe Temperaturhübe ΔT_{Chip} einstellen. Um beim Betrieb mit niedrigen Ausgangsfrequenzen und gleichzeitig hohem Ausgangsstrom sowohl eine unmittelbare Störabschaltung als auch eine Reduktion der Lebensdauer der IGBTs zu vermeiden, ist bei der Projektierung wie im Folgenden beschrieben vorzugehen.

Für den ordnungsgemäßen Betrieb eines IGBT-Moduls bei niedrigen Ausgangsfrequenzen müssen zwei Bedingungen erfüllt sein, damit weder eine unmittelbare Störabschaltung durch eine zu hohe Chip-Temperatur T_{Chip} eintritt noch eine unzulässige Reduktion der Lebensdauer durch einen zu hohen Temperaturhub ΔT_{Chip} :

- Die absolute Chip-Temperatur T_{Chip} des IGBTs darf niemals den zulässigen Grenzwert überschreiten. Diese Bedingung muss grundsätzlich immer und in allen Betriebsituationen erfüllt sein, damit der IGBT-Chip nicht unmittelbar durch das Versagen seiner Sperrschicht zerstört wird. Die Zerstörung aufgrund zu hoher Chip-Temperatur wird zwar durch das in den SINAMICS-Geräten implementierte Thermische Überwachungsmodell zuverlässig verhindert, indem beim Erreichen der zulässigen Grenztemperatur die Überlastreaktion eingeleitet wird. Jedoch muss die Projektierung dafür Sorge tragen, dass dieser Schutzmechanismus nicht unter den normalen Betriebsbedingungen anspricht, für die der Antrieb dimensioniert ist.
- Der Temperaturhub ΔT_{Chip} des IGBTs darf den zulässigen Grenzwert nicht oder nur für einen sehr geringen Bruchteil der Gesamtbetriebsdauer überschreiten. Diese Bedingung muss erfüllt sein, damit keine nennenswerte Reduktion der IGBT-Lebensdauer eintritt. Eine kontinuierliche Überwachung des Temperaturhubes durch das Thermische Überwachungsmodell findet nicht statt. Daher muss die Projektierung dafür sorgen, dass der IGBT nicht oder nur für einen sehr geringen Bruchteil von weniger als ca. 1 % bis max. 2 % der Gesamtbetriebsdauer den zulässigen Temperaturhub überschreitet. Kurzzeitige Überschreitungen, z. B. beim seltenen Anfahren oder Bremsen, stellen also kein Problem dar, solange diese Betriebszustände nur einen geringen Bruchteil von weniger als ca. 1 % bis max. 2 % der Gesamtbetriebsdauer ausmachen.

1.12.3 Dimensionierung der Leistungsteile für den Betrieb mit niedrigen Ausgangsfrequenzen

Bei hohen Ausgangsfrequenzen liegen sowohl im stationären Dauerbetrieb als auch bei allen zulässigen Lastspielen gemäß dem Abschnitt „Lastspiele“ die Chip-Temperatur T_{Chip} und der Temperaturhub ΔT_{Chip} immer innerhalb der zulässigen Grenzen. Mit abnehmender Ausgangsfrequenz steigen Chip-Temperatur und Temperaturhub stetig an und können unterhalb von 10 Hz kritische Werte erreichen.

Wird dies bei der Projektierung nicht beachtet, kann es abhängig von den Betriebsbedingungen zu ungewollten Eingriffen des Thermischen Überwachungsmodells und/oder zu einer Reduktion der Lebensdauer der IGBTs kommen.

Im Folgenden wird beschrieben, wie dieses durch entsprechende Projektierung verhindert werden kann.

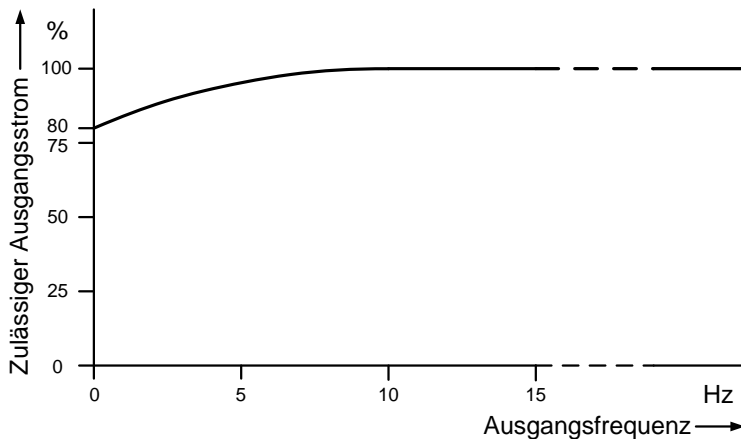
1.12.3.1 Betrieb ohne Überlast bei niedrigen Ausgangsfrequenzen < 10 Hz

Abhängig davon, ob bei gelegentlich auftretenden niedrigen Ausgangsfrequenzen nur das Eingreifen des Thermischen Überwachungsmodells verhindert werden muss oder ob bei häufig auftretenden niedrigen Ausgangsfrequenzen von mehr als ca. 1 % bis max. 2 % der Gesamtbetriebsdauer auch die Lebensdauer der IGBTs berücksichtigt werden muss, sind unterschiedliche Maßnahmen zu ergreifen.

1.12.3.1.1 Betrieb ohne Überlast bei gelegentlich auftretenden niedrigen Ausgangsfrequenzen < 10 Hz

Hier muss die Projektierung nur dafür sorgen, dass es zu keiner Überlastreaktion durch das Thermische Überwachungsmodell kommt. Der Einfluss auf die Lebensdauer der IGBTs ist vernachlässigbar und braucht nicht berücksichtigt zu werden.

Soll der Umrichter ohne Eingreifen der Überlastreaktion gelegentlich mit einem Anteil von weniger als ca. 1 % bis max. 2 % seiner Gesamtbetriebsdauer bei Ausgangsfrequenzen kleiner 10 Hz betrieben werden, so ist der Ausgangsstrom abhängig von der Ausgangsfrequenz gemäß der folgenden Derating-Kennlinie zu reduzieren (Voraussetzung: Einstellung der Überlastreaktion $p_{290} = 1$).

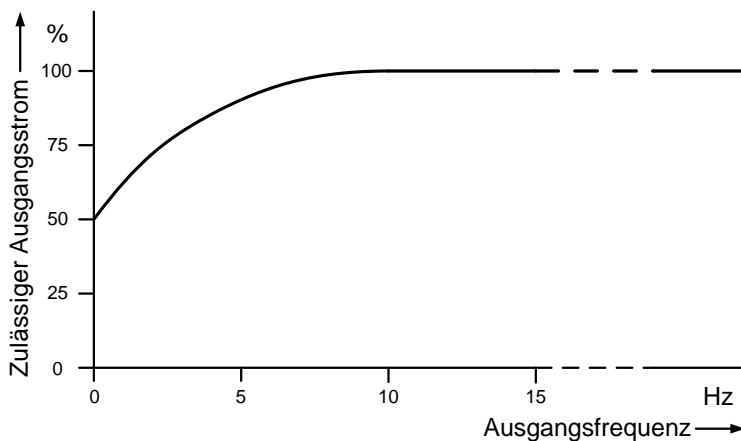


Zulässiger Ausgangsstrom bei Betrieb ohne Überlast bei gelegentlich auftretenden niedrigen Ausgangsfrequenzen in Abhängigkeit von der Ausgangsfrequenz

1.12.3.1.2 Betrieb ohne Überlast bei häufig auftretenden niedrigen Ausgangsfrequenzen < 10 Hz

Hier muss die Projektierung sowohl dafür sorgen, dass es zu keiner Überlastreaktion durch das Thermische Überwachungsmodell kommt, als auch dafür, dass die Lebensdauer der IGBTs nicht unzulässig reduziert wird.

Soll der Umrichter ohne Eingreifen der Überlastreaktion und ohne Reduktion der Lebensdauer häufig mit einem Anteil von mehr als ca. 1 % bis max. 2 % seiner Gesamtbetriebsdauer oder dauerhaft bei Ausgangsfrequenzen kleiner 10 Hz betrieben werden, so ist der Ausgangsstrom abhängig von der Ausgangsfrequenz gemäß der folgenden Derating-Kennlinie zu reduzieren.



Zulässiger Ausgangsstrom bei Betrieb ohne Überlast bei häufig auftretenden niedrigen Ausgangsfrequenzen in Abhängigkeit von der Ausgangsfrequenz

1.12.3.2 Betrieb mit hoher Überlast bei niedrigen Ausgangsfrequenzen < 10 Hz

Mit abnehmender Ausgangsfrequenz erreicht die absolute Chip-Temperatur T_{Chip} während der Überlastphase nach immer kürzerer Überlastdauer ihren zulässigen Grenzwert, so dass es schon nach sehr kurzen Überlastphasen zu Eingriffen des Thermischen Überwachungsmodells kommen kann. Dies muss bei der Projektierung berücksichtigt werden.

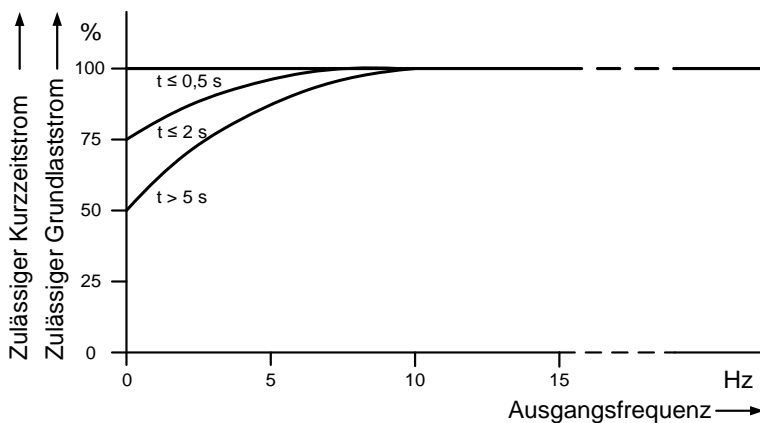
Mit abnehmender Ausgangsfrequenz erreicht auch der Temperaturhub ΔT_{Chip} während der Überlastphase immer höhere Werte. Treten die Überlastphasen häufig oder periodisch mit einem Anteil von mehr als ca. 1 % bis max. 2 % der Gesamtbetriebsdauer auf, so ist durch die Projektierung auch dafür zu sorgen, dass die Lebensdauer der IGBTs nicht unzulässig reduziert wird.

Abhängig davon, ob bei gelegentlichen Überlasten nur das Eingreifen des Thermischen Überwachungsmodells verhindert werden muss oder ob bei häufig auftretenden Überlasten von mehr als ca. 1 % bis max. 2 % der Gesamtbetriebsdauer auch die Lebensdauer der IGBTs berücksichtigt werden muss, sind unterschiedliche Maßnahmen zu ergreifen.

1.12.3.2.1 Betrieb mit hoher Überlast bei gelegentlich auftretenden niedrigen Ausgangsfrequenzen < 10 Hz

Hier muss die Projektierung nur dafür sorgen, dass es zu keiner Überlastreaktion durch das Thermische Überwachungsmodell kommt. Der Einfluss auf die Lebensdauer der IGBTs ist vernachlässigbar und braucht nicht berücksichtigt zu werden.

Soll der Umrichter ohne Eingreifen der Überlastreaktion gelegentlich mit einem Anteil von weniger als ca. 1 % bis max. 2 % seiner Gesamtbetriebsdauer bei Ausgangsfrequenzen kleiner 10 Hz mit einem Kurzzeitstrom $I_{\text{Kurzzeit}} = 1,5 \cdot I_{\text{H}}$ gemäß dem Lastspiel Hohe Überlast betrieben werden, so sind sowohl der Kurzzeitstrom I_{Kurzzeit} als auch der zugehörige Grundlaststrom I_{H} abhängig von der Ausgangsfrequenz und der Überlastdauer t gemäß der folgenden Derating-Kennlinie zu reduzieren (Voraussetzung: Einstellung der Überlastreaktion $p290 = 1$).



Zulässiger Kurzzeitstrom und zulässiger Grundlaststrom bei gelegentlich auftretender hoher Überlast in Abhängigkeit von der Ausgangsfrequenz und der Überlastdauer t

Hinweis:

Gemäß der Derating-Kennlinie brauchen kurzzeitig auftretende hohe Strombelastungen bei niedrigen Ausgangsfrequenzen, wie sie beim gelegentlichen Anfahren und Abbremsen auftreten, dann nicht berücksichtigt zu werden, wenn sie jeweils nicht länger als ca. 0,5 s auftreten und ihr Anteil an der Gesamtbetriebsdauer weniger als 1 % bis max. 2 % beträgt.

So wird z. B. der Hubwerksantrieb eines Containerkranes üblicherweise mehrfach innerhalb einer Minute mit hohem Strom beschleunigt oder abgebremst. Da jedoch die Betriebszustände, bei denen niedrige Ausgangsfrequenzen und hohe Ausgangsströme gleichzeitig vorkommen, üblicherweise nur im Bereich von Sekundenbruchteilen auftreten und typischerweise nicht mehr als ca. 1 % bis max. 2 % der Gesamtbetriebszeit des Hubwerksantriebes ausmachen, braucht bei der Projektierung dieser Antriebe in der Regel kein Derating berücksichtigt zu werden.

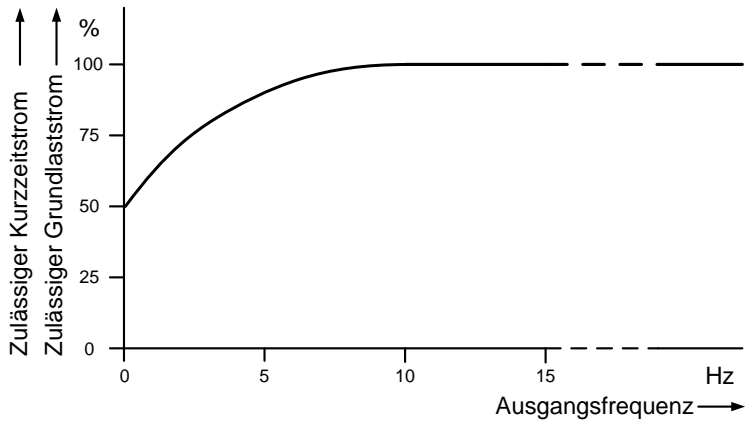
1.12.3.2.2 Betrieb mit hoher Überlast bei häufig auftretenden niedrigen Ausgangsfrequenzen < 10 Hz

Hier muss die Projektierung sowohl dafür sorgen, dass es zu keiner Überlastreaktion durch das Thermische Überwachungsmodell kommt, als auch dafür, dass die Lebensdauer der IGBTs nicht unzulässig reduziert wird.

Soll der Umrichter ohne Eingreifen der Überlastreaktion und ohne Reduktion der Lebensdauer häufig mit einem Anteil von mehr als ca. 1 % bis max. 2 % seiner Gesamtbetriebsdauer oder dauerhaft bei Ausgangsfrequenzen kleiner 10 Hz mit einem Kurzzeitstrom $I_{\text{Kurzzeit}} = 1,5 \cdot I_{\text{H}}$ gemäß dem Lastspiel Hohe Überlast betrieben werden, so sind sowohl der Kurzzeitstrom I_{Kurzzeit} als auch der zugehörige Grundlaststrom I_{H} abhängig von der Ausgangsfrequenz gemäß der folgenden Derating-Kennlinie zu reduzieren.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise



Zulässiger Kurzzeitstrom und zulässiger Grundlaststrom bei häufig auftretender hoher Überlast in Abhängigkeit von der Ausgangsfrequenz

1.13 Lastspiele

1.13.1 Allgemeines

In vielen Anwendungen, insbesondere Konstantmoment-Anwendungen, werden von drehzahlveränderbaren Antrieben Überlastreserven gefordert.

Die Überlastreserven können gelegentlich benötigt werden, z. B. um

- Losbrechmomente beim Anfahren zu überwinden,
- kurzzeitige Beschleunigungsmomente aufzubringen, oder
- Antriebe in Notsituationen schnell stillsetzen zu können.

Die Überlastreserven können aber auch periodisch benötigt werden, z. B. innerhalb von regelmäßig wiederkehrenden Lastspielen bei

- Scheren,
- Schwungradpressen und Servopressen,
- Zentrifugen,
- Prüfständen für die Automobilindustrie,
- Fahrgeschäften in Vergnügungsparks.

Damit die benötigten Überlastreserven von den Umrichtern und Wechselrichtern zur Verfügung gestellt werden können, dürfen die Geräte vor und nach den Überlastphasen nicht an der Grenze ihrer thermischen Auslastung betrieben werden. Deshalb muss bei Antrieben, die Überlastreserven fordern, der Grundlaststrom gegenüber dem thermisch dauernd zulässigen Bemessungsstrom abgesenkt werden. Je weiter der Grundlaststrom gegenüber dem Bemessungsstrom abgesenkt wird, desto größer sind die thermischen Reserven für die Überlastphasen.

1.13.2 Standardlastspiele

Für die Umrichter-Einbaugeräte SINAMICS G130, die Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS G150 und S150 sowie für die Motor Modules SINAMICS S120 (Chassis und Cabinet Modules) ist die Überlastfähigkeit durch zwei Standardlastspiele definiert:

- Lastspiel für geringe Überlast (Low Overload LO) mit einem gegenüber dem Bemessungs-Ausgangsstrom geringfügig (3 %.....6 %) abgesenkten Grundlaststrom I_L
- Lastspiel für hohe Überlast (High Overload HO) mit einem gegenüber dem Bemessungs-Ausgangsstrom stärker (10 %.....25 %) abgesenkten Grundlaststrom I_H

Die unten angegebenen Diagramme zeigen die Lastspieldefinitionen für Betrieb mit geringer Überlast und hoher Überlast.

- Dem Grundlaststrom I_L für geringe Überlast liegt das Lastspiel 110 % für 60 s oder 150 % für 10 s zugrunde.
- Dem Grundlaststrom I_H für hohe Überlast liegt das Lastspiel 150 % für 60 s oder 160 % für 10 s zugrunde.

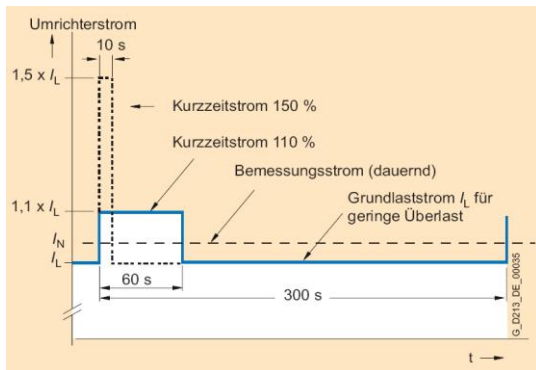
Der maximal mögliche Kurzzeitstrom des Lastspiels geringe Überlast ist mit $1,5 \cdot I_L$ für 10 s stets geringfügig größer als der maximal mögliche Kurzzeitstrom des Lastspiels hohe Überlast mit $1,6 \cdot I_H$ für 10 s. Daher ist der maximal mögliche Ausgangsstrom I_{max} des Leistungsteiles definiert durch $I_{max} = 1,5 \cdot I_L$. Dieser Maximalwert ist in der Firmware fest hinterlegt und kann daher grundsätzlich nicht – auch nicht kurzfristig – überschritten werden.

Die Werte für die Grundlastströme I_L und I_H sowie der maximale Ausgangsstrom I_{max} sind gerätespezifisch und somit den entsprechenden Katalogen oder den gerätespezifischen Kapiteln dieses Projektierungshandbuches zu entnehmen.

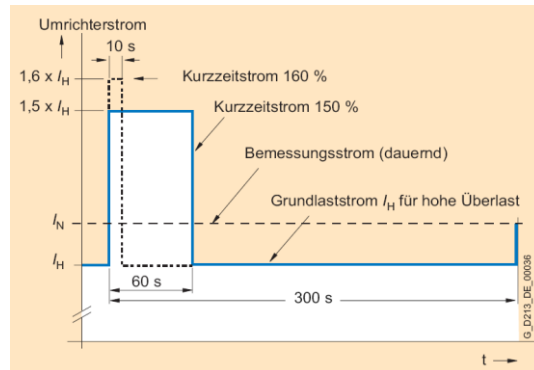
Die Kurzzeitströme gelten unter der Voraussetzung, dass der Umrichter vor sowie nach der Überlastphase mit seinem entsprechenden Grundlaststrom beaufschlagt wird, wobei jeweils eine Lastspieldauer von 300 s zugrunde gelegt ist. Weitere Voraussetzung ist, dass der Umrichter mit seiner werkseitig eingestellten Pulsfrequenz bei Ausgangsfrequenzen größer als 10 Hz betrieben wird.

Bei abweichenden Verhältnissen ΔI zwischen Kurzzeitstrom und Grundlaststrom, bei abweichenden Lastspieldauern T sowie abweichenden Pulsfrequenzen f_{Puls} ist gemäß dem folgenden Abschnitt „Beliebige Lastspiele“ vorzugehen.

Bei Ausgangsfrequenzen kleiner als 10 Hz gelten zusätzlich die Einschränkungen des Abschnitts „Wechselastfestigkeit der IGBT- Module und Leistungsteile“.



Definition des Standardlastspiels Geringe Überlast



Definition des Standardlastspiels Hohe Überlast

1.13.3 Beliebige Lastspiele

In vielen Anwendungen werden Lastspiele gefordert, die mehr oder weniger stark von den oben definierten Standardlastspielen abweichen. Deshalb wird im Folgenden beschrieben, welche physikalischen Zusammenhänge bei Lastspielen zu beachten sind und welche Auslegungskriterien zu berücksichtigen sind.

Bei Lastspielen müssen die folgenden Kriterien erfüllt sein, damit das Leistungsteil nicht überlastet wird und dementsprechend keine unmittelbare Störabschaltung, keine Überlastreaktion und keine Reduktion der Lebensdauer des Umrichters auftritt:

- Es muss generell die Höhe des Kurzzeitstromes auf zulässige Werte begrenzt sein, um eine Überlastreaktion zu vermeiden.
- Bei periodisch wiederkehrenden Lastspielen müssen die während des Lastspiels auftretenden Temperaturschwankungen der IGBT-Chips in ihrer Höhe und/oder Häufigkeit auf zulässige Werte begrenzt werden, damit keine Reduktion der Lebensdauer der Leistungsteile eintritt.
- Es muss generell die während des Lastspiels im Leistungsteil auftretende mittlere Verlustleistung auf den für den stationären Dauerbetrieb zulässigen Wert begrenzt sein, um eine Überlastreaktion zu vermeiden.

Die Höhe des Kurzzeitstromes muss aus mehreren Gründen generell begrenzt sein: Zum einen muss der Strom auch während der Überlastphase einen ausreichenden Abstand zur Überstrom-Abschaltchwelle des Leistungsteils aufweisen, damit es zu keiner unmittelbaren Störabschaltung wegen Überstromes kommt. Zum anderen steigt während der Überlastphase die Chip-Temperatur im IGBT an. Da dieser Anstieg proportional zum Quadrat des Kurzzeitstromes ist, reduziert sich mit steigendem Kurzzeitstrom die zulässige Überlastdauer überproportional, so dass es bei sehr hohem Kurzzeitstrom extrem schnell zu einer Überlastreaktion bzw. Störabschaltung wegen zu hoher Chip-Temperatur kommen würde.

Bei periodischen Lastspielen müssen die während des Lastspiels auftretenden Temperaturschwankungen der IGBT-Chips in ihrer Höhe und/oder Häufigkeit begrenzt werden, damit keine Reduktion der Lebensdauer der Leistungsteile eintritt. Dies ist deshalb erforderlich, weil die Anzahl der zulässigen Temperaturzyklen eines IGBTs begrenzt ist und mit zunehmenden Temperaturhub ΔT_{Chip} abnimmt. Damit nimmt auch die Lebensdauer des IGBTs mit zunehmenden Temperaturhub ΔT_{Chip} entsprechend ab, wie im Abschnitt „Wechselastfestigkeit der IGBT-Module und Leistungsteile“ beschrieben. Daraus folgt für periodisch wiederkehrende Lastspiele:

Wenn bei periodischen Lastspielen das Verhältnis ΔI zwischen Kurzzeitstrom und Grundlaststrom gering ist, und die daraus resultierenden Temperaturhübe ΔT_{Chip} entsprechend niedrig sind, braucht die Höhe des Kurzzeitstromes im Hinblick auf die Lebensdauer bei abnehmender Lastspieldauer nicht oder nur geringfügig zusätzlich zu den oben genannten Kriterien limitiert werden.

Wenn bei periodischen Lastspielen das Verhältnis ΔI zwischen Kurzzeitstrom u. Grundlaststrom groß ist, und die daraus resultierenden Temperaturhübe ΔT_{Chip} entsprechend hoch sind, muss die Höhe des Kurzzeitstromes im Hinblick auf die Lebensdauer bei abnehmender Lastspieldauer zusätzlich zu den oben genannten Kriterien limitiert werden.

Die während eines Lastspiels im Leistungsteil auftretende mittlere Verlustleistung muss generell begrenzt werden und darf nicht höher sein, als die entsprechende Verlustleistung im stationären Dauerbetrieb mit dem zulässigen Ausgangsstrom, für die das Leistungsteil thermisch dimensioniert ist. Dies ist erforderlich, um eine Überlastreaktion bzw. Störabschaltung wegen zu hoher Chip-Temperatur zu vermeiden.

Wendet man die beschriebenen Kriterien auf die SINAMICS-Umrichter G130, G150, S150 sowie SINAMICS Wechselrichter S120 Motor Modules (Chassis und Cabinet Modules) an, so sind beliebige Lastspiele immer dann zulässig, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Der Kurzzeitstrom I_{Kurzzeit} muss auf Werte kleiner als $1,5 \cdot k_D \cdot I_H$ begrenzt sein.

(Bei Parallelschaltungen von S120 Motor Modules ist I_{Kurzzeit} der Kurzzeitstrom eines Teil-Wechselrichters bzw. eines Motor Modules)

Der Strom-Derating-Faktor k_D berücksichtigt alle Einflüsse, die eine Reduktion des Kurzzeitstromes des Umrichters oder Wechselrichters erforderlich machen:

$$k_D = k_{\text{Temp}} \cdot k_{\text{Puls}} \cdot k_{\text{Parallel}} \cdot k_{\text{IGBT}}$$

Hierin bedeuten:

- k_D Strom-Derating-Faktor (Gesamt-Derating-Faktor),
- k_{Temp} Derating-Faktor für erhöhte Umgebungstemperatur im Bereich von 40 °C bis 50 °C / 55 °C,
- k_{Puls} Derating-Faktor für Pulsfrequenzen, die größer als die Werkseinstellung sind,
- k_{Parallel} Derating-Faktor für Parallelbetrieb von S120 Motor Modules,
- k_{IGBT} Derating-Faktor für periodische Lastspiele zur Vermeidung einer Reduktion der IGBT-Lebensdauer.

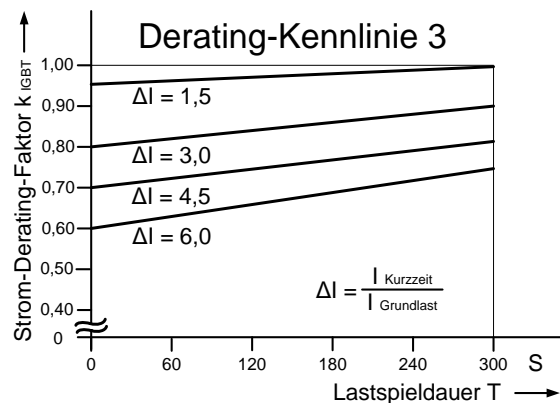
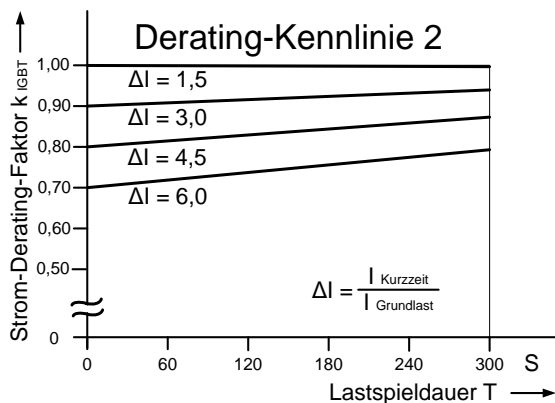
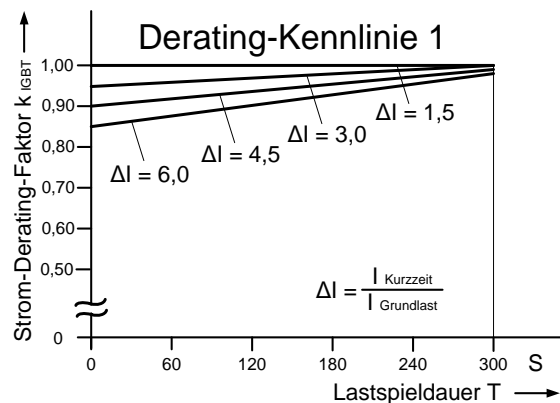
Die Derating-Faktoren k_{Temp} und k_{Puls} sind gerätespezifisch und den entsprechenden Katalogen oder den gerätespezifischen Kapiteln dieses Projektierungshandbuches zu entnehmen, wobei hinsichtlich des Derating-Faktors k_{Puls} die Angaben im Abschnitt „Betrieb der Umrichter mit erhöhter Pulsfrequenz“ zu beachten sind.

Der Derating-Faktor k_{Parallel} hat für SINAMICS S120 Motor Modules generell den Wert 0,95.

Der Derating-Faktor k_{IGBT} ist gerätespezifisch und nur bei regelmäßig wiederkehrenden, periodischen Lastspielen anzuwenden (z. B. bei Scheren, Pressen, Zentrifugen, Fahrgeschäften in Vergnügungsparks, usw.), um den Temperaturhub ΔT_{Chip} im IGBT zu begrenzen und damit eine Reduktion der IGBT-Lebensdauer zu vermeiden.

Die folgenden Derating-Kennlinien geben den Derating-Faktor k_{IGBT} in Abhängigkeit von dem Stromverhältnis $\Delta I = I_{\text{Kurzzeit}} / I_{\text{Grundlast}}$ sowie der Lastspieldauer T an.

Die Zuordnung der Derating-Kennlinien 1 bis 3 zu den Umrichtern SINAMICS G130 und G150, zu den Motor Modules SINAMICS S120 (luftgekühlt und flüssigkeitsgekühlt) sowie zu den Umrichtern SINAMICS S150 sind der Zuordnungstabelle auf der nächsten Seite zu entnehmen.



Derating-Faktor k_{IGBT} in Abhängigkeit von dem Stromverhältnis $\Delta I = I_{\text{Kurzzeit}} / I_{\text{Grundlast}}$ sowie der Lastspieldauer T

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

SINAMICS G130 Umrichter-Einbaugeräte			SINAMICS G150 Umrichter-Schrankgeräte			SINAMICS S120 Motor Modules luftgekühlt (Chassis u. Cabinet Modules) SINAMICS S150 Umrichter-Schrankgeräte			SINAMICS S120 Motor Modules flüssigkeits- gekühlt (Chassis)		
Typ- leistung bei 400 V/ 500 V/ 690 V. [kW]	Bemes- sungs- Aus- gangs- strom [A]	De- rating- Kenn- linie	Typ- leistung bei 400 V/ 500 V/ 690 V. [kW]	Bemes- sungs- Aus- gangs- strom [A]	De- rating- Kenn- linie	Typ- leistung bei 400 V bzw. 690 V [kW]	Bemes- sungs- Aus- gangs- strom [A]	De- rating- Kenn- linie	Typ- leistung bei 400 V bzw. 690 V [kW]	Bemes- sungs- Aus- gangs- strom [A]	De- rating- Kenn- linie
3AC 380 V – 480 V						3AC 380 V – 480 V bzw. DC 510 V – 720 V					
110	210	3	110	210	3	110	210	3	110	210	3
132	260	2	132	260	2	132	260	2	132	260	2
160	310	1	160	310	1	160	310	1	160	310	1
200	380	2	200	380	2	200	380	2	-	-	-
250	490	3	250	490	3	250	490	3	250	490	3
315	605	3	315	605	3	315	605	3	315	605	3
400	745	3	400	745	3	400	745	3	400	745	3
450	840	3	450	840	3	450	840	3	450	840	3
560	985	2	560	985	2	560	985	2	560	985	2
-	-	-	630	1120	3	710	1260	1	710	1260	1
-	-	-	710	1380	3	800	1330	1	800	1330	kIGBT=1
-	-	-	900	1560	3	800	1405	2	800	1405	2
3AC 500 V – 600 V											
110	175	1	110	175	1						
132	215	1	132	215	1						
160	260	1	160	260	1						
200	330	2	200	330	2						
250	410	1	250	410	1						
315	465	1	315	465	1						
400	575	1	400	575	1						
500	735	1	500	735	1						
560	810	2	560	810	2						
-	-	-	630	860	1						
-	-	-	710	1070	1						
-	-	-	1000	1360	1						
3AC 660 V – 690 V						3AC 500 V – 690 V bzw. DC 675 V – 1035 V					
75	85	1	75	85	1	75	85	1	-	-	-
90	100	1	90	100	1	90	100	1	90	100	1
110	120	1	110	120	1	110	120	1	-	-	-
132	150	2	132	150	2	132	150	2	132	150	2
160	175	1	160	175	1	160	175	1	-	-	-
200	215	1	200	215	1	200	215	1	200	215	1
250	260	1	250	260	1	250	260	1	-	-	-
315	330	2	315	330	2	315	330	2	315	330	2
400	410	1	400	410	1	400	410	1	-	-	-
450	465	1	450	465	1	450	465	1	450	465	1
560	575	1	560	575	1	560	575	1	560	575	1
710	735	1	710	735	1	710	735	1	710	735	2
800	810	2	800	810	2	800	810	1	800 ¹	810	2
-	-	-	1000	1070	1	900	910	1	800 ²	810	1
-	-	-	1350	1360	1	1000	1025	1	1000	1025	1
-	-	-	1500	1500	2	1200	1270	2	1200	1270	2
-	-	-	1750	1729	1	-	-	-	1500	1560	1
-	-	-	1950	1948	1	-	-	-	-	-	-
-	-	-	2150	2158	2	-	-	-	-	-	-
-	-	-	2400	2413	2	-	-	-	-	-	-
-	-	-	2700	2752	1	-	-	-	-	-	-

1) Artikelnummer 6SL3325-1TG38-0AA3 (Baugröße HXL) 2) Artikelnummer 6SL3325-1TG38-1AA3 (Baugröße JXL)

Zuordnung der Derating-Kennlinien 1 bis 3 zu den Umrichtern SINAMICS G130 und G150, zu den Motor Modules SINAMICS S120 (luftgekühlt und flüssigkeitsgekühlt) sowie zu den Umrichtern SINAMICS S150

Der I^2t -Wert, gemittelt über die Lastspieldauer T von max. 300 s, darf den Wert 100 % nicht überschreiten. Dabei gelten die Ausnahmen gemäß Tabelle.

Für folgende SINAMICS Umrichter bzw. Motor Modules ist bei Lastspielen der zulässige I^2t -Wert gemäß Tabelle auf Werte kleiner 100 % begrenzt:

Umrichter bzw. Motor Module	Netzspannung	Typleistung	Ausgangsstrom	zulässiger I^2t -Wert bei Lastspielen	Umrichter bzw. Motor Module	Netzspannung	Typleistung	Ausgangsstrom	zulässiger I^2t -Wert bei Lastspielen
SINAMICS G und S	400 V	110 kW	210 A	90 %	SINAMICS G	400 V	630 kW	1120 A	72 %
SINAMICS G und S	400 V	315 kW	605 A	72 %	SINAMICS G	400 V	710 kW	1380 A	73 %
SINAMICS G und S	400 V	400 kW	745 A	73 %	SINAMICS G	400 V	900 kW	1560 A	86 %
SINAMICS G und S	400 V	450 kW	840 A	87 %	SINAMICS G u. S	500 V	200 kW	330 A	90 %
SINAMICS G und S	400 V	560 kW	985 A	95 %	SINAMICS G u. S	690 V	315 kW	330 A	90 %
SINAMICS S ...4AS3	400 V	800 kW	1330 A	93 %					

Der I^2t -Wert ist das Bewertungskriterium für die Verluste und die Erwärmung des Leistungsteils während der Lastspieldauer und ist wie folgt definiert:

$$I^2t\text{-Wert} = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T \left(\frac{I(t)}{I_n \cdot k_D} \right)^2 dt \cdot 100 \%$$

In der Berechnungsformel bedeuten:

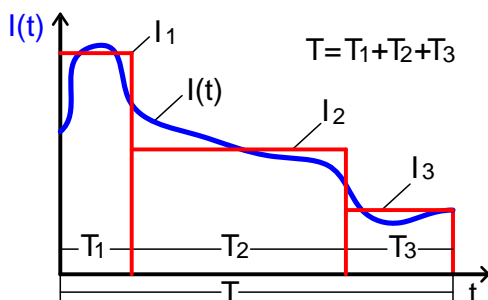
- $I(t)$ Ausgangsstrom-Effektivwert des Umrichters oder Wechselrichters in Abhängigkeit von der Zeit (Bei Parallelschaltungen aus S120 Motor Modules ist $I(t)$ der Ausgangsstrom-Effektivwert eines Teil-Wechselrichters bzw. eines Motor Modules)
- I_n Bemessungs-Ausgangsstrom des Umrichters oder Wechselrichters (Bei Parallelschaltungen aus S120 Motor Modules ist I_n der Bemessungs-Ausgangsstrom eines Teil-Wechselrichters bzw. eines Motor Modules ohne Berücksichtigung des Derating-Faktors für den Parallelbetrieb)
- k_D Strom-Derating-Faktor (Gesamt-Derating-Faktor; Definition siehe oben)
- T Lastspieldauer, die maximal den Wert 300 s des Standardlastspiels annehmen darf

Für die praktische Berechnung des I^2t -Wertes ist es in der Regel sinnvoll, den von der Anwendung geforderten zeitlichen Verlauf des Ausgangsstromes näherungsweise durch eine endliche Zahl m von Zeitabschnitten mit jeweils konstantem Strom zu ersetzen. Damit vereinfacht sich die Berechnung, weil die Integration durch eine einfache Summation ersetzt wird.

$$I^2t\text{-Wert} = \frac{1}{T} \cdot \left[\left(\frac{I_1}{I_n \cdot k_D} \right)^2 \cdot T_1 + \left(\frac{I_2}{I_n \cdot k_D} \right)^2 \cdot T_2 + \dots + \left(\frac{I_m}{I_n \cdot k_D} \right)^2 \cdot T_m \right] \cdot 100 \%$$

$$\text{mit } \sum_1^m T_m = T,$$

d. h., die Summe aller Zeitabschnitte T_1 bis T_m ist gleich der Lastspieldauer T , wobei diese ≤ 300 s sein muss. Die folgende Skizze verdeutlicht die Zusammenhänge.



Annäherung des zeitlichen Stromverlaufes durch Zeitabschnitte mit konstantem Strom

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Hinweise zur Inbetriebnahme

Um die unvermeidlichen Temperaturschwankungen aufgrund der verschiedenen Belastungszustände innerhalb eines Lastspiels so gering wie irgend möglich zu halten, sollte bei periodisch wiederkehrenden Lastspielen mit Lastspieldauern im Bereich von einigen Sekunden bis zu wenigen Minuten nicht nur die Projektierung des Antriebs nach den zuvor beschriebenen Regeln vorgenommen werden, sondern es sollten zusätzlich bei der Inbetriebnahme die folgenden Punkte beachtet werden. Dies gilt insbesondere dann, wenn sich bei der Projektierung ein Strom-Derating-Faktor $K_{IGBT} < 1,0$ ergibt.

Der Antrieb ist entweder mit der projektierten Pulsfrequenz in Betrieb zu nehmen oder mit sinnvoll gewählten, stromabhängigen Pulsfrequenzumschaltungen.

Wird der Antrieb mit konstanter Pulsfrequenz in Betrieb genommen, welche der projektierten Pulsfrequenz entspricht, so ist bereits eine akzeptable Lebensdauer des Leistungsteiles gewährleistet.

Eine zusätzliche Reduktion der Temperaturhübe ΔT_{Chip} kann durch stromabhängige Pulsfrequenzumschaltungen erreicht werden. Denn in den Betriebszuständen mit sehr hohem Strom kann der Temperaturanstieg minimiert werden, indem der Umrichter mit möglichst niedriger Pulsfrequenz betrieben wird. In den Betriebszuständen mit sehr niedrigem Strom kann der Temperaturrückgang minimiert werden, indem der Umrichter mit möglichst hoher Pulsfrequenz betrieben wird. Als Resultat derartiger stromabhängiger Pulsfrequenzumschaltungen ergibt sich eine Reduktion der Temperaturschwankungen und somit eine Erhöhung der Lebensdauer der IGBTs.

Bild 1 verdeutlicht die Zusammenhänge beispielhaft anhand eines periodisch wiederkehrenden Lastspiels mit einer Lastspieldauer von 2 Minuten und Laststromschwankungen zwischen den Werten I_{min} und I_{max} .

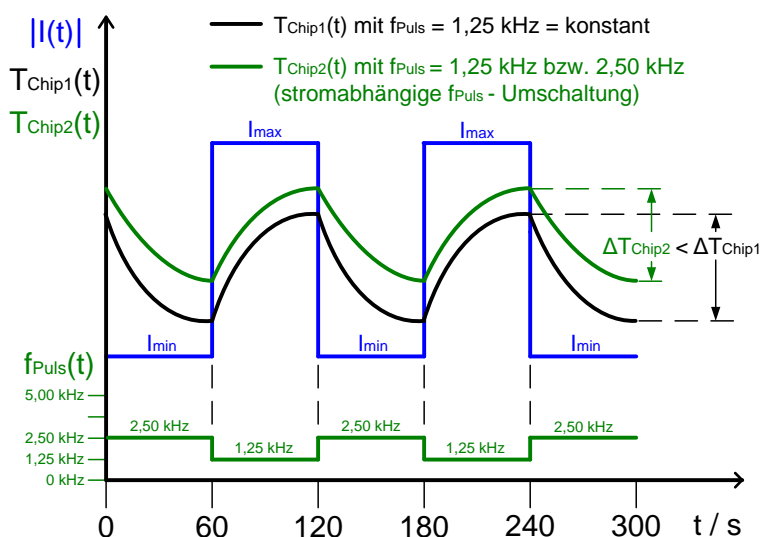
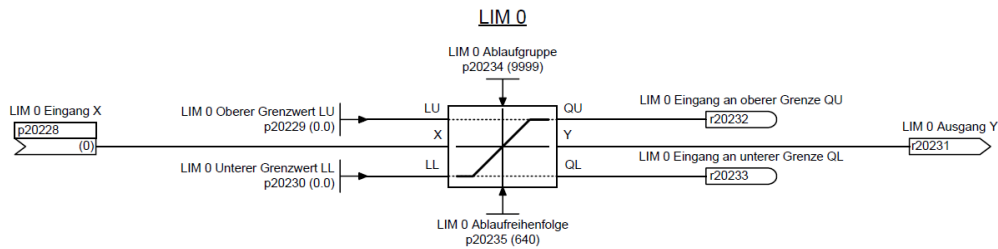


Bild 1: Stromabhängige Pulsfrequenzumschaltung

Beim Betrieb mit der projektierten Pulsfrequenz von 1,25 kHz = konstant ergibt sich ein zeitlicher Temperaturverlauf $T_{Chip1}(t)$ gemäß der schwarz dargestellten Kurve. Der zugehörige Temperaturhub ΔT_{Chip1} liegt unter Einhaltung der auf den vorhergehenden Seiten beschriebenen Projektierungsregeln innerhalb akzeptabler Grenzen im Hinblick auf die Lebensdauer der IGBTs.

Durch stromabhängige Pulsfrequenzumschaltungen zwischen 1,25 kHz und 2,5 kHz ergibt sich der zeitliche Temperaturverlauf $T_{Chip2}(t)$ gemäß der grün dargestellten Kurve. Durch die niedrige Pulsfrequenz von 1,25 kHz während der Belastungszustände mit I_{max} und die hohe Pulsfrequenz von 2,5 kHz während der Belastungszustände mit I_{min} liegt der Temperaturhub ΔT_{Chip2} niedriger als der Temperaturhub ΔT_{Chip1} , was entsprechend positive Auswirkungen auf die Lebensdauer der IGBTs im Leistungsteil hat. In der Praxis können sich hier durchaus Unterschiede von bis zu ca. 5°C ergeben, was die Lebensdauer in etwa um den Faktor 2-3 erhöhen kann.

Die stromabhängige Umschaltung zwischen verschiedenen Pulsfrequenzen ist z. B. mittels Freier Funktionsblöcke in Kombination mit Antriebsdatensatzumschaltungen realisierbar. Dazu wird der Ausgangsstrom des Umrichters bzw. Wechselrichters von einem Begrenzer-Baustein (LIM) der Freien Funktionsblöcke ausgewertet. Übersteigt der Strom den ca. 1,2-fachen Wert von I_{min} , wird der Ausgang r20232 auf High gesetzt. Dieses Signal führt zu einer Umschaltung von einem Antriebsdatensatz mit hoher Pulsfrequenz (im Beispiel: 2,5 kHz) auf einen Antriebsdatensatz mit niedriger Pulsfrequenz (im Beispiel: Werkseinstellung 1,25 kHz). Unterschreitet der Strom wieder den ca. 1,2-fachen Wert von I_{min} , wird auf den Antriebsdatensatz mit hoher Pulsfrequenz (im Beispiel: 2,5 kHz) zurückgeschaltet.



Begrenzer-Baustein (LIM) der Freien Funktionsblöcke zur Steuerung einer stromabhängigen Pulsfrequenzumschaltung

Auf keinen Fall sollte bei periodisch wiederkehrenden Lastspielen mit Lastspieldauern im Bereich von einigen Sekunden bis zu wenigen Minuten – z. B. zur Reduktion der Motorgeräusche – eine generelle, von den verschiedenen Belastungszuständen unabhängige Erhöhung der projektierten Pulsfrequenz unter Verwendung einer Überlastreaktion mit Reduktion der Pulsfrequenz (p290 = 2 oder 3) erfolgen, wie sie im Abschnitt „Betrieb der Umrichter mit erhöhter Pulsfrequenz“ beschrieben ist. Denn hohe Ströme führen in Kombination mit einer gegenüber der Projektierung erhöhten Pulsfrequenz wegen der hohen Verlustleistung relativ schnell zum Eingreifen der Überlastreaktion und somit wieder zur Reduktion der Pulsfrequenz. Die Überlastreaktion erfolgt jedoch erst beim Erreichen eines sehr hohen Niveaus der Chip-Temperatur T_{Chip} der IGBTs, um das Leistungsteil möglichst lange mit der erhöhten Pulsfrequenz betreiben zu können. Somit maximiert diese Betriebsart mit temperaturabhängiger Pulsfrequenzumschaltung im Rahmen der Überlastreaktion mit Reduktion der Pulsfrequenz die Temperaturhöhe in den IGBTs und ist damit bei periodisch wiederkehrenden Lastspielen mit geringen Lastspieldauern und starken Lastschwankungen (Strom-De-rating-Faktor $k_{\text{IGBT}} < 1,0$) nicht geeignet im Hinblick auf die Minimierung der Temperaturschwankungen.

Bild 2 verdeutlicht die Zusammenhänge beispielhaft anhand eines periodisch wiederkehrenden Lastspiels mit einer Lastspieldauer von 2 Minuten und Laststromschwankungen zwischen den Werten I_{min} und I_{max} .

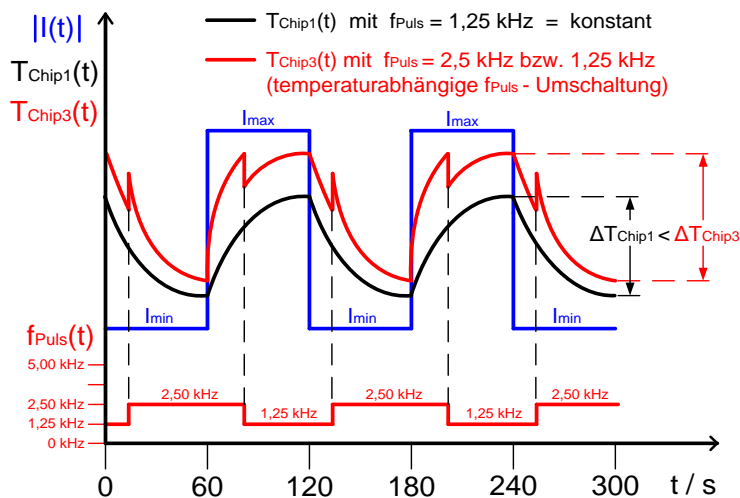


Bild 2: Temperaturabhängige Pulsfrequenzumschaltung

Beim Betrieb mit der projektierten Pulsfrequenz von 1,25 kHz = konstant ergibt sich ein zeitlicher Temperaturverlauf $T_{\text{Chip1}}(t)$ gemäß der schwarz dargestellten Kurve. Der zugehörige Temperaturhub ΔT_{Chip1} liegt unter Einhaltung der auf den vorhergehenden Seiten beschriebenen Projektierungsregeln innerhalb akzeptabler Grenzen im Hinblick auf die Lebensdauer der IGBTs.

Beim Betrieb mit einer auf 2,5 kHz erhöhten Pulsfrequenz ergibt sich ein zeitlicher Temperaturverlauf $T_{\text{Chip3}}(t)$ gemäß der rot dargestellten Kurve. Der Wechselrichter versucht, die erhöhte Pulsfrequenz möglichst lange zu realisieren. Während der Belastungszustände mit I_{max} erreicht die Chip-Temperatur $T_{\text{Chip3}}(t)$ jedoch so hohe Werte, dass es zur Überlastreaktion und somit zur Reduktion der Pulsfrequenz auf 1,25 kHz kommt. Diese niedrige Pulsfrequenz wird so lange beibehalten, bis die Chip-Temperatur $T_{\text{Chip3}}(t)$ während der Belastungszustände mit I_{min} wieder so weit abgefallen ist, dass eine erneute Umschaltung auf 2,5 kHz möglich wird.

Als Folge dieser temperaturabhängigen Pulsfrequenzumschaltung im Rahmen der Überlastreaktion mit Reduktion der Pulsfrequenz liegt der Temperaturhub ΔT_{Chip3} deutlich höher als der Temperaturhub ΔT_{Chip1} mit konstanter, niedriger Pulsfrequenz, was entsprechend negative Auswirkungen auf die Lebensdauer der IGBTs im Leistungsteil hat. In der Praxis können sich hier durchaus Unterschiede von bis zu ca. 5°C ergeben, was die Lebensdauer in etwa um den Faktor 2-3 verkürzen kann.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Hinweis zur Aufmagnetisierung des Motors und zum Gleichstrombremsen:

In einigen Anwendungen, wie z. B. bei Kran-Hubwerken, Aufzügen, Seilbahnen oder Cable Linern wird der Antrieb in relativ kurzen Zeitabständen immer wieder stillgesetzt, indem beim Wechselrichter die Impulssperre ausgelöst wird und der Motor allein durch mechanische Haltebremsen sicher gehalten wird. Zum Wiederanfahren wird die mechanische Haltebremse gelöst und die Impulssperre des Wechselrichters aufgehoben. Damit der Motor dann das benötigte Drehmoment möglichst schnell wieder zur Verfügung stellen kann, wird er oftmals schnellstmöglich aufmagnetisiert, indem die Aufmagnetisierungszeit so kurz wie irgend möglich gewählt wird und während der Aufmagnetisierung die Überlastfähigkeit des Wechselrichters voll ausgenutzt wird.

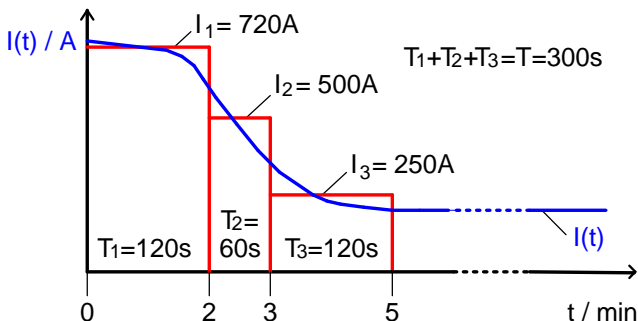
Diese Vorgehensweise führt bei jeder Aufmagnetisierung zu extrem hohen Temperaturhuben durch die Kombination aus niedriger Ausgangsfrequenz und hoher Strombelastung und kann in den oben genannten Anwendungen die Lebensdauer der IGBTs im Wechselrichter sehr stark negativ beeinflussen, insbesondere dann, wenn es anwendungsbedingt periodisch im zeitlichen Abstand von wenigen Sekunden bis zu einigen Minuten zu den beschriebenen Schnellmagnetisierungen des Motors kommt, die im Sinne der Projektierung wie ein periodisches Lastspiel mit extrem hohen Stromschwankungen anzusehen sind.

Um die Lebensdauer der IGBTs im Wechselrichter in diesen Anwendungen nicht signifikant zu verkürzen, sollte die Magnetisierungszeit so lang gewählt werden, dass der Aufmagnetisierungsstrom maximal ca. 70 % des Bemessungsstromes des Wechselrichters erreicht. In Anwendungen, in denen eine Impulssperre während des Stillstands prozessbedingt oder aus Sicherheitsgründen nicht zwingend erforderlich ist, sollte der Wechselrichter auch während des Stillstands weiter takten, um ein erneutes Aufmagnetisieren beim Wiederanfahren komplett zu vermeiden.

Dieselben Verhältnisse wie bei der Schnellmagnetisierung treten prinzipiell auch beim Gleichstrombremsen auf, wenn der Motor durch Einprägung eines Gleichstromes möglichst schnell abgebremst werden soll. Auch hier sollte bei periodisch auftretenden Bremsvorgängen der Bremsstrom auf maximal ca. 50 - 70 % des Bemessungsstromes des Wechselrichters begrenzt werden.

Berechnungsbeispiel 1

Ein drehzahlveränderbarer Antrieb muss an einem 690 V-Netz gelegentlich (ca. 3 Mal am Tag) einen Schweranlauf durchführen, wobei der Motorstrom $I(t)$ einen zeitlichen Verlauf gemäß dem dargestellten Diagramm aufweist. Die maximale Umgebungstemperatur im Umrichterraum ist mit 45 °C angegeben und die Aufstellhöhe beträgt 400 m.



Zeitverlauf des Motorstromes $I(t)$ während des Anlaufvorganges

1. Auswahl des Umrichters

Als Umrichter für den Antrieb wird ein SINAMICS G150 in Schutzart IP20 ausgewählt mit den Bemessungsdaten $U = 690 \text{ V}$ und $I_n = 575 \text{ A}$, der gemäß Katalog D 11 einen Grundlaststrom I_H von 514 A und somit einen Kurzzeitstrom I_{Kurzzeit} von $1,5 \cdot I_H = 771 \text{ A}$ aufweist. Es soll nun nachgerechnet werden, ob der gewählte Umrichter mit einer Pulsfrequenz gemäß Werkseinstellung unter den gegebenen Bedingungen für den gelegentlich auftretenden Anlauf geeignet ist:

2. Bestimmung des Strom-Derating-Faktors k_D :

Mit den Derating-Faktoren

- k_{Temp} = 0,933 (Umgebungstemperatur 45 °C, Aufstellhöhe < 2000 m, Schutzart IP20),
- k_{Puls} = 1,0 (Pulsfrequenz gemäß Werkseinstellung)
- k_{Parallel} = 1,0 (Keine Parallelschaltung von S120 Motor Modules)
- k_{IGBT} = 1,0 (Kein periodisches Lastspiel, sondern nur gelegentlich geforderte Überlast)

ergibt sich der Strom-Derating-Faktor k_D zu

$$k_D = k_{\text{Temp}} \cdot k_{\text{Puls}} \cdot k_{\text{Parallel}} \cdot k_{\text{IGBT}} = 0,933 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,933$$

3. Bestimmung des zulässigen Kurzzeitstromes:

Mit dem Grundlaststrom $I_H = 514 \text{ A}$ und dem Derating-Faktor $k_D = 0,933$ ergibt sich der zulässige Kurzzeitstrom zu

$$I_{\text{Kurzzeit}} = 1,5 \cdot k_D \cdot I_H = 1,5 \cdot 0,933 \cdot 514 \text{ A} = 720 \text{ A}.$$

Dieser Wert entspricht dem geforderten Motorstrom von 720 A zu Beginn des Anlaufvorganges und ist daher gerade noch zulässig.

4. Bestimmung des I^2t -Wertes des Motorstromes:

Der tatsächliche Zeitverlauf des Motorstromes $I(t)$ während des Anlaufvorganges wird zur Vereinfachung der Rechnung angenähert durch drei Zeitabschnitte T_1 bis T_3 mit den jeweils konstanten Strömen I_1 bis I_3 , wobei der letzte Zeitabschnitt T_3 so gewählt werden muss, dass die Summe der Zeitabschnitte $T_1+T_2+T_3$ die maximal zulässige Lastspiellauer $T=300 \text{ s}$ nicht überschreitet. Hiermit ergibt sich der I^2t -Wert zu

$$I^2t\text{-Wert} = \frac{1}{T} \cdot \left[\left(\frac{I_1}{I_n \cdot k_D} \right)^2 \cdot T_1 + \left(\frac{I_2}{I_n \cdot k_D} \right)^2 \cdot T_2 + \left(\frac{I_3}{I_n \cdot k_D} \right)^2 \cdot T_3 \right] \cdot 100 \%$$

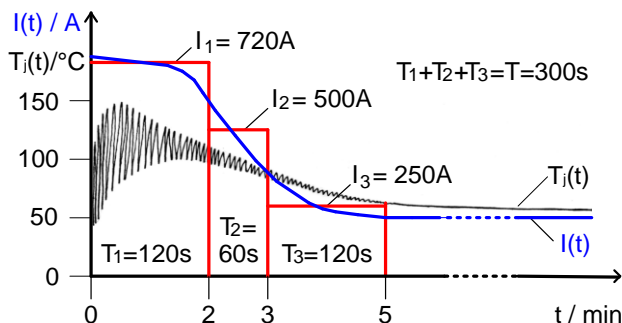
$$I^2t\text{-Wert} = \frac{1}{300 \text{ s}} \cdot \left[\left(\frac{720 \text{ A}}{536 \text{ A}} \right)^2 \cdot 120 \text{ s} + \left(\frac{500 \text{ A}}{536 \text{ A}} \right)^2 \cdot 60 \text{ s} + \left(\frac{250 \text{ A}}{536 \text{ A}} \right)^2 \cdot 120 \text{ s} \right] \cdot 100 \%$$

$$I^2t\text{-Wert} = \frac{1}{300 \text{ s}} \cdot [217 \text{ s} + 52 \text{ s} + 26 \text{ s}] \cdot 100 \% = \frac{295 \text{ s}}{300 \text{ s}} \cdot 100 \% = 98 \%$$

Der errechnete I^2t -Wert von 98 % liegt knapp unter dem zulässigen Wert von 100 % und ist damit gerade noch zulässig im Rahmen der Genauigkeit der verwendeten Näherungen hinsichtlich des zeitlichen Stromverlaufes.

Anmerkungen zum Berechnungsbeispiel 1:

In dem folgenden Diagramm ist neben dem zeitlichen Verlauf des Motorstromes $I(t)$ gemäß der blauen Kurve auch der zeitliche Verlauf der Sperrschichttemperatur $T_j(t)$ der IGBT-Chips im Leistungsteil als schwarze Kurve dargestellt.



Zeitlicher Verlauf des Motorstromes $I(t)$ und der Sperrschichttemperatur $T_j(t)$ der IGBT-Chips während des Anlaufvorganges

Man erkennt, dass sich zu Beginn des Hochlaufes aufgrund der zunächst sehr niedrigen Umrichterausgangsfrequenz in Kombination mit dem sehr hohen Ausgangsstrom sehr hohe Temperaturschwankungen im IGBT einstellen, wie im Abschnitt „Wechselastfestigkeit der IGBT-Module und Leistungsteile“ beschrieben. Diese Temperaturschwankungen im IGBT nehmen während des Hochlaufes immer mehr ab, weil zum einen die Ausgangsfrequenz stetig ansteigt und zum anderen gegen Ende des Hochlaufvorganges zusätzlich der Strom abnimmt. Die auftretenden Spitzenwerte der Sperrschichttemperatur T_j der IGBT-Chips bleiben zu Beginn des Hochlaufes nur noch knapp unterhalb der zulässigen Grenze von 150° C, so dass der ausgewählte Umrichter während des Hochlaufes gerade noch nicht an die Grenzen seiner thermischen Belastbarkeit stößt und daher gerade noch keine Überlastreaktion ausgelöst wird.

Solange ein Betrieb mit derartig hohen Temperaturschwankungen aufgrund niedriger Ausgangsfrequenzen in Kombination mit hohen Ausgangsströmen nur gelegentlich mit weniger als ca. 1 % bis max. 2 % der Gesamtbetriebsdauer des Antriebes vorkommt, wie es in dem vorliegenden Beispiel der Fall ist, muss durch die Projektierung nur sichergestellt werden, dass die maximal zulässige Chip-Temperatur im IGBT nicht erreicht wird. Der Einfluß der Temperaturschwankungen auf die Lebensdauer der IGBTs kann hier unberücksichtigt bleiben, d. h. $k_{IGBT} = 1$.

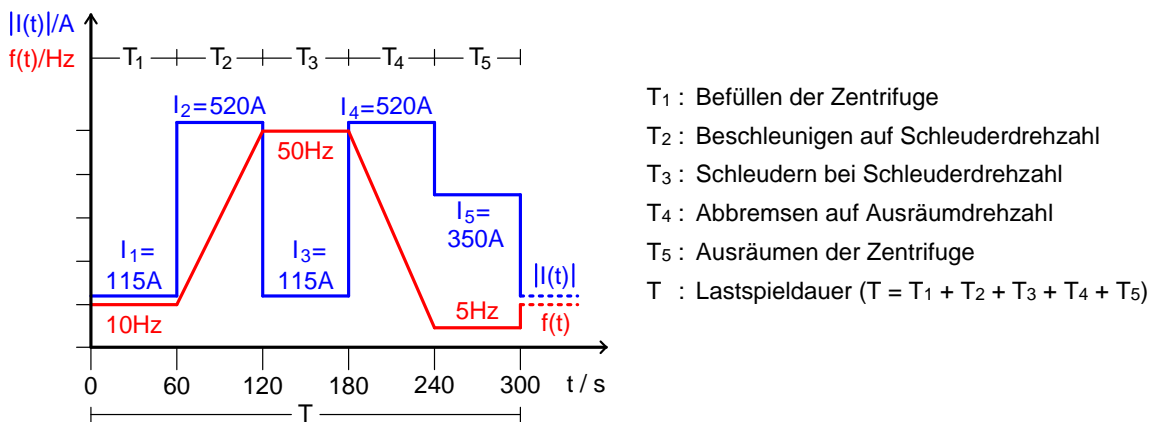
Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Wenn jedoch ein Betrieb mit derartig hohen Temperaturschwankungen aufgrund sehr starker Lastschwankungen und/oder niedriger Ausgangsfrequenzen in Kombination mit hohen Ausgangsströmen periodisch wiederkehrend vorkommt, muss der Einfluß der Temperaturschwankungen auf die Lebensdauer der IGBTs bei der Projektierung berücksichtigt werden, indem die Temperaturschwankungen durch Anwendung der entsprechenden Deratingfaktoren auf zulässige Werte begrenzt werden, wie es im folgenden Beispiel der Fall ist.

Berechnungsbeispiel 2

Ein Umrichter SINAMICS S150 in Schutzart IP20 soll als Zentrifugenantrieb an einem 400 V-Netz bei einer Umgebungstemperatur von maximal 40 °C und einer Aufstellhöhe von maximal 1000 m eingesetzt werden. Motorstrom $I(t)$ und Motorfrequenz $f(t)$ weisen einen Zeitverlauf gemäß dem dargestellten Diagramm auf. Bei kontinuierlichem Chargenbetrieb ohne Stillstandszeiten ergibt sich somit für den Umrichter ein regelmäßig wiederkehrendes, periodisches Lastspiel. Der Umrichter soll mit der werkseitig eingestellten Pulsfrequenz in Vektorregelung (Antriebsobjekt des Typs Vector) betrieben werden.



Betrag des Motorstromes $|I(t)|$ und Motorfrequenz $f(t)$

1. Auswahl des Umrichters:

Der Umrichter muss gemäß dem oben dargestellten Diagramm einen Kurzzeitstrom I_{Kurzzeit} von 520 A liefern können. Er benötigt deshalb einen Grundlaststrom I_H von mindestens

$$I_{\text{Kurzzeit}} / 1,5 = 520 \text{ A} / 1,5 = 347 \text{ A.}$$

Daher wird der Umrichter mit den Bemessungsdaten $U = 400 \text{ V}$ und $I_n = 490 \text{ A}$ ausgewählt, der gemäß Katalog D 21.3 einen Grundlaststrom I_H von 438 A und somit einen Kurzzeitstrom I_{Kurzzeit} von $1,5 \cdot I_H = 657 \text{ A}$ aufweist. Die werkseitig eingestellte Pulsfrequenz bei Vektorregelung beträgt 2 kHz. Es soll nun nachgerechnet werden, ob der gewählte Umrichter mit der Pulsfrequenz gemäß Werkseinstellung unter den oben angegebenen Bedingungen für das periodische Lastspiel geeignet ist.

2. Bestimmung des Strom-Derating-Faktors k_D :

- k_{Temp} : 1,0 (Umgebungstemperatur $\leq 40 \text{ °C}$, Aufstellhöhe $< 1000 \text{ m}$, Schutzart IP20),
- k_{Puls} : 1,0 (Pulsfrequenz gemäß Werkseinstellung)
- k_{Parallel} : 1,0 (Keine Parallelschaltung von S120 Motor Modules)
- k_{IGBT} : Wegen des periodischen Lastspiels ist dieser Faktor zu berücksichtigen. Aus dem oben dargestellten Diagramm ergibt sich:
 - Stromverhältnis $\Delta I = I_{\text{Kurzzeit}} / I_{\text{Grundlast}} = 520 \text{ A} / 115 \text{ A} = 4,52 \approx 4,5$.
 - Lastspieldauer $T = 300 \text{ s}$.

Mit $\Delta I \approx 4,5$ und $T = 300 \text{ s}$ ergibt sich aus der Derating-Kennlinie 3, welche für den ausgewählten Umrichter SINAMICS S150 mit $U = 400 \text{ V}$ und $I_n = 490 \text{ A}$ gültig ist: $k_{\text{IGBT}} = 0,8$.

Damit errechnet sich der Strom-Derating-Faktor k_D zu

$$k_D = k_{\text{Temp}} \cdot k_{\text{Puls}} \cdot k_{\text{Parallel}} \cdot k_{\text{IGBT}} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 0,8 .$$

3. Bestimmung des zulässigen Kurzzeitstromes:

Mit dem Grundlaststrom $I_H = 438 \text{ A}$ und dem Derating-Faktor $k_D = 0,8$ ergibt sich der zulässige Kurzzeitstrom zu

$$I_{\text{Kurzzeit}} = 1,5 \cdot k_D \cdot I_H = 1,5 \cdot 0,8 \cdot 438 \text{ A} = 525 \text{ A}.$$

Dieser Wert ist geringfügig größer als der geforderte maximale Motorstrom von 520 A und daher zulässig.

4. Bestimmung des I^2t -Wertes des Motorstromes:

Aus dem Zeitverlauf des Motorstromes gemäß dem oben dargestellten Diagramm ergibt sich der I^2t -Wert zu

$$I^2t\text{-Wert} = \frac{1}{T} \cdot \left[\left(\frac{I_1}{I_n \cdot k_D} \right)^2 \cdot T_1 + \left(\frac{I_2}{I_n \cdot k_D} \right)^2 \cdot T_2 + \left(\frac{I_3}{I_n \cdot k_D} \right)^2 \cdot T_3 + \left(\frac{I_4}{I_n \cdot k_D} \right)^2 \cdot T_4 + \left(\frac{I_5}{I_n \cdot k_D} \right)^2 \cdot T_5 \right] \cdot 100 \%$$

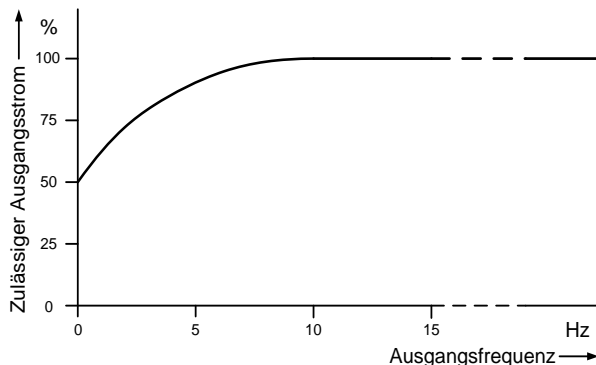
$$I^2t\text{-Wert} = \frac{1}{300 \text{ s}} \cdot \left[\left(\frac{115 \text{ A}}{392 \text{ A}} \right)^2 \cdot 60 \text{ s} + \left(\frac{520 \text{ A}}{392 \text{ A}} \right)^2 \cdot 60 \text{ s} + \left(\frac{115 \text{ A}}{392 \text{ A}} \right)^2 \cdot 60 \text{ s} + \left(\frac{520 \text{ A}}{392 \text{ A}} \right)^2 \cdot 60 \text{ s} + \left(\frac{350 \text{ A}}{392 \text{ A}} \right)^2 \cdot 60 \text{ s} \right] \cdot 100 \%$$

$$I^2t\text{-Wert} = \frac{1}{300 \text{ s}} \cdot [5,2 \text{ s} + 105,6 \text{ s} + 5,2 \text{ s} + 105,6 \text{ s} + 47,8 \text{ s}] \cdot 100 \% = \frac{270 \text{ s}}{300 \text{ s}} \cdot 100 \% = 90 \%$$

Der errechnete I^2t -Wert von 90 % liegt unter dem zulässigen Wert von 100 % und ist damit zulässig.

5. Bestimmung des zulässigen Stromes während des Zeitabschnitts T_5 :

Im Zeitabschnitt T_5 wird der Umrichter mit einer Ausgangsfrequenz von 5 Hz betrieben, die unterhalb von 10 Hz liegt. Da dieser Zeitabschnitt eine Dauer von 60 s hat und periodisch alle 300 s auftritt, macht er 20 % der Gesamtbetriebsdauer aus und liegt damit deutlich über 1 % bis max. 2 % der Gesamtbetriebsdauer der Zentrifuge. Somit ist für den Zeitabschnitt T_5 die Derating-Kennlinie des Abschnitts „Wechselastfestigkeit der IGBT-Module und Leistungsteile“, Unterabschnitt „Betrieb bei häufig auftretenden niedrigen Ausgangsfrequenzen < 10 Hz“ anzuwenden:



Zulässiger Ausgangsstrom bei häufig auftretender niedriger Ausgangsfrequenz in Abhängigkeit von der Ausgangsfrequenz

Gemäß dieser Derating-Kennlinie darf der Umrichter beim Betrieb mit 5 Hz nur noch mit maximal 90 % seines Bemessungsstromes betrieben werden, wenn es zu keiner Reduktion der Lebensdauer kommen soll. Der zulässige Strom während des Zeitabschnitts T_5 berechnet sich somit zu

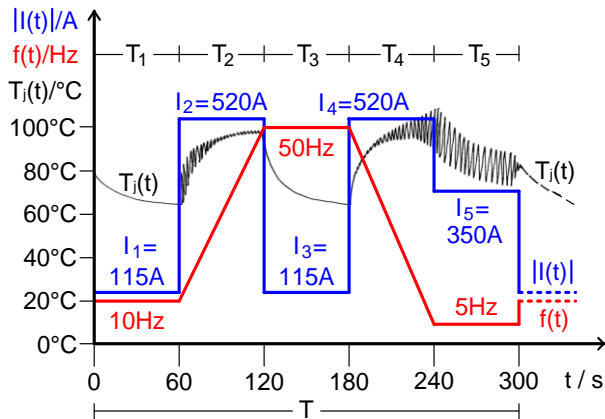
$$I(T_5) = 0,9 \cdot I_n = 0,9 \cdot 490 \text{ A} = 441 \text{ A}.$$

Dieser Wert ist größer als 350 A. Damit ist der Betrieb mit 350 A bei 5 Hz während des Zeitabschnitts T_5 innerhalb des periodischen Lastspiels T dauerhaft zulässig.

Der ausgewählte Umrichter SINAMICS S150 mit den Bemessungsdaten $U = 400 \text{ V}$ und $I_n = 490 \text{ A}$ ist somit für die Zentrifugenanwendung mit dem gegebenen, periodischen Lastspiel uneingeschränkt geeignet, wenn er mit der Pulsfrequenz gemäß Werkseinstellung betrieben wird.

Anmerkungen zum Berechnungsbeispiel 2:

In dem folgenden Diagramm ist neben dem Betrag des Motorstromes $|i(t)|$ gemäß der blauen Kurve und der Motorfrequenz $f(t)$ gemäß der roten Kurve auch der zeitliche Verlauf der Sperrschichttemperatur $T_j(t)$ der IGBT-Chips im Leistungsteil als schwarze Kurve dargestellt.



Betrag des Motorstroms $|i(t)|$, Motorfrequenz $f(t)$ u. zeitlicher Verlauf der Sperrschichttemperatur $T_j(t)$ der IGBT-Chips während des periodischen Lastspiels der Zentrifuge

Man erkennt, dass in diesem periodischen Lastspiel die auftretenden Spitzenwerte der Sperrschichttemperatur T_j der IGBT-Chips mit ca. 105°C deutlich unterhalb der zulässigen Grenze von 150°C bleiben. Aber aufgrund zweier Effekte kommt es zu relativ hohen Temperaturschwankungen im IGBT. Einerseits wegen der sehr großen Unterschiede im Strom, die in den unterschiedlichen Betriebszuständen des Lastspiels abwechselnd auftreten (kleiner Strom beim Befüllen und beim Schleudern, großer Strom beim Beschleunigen und Abbremsen), und andererseits wegen der relativ langen Ausräumphase mit sehr niedriger Ausgangsfrequenz und gleichzeitig relativ hohem Strom.

Beide Effekte wurden im vorliegenden Beispiel durch Anwendung der entsprechenden Derating-Faktoren berücksichtigt, so dass sich die ergebenden Temperaturschwankungen von ca. 35°C im Hinblick auf die Lebensdauer noch innerhalb akzeptabler Grenzen bewegen.

Um die unvermeidlichen Temperaturschwankungen aufgrund der verschiedenen Belastungszustände innerhalb des Lastspiels so gering wie irgend möglich zu halten, empfiehlt es sich hier, nicht nur die Projektierung des Antriebs nach den zuvor beschriebenen Kriterien vorzunehmen, sondern zusätzlich bei der Inbetriebnahme die folgenden Punkte zu beachten, weil sich bei der Projektierung ein Strom-Derating-Faktor k_{IGBT} von $0,8 < 1,0$ ergeben hat:

Der Antrieb ist entweder mit der projektierten Pulsfrequenz in Betrieb zu nehmen, welche im vorliegenden Beispiel der Werkseinstellung entspricht, oder mit sinnvoll gewählten, stromabhängigen Pulsfrequenzumschaltungen.

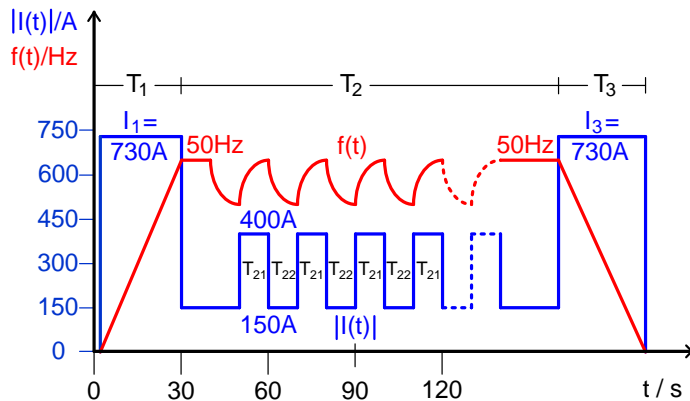
Zur zusätzlichen Reduktion der Temperaturhübe ΔT_{Chip} stellen stromabhängige Pulsfrequenzumschaltungen die beste Lösung dar. Denn in den Betriebszuständen mit sehr hohem Strom (Beschleunigungsphase T_2 und Abbremsphase T_4) kann der Temperaturanstieg minimiert werden, indem der Umrichter mit möglichst niedriger Pulsfrequenz betrieben wird (Werkseinstellung). In den Betriebszuständen mit sehr niedrigem Strom (Befüllphase T_1 und Schleuderphase T_3) kann der Temperaturrückgang minimiert werden, indem der Umrichter mit möglichst hoher Pulsfrequenz betrieben wird. Als Resultat dieser stromabhängigen Pulsfrequenzumschaltungen ergibt sich eine Reduktion der Temperaturschwankungen und somit eine Erhöhung der Lebensdauer der IGBTs.

Desweiteren sollten die Temperaturschwankungen aufgrund der niedrigen Ausgangsfrequenz in der Ausräumphase T_5 minimiert werden, indem hier grundsätzlich nur die niedrige Pulsfrequenz gemäß Werkseinstellung genutzt wird und im Rahmen der prozesstechnischen Möglichkeiten angestrebt wird, in der Ausräumphase T_5 die Ausgangsfrequenz so hoch wie möglich und den Ausgangsstrom so niedrig wie möglich einzustellen. Schon geringfügige Erhöhungen der Ausgangsfrequenz, z. B. von 5 Hz auf 7 Hz, bzw. geringfügige Absenkungen des Ausgangsstroms um einige 10 A können hier schon eine merkliche Reduktion der Temperaturschwankungen bewirken.

Auf keinen Fall sollte – z. B. zur Reduktion der Motorgeräusche – eine generelle, von den verschiedenen Belastungszuständen unabhängige Erhöhung der projektierten Pulsfrequenz unter Verwendung einer Überlastreaktion mit Reduktion der Pulsfrequenz ($p_{290} = 2$ oder 3) erfolgen. Denn hohe Ströme führen in Kombination mit einer erhöhten Pulsfrequenz wegen der hohen Verlustleistung sehr schnell zum Eingreifen der Überlastreaktion. Diese Überlastreaktion erfolgt jedoch erst beim Erreichen eines sehr hohen Niveaus der Chip-Temperatur der IGBTs, um das Leistungsteil möglichst lange mit der erhöhten Pulsfrequenz betreiben zu können. Somit maximiert diese Betriebsart mit temperaturabhängiger Pulsfrequenzumschaltung die Temperaturhübe ΔT_{Chip} in den IGBTs. Sie ist damit bei Lastspielen mit starken Laststromschwankungen – wie sie in diesem Beispiel mit $\Delta I = 4,5$ vorliegen – nicht geeignet im Hinblick auf die Reduktion der Temperaturschwankungen und bzw. die Erhöhung der Lebensdauer.

Berechnungsbeispiel 3

Ein Umrichter SINAMICS S150 in Schutzart IP20 soll als Antrieb für eine Schwungradpresse an einem 690 V-Netz bei einer Umgebungstemperatur von maximal 40 °C und einer Aufstellhöhe von maximal 1000 m eingesetzt werden. Motorstrom $I(t)$ (blaue Kurve) und Motorfrequenz $f(t)$ (rote Kurve) weisen einen Zeitverlauf gemäß Diagramm 1 auf. Während der Phase T_1 wird das Schwungrad angefahren und auf die Betriebsdrehzahl beschleunigt. Im stationären Pressenbetrieb T_2 wird das Schwungrad periodisch abgebremst und wieder beschleunigt. Am Ende des stationären Pressenbetriebs wird das Schwungrad während der Phase T_3 abgebremst und schließlich angehalten. Der Umrichter soll mit der werkseitig eingestellten Pulsfrequenz in Vektorregelung (Antriebsobjekt des Typs Vector) betrieben werden.



T_1 : Anfahren (Beschleunigen) des Schwungrads
 T_2 : Stationärer, periodischer Pressenbetrieb
 T_3 : Anhalten (Abbremsen) des Schwungrads

Diagramm 1: Betrag des Motorstromes $|I(t)|$ und Motorfrequenz $f(t)$

1. Auswahl des Umrichters:

Der Umrichter muss gemäß Diagramm 1 einen Kurzzeitstrom I_{Kurzzeit} von 730 A liefern können. Er benötigt deshalb einen Grundlaststrom I_H von mindestens

$$I_{\text{Kurzzeit}} / 1,5 = 730 \text{ A} / 1,5 = 487 \text{ A}.$$

Daher wird der Umrichter mit den Bemessungsdaten $U = 690 \text{ V}$ und $I_n = 575 \text{ A}$ ausgewählt, der gemäß Katalog D 21.3 einen Grundlaststrom I_H von 514 A und somit einen Kurzzeitstrom I_{Kurzzeit} von $1,5 \cdot I_H = 771 \text{ A}$ aufweist. Die werkseitig eingestellte Pulsfrequenz bei Vektorregelung beträgt 1,25 kHz.

Es soll nun nachgerechnet werden, ob der gewählte Umrichter mit der Pulsfrequenz gemäß Werkseinstellung unter den oben angegebenen Bedingungen für den Pressenantrieb geeignet ist.

2. Überprüfung des stationären, periodischen Pressenbetriebs während der Phase T_2 :

2.1. Bestimmung des Strom-Derating-Faktors k_D während der Phase T_2 :

- k_{Temp} : 1,0 (Umgebungstemperatur $\leq 40 \text{ °C}$, Aufstellhöhe $< 1000 \text{ m}$, Schutzart IP20),
- k_{Puls} : 1,0 (Pulsfrequenz gemäß Werkseinstellung)
- k_{Parallel} : 1,0 (Keine Parallelschaltung von S120 Motor Modules)
- k_{IGBT} : Wegen des periodischen Pressenbetriebs während der Phase T_2 ist dieser Faktor zu berücksichtigen.

Aus Diagramm 1 ergibt sich während der Phase T_2 :

- Stromverhältnis $\Delta I = I_{\text{Kurzzeit}} / I_{\text{Grundlast}} = 400 \text{ A} / 150 \text{ A} = 2,67$.
- Lastspielperiode $T = T_{21} + T_{22} = 20 \text{ s}$.

Mit $\Delta I = 2,67$ und $T = 20 \text{ s}$ ergibt sich aus der Derating-Kennlinie 1, welche für den ausgewählten Umrichter SINAMICS S150 mit $U = 690 \text{ V}$ und $I_n = 575 \text{ A}$ gültig ist: $k_{\text{IGBT}} \approx 0,96$.

Damit errechnet sich der Strom-Derating-Faktor k_D zu

$$k_D = k_{\text{Temp}} \cdot k_{\text{Puls}} \cdot k_{\text{Parallel}} \cdot k_{\text{IGBT}} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,96 = 0,96 .$$

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

2.2. Bestimmung des zulässigen Kurzzeitstroms während der Phase T₂:

Mit dem Grundlaststrom $I_H = 514 \text{ A}$ und dem Derating-Faktor $k_D = 0,96$ ergibt sich der zulässige Kurzzeitstrom zu

$$I_{\text{Kurzzeit}} = 1,5 \cdot k_D \cdot I_H = 1,5 \cdot 0,96 \cdot 514 \text{ A} = 740 \text{ A}.$$

Dieser Wert ist deutlich größer als der geforderte maximale Motorstrom von 400 A während des stationären, periodischen Pressenbetriebs während der Phase T₂ und daher voll ausreichend.

2.3. Bestimmung des I²t-Wertes des Motorstroms während der Phase T₂:

Aus dem Zeitverlauf des Motorstroms gemäß Diagramm 1 ergibt sich der I²t-Wert zu

$$I^2t\text{-Wert} = \frac{1}{T_{21} + T_{22}} \cdot \left[\left(\frac{400 \text{ A}}{I_n \cdot k_D} \right)^2 \cdot T_{21} + \left(\frac{150 \text{ A}}{I_n \cdot k_D} \right)^2 \cdot T_{22} \right] \cdot 100 \%$$

$$I^2t\text{-Wert} = \frac{1}{10 \text{ s} + 10 \text{ s}} \cdot \left[\left(\frac{400 \text{ A}}{552 \text{ A}} \right)^2 \cdot 10 \text{ s} + \left(\frac{150 \text{ A}}{552 \text{ A}} \right)^2 \cdot 10 \text{ s} \right] \cdot 100 \%$$

$$I^2t\text{-Wert} = \frac{1}{20 \text{ s}} \cdot [5,25 \text{ s} + 0,738 \text{ s}] \cdot 100 \% = \frac{5,99 \text{ s}}{20 \text{ s}} \cdot 100 \% = 30 \%$$

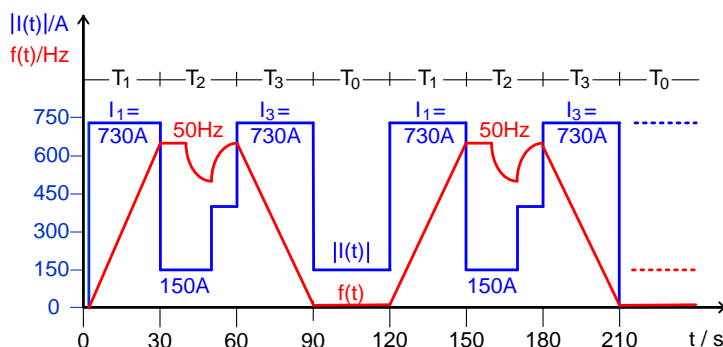
Der errechnete I²t-Wert von 30 % liegt weit unter dem Wert von 100 % und ist damit zulässig.

Somit ist der stationäre, periodische Pressenbetrieb während der Phase T₂ sowohl hinsichtlich des Kurzzeitstroms als auch hinsichtlich des I²t-Wertes zulässig.

3. Überprüfung des Anfahrens und Anhaltens des Schwungrades:

Das Anfahren und Anhalten des Schwungrades tritt im Produktionsbetrieb einer Presse eher selten auf, so dass man geneigt sein könnte, diese Vorgänge als seltene Vorgänge einzustufen, die hinsichtlich der Lebensdauer der IGBTs im Leistungsteil nicht relevant sind.

In der Praxis können jedoch beim Einrichtbetrieb nach einem Werkzeugwechsel oder bei Einarbeitungspressen, in denen neue Werkzeuge eingearbeitet werden, immer wieder längere Betriebsphasen auftreten, in denen das Schwungrad über Zeiträume von Stunden oder sogar Tagen periodisch angefahren und angehalten wird. Damit können sich in dem vorliegenden Beispiel periodische Betriebszustände gemäß Diagramm 2 ergeben, die zu sehr starken Temperaturhüben ΔT_{Chip} im IGBT führen und die IGBT-Lebensdauer deutlich reduzieren können.



- T₀ : Stillstand des Schwungrades
- T₁ : Anfahren (Beschleunigen) des Schwungrads
- T₂ : kurzer Pressenbetrieb mit wenigen Hüben
- T₃ : Anhalten (Abbremsen) des Schwungrads

Diagramm 2: Betrag des Motorstromes $|I(t)|$ und Motorfrequenz $f(t)$ beim periodischen Anfahren und Anhalten des Schwungrades

Wenn man davon ausgehen muss, dass diese periodischen Betriebszustände mehr als ca. 1 % bis max. 2 % der Gesamtbetriebsdauer der Presse ausmachen, was bei sehr vielen Schwungradpressen der Fall ist, sind sie als periodisches Lastspiel einzustufen. Damit ist bei der Projektierung der Strom-Derating-Faktor k_{IGBT} zu berücksichtigen, um eine Reduktion der IGBT-Lebensdauer zu vermeiden.

3.1. Bestimmung des Strom-Derating-Faktors k_D während des periodischen Anfahrens und Anhaltens:

- k_{Temp} : 1,0 (Umgebungstemperatur ≤ 40 °C, Aufstellhöhe < 1000 m, Schutzart IP20),
- k_{Puls} : 1,0 (Pulsfrequenz gemäß Werkseinstellung)
- $k_{Parallel}$: 1,0 (Keine Parallelschaltung von S120 Motor Modules)
- k_{IGBT} : Wegen des periodischen Anfahrens und Anhaltens ist dieser Faktor zu berücksichtigen.

Aus Diagramm 2 ergibt sich:

- Stromverhältnis $\Delta I = I_{Kurzzeit} / I_{Grundlast} = 730 \text{ A} / 150 \text{ A} = 4,87$.
- Lastspiellänge $T = T_0 + T_1 + T_2 + T_3 = 120 \text{ s}$.

Mit $\Delta I = 4,87$ u. $T = 120 \text{ s}$ ergibt sich aus der Derating-Kennlinie 1, welche für den ausgewählten Umrichter SINAMICS S150 mit $U = 690 \text{ V}$ und $I_n = 575 \text{ A}$ gültig ist: $k_{IGBT} \approx 0,91$.

Damit errechnet sich der Strom-Derating-Faktor k_D zu

$$k_D = k_{Temp} \cdot k_{Puls} \cdot k_{Parallel} \cdot k_{IGBT} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,91 = 0,91$$

3.2. Bestimmung des zulässigen Kurzzeitstroms während des periodischen Anfahrens und Anhaltens:

Mit dem Grundlaststrom $I_H = 514 \text{ A}$ und dem Derating-Faktor $k_D = 0,91$ ergibt sich der zulässige Kurzzeitstrom zu

$$I_{Kurzzeit} = 1,5 \cdot k_D \cdot I_H = 1,5 \cdot 0,91 \cdot 514 \text{ A} = 702 \text{ A}$$

Dieser Wert ist kleiner als der geforderte maximale Motorstrom von 730 A während des periodischen Anfahrens und Anhaltens und daher nicht zulässig im Hinblick auf die IGBT-Lebensdauer.

Daher ist der zunächst ausgewählte Umrichter mit den Bemessungsdaten $U = 690 \text{ V}$ und $I_n = 575 \text{ A}$, der gemäß Katalog D 21.3 einen Grundlaststrom I_H von 514 A und somit einen Kurzzeitstrom $I_{Kurzzeit}$ von $1,5 \cdot I_H = 771 \text{ A}$ aufweist, nicht geeignet im Hinblick auf eine akzeptable Lebensdauer, so dass der nächst größere Umrichter mit den Bemessungsdaten $U = 690 \text{ V}$ und $I_n = 735 \text{ A}$ einzusetzen ist, dessen werkseitig eingestellte Pulsfrequenz bei Vektorregelung ebenfalls 1,25 kHz beträgt. Die Nachrechnung erfolgt nach demselben Prinzip wie oben beschrieben (Bestimmung des Kurzzeitstroms u. I^2t -Berechnung). Sie bestätigt die getroffene Auswahl, wird hier aber nicht mehr im Detail dargestellt.

Anmerkungen zum Berechnungsbeispiel 3:

Um die unvermeidlichen Temperaturschwankungen aufgrund der verschiedenen Belastungszustände innerhalb des Lastspiels so gering wie irgend möglich zu halten, empfiehlt es sich hier, nicht nur die Projektierung des Antriebs nach den zuvor beschriebenen Kriterien vorzunehmen, sondern zusätzlich bei der Inbetriebnahme die folgenden Punkte zu beachten, weil sich bei der Projektierung ein Strom-Derating-Faktor $k_{IGBT} < 1,0$ ergeben hat:

Der Antrieb ist entweder mit der projektierten Pulsfrequenz in Betrieb zu nehmen, welche im vorliegenden Beispiel der Werkseinstellung entspricht, oder mit sinnvoll gewählten, stromabhängigen Pulsfrequenzumschaltungen.

Zur zusätzlichen Reduktion der Temperaturhöhe ΔT_{Chip} stellen stromabhängige Pulsfrequenzumschaltungen die beste Lösung dar. Denn in den Betriebszuständen mit sehr hohem Strom kann der Temperaturanstieg minimiert werden, indem der Umrichter mit möglichst niedriger Pulsfrequenz betrieben wird (Werkseinstellung). In den Betriebszuständen mit sehr niedrigem Strom kann der Temperaturrückgang minimiert werden, indem der Umrichter mit möglichst hoher Pulsfrequenz betrieben wird. Als Resultat dieser stromabhängigen Pulsfrequenzumschaltungen ergibt sich eine Reduktion der Temperaturschwankungen und somit eine Erhöhung der Lebensdauer der IGBTs.

Auf keinen Fall sollte – z. B. zur Reduktion der Motorgeräusche – eine generelle, von den verschiedenen Belastungszuständen unabhängige Erhöhung der projektierten Pulsfrequenz unter Verwendung einer Überlastreaktion mit Reduktion der Pulsfrequenz ($p290 = 2$ oder 3) erfolgen. Denn hohe Ströme führen in Kombination mit einer erhöhten Pulsfrequenz wegen der hohen Verlustleistung sehr schnell zum Eingreifen der Überlastreaktion. Diese Überlastreaktion erfolgt jedoch erst beim Erreichen eines sehr hohen Niveaus der Chip-Temperatur der IGBTs, um das Leistungsteil möglichst lange mit der erhöhten Pulsfrequenz betreiben zu können. Somit maximiert diese Betriebsart mit temperaturabhängiger Pulsfrequenzumschaltung die Temperaturhöhe ΔT_{Chip} in den IGBTs. Sie ist damit bei Lastspielen mit starken Laststromschwankungen – wie sie in diesem Beispiel vorliegen – nicht geeignet im Hinblick auf die Reduktion der Temperaturschwankungen und bzw. die Erhöhung der Lebensdauer.

1.13.4 Thermische Überwachung des Leistungsteils

Sowohl im Dauerbetrieb als auch bei Lastspielen erfolgt die thermische Überwachung des Leistungsteils bei SINAMICS-Geräten G130, G150, S150 sowie S120 Motor Modules (Chassis und Cabinet Modules) auf drei verschiedene Arten:

- Überwachung des Ausgangsstromes durch I^2t -Rechnung (Leistungsteil Überlast I2t, r0036),
- Überwachung der Kühlkörpertemperatur durch direkte Temperaturmessung (r0037[0]),
- Überwachung der Chip-Temperatur der IGBTs (r0037[1]) durch das Thermische Modell, welches basierend auf der gemessenen Kühlkörpertemperatur sowie weiteren elektrischen Größen wie Pulsfrequenz, Zwischenkreisspannung und Ausgangsstrom, die Temperatur der IGBT-Chips exakt berechnet.

Wird durch diese Überwachungen eine Überlast des Leistungsteils festgestellt, so erfolgt eine Überlastreaktion gemäß Einstellung des Parameters p0290. Folgende Überlastreaktionen sind in p0290 für Leistungsteile der Bauform Chassis parametrierbar:

- 0: Ausgangsstrom reduzieren.
- 1: Keine Reduktion, Abschalten bei Erreichen der Überlastschwelle.
- 2: Pulsfrequenz und Ausgangsstrom reduzieren.
- 3: Pulsfrequenz reduzieren.
- 12: Automatische Pulsfrequenz- und Ausgangsstromreduktion.
- 13: Automatische Pulsfrequenzreduktion.

Durch die parametrierbare Überlastreaktion ist es in vielen Anwendungen möglich, eine unmittelbare Störabschaltung bei kurzzeitiger Überlastung des Leistungsteils zu vermeiden. So ist es z. B. bei vielen Pumpen- und Lüfteranwendungen tolerierbar, wenn die Fördermenge kurzfristig aufgrund der Reduktion des Ausgangsstromes etwas absinkt. Arbeitet der Antrieb – z. B. um die Motorgeräusche niedrig zu halten – mit einer gegenüber der Werkseinstellung erhöhten Pulsfrequenz, so kann als Überlastreaktion die Pulsfrequenz abgesenkt werden, was keinen Einfluss auf die Fördermenge hat.

Kann die parametrisierte Überlastreaktion die Überlastung nicht ausreichend verringern, so erfolgt auf jeden Fall eine Störabschaltung zum Schutz des Leistungsteils. Damit ist eine unmittelbare Zerstörung des Leistungsteils aufgrund zu hoher Temperaturen im IGBT in allen Betriebszuständen ausgeschlossen.

Allerdings machen diese in den SINAMICS-Geräten implementierten Schutzmechanismen eine exakte Projektierung des Umrichters hinsichtlich des Lastprofils zwingend erforderlich, damit der Antrieb seine Aufgabe erfüllen kann, ohne durch das Eingreifen der Überlastreaktion daran gehindert zu werden.

1.13.5 Betrieb der Umrichter mit erhöhter Pulsfrequenz

Die technischen Daten in den Katalogen und Betriebsanleitungen, insbesondere

- der Bemessungs-Ausgangsstrom I_n ,
- die Grundlastströme I_L und I_H sowie die gemäß den Lastspieldefinitionen zugehörigen Kurzzeitströme,
- der maximale Ausgangsstrom I_{max} ,
- und die angegebenen Typeleistungen

beziehen sich stets auf den Betrieb der Umrichter bzw. Wechselrichter mit werkseitig eingestellter Pulsfrequenz.

Wird bei Umrichtern G130, G150 und S150 sowie bei Wechselrichtern S120 (Chassis und Cabinet Modules) die Pulsfrequenz gegenüber der Werkseinstellung erhöht, so nehmen die Schaltverluste im Wechselrichter proportional zur Pulsfrequenz zu, was bei voller Auslastung des Wechselrichters in der Regel zur thermischen Überlastung des Leistungsteils führt.

Um die thermische Überlastung des Leistungsteils bei erhöhter Pulsfrequenz zu vermeiden, können unterschiedliche Strategien genutzt werden, die von der Einstellung der Überlastreaktion im Parameter p0290 abhängig sind und im Folgenden beschrieben werden.

Dabei ist zu beachten, dass die in den gerätespezifischen Kapiteln angegebenen Strom-Derating-Faktoren k_{Puls} für erhöhte Pulsfrequenzen bei der I^2t -Rechnung zur Überwachung der Auslastung des Wechselrichters grundsätzlich unberücksichtigt bleiben. Damit bleiben alle Ströme, d. h. der Bemessungs-Ausgangsstrom I_n , die Grundlastströme I_L und I_H sowie der maximale Ausgangsstrom I_{max} unverändert und stehen somit auch bei erhöhter Pulsfrequenz grundsätzlich erst einmal zur Verfügung. Der Wechselrichter kann damit prinzipiell auch bei erhöhter Pulsfrequenz bezüglich der Stromgrenzen so ausgenutzt werden wie bei der Pulsfrequenz gemäß Werkseinstellung.

Dies gilt aus thermischen Gründen jedoch nur unter der Voraussetzung, dass die entsprechenden Ströme entweder nur relativ kurzfristig genutzt werden oder die weiter unten beschriebenen Einflussparameter – wie z. B. die Umgebungstemperatur – entsprechend günstige Werte aufweisen.

Da bei erhöhter Pulsfrequenz die Strom-Derating-Faktoren k_{Puls} bei der I^2t -Rechnung zur Überwachung der Auslastung des Wechselrichters unberücksichtigt bleiben, erfolgt der Schutz des Wechselrichters bei erhöhter Pulsfrequenz praktisch nur noch durch die Überwachung der Kühlkörpertemperatur und der Chip-Temperatur der IGBTs.

1. Überlastreaktionen ohne Reduktion der Pulsfrequenz (p0290 = 0 oder 1)

In diesem Fall ist als Überlastreaktion die Reduktion der erhöhten Pulsfrequenz ausgeschlossen. Möglich sind nur die Reduktion des Ausgangsstromes des Wechselrichters (p0290 = 0) oder die sofortige Abschaltung des Wechselrichters (p0290 = 1).

Diese Überlastreaktionen sind z. B. dann zu wählen, wenn aufgrund der geforderten hohen Ausgangsfrequenz des Antriebes eine Pulsfrequenzreduktion nicht erlaubt ist oder wenn durch den Einsatz eines Sinusfilters die Pulsfrequenz nicht verändert werden darf.

Überlastreaktionen ohne Reduktion der Pulsfrequenz stellen jedoch für nahezu alle Anwendungen einen ganz erheblichen Eingriff in den ordnungsgemäßen Betrieb dar. Sie müssen daher durch entsprechende Projektierung sicher vermieden werden.

Dies lässt sich dadurch erreichen, dass die bei erhöhter Pulsfrequenz erhöhten Schaltverluste durch Absenkung der Durchlassverluste, d. h. durch Absenkung des Ausgangsstromes, kompensiert werden (Strom-Derating).

Hierzu sind bei der Projektierung die in den gerätespezifischen Kapiteln für verschiedene Pulsfrequenzen angegebenen Strom-Derating-Faktoren k_{Puls} sowohl für den Dauerbetrieb als auch für Lastspiele anzuwenden. Werden Strom-Derating-Faktoren k_{Puls} für Pulsfrequenzen benötigt, die nicht in den Tabellen angegeben sind, so lassen sich diese durch lineare Interpolation zwischen den angegebenen Tabellenwerten ermitteln.

Für den stationären Dauerbetrieb ist der Bemessungs-Ausgangsstrom I_n gemäß dem Strom-Derating-Faktor k_{Puls} zu reduzieren. Bei Lastspielen sind die Grundlastströme I_L und I_H sowie der maximale Ausgangsstrom I_{max} gemäß dem Strom-Derating-Faktor k_{Puls} zu reduzieren.

Durch diese Vorgehensweise bei der Projektierung wird eine thermische Überlastung des Leistungsteils aufgrund der erhöhten Pulsfrequenz sicher ausgeschlossen und das Eingreifen der Überlastreaktion sicher vermieden.

2. Überlastreaktionen mit Reduktion der Pulsfrequenz (p0290 = 2, 3, 12 oder 13)

In diesem Fall wird als Überlastreaktion zunächst die Pulsfrequenz des Wechselrichters reduziert und – falls dies nicht ausreichen sollte – zusätzlich der Ausgangsstrom (p0290 = 2 oder 12). Oder es wird nur die Pulsfrequenz reduziert (p0290 = 3 oder 13). Dabei ist zu beachten, dass eine Pulsfrequenzreduktion nur dann möglich ist, wenn das Leistungsteil nicht bereits mit der minimalen Pulsfrequenz betrieben wird. Außerdem ist eine Pulsfrequenzreduktion immer nur um den Faktor zwei möglich.

Die Werkseinstellung der Überlastreaktion bei Antrieben mit Vektorregelung oder U/f-Steuerung (Antriebsobjekte des Typs Vector) ist p0290 = 2 bis einschließlich Firmware-Version 5.1 und p0290 = 12 ab Firmware-Version 5.2. Im Unterschied zu p0290 = 2, wo die Pulsfrequenz erst beim tatsächlichen Erreichen der Chip-Temperatur-Warnschwelle reduziert wird, wird die Chip-Temperatur bei p0290 = 12 aufgrund der aktuellen Belastung bewertet, d. h., vorausschauend hochgerechnet. Überschreitet diese hochgerechnete Chip-Temperatur die Chip-Temperatur-Warnschwelle, so erfolgt vorbeugend eine Reduzierung der Pulsfrequenz bis auf ein zulässiges Minimum. Im Gegensatz zum Einstellwert 2 wird die Reduktion der Pulsfrequenz also schon vorbeugend vor dem tatsächlichen Erreichen der Chip-Temperatur-Warnschwelle vorgenommen. Eine Reduktion des Ausgangsstromes findet nur statt, wenn die tatsächliche Chip-Temperatur über die Chip-Temperatur-Warnschwelle steigt. Mit p0290 = 13 wird nur die Pulsfrequenz vorbeugend reduziert.

Überlastreaktionen mit Reduktion der Pulsfrequenz können z. B. dann sinnvoll genutzt werden, wenn die erhöhte Pulsfrequenz ausschließlich zur Reduktion der Motorgeräusche bei regelungstechnisch eher einfachen Anwendungen dient und daher das gelegentliche Eingreifen der Überlastreaktion vom Antrieb bzw. vom Prozess problemlos toleriert wird.

Überlastreaktionen mit Reduktion der Pulsfrequenz stellen zwar keinen nennenswerten Eingriff in den ordnungsgemäßen Betrieb dar, dennoch sollte durch entsprechende Projektierung angestrebt werden, dass diese Überlastreaktionen möglichst selten und im Idealfall gar nicht auftreten.

Dies lässt sich prinzipiell wiederum dadurch erreichen, dass die bei erhöhter Pulsfrequenz erhöhten Schaltverluste durch Absenkung der Durchlassverluste, d. h. durch Absenkung des Ausgangsstromes, kompensiert werden. Damit sind bei der Projektierung zunächst wieder die Strom-Derating-Faktoren k_{Puls} der gerätespezifischen Kapitel sowohl für den Dauerbetrieb als auch für Lastspiele heranzuziehen.

Bei Überlastreaktionen mit Reduktion der Pulsfrequenz kann jedoch der Umstand sinnvoll genutzt werden, dass die Strom-Derating-Faktoren k_{Puls} von mehreren Einflussparametern abhängen, die in vielen Anwendungen günstigere Werte aufweisen als die, welche in den Strom-Derating-Faktoren k_{Puls} berücksichtigt sind. Die Einflussparameter und deren in den Strom-Derating-Faktoren k_{Puls} berücksichtigte Werte sind:

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

- **Netzspannung U_{Netz} :**
In k_{Puls} berücksichtigt: Maximale Netzspannung
- **Umgebungstemperatur T_U :**
In k_{Puls} berücksichtigt: Maximale Umgebungstemperatur von 40 °C
- **Minimale, betriebsmäßig genutzte Ausgangsfrequenz $f_{A-\text{min}}$:**
In k_{Puls} berücksichtigt: Minimale, betriebsmäßig genutzte Ausgangsfrequenz von 10 Hz

Bei abweichenden Werten der Einflussparameter (z. B. geringe Netzspannung, niedrige Umgebungstemperatur oder relativ geringer Drehzahlstellbereich mit hoher, minimal genutzter Ausgangsfrequenz) können die Strom-Derating-Faktoren k_{Puls} für Pulsfrequenzen gemäß der doppelten Werkseinstellung in Abhängigkeit von den Einflussparametern abgeschwächt werden, so dass das Strom-Derating bei Pulsfrequenzen mit doppelter Werkseinstellung teilweise oder sogar vollständig vermieden werden kann.

Im Folgenden ist die Vorgehensweise für luftgekühlte Umrichter und Wechselrichter beschrieben (flüssigkeitsgekühlte Wechselrichter auf Anfrage).

Der bei Pulsfrequenzen gemäß der doppelten Werkseinstellung praktisch zu berücksichtigende Strom-Derating-Faktor $k_{\text{Puls-2fach}}$ berechnet sich aus dem entsprechenden Strom-Derating-Faktor k_{Puls} gemäß den Tabellen in den gerätespezifischen Kapiteln für Pulsfrequenzen gemäß der doppelten Werkseinstellung zu

$$k_{\text{Puls-2fach}} = k_{\text{Puls}} \cdot \left(1 + 0,5 \cdot \frac{U_{\text{Netz-max}} - U_{\text{Netz}}}{U_{\text{Netz-max}}} \right) \cdot \left(1 + 0,2 \cdot \frac{40^\circ\text{C} - T_U}{40^\circ\text{C}} \right) \cdot \left(1 + 0,05 \cdot \frac{f_{A-\text{min}} - 10 \text{ Hz}}{50 \text{ Hz}} \right).$$

Hierin ist:

- $k_{\text{Puls-2fach}}$ Praktisch zu berücksichtigender Strom-Derating-Faktor bei Pulsfrequenzen gemäß der doppelten Werkseinstellung.
- k_{Puls} Strom-Derating-Faktor gemäß den Tabellen in den gerätespezifischen Kapiteln für Pulsfrequenzen gemäß der doppelten Werkseinstellung.
- $U_{\text{Netz-max}}$ Maximale Netzspannung:
480 V für Geräte mit den Anschlussspannungsbereichen: 3AC 380 V – 480 V
DC 510 V – 720 V
690 V für Geräte mit den Anschlussspannungsbereichen: 3AC 500 V – 600 V
3AC 660 V – 690 V
3AC 500 V – 690 V
DC 675 V – 1035 V
- U_{Netz} Netzspannung am Aufstellort.
- T_U Umgebungstemperatur am Aufstellort:
Zulässiger Wertebereich im Rahmen der oben angegebenen Formel: $T_U = 10 \text{ °C} - 40 \text{ °C}$.
- $f_{A-\text{min}}$ Minimale, betriebsmäßig genutzte Ausgangsfrequenz:
Zulässiger Wertebereich im Rahmen der oben angegebenen Formel: $f_{A-\text{min}} = 10 \text{ Hz} - 50 \text{ Hz}$.

Hinweise:

- Die Berechnungsformel gilt nur für Pulsfrequenzen gemäß der doppelten Werkseinstellung. Für höhere Pulsfrequenzen sind die Strom-Derating-Faktoren der gerätespezifischen Kapitel unverändert anzuwenden, weil hier die Abschwächung der Strom-Derating-Faktoren in Abhängigkeit von den Einflussparametern nur noch sehr gering und daher in der Regel vernachlässigbar ist.
- Wenn sich bei günstigen Werten der Einflussparameter ein Strom-Derating-Faktor $k_{\text{Puls-2fach}} > 100\%$ ergibt, so ist $k_{\text{Puls-2fach}} = 100\%$ zu setzen, da ein dauerhafter Betrieb der Wechselrichter mit Strömen größer als I_n aufgrund der I^2t -Überwachung grundsätzlich nicht möglich ist.
- Tritt als Überlastreaktion eine Pulsfrequenzreduktion auf, z. B. weil die projektierte Umgebungstemperatur zeitweise überschritten wird, so bringt diese Pulsfrequenzumschaltung gewisse Einschwingvorgänge in Strom und Drehmoment mit sich, ähnlich wie die Pulsmusterumschaltung zwischen der Raumzeigermodulation RZM und der Flankenmodulation FLM. Diese Einschwingvorgänge muss der Antrieb aus regelungstechnischer Sicht tolerieren können. Daher sind Überlastreaktionen mit Reduktion der Pulsfrequenz im Wesentlichen für regelungstechnisch eher unkritische Anwendungen sinnvoll, wie z. B. für Pumpen- und Lüfterantriebe, oder es muss durch die Projektierung absolut sichergestellt werden, dass die Bedingungen zum Eingreifen der Überlastreaktion praktisch nicht auftreten können.
- Durch die Pulsfrequenzreduktion wird die Stromwelligkeit erhöht. Dies kann bei kleinem Trägheitsmoment eine Vergrößerung der Drehmomentwelligkeit an der Motorwelle zur Folge haben und auch zu einer Erhöhung der Motorgeräusche führen. Auf die Dynamik des Stromregelkreises hat die Reduktion der Pulsfrequenz keinen Einfluss, da die Abtastzeit der Stromregelung konstant bleibt.
- Bei periodischen Lastspielen ist zu beachten, dass hohe Ströme bis hin zum Maximalstrom I_{max} in Kombination mit erhöhten Pulsfrequenzen wegen der hohen Verlustleistung sehr schnell zum Eingreifen der Überlastreaktion führen und es daher zu periodischen Pulsfrequenzumschaltungen mit sehr hohen Temperaturhüben ΔT_{Chip} in den IGBTs kommt, so dass sich negative Auswirkungen auf die Lebensdauer der Leistungsteile ergeben. Diese hohen Temperaturhübe und deren Auswirkungen auf die Lebensdauer lassen sich zwar mit den Einstellungen p0290 = 12 oder 13 aufgrund der vorbeugenden Reduzierung der Pulsfrequenz minimieren. Dennoch wird dringend empfohlen, bei der Projektierung von periodischen Lastspielen mit hoher Überlast generell die Strom-Derating-Faktoren k_{Puls} gemäß den Tabellen in den gerätespezifischen Kapiteln anzuwenden und auf Überlastreaktionen mit Reduktion der Pulsfrequenz zu verzichten. Dies gilt insbesondere dann, wenn bei der Projektierung gemäß dem Abschnitt „Beliebige Lastspiele“ der Strom-Derating-Faktor $k_{\text{IGBT}} < 1,0$ ist.

Berechnungsbeispiel:

Ein Pumpenantrieb soll von einem Umrichter SINAMICS G150 gespeist werden. Der Antrieb wird von einem 500 V-Netz versorgt und bei einer maximalen Umgebungstemperatur von 30 °C betrieben. Der Drehzahlstellbereich ist relativ gering, so dass der Antrieb betriebsmäßig nur den Ausgangsfrequenzbereich zwischen 30 Hz und 50 Hz nutzt. Aufgrund der Lastanforderungen ist ein Umrichter SINAMICS G150 mit einer Typeistung von 200 kW bei 500 V erforderlich, der bei der Pulsfrequenz von 1,25 kHz gemäß Werkseinstellung einen Bemessungs-Ausgangsstrom von 330 A aufweist.

Da die Motorgeräusche möglichst niedrig gehalten werden sollen, wird eine Pulsfrequenz von mindestens 2,5 kHz gefordert.

Es ist zu überprüfen, ob bzw. wieviel der Umrichter überdimensioniert werden muss, wenn er mit der werkseitig eingestellten Überlastreaktion p0290 = 2 bei einer Pulsfrequenz von 2,5 kHz unter den angegebenen Randbedingungen betrieben werden soll.

Der praktisch zu berücksichtigende Strom-Derating-Faktor $k_{\text{Puls-2fach}}$ berechnet zu

$$k_{\text{Puls-2fach}} = k_{\text{Puls}} \cdot \left(1 + 0,5 \cdot \frac{U_{\text{Netz-max}} - U_{\text{Netz}}}{U_{\text{Netz-max}}} \right) \cdot \left(1 + 0,2 \cdot \frac{40^\circ\text{C} - T_U}{40^\circ\text{C}} \right) \cdot \left(1 + 0,05 \cdot \frac{f_{A-\text{min}} - 10 \text{ Hz}}{50 \text{ Hz}} \right).$$

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Mit

- $k_{Puls} = 82\%$
(laut Derating-Tabelle gemäß dem Kapitel „Projektierung der Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS G150“),
 - $U_{Netz-max} = 690\text{ V}$ für SINAMICS G150 mit dem Anschlussspannungsbereich 3AC 500 V – 600 V,
(laut Legende zur Berechnungsformel auf der vorhergehenden Seite),
 - $U_{Netz} = 500\text{ V}$,
 - $T_U = 30\text{ °C}$
- und
- $f_{A-min} = 30\text{ Hz}$

ergibt sich

$$k_{Puls-2fach} = 82\% \cdot \left(1 + 0,5 \cdot \frac{690\text{ V} - 500\text{ V}}{690\text{ V}}\right) \cdot \left(1 + 0,2 \cdot \frac{40\text{ °C} - 30\text{ °C}}{40\text{ °C}}\right) \cdot \left(1 + 0,05 \cdot \frac{30\text{ Hz} - 10\text{ Hz}}{50\text{ Hz}}\right)$$

$$k_{Puls-2fach} = 82\% \cdot (1,138) \cdot (1,05) \cdot (1,02)$$

$$k_{Puls-2fach} = 82\% \cdot 1,219$$

$$k_{Puls-2fach} = 99,96\%$$

Mit dem praktisch zu berücksichtigenden Strom-Derating-Faktor $k_{Puls-2fach} = 99,96\%$, der nahezu 100 % entspricht, ist faktisch kein Strom-Derating beim Betrieb mit einer Pulsfrequenz von 2,5 kHz erforderlich, so dass der Umrichter dauerhaft mit seinem Bemessungs-Ausgangsstrom von 330 A betrieben werden kann und somit keine Überdimensionierung des Umrichters nötig ist.

Selbst wenn im Betrieb einmal kurzfristig die Umgebungstemperatur von 30 °C überschritten oder die minimale betriebsmäßige Ausgangsfrequenz von 30 Hz unterschritten werden sollte, wird als Überlastreaktion nur die Pulsfrequenz auf die Werkseinstellung von 1,25 kHz reduziert. Die ordnungsgemäße Funktion des Antriebes ist damit weiterhin gewährleistet. Lediglich die Motorgeräusche steigen während des Betriebs mit reduzierter Pulsfrequenz an, was kurzfristig in aller Regel tolerierbar ist.

1.14 Umrichter-Wirkungsgrade bei Voll- und Teillast

In vielen Anwendungen lassen sich durch den Einsatz drehzahlveränderbarer Antriebe anstelle von herkömmlichen Antriebslösungen Energieeinsparungen erzielen. Insbesondere bei Pumpen- und Lüfterantrieben mit quadratischer Lastkennlinie können drehzahlveränderbare Antriebssysteme im Teillastbetrieb erhebliche Energieeinsparungen mit sich bringen, weil diese Antriebssysteme in einem sehr weiten Drehzahlbereich geringe Verluste und somit einen guten Wirkungsgrad aufweisen. Um diese Einsparungen quantifizieren zu können, sind genaue Angaben über die Verluste bzw. Wirkungsgrade von Umrichter und Motor in Abhängigkeit von der Last und der Drehzahl erforderlich.

Daher werden im Folgenden die Umrichter-Verluste bzw. Umrichter-Wirkungsgrade für alle in diesem Projektierungshandbuch behandelten SINAMICS-Geräte bei Voll- und Teillast angegeben.

Hinweis:

Die Berechnung der Teillastverluste/-wirkungsgrade beruht auf einem für die SINAMICS-Geräte spezifischen Berechnungsverfahren, welches mit wenigen Gerätedaten und relativ geringem Aufwand für alle SINAMICS-Geräte zu einem hinreichend genauen Ergebnis kommt, mit dem weitere Projektierungsaufgaben zuverlässig erledigt werden können, wie zum Beispiel die Ermittlung des erforderlichen Klimatisierungsbedarfs. Dieses Verfahren unterscheidet sich in der Vorgehensweise jedoch von der europäischen Norm EN 50598, welche seit 2015 die Ökodesignanforderungen (Energieeffizienz und Ökobilanzierung) für elektrische Antriebssysteme (Motorsysteme/Power-Drive-Systeme (PDS)) in einer elektrisch angetriebenen Arbeitsmaschine im Niederspannungsbereich festlegt. Gewisse Abweichungen zu den Ergebnissen gemäß EN 50598 sind daher möglich.

Definition des Wirkungsgrades

Der Wirkungsgrad ist definiert als das Verhältnis der am Ausgang abgegebenen elektrischen Wirkleistung P_A zur am Eingang aufgenommenen elektrischen Wirkleistung P_E . Berücksichtigt man, dass die am Eingang aufgenommene elektrische Wirkleistung P_E um die Verlustleistung P_V größer ist als die am Ausgang abgegebene elektrische Wirkleistung P_A , so erhält man für den Wirkungsgrad η die allgemeingültige Beziehung

$$\eta = \frac{P_A}{P_E} = \frac{P_A}{P_A + P_V} \quad (1)$$

1.14.1 Umrichter-Wirkungsgrade bei Volllast

Die Ermittlung des Umrichter-Wirkungsgrades η_{100} bei Volllast basiert auf dem Betrieb des Umrichters mit einem Motor, der hinsichtlich Bemessungsspannung und Bemessungsstrom an die Bemessungsdaten des Umrichters angepasst ist und in seinem Bemessungspunkt betrieben wird. Zur Berechnung des Wirkungsgrades η_{100} in diesem Betriebspunkt muss die am Ausgang des Umrichters abgegebene Wirkleistung P_{A-100} sowie die Verlustleistung P_{V-100} des Umrichters bestimmt werden.

Die abgegebene elektrische Wirkleistung P_{A-100} am Ausgang des Umrichters bei Volllast ist

$$P_{A-100} = \sqrt{3} \cdot U_{A-100} \cdot I_{A-100} \cdot \cos \varphi_{Mot} \cdot$$

Die Ausgangsspannung U_{A-100} ist bei SINAMICS-Umrichtern mit Vektorregelung unter Verwendung der Flankenmodulation nahezu gleich der eingangsseitig anliegenden Netzspannung U_{Netz} . Der Ausgangsstrom I_{A-100} ist der Bemessungs-Ausgangsstrom I_{A-n} des Umrichters und der Leistungsfaktor $\cos \varphi_{Mot}$ ist der Leistungsfaktor eines Motors, der hinsichtlich Bemessungsspannung und Bemessungsstrom an die Bemessungsdaten des Umrichters angepasst ist und in seinem Bemessungspunkt betrieben wird. Damit ergibt sich die abgegebene elektrische Wirkleistung P_{A-100} am Ausgang des Umrichters bei Volllast zu

$$P_{A-100} \approx \sqrt{3} \cdot U_{Netz} \cdot I_{A-n} \cdot \cos \varphi_{Mot} \cdot \quad (2)$$

Die Verlustleistung P_{V-100} des Umrichters bei Volllast ist ein gerätespezifischer Wert und entweder den Katalogen D 11 bzw. D 21.3 oder den Betriebsanleitungen zu entnehmen.

Der Wirkungsgrad des Umrichters η_{100} bei Volllast berechnet sich aus der abgegebenen elektrischen Wirkleistung P_{A-100} und der Verlustleistung P_{V-100} zu

$$\eta_{100} = \frac{P_{A-100}}{P_{A-100} + P_{V-100}} \approx \frac{\sqrt{3} \cdot U_{Netz} \cdot I_{A-n} \cdot \cos \varphi_{Mot}}{\left(\sqrt{3} \cdot U_{Netz} \cdot I_{A-n} \cdot \cos \varphi_{Mot}\right) + P_{V-100}} \quad (3)$$

Mit dieser Formel lassen sich die Wirkungsgrade bei Volllast für die SINAMICS-Umrichter in Abhängigkeit von der Netzspannung und dem Leistungsfaktor des angeschlossenen Motors individuell berechnen.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Führt man die Wirkungsgradberechnung für die SINAMICS-Umrichter unter Zugrundelegung eines typischen Leistungsfaktors von $\cos\varphi_{\text{Mot}} = 0,88$ durch (4-polige Asynchronmotoren im Leistungsbereich von 100 kW bis 1000 kW), so erhält man folgende typische Umrichter-Wirkungsgrade bei Volllast:

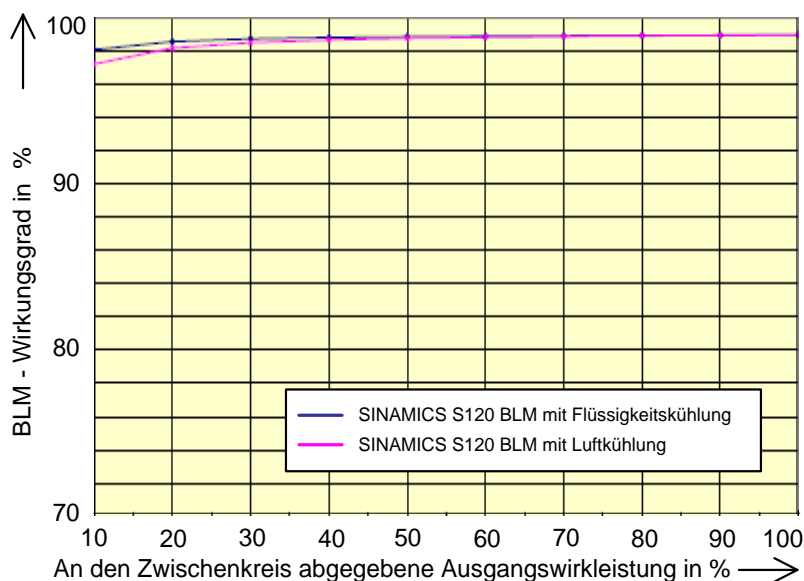
- SINAMICS G130 und G150 mit Pulsfrequenz gemäß Werkseinstellung: $\eta_{100} = 97,7 \% - 98,3 \%$.
- SINAMICS S150 mit Pulsfrequenz gemäß Werkseinstellung: $\eta_{100} = 96,0 \% - 96,5 \%$.

1.14.2 Umrichter-Wirkungsgrade bei Teillast

1.14.2.1 ---

1.14.2.2 Teillastwirkungsgrade der S120 Basic Line Modules

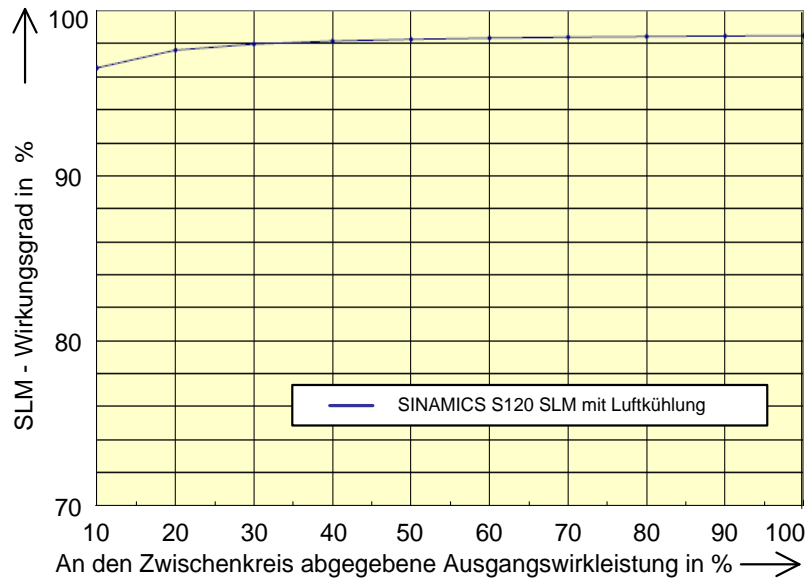
Im folgenden Bild sind die Teillastwirkungsgrade der luft- und flüssigkeitsgekühlten SINAMICS S120 Basic Line Modules angegeben, wobei den Berechnungen ein typischer Wirkungsgrad bei Volllast von 99 % zugrundegelegt ist. Die Darstellung des Wirkungsgrades erfolgt in Abhängigkeit von der bezogenen Ausgangswirkleistung P_A/P_{A-100} , die das BLM an die angeschlossenen SINAMICS S120 Motor Modules liefert.



Wirkungsgrad der luft- und flüssigkeitsgekühlten S120 Basic Line Modules in Abhängigkeit von der bezogenen Ausgangswirkleistung P_A/P_{A-100} in %

1.14.2.3 Teillastwirkungsgrade der S120 Smart Line Modules

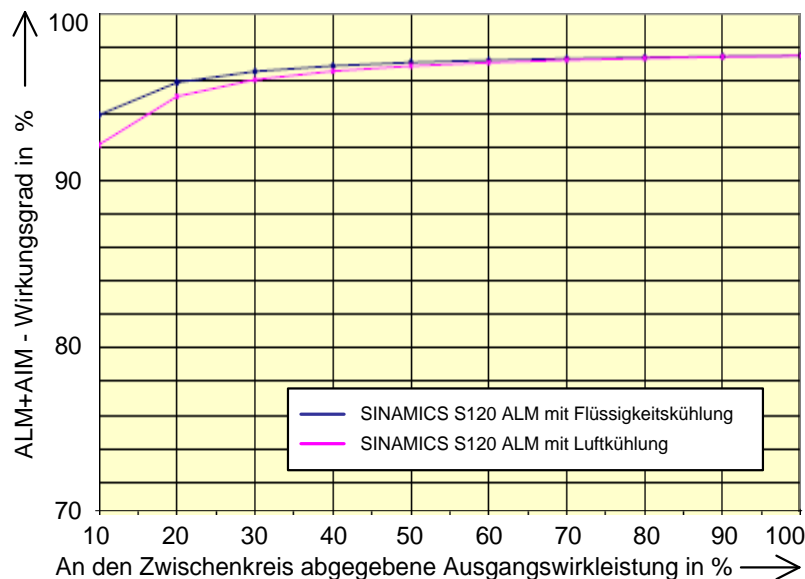
Im folgenden Bild sind die Teillastwirkungsgrade der luftgekühlten SINAMICS S120 Smart Line Modules angegeben, wobei den Berechnungen ein typischer Wirkungsgrad bei Volllast von 98,5 % zugrundegelegt ist. Die Darstellung des Wirkungsgrades erfolgt in Abhängigkeit von der bezogenen Ausgangswirkleistung P_A/P_{A-100} , die das SLM an die angeschlossenen SINAMICS S120 Motor Modules liefert oder von diesen aufnimmt und ins Netz zurückspeist.



Wirkungsgrad der luftgekühlten S120 Smart Line Modules in Abhängigkeit von der bezogenen Ausgangswirkleistung P_A/P_{A-100} in %

1.14.2.4 Teillastwirkungsgrade der S120 Active Line Modules + Active Interface Modules

Im folgenden Bild sind die Teillastwirkungsgrade der luft- und flüssigkeitsgekühlten SINAMICS S120 Active Line Modules einschließlich der zugehörigen luftgekühlten Active Interface Modules angegeben. Den Berechnungen sind typische Wirkungsgrade bei Volllast zugrundegelegt. Diese betragen 98,5 % bei Active Line Modules und 99 % bei den zugehörigen Active Interface Modules, was einem Gesamtwirkungsgrad $\eta_{100-(ALM+AIM)} = 97,5 \%$ entspricht. Die Darstellung des Wirkungsgrades erfolgt in Abhängigkeit von der bezogenen Ausgangswirkleistung P_A/P_{A-100} , die die ALM+AIM an die angeschlossenen SINAMICS S120 Motor Modules liefern oder von diesen aufnehmen und ins Netz zurückspeisen.



Wirkungsgrad der luft- und flüssigkeitsgekühlten S120 Active Line Modules einschließlich der zugehörigen luftgekühlten Active Interface Modules in Abhängigkeit von der bezogenen Ausgangswirkleistung P_A/P_{A-100} in %

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

1.14.2.5 Teillastwirkungsgrade der S120 Motor Modules

In den folgenden Bildern sind die Teillastwirkungsgrade der luftgekühlten SINAMICS S120 Motor Modules für Konstantmoment-Antriebe angegeben, wobei den Berechnungen ein typischer Wirkungsgrad bei Volllast von 98,5 % zugrundegelegt ist. Die Darstellung des Wirkungsgrades erfolgt in zwei unterschiedlichen Darstellungsformen. Einmal ist der Wirkungsgrad über der Ausgangsfrequenz aufgetragen mit dem Ausgangsstrom als Parameter, und einmal über dem Ausgangsstrom mit der Ausgangsfrequenz als Parameter.

Bild 1a) zeigt den Verlauf des Wirkungsgrades für Konstantmoment-Antriebe in Abhängigkeit von der bezogenen Ausgangsfrequenz f_A/f_{A-n} , die proportional zur bezogenen Motordrehzahl n/n_n ist. Parameter der Kurvenschar ist der bezogene Ausgangsstrom I_A/I_{A-n} , der proportional zum bezogenen Motordrehmoment M/M_n ist.

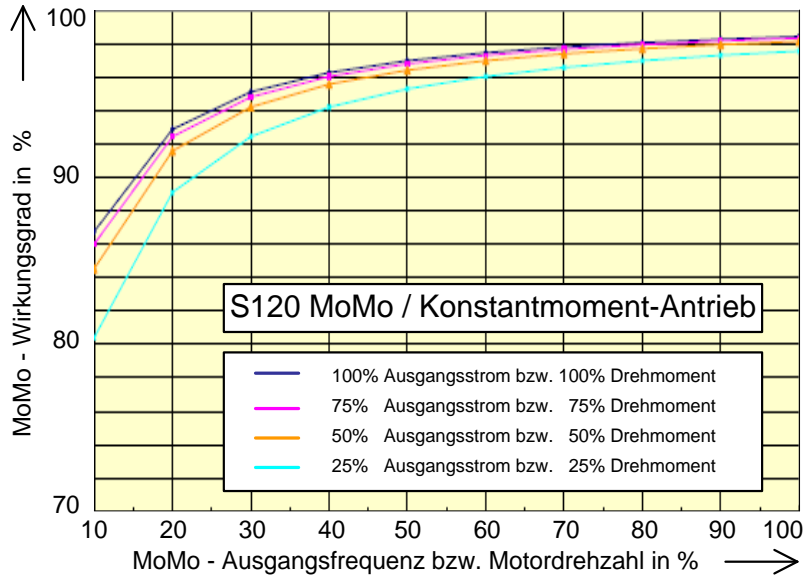


Bild 1a) Wirkungsgrad der luftgekühlten SINAMICS S120 Motor Modules bei Konstantmoment-Antrieben in Abhängigkeit von der bezogenen Ausgangsfrequenz in %

Bild 1b) zeigt den Verlauf des Wirkungsgrades für Konstantmoment-Antriebe in Abhängigkeit von dem bezogenen Ausgangsstrom I_A/I_{A-n} , der proportional zum bezogenen Motordrehmoment M/M_n ist. Parameter der Kurvenschar ist die bezogene Ausgangsfrequenz f_A/f_{A-n} , die proportional zur bezogenen Motordrehzahl n/n_n ist.

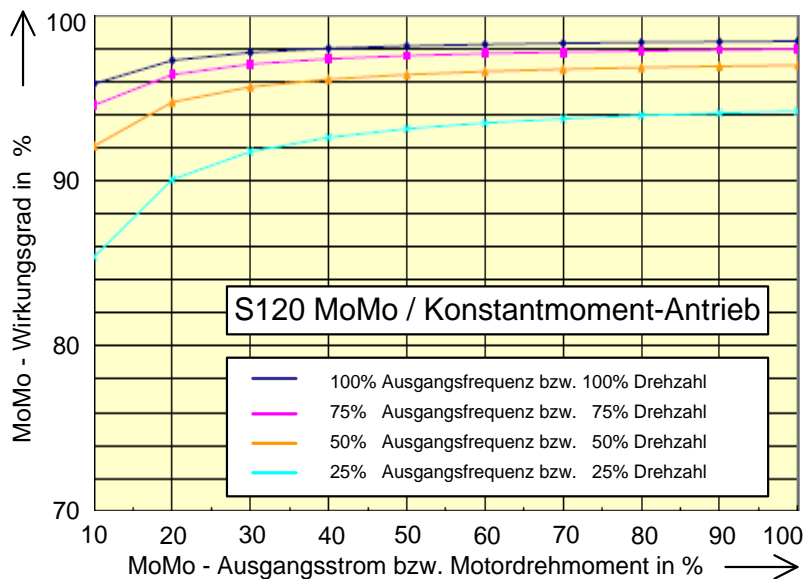


Bild 1b) Wirkungsgrad der luftgekühlten SINAMICS S120 Motor Modules bei Konstantmoment-Antrieben in Abhängigkeit von dem bezogenen Ausgangsstrom in %

1.14.2.6 Teillastwirkungsgrade der Umrichter G130 / G150

In den folgenden Bildern sind die Teillastwirkungsgrade der Umrichter SINAMICS G130 und G150 für Konstantmoment-Antriebe angegeben, wobei den Berechnungen ein typischer Umrichter-Wirkungsgrad bei Volllast von 98 % zugrundegelegt ist. Die Darstellung des Wirkungsgrades erfolgt in zwei unterschiedlichen Darstellungsformen. Einmal ist der Wirkungsgrad über der Ausgangsfrequenz aufgetragen mit dem Ausgangsstrom als Parameter, und einmal über dem Ausgangsstrom mit der Ausgangsfrequenz als Parameter.

Bild 1a) zeigt den Verlauf des Umrichter-Wirkungsgrades für Konstantmoment-Antriebe in Abhängigkeit von der bezogenen Umrichterausgangsfrequenz f_A/f_{A-n} , die proportional zur bezogenen Motordrehzahl n/n_n ist. Parameter der Kurvenschar ist der bezogene Ausgangsstrom I_A/I_{A-n} , der proportional zum bezogenen Motordrehmoment M/M_n ist.

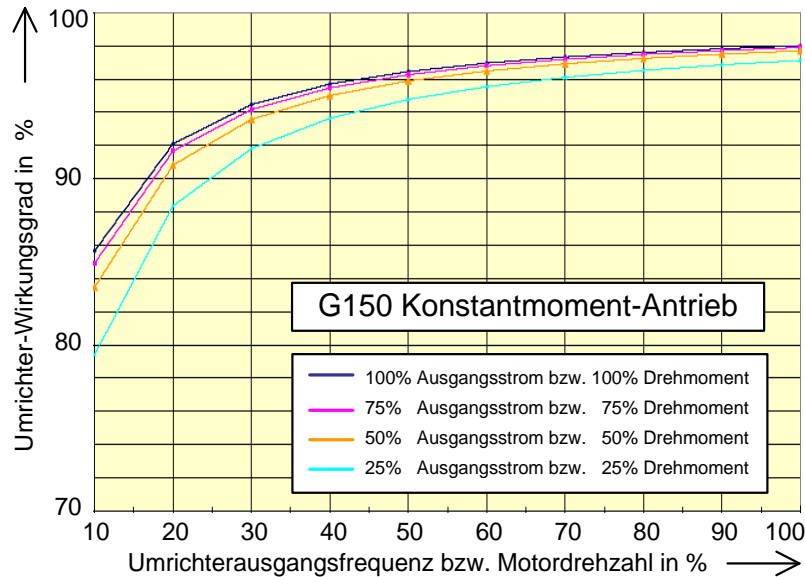


Bild 1a)
Wirkungsgrad der Umrichter SINAMICS G130 und G150 bei Konstantmoment-Antrieben in Abhängigkeit von der bezogenen Umrichterausgangsfrequenz in %

Bild 1b) zeigt den Verlauf des Umrichter-Wirkungsgrades für Konstantmoment-Antriebe in Abhängigkeit von dem bezogenen Umrichterausgangsstrom I_A/I_{A-n} , der proportional zum bezogenen Motordrehmoment M/M_n ist. Parameter der Kurvenschar ist die bezogene Ausgangsfrequenz f_A/f_{A-n} , die proportional zur bezogenen Motordrehzahl n/n_n ist.

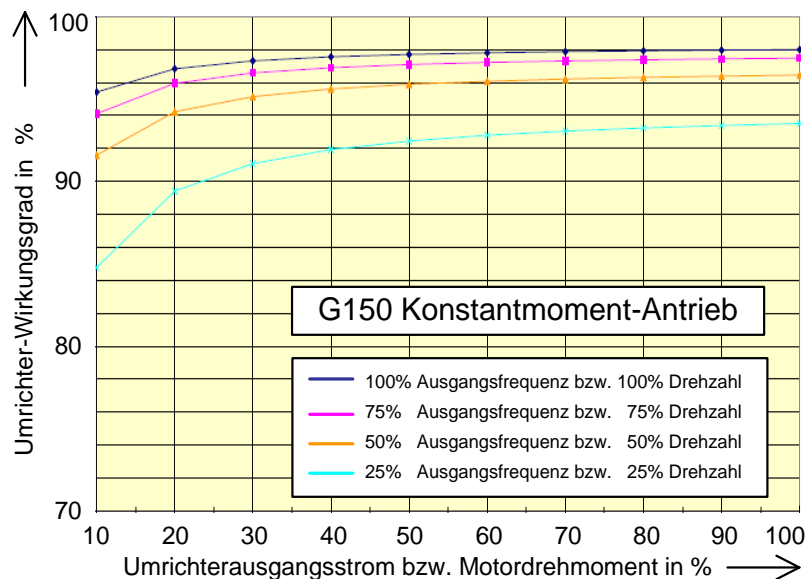


Bild 1b)
Wirkungsgrad der Umrichter SINAMICS G130 und G150 bei Konstantmoment-Antrieben in Abhängigkeit von dem bezogenen Umrichterausgangsstrom in %

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

In den folgenden Bildern sind die Teillastwirkungsgrade der Umrichter SINAMICS G130 und G150 für Antriebe mit quadratischer Lastkennlinie $M \sim n^2$ angegeben, wobei den Berechnungen ein typischer Umrichter-Wirkungsgrad bei Vollast von 98 % zugrundegelegt ist. Die Darstellung des Wirkungsgrades erfolgt in drei unterschiedlichen Darstellungsformen, d. h. über der Ausgangsfrequenz, über dem Ausgangsstrom sowie über der Ausgangsleistung.

Bild 2a) zeigt den Verlauf des Umrichter-Wirkungsgrades für Antriebe mit quadratischer Lastkennlinie in Abhängigkeit von der bezogenen Umrichter-Ausgangsfrequenz f_A/f_{A-n} , die proportional zur bezogenen Motordrehzahl n/n_n ist.

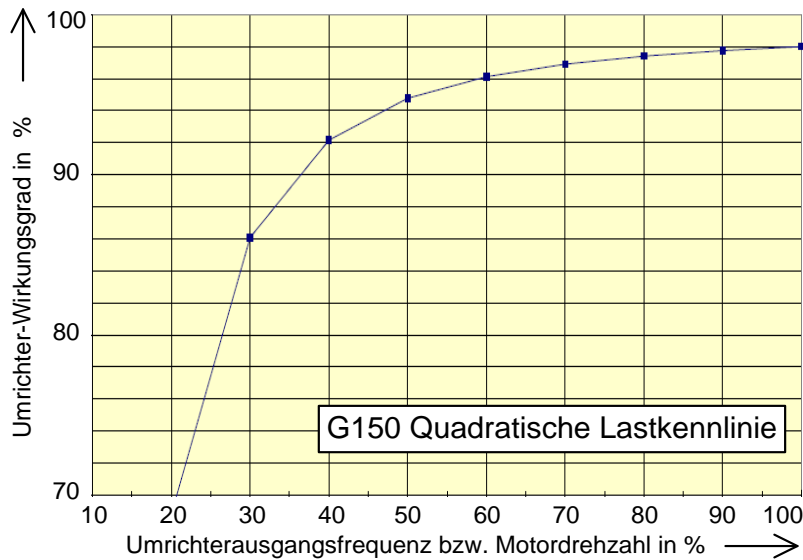


Bild 2a)
Wirkungsgrad der Umrichter SINAMICS G130 und G150 bei Antrieben mit quadratischer Lastkennlinie in Abhängigkeit von der bezogenen Umrichter-Ausgangsfrequenz in %

Bild 2b) zeigt den Verlauf des Umrichter-Wirkungsgrades für Antriebe mit quadratischer Lastkennlinie in Abhängigkeit von dem bezogenen Umrichter-Ausgangsstrom I_A/I_{A-n} , der proportional zum bezogenen Motordrehmoment M/M_n ist.

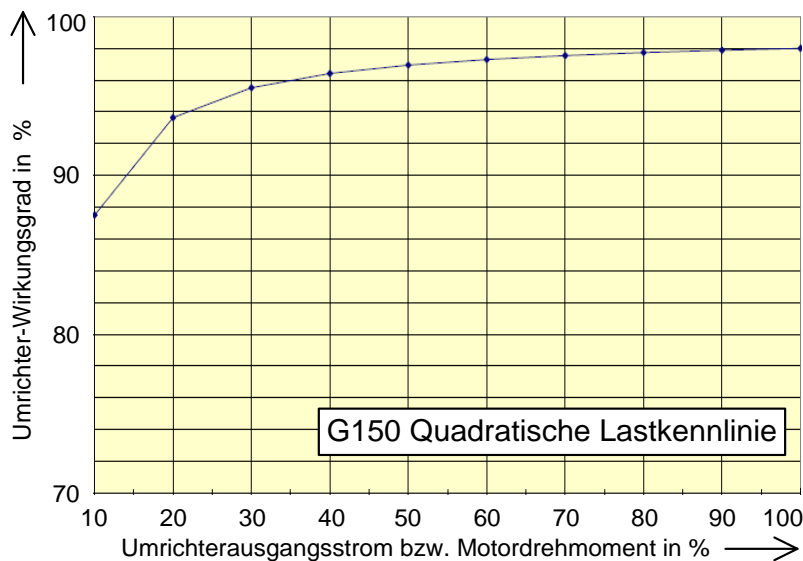


Bild 2b)
Wirkungsgrad der Umrichter SINAMICS G130 und G150 bei Antrieben mit quadratischer Lastkennlinie in Abhängigkeit von dem bezogenen Umrichter-Ausgangsstrom in %

Bild 2c) zeigt den Verlauf des Umrichter-Wirkungsgrades für Antriebe mit quadratischer Lastkennlinie in Abhängigkeit von der bezogenen Umrichter Ausgangsleistung P_A/P_{A-100} , die proportional zur bezogenen Motorleistung P/P_n ist.

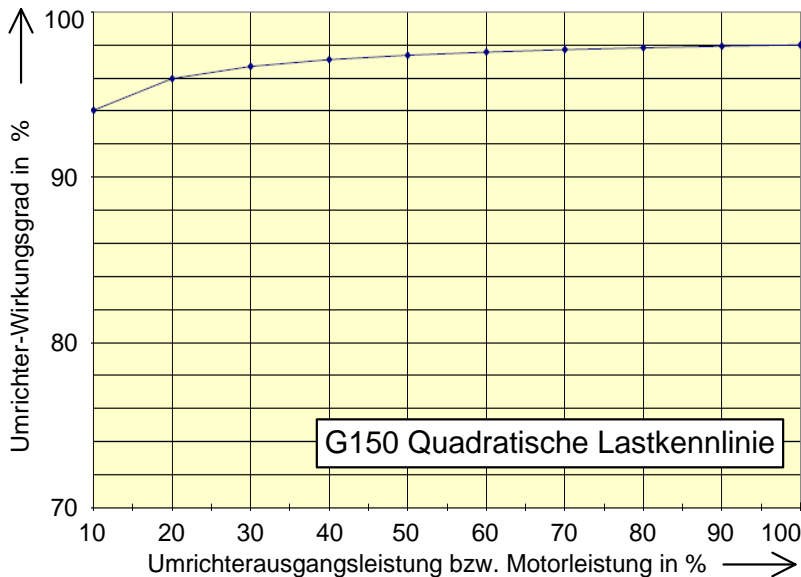


Bild 2c)
Wirkungsgrad der Umrichter SINAMICS G130 und G150 bei Antrieben mit quadratischer Lastkennlinie in Abhängigkeit von der bezogenen Umrichter Ausgangsleistung in %

1.14.2.7 Teillastwirkungsgrade der Umrichter S150

In den folgenden Bildern sind die Teillastwirkungsgrade der Umrichter SINAMICS S150 für Konstantmoment-Antriebe angegeben, wobei den Berechnungen ein typischer Umrichter-Wirkungsgrad bei Vollast von 96 % zugrundegelegt ist. Die Darstellung des Wirkungsgrades erfolgt in zwei unterschiedlichen Darstellungsformen. Einmal ist der Wirkungsgrad über der Ausgangsfrequenz aufgetragen mit dem Ausgangsstrom als Parameter, und einmal über dem Ausgangsstrom mit der Ausgangsfrequenz als Parameter.

Bild 1a) zeigt den Verlauf des Umrichter-Wirkungsgrades für Konstantmoment-Antriebe in Abhängigkeit von der bezogenen Umrichter Ausgangsfrequenz f_A/f_{A-n} , die proportional zur bezogenen Motordrehzahl n/n_n ist. Parameter der Kurvenschar ist der bezogene Ausgangsstrom I_A/I_{A-n} , der proportional zum bezogenen Motordrehmoment M/M_n ist.

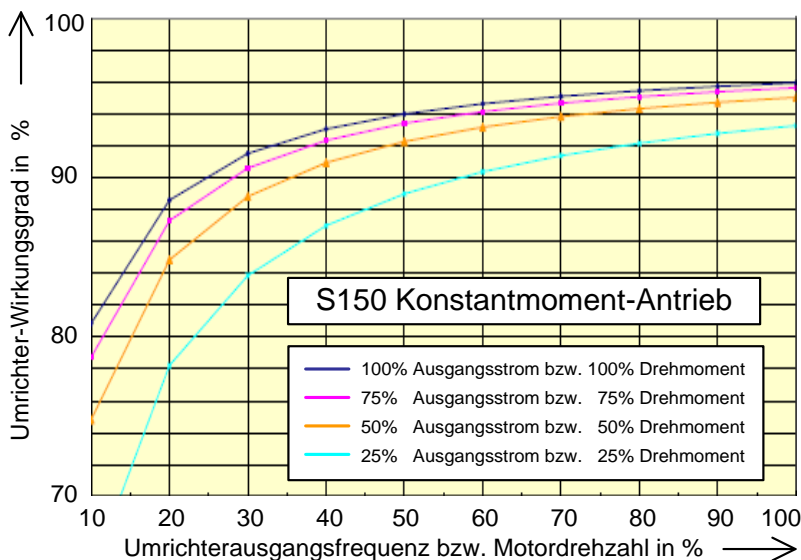


Bild 1a)
Wirkungsgrad der Umrichter SINAMICS S150 bei Konstantmoment-Antrieben in Abhängigkeit von der bezogenen Umrichter Ausgangsfrequenz in %

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Bild 1b) zeigt den Verlauf des Umrichter-Wirkungsgrades für Konstantmoment-Antriebe in Abhängigkeit von dem bezogenen Umrichter Ausgangsstrom I_A/I_{A-n} , der proportional zum bezogenen Motordrehmoment M/M_n ist. Parameter der Kurvenschar ist die bezogene Ausgangsfrequenz f_A/f_{A-n} , die proportional zur bezogenen Motordrehzahl n/n_n ist.

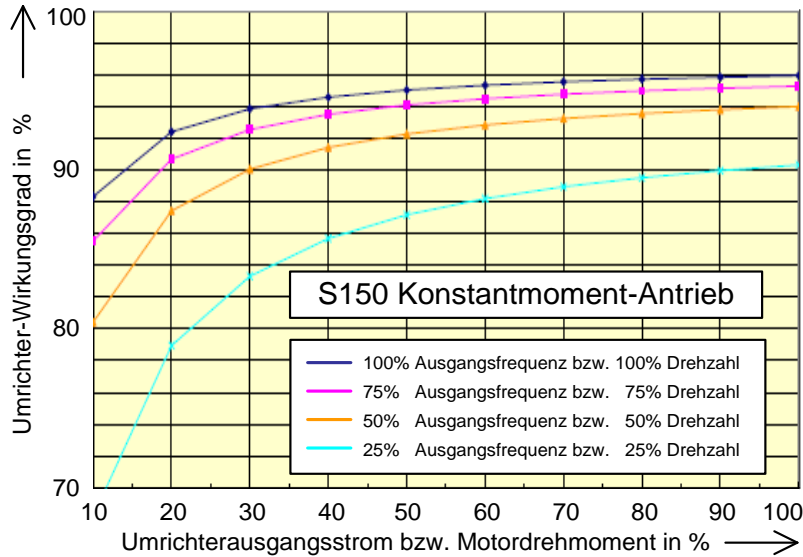


Bild 1b)
Wirkungsgrad der Umrichter SINAMICS S150 bei Konstantmoment-Antrieben in Abhängigkeit von dem bezogenen Umrichter Ausgangsstrom in %

In den folgenden Bildern sind die Teillastwirkungsgrade der Umrichter SINAMICS S150 für Antriebe mit quadratischer Lastkennlinie $M \sim n^2$ angegeben, wobei den Berechnungen ein typischer Umrichter-Wirkungsgrad bei Vollast von 96 % zugrundegelegt ist. Die Darstellung des Wirkungsgrades erfolgt in drei unterschiedlichen Darstellungsformen, d. h. über der Ausgangsfrequenz, über dem Ausgangsstrom sowie über der Ausgangsleistung.

Bild 2a) zeigt den Verlauf des Umrichter-Wirkungsgrades für Antriebe mit quadratischer Lastkennlinie in Abhängigkeit von der bezogenen Umrichter Ausgangsfrequenz f_A/f_{A-n} , die proportional zur bezogenen Motordrehzahl n/n_n ist.

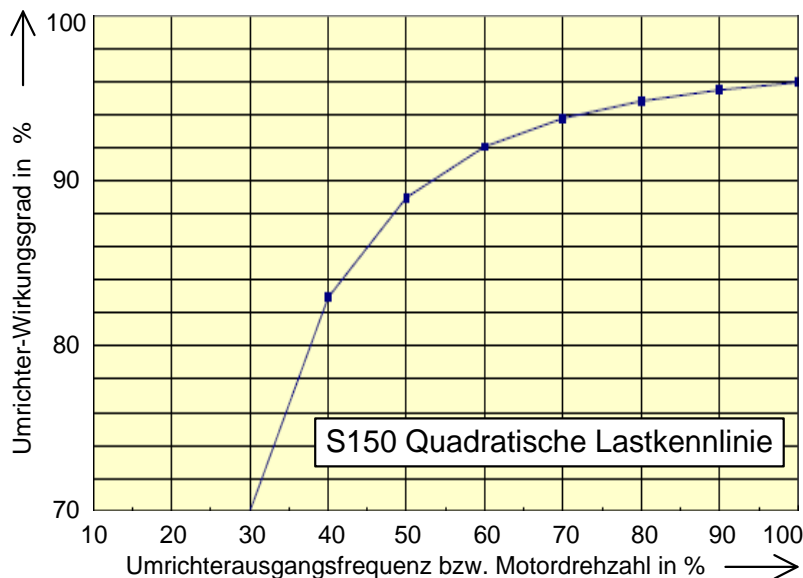


Bild 2a)
Wirkungsgrad der Umrichter SINAMICS S150 bei Antrieben mit quadratischer Lastkennlinie in Abhängigkeit von der bezogenen Umrichter Ausgangsfrequenz in %

Bild 2b) zeigt den Verlauf des Umrichter-Wirkungsgrades für Antriebe mit quadratischer Lastkennlinie in Abhängigkeit von dem bezogenen Umrichter Ausgangsstrom I_A/I_{A-n} , der proportional zum bezogenen Motordrehmoment M/M_n ist.

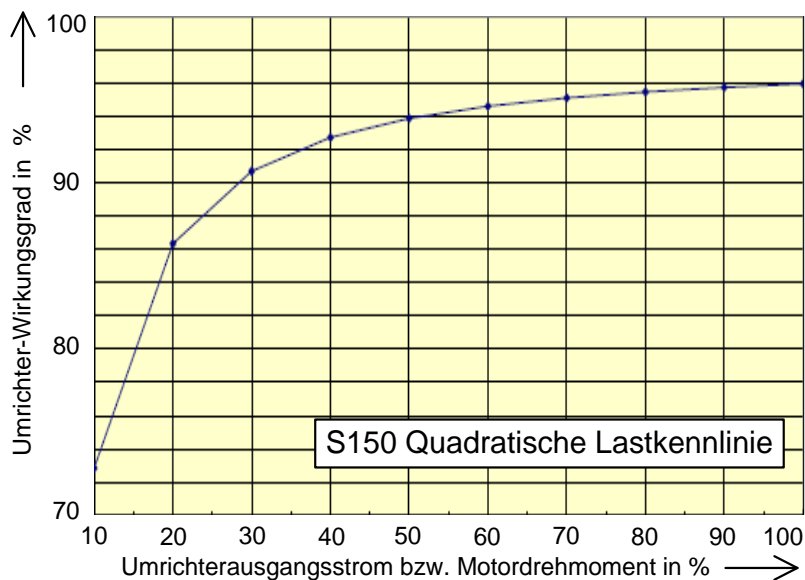


Bild 2b)
Wirkungsgrad der Umrichter SINAMICS S150 bei Antrieben mit quadratischer Lastkennlinie in Abhängigkeit von dem bezogenen Umrichter Ausgangsstrom in %

Bild 2c) zeigt den Verlauf des Umrichter-Wirkungsgrades für Antriebe mit quadratischer Lastkennlinie in Abhängigkeit von der bezogenen Umrichter Ausgangsleistung P_A/P_{A-100} , die proportional zur bezogenen Motorleistung P/P_n ist.

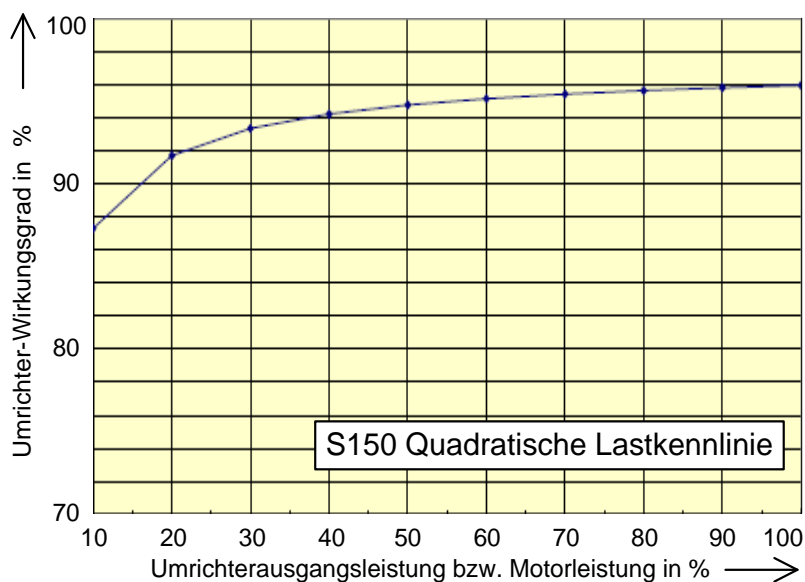


Bild 2c)
Wirkungsgrad der Umrichter SINAMICS S150 bei Antrieben mit quadratischer Lastkennlinie in Abhängigkeit von der bezogenen Umrichter Ausgangsleistung in %

1.15 Umrichter-Parallelschaltungen

1.15.1 Allgemeines

Die Parallelschaltung von kompletten Umrichtern bzw. deren Komponenten (Infeed Modules und Motor Modules) kann aus verschiedenen Gründen sinnvoll sein:

- Zur Erhöhung der Umrichterleistung, wenn die Höhe der geforderten Leistung durch andere Maßnahmen technisch oder wirtschaftlich nicht sinnvoll erreicht werden kann. So wird z. B. die Parallelschaltung von IGBT-Modulen innerhalb eines Leistungsteils bei einer größeren Anzahl von parallelgeschalteten IGBT-Modulen relativ kompliziert und aufwändig, so dass die Parallelschaltung kompletter Leistungsteile die einfachere und günstigere Lösung zur Leistungserhöhung darstellt.
- Zur Erhöhung der Verfügbarkeit, wenn bei einem Defekt im Umrichter ein Notbetrieb aufrechterhalten werden muss, bei dem die verfügbare Leistung gegenüber der Bemessungsleistung reduziert sein darf. So ist z. B. bei einfacheren Defekten innerhalb eines Leistungsteils die automatische Deaktivierung des betroffenen Leistungsteils über die Umrichtersteuerung prinzipiell denkbar, ohne dass der Betrieb der intakten Leistungsteile unterbrochen werden muss.

Das Parallelschaltungskonzept bei SINAMICS verfolgt im Wesentlichen den Aspekt der Leistungserhöhung. Die parallelgeschalteten Modules (Infeed Modules und Motor Modules) werden von einer gemeinsamen Control Unit gesteuert und überwacht und sind hinsichtlich ihrer Hardware identisch mit den entsprechenden Modules für Einzelantriebe. Die komplette Funktionalität für den Parallelbetrieb ist in der Firmware der Control Unit hinterlegt. Aufgrund dieses Konzeptes mit einer einzigen gemeinsamen Control Unit und aufgrund der Tatsache, dass jede Störung in einem der parallelgeschalteten Modules sofort zur Abschaltung des gesamten Parallelschaltungsverbandes führt, ist eine Umrichter-Parallelschaltung praktisch als ein Einzelumrichter großer Leistung zu betrachten.

Netzseitig ist die Parallelschaltung abzusichern. Die Absicherung kann entweder durch einen gemeinsamen Leistungsschalter für die gesamte Parallelschaltung erfolgen oder durch mehrere Leistungsschalter bzw. Lasttrennschalter mit Sicherungen bzw. Sicherungshalter mit Sicherungen, welche den einzelnen Teil-Einspeisungen zuzuordnen sind. Im letzteren Fall sind vorzugsweise die im Katalog D 21.3 für die jeweiligen einzelnen Einspeisungen angegebenen netzseitigen Systemkomponenten zu verwenden. Diese sind bei Parallelschaltungen gemeinsam zu überwachen, um Fehlfunktionen einzelner Schutzorgane innerhalb der Parallelschaltung sicher erkennen zu können.

1.15.2 Umrichter-Parallelschaltung bei SINAMICS

Das modulare Antriebssystem SINAMICS S120 bietet bei den Geräten der Bauformen S120 Chassis u. S120 Cabinet Modules die Möglichkeit des Parallelbetriebs sowohl bei den Infeed Modules als auch bei den Motor Modules.

Der in diesem Abschnitt beschriebene Parallelbetrieb von S120 Motor Modules ist nur möglich für Antriebsobjekte des Typs Vector (Vektorregelung).

Die Schrankgeräte G150 größerer Leistung ($P \geq 630 \text{ kW}$ bei 400 V-Geräten, $P \geq 630 \text{ kW}$ bei 500 V-Geräten sowie $P \geq 1000 \text{ kW}$ bei 690 V-Geräten) sind ebenfalls als Parallelschaltung ausgeführt. Sie basieren auf zwei Umrichterschranken G150 kleinerer Leistung oder – im Leistungsbereich $> 1500 \text{ kW}$ – auf der Parallelschaltung von zwei Basic Line Modules und zwei bzw. drei Motor Modules. Auf die Besonderheiten der Umrichter-Parallelschaltung G150 wird am Ende des Kapitels "Projektierung der Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS G150" näher eingegangen.

Im Folgenden soll etwas detaillierter auf die grundsätzlichen Möglichkeiten der Parallelschaltung von Geräten des modularen Antriebssystems SINAMICS S120 in den Bauformen Chassis und Cabinet Modules eingegangen werden.

Eine Umrichter-Parallelschaltung SINAMICS S120 besteht aus:

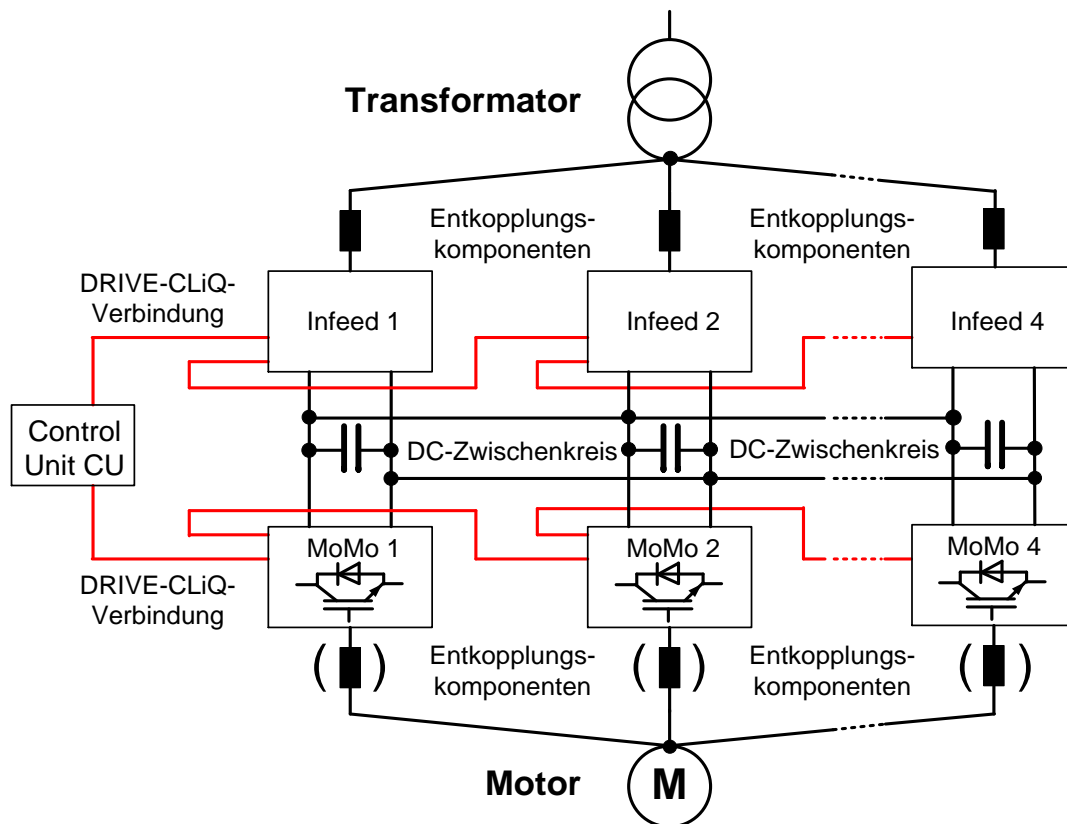
- Bis zu vier parallelgeschalteten Infeed Modules.
- Bis zu vier parallelgeschalteten Motor Modules (auf Anfrage bis zu sechs).
- Einer gemeinsamen Control Unit, die die netz- und motorseitig parallelgeschalteten Leistungsteile ansteuert und überwacht. Neben der netz- und motorseitigen Parallelschaltung kann von der gemeinsamen Control Unit maximal ein weiteres, zusätzliches Motor Module (Antriebsobjekt des Typs Vector) gesteuert werden. Eine gemeinsame Control Unit für die netz- und motorseitig parallelgeschalteten Leistungsteile kann immer dann verwendet werden, wenn die Werkseinstellung der Stromreglertakte verwendet wird. Bei kürzeren Stromreglertakten kann es erforderlich werden, netz- und motorseitig separate Control Units einzusetzen.
- Netz- und motorseitigen Komponenten zur netzseitigen Absicherung der Parallelschaltung, zur Entkopplung der parallelgeschalteten Leistungsteile und zur Sicherstellung einer symmetrischen Stromaufteilung.

Folgende S120 Modules können parallelgeschaltet werden:

- Basic Line Modules, 6-pulsig und 12-pulsig (jeweils mit den zugehörigen Netzdrosseln)
- Smart Line Modules, 6-pulsig und 12-pulsig (jeweils mit den zugehörigen Netzdrosseln)
- Active Line Modules (jeweils mit den zugehörigen Active Interface Modules)
- Motor Modules als Antriebsobjekte des Typs Vector (Vektorregelung)

Es ist zu beachten, dass die parallelgeschalteten Infeed Modules bzw. Motor Modules, die hinsichtlich der Hardware absolut identisch sind mit den entsprechenden Modules für Einzelantriebe, jeweils den gleichen Typ, die gleiche Bemessungsspannung und die gleiche Typleistung aufweisen müssen. Außerdem müssen identische Versionsstände der CIM-Baugruppen sowie identische Firmware-Stände vorhanden sein. Eine Mischung unterschiedlicher Infeed-Modules innerhalb der Parallelschaltung (z. B. Basic Line Modules mit Smart Line Modules oder Basic Line Modules mit Active Line Modules) ist also unzulässig.

Die Skizze verdeutlicht den prinzipiellen Aufbau der Umrichter-Parallelschaltung SINAMICS S120.



Prinzip der Umrichter-Parallelschaltung bei SINAMICS S120

Durch unvermeidliche Toleranzen in den elektrischen Bauelementen (z. B. den Dioden, Thyristoren und IGBTs) sowie durch Unsymmetrien im konstruktiven Aufbau der Parallelschaltung ist eine symmetrische Stromaufteilung nicht automatisch gegeben. Insbesondere bei Mehrfach-Parallelschaltungen erreichen die Umrichter sehr große mechanische Abmessungen, die zwangsläufig zu Unsymmetrien in der Verschiebung und der Verkabelung führen, welche die Stromaufteilung negativ beeinflussen.

Grundsätzlich gibt es eine Reihe verschiedener Möglichkeiten, die zu einer Symmetrierung der Stromaufteilung auf die parallelgeschalteten Leistungsteile führen:

- Verwendung selektierter Bauelemente mit geringen Toleranzen in der Durchlassspannung (diese Möglichkeit wird allerdings bei SINAMICS wegen verschiedener Nachteile, wie z. B. höheren Kosten und Problemen bei der Ersatzteilhaltung, nicht genutzt)
- Einsatz von symmetrierenden Systemkomponenten wie Netzdrosseln oder Motordrosseln
- Anstreben eines möglichst symmetrischen konstruktiven Aufbaus der Parallelschaltung

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

- Symmetrische anlagenseitige Leistungsverkabelung zwischen Transformator und den parallelgeschalteten Infeeds sowie zwischen den parallelgeschalteten Motor Modules und Motor (Verwendung von Kabeln gleichen Typs mit gleichem Querschnitt und gleicher Länge)
- Verwendung einer elektronischen Stromausgleichsregelung (ΔI -Regelung)

In der Praxis gelingt es jedoch selbst durch die Kombination mehrerer der oben genannten Maßnahmen in der Regel nicht, eine absolut symmetrische Stromaufteilung zu erzwingen. Daher muss bei der Parallelschaltung von Leistungsteilen stets eine geringfügige Stromreduktion von einigen wenigen Prozent des Bemessungsstroms bei der Projektierung berücksichtigt werden.

Die Stromreduktion bezogen auf die Bemessungsströme der einzelnen Modules beträgt:

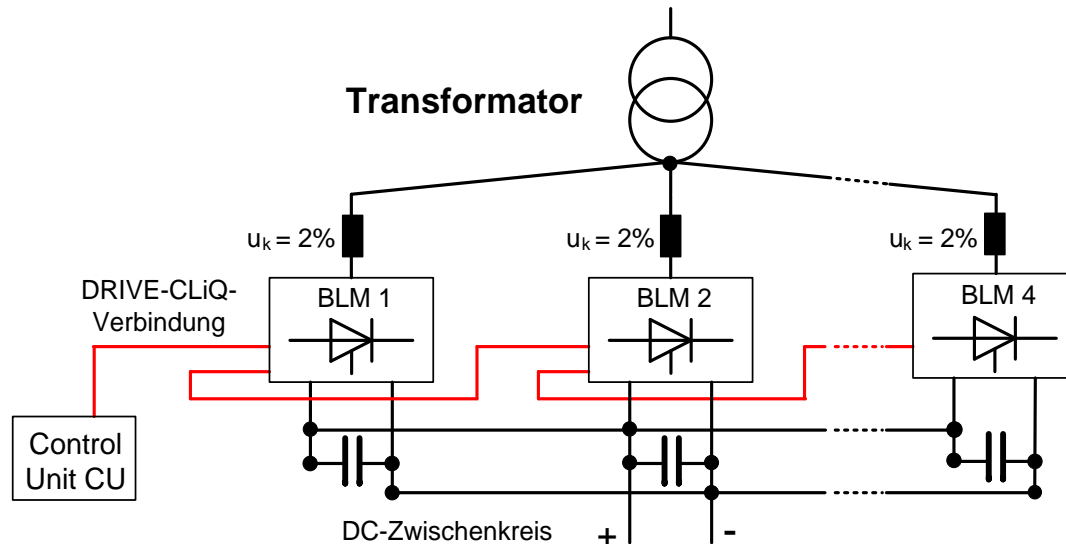
- 7,5 % bei der Parallelschaltung von S120 Basic Line Modules und S120 Smart Line Modules, die jeweils keine Stromausgleichsregelung besitzen
- 5,0 % bei der Parallelschaltung von S120 Active Line Modules und S120 Motor Modules, die jeweils mit Stromausgleichsregelung arbeiten

1.15.3 Parallelschaltung von S120 Basic Line Modules

Die Parallelschaltung von Basic Line Modules kann entweder als 6-pulsige Schaltung erfolgen, wenn die parallelgeschalteten Modules von einem Zweiwicklungstransformator gespeist werden oder aber als 12-pulsige Schaltung, wenn die parallelgeschalteten Modules über einen Dreiwicklungstransformator versorgt werden, dessen Sekundärwicklungen Spannungen mit einer Phasenverschiebung von 30° liefern.

6-pulsige Parallelschaltung von S120 Basic Line Modules

Bei der 6-pulsigen Parallelschaltung werden bis zu vier Basic Line Modules eingangsseitig von einem gemeinsamen Zweiwicklungstransformator versorgt und durch eine gemeinsame Control Unit gesteuert.



6-pulsige Parallelschaltung von S120 Basic Line Modules

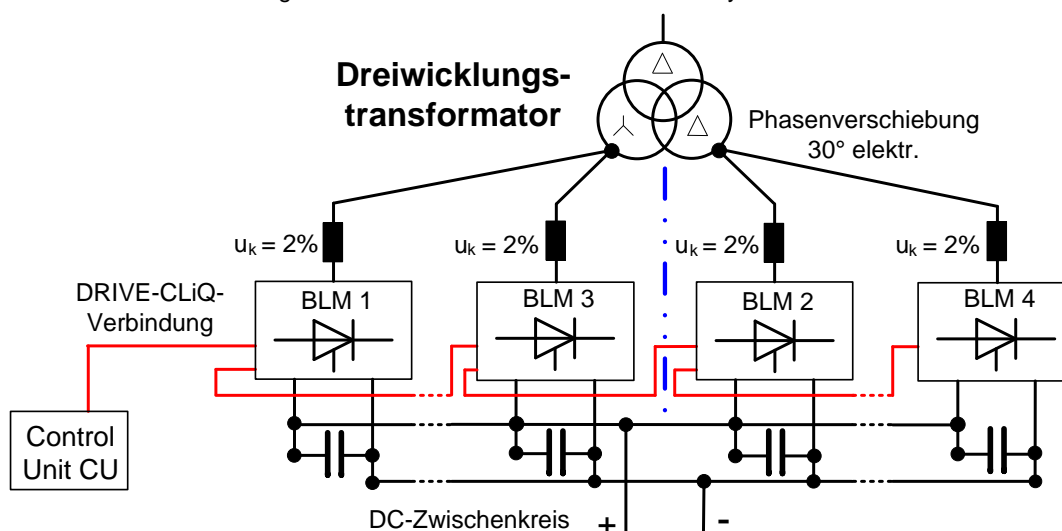
Da die Basic Line Modules keine Stromausgleichsregelung besitzen, muss die Symmetrierung der Ströme durch folgende Maßnahmen sichergestellt werden:

- Einsatz von Netzdrosseln mit einer bezogenen Kurzschlussleistung $u_k = 2\%$
- Verwendung einer symmetrischen Leistungsverkabelung zwischen Transformator und den parallelgeschalteten BLMs (Kabel gleichen Typs mit gleichem Querschnitt und gleicher Länge)

Die Stromreduktion bei Parallelschaltung bezogen auf die Bemessungsströme der einzelnen Basic Line Modules beträgt 7,5 %.

12-pulsige Parallelschaltung von S120 Basic Line Modules

Bei der 12-pulsigen Parallelschaltung werden bis zu vier Basic Line Modules eingangsseitig von einem Dreiwicklungstransformator gespeist, wobei eine gerade Anzahl von Basic Line Modules – also zwei oder vier – gleichmäßig auf die beiden Sekundärwicklungen aufgeteilt sein muss. Die Steuerung der Basic Line Modules beider Teilsysteme erfolgt - trotz der um 30° phasenverschobenen Eingangsspannungen - durch eine gemeinsame Control Unit. Dies ist deshalb möglich, weil bei Basic Line Modules die Zündimpulse für die Thyristoren beider Teilsysteme, die wegen der 12-pulsigen Schaltung um 30° phasenverschoben sein müssen, von den autark arbeitenden Steuersätzen der einzelnen Basic Line Modules erzeugt werden und nicht von der Control Unit synchronisiert werden.



12-pulsige Parallelschaltung von S120 Basic Line Modules

Da die Basic Line Modules keine Stromausgleichsregelung besitzen, muss die Symmetrierung der Ströme durch die folgenden Anforderungen an den Dreiwicklungstransformator, die Leistungsverkabelung und die Netzdrosseln, sowie an das speisende Netz sichergestellt werden. Ferner dürfen keine zusätzlichen Lasten an nur eine der beiden Niederspannungswicklungen angeschlossen werden, weil dies eine symmetrische Belastung beider Niederspannungswicklungen verhindern würde. Außerdem sollte der Anschluss mehrerer 12-pulsiger Einspeisungen an einen Dreiwicklungstransformator vermieden werden, insbesondere dann, wenn mit Thyristoren bestückte Basic Line Modules zum Einsatz kommen, die den Zwischenkreis durch Phasenanschnittsteuerung vorladen.

Anforderungen an den Dreiwicklungstransformator, die Leistungsverkabelung und die Netzdrosseln

- Symmetrischer Aufbau des Dreiwicklungstransformators, empfohlene Schaltgruppen Dy5d0 oder Dy11d0.
- Bezogene Kurzschlussspannung des Dreiwicklungstransformators $u_k \geq 4\%$.
- Differenz der bezogenen Kurzschlussspannungen der Sekundärwicklungen $\Delta u_k \leq 5\%$.
- Differenz der Leerlaufspannungen der Sekundärwicklungen $\Delta U \leq 0,5\%$.
- Verwendung einer symmetrischen Leistungsverkabelung zwischen Transformator und den Basic Line Modules (Kabel gleichen Typs mit gleichem Querschnitt und gleicher Länge).
- Einsatz von Netzdrosseln mit einer bezogenen Kurzschlussspannung $u_k = 2\%$. (Die Netzdrosseln können entfallen, wenn der Transformator als Doppelstocktransformator ausgeführt ist und an jede Sekundärwicklung des Transformators nur ein BLM angeschlossen wird).

Die relativ hohen Anforderungen an den Dreiwicklungstransformator können am besten durch die Verwendung eines Doppelstocktransformators erfüllt werden. Beim Einsatz anderer Ausführungsformen von Dreiwicklungstransformatoren empfiehlt sich der Einsatz von Netzdrosseln. Alternative Lösungen zur Erzeugung einer Phasenverschiebung von 30° , wie z. B. zwei separate Transformatoren mit unterschiedlichen Schaltgruppen, sollten nur dann eingesetzt werden, wenn die Transformatoren – mit Ausnahme der verschiedenen Schaltgruppen – praktisch identisch sind, d. h. wenn beide Transformatoren vom selben Hersteller stammen.

Die Stromreduktion bei Parallelschaltung bezogen auf die Bemessungsströme der einzelnen Basic Line Modules beträgt $7,5\%$. Dies gilt auch für die einfachste Form der 12-pulsigen Parallelschaltung, wenn an jede Transformatorwicklung nur ein Basic Line Module angeschlossen ist, weil auch in dieser Konfiguration die Toleranzen des Transformators zu einer ungleichmäßigen Stromaufteilung führen können.

Da der Dreiwicklungstransformator eine Stern- und eine Dreieckwicklung besitzt, und die Dreieckwicklung keinen Sternpunkt aufweist, den man sinnvoll erden könnte, werden 12-pulsig betriebene Parallelschaltungen von S120 Basic Line Modules an zwei ungeerdete Sekundärwicklungen und somit an ein IT-Netz angeschlossen. Aus diesem Grunde ist ein Isolationswächter zur Isolationsüberwachung einzusetzen.

Anforderungen an das speisende Netz

Neben den Anforderungen an den Dreiwicklungstransformator, die Leistungsverkabelung und die Netzdrosseln bestehen auch Anforderungen an das speisende Netz hinsichtlich der am Anschlusspunkt des Dreiwicklungstransformators bereits vorhandenen Spannungsüberschwingungen. Denn zu hohe Spannungsüberschwingungen können abhängig von ihrer Phasenlage zur Grundschwingung zu unerwünschten Verzerrungen des Zeitverlaufes der Spannungen der beiden Unterspannungswicklungen führen, was eine stark unsymmetrische Strombelastung des Transformators und der Basic Line Modules zur Folge haben kann. Am kritischsten ist eine stark ausgeprägte 5. Spannungsüberschwingung, und auch eine stark ausgeprägte 7. Spannungsüberschwingung kann prinzipiell noch gewisse negative Auswirkungen haben. Höhere Spannungsüberschwingungen haben dagegen keinen signifikanten Einfluss mehr. Stark ausgeprägte 5. und 7. Oberschwingungen können zum Beispiel durch 6-pulsige Verbraucher großer Leistung (DC-Motoren, Direktumrichter) verursacht werden, die von der gleichen Mittelspannungsschiene versorgt werden.

Aus diesem Grunde ist folgendes hinsichtlich der am Anschlusspunkt des Dreiwicklungstransformators vorhandenen 5. Spannungsüberschwingung zu beachten.

- 5. Spannungsüberschwingung am Anschlusspunkt des Transformators $\leq 2\%$:
12-Puls-Betrieb ist möglich. Das für 12-Puls-Betrieb vorgeschriebene Strom-Derating von 7,5 % deckt alle möglichen Stromunsymmetrien ab, die durch Toleranzen des Transformators, der Verkabelung und der Netzdrosseln sowie durch Netzspannungsüberschwingungen hervorgerufen werden.
- 5. Spannungsüberschwingung am Anschlusspunkt des Transformators $> 2\%$:
12-Puls-Betrieb ist bei diesen Netzverhältnissen aufgrund sehr hoher, möglicher Unsymmetrien nicht mehr ohne weiteres möglich. Denn zum einen ist das für 12-Puls-Betrieb vorgeschriebene Strom-Derating von 7,5 % nicht mehr ausreichend, um eine Überlastung des Transformators und der Basic Line Modules sicher zu verhindern, und zum anderen kann sich bei hoher Stromunsymmetrie die gewünschte Auslöschung der Stromüberschwingungen mit den Ordnungszahlen $h = 5, 7, 17, 19, 29, 31, \dots$ auf der Oberspannungsseite des Transformators nicht mehr einstellen.

Liegt am Anschlusspunkt des Dreiwicklungstransformators eine zu hohe Spannungsbelastung mit der 5. Oberschwingung $> 2\%$ vor, so sind folgende Vorgehensweisen möglich:

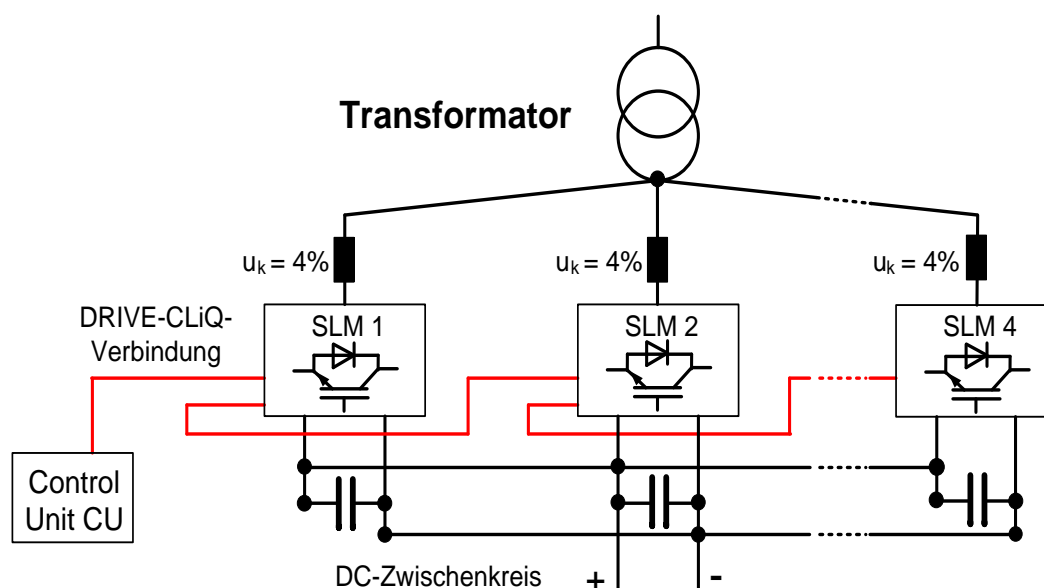
- Verbesserung der Oberschwingungsbelastung im speisenden Netz unter Einsatz einer Oberschwingungskompensationsanlage (5. Oberschwingung $< 2\%$) und Dimensionierung der 12-pulsigen Parallelschaltung von Basic Line Modules mit dem oben beschriebenen Strom-Derating von 7,5 %
- Beibehaltung der hohen Oberschwingungsbelastung im speisenden Netz (5. Oberschwingung $> 2\%$) und Einsatz einer 12-pulsigen Parallelschaltung von Basic Line Modules unter folgenden Randbedingungen:
 - o Durchführung einer Netzanalyse im Vorfeld zur Ermittlung des vorhandenen Oberschwingungsspektrums der Spannung, insbesondere der 5. Oberschwingung
 - o Bestimmung des erforderlichen, in der Regel deutlich erhöhten Strom-Deratings von bis zu 35 % in Abhängigkeit von den Ergebnissen der Netzanalyse und entsprechende Überdimensionierung des Transformators und der 12-pulsigen Parallelschaltung der Basic Line Modules um bis zu 50 %
 - o Akzeptanz der nicht mehr vollständigen Kompensation der Stromüberschwingungen mit den Ordnungszahlen $h = 5, 7, 17, 19, 29, 31, \dots$
- Einsatz einer aktiven Einspeisung / Active Infeed mit Zweiwicklungstransformator

1.15.4 Parallelschaltung von S120 Smart Line Modules

Die Parallelschaltung von Smart Line Modules kann entweder als 6-pulsige Schaltung erfolgen, wenn die parallelgeschalteten Modules von einem Zweiwicklungstransformator gespeist werden oder aber als 12-pulsige Schaltung, wenn die parallelgeschalteten Modules über einen Dreiwicklungstransformator versorgt werden, dessen Sekundärwicklungen Spannungen mit einer Phasenverschiebung von 30° liefern.

6-pulsige Parallelschaltung von S120 Smart Line Modules

Bei der 6-pulsigen Parallelschaltung werden bis zu vier Smart Line Modules eingangsseitig von einem gemeinsamen Zweiwicklungstransformator versorgt und durch eine gemeinsame Control Unit synchron gesteuert.



6-pulsige Parallelschaltung von S120 Smart Line Modules

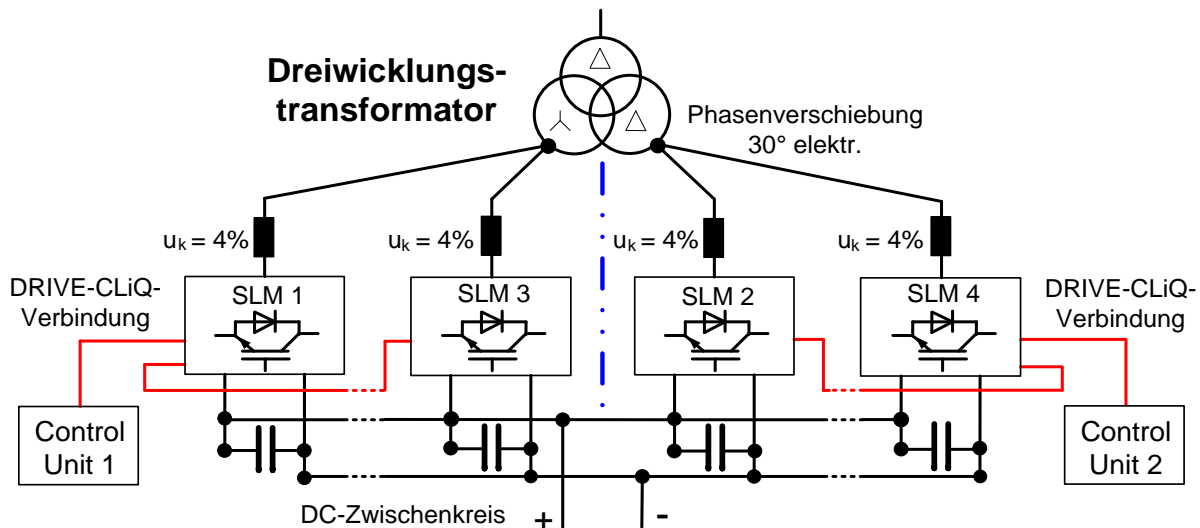
Da die Smart Line Modules keine Stromausgleichsregelung besitzen, muss die Symmetrierung der Ströme durch folgende Maßnahmen sichergestellt werden:

- Einsatz von Netzdrosseln mit einer bezogenen Kurzschlussspannung $u_k = 4\%$
- Verwendung einer symmetrischen Leistungsverkabelung zwischen Transformator und den parallelgeschalteten Smart Line Modules (Kabel gleichen Typs mit gleichem Querschnitt und gleicher Länge)

Die Stromreduktion bei Parallelschaltung bezogen auf die Bemessungsströme der einzelnen Smart Line Modules beträgt $7,5\%$.

12-pulsige Parallelschaltung von S120 Smart Line Modules

Bei der 12-pulsigen Parallelschaltung werden bis zu vier Smart Line Modules eingangsseitig von einem Dreiwicklungstransformator gespeist, wobei eine gerade Anzahl von Smart Line Modules – also zwei oder vier – gleichmäßig auf die beiden Sekundärwicklungen aufgeteilt sein muss. Die Steuerung der Smart Line Modules beider Teilsysteme muss wegen der um 30° phasenverschobenen Eingangsspannungen zwingend durch zwei Control Units erfolgen. Dies ist deshalb notwendig, weil bei Smart Line Modules – im Gegensatz zu Basic Line Modules – die Zündimpulse für die IGBTs von der Control Unit synchronisiert werden und daher alle durch eine Control Unit gesteuerten Smart Line Modules an dasselbe Netz mit gleicher Phasenlage angeschlossen sein müssen.



12-pulsige Parallelschaltung von S120 Smart Line Modules

Da die Smart Line Modules keine Stromausgleichsregelung besitzen, muss die Symmetrierung der Ströme durch die folgenden Anforderungen an den Dreiwicklungstransformator, die Leistungsverkabelung und die Netzdrosseln, sowie an das speisende Netz sichergestellt werden. Ferner dürfen keine zusätzlichen Lasten an nur eine der beiden Niederspannungswicklungen angeschlossen werden, weil dies eine symmetrische Belastung beider Niederspannungswicklungen verhindern würde. Außerdem sollte der Anschluss mehrerer 12-pulsiger Einspeisungen an einen Dreiwicklungstransformator vermieden werden.

Anforderungen an den Dreiwicklungstransformator, die Leistungsverkabelung und die Netzdrosseln

- Symmetrischer Aufbau des Dreiwicklungstransformators, empfohlene Schaltgruppen Dy5d0 oder Dy11d0.
- Bezogene Kurzschlussspannung des Dreiwicklungstransformators $u_k \geq 4\%$.
- Differenz der bezogenen Kurzschlussspannungen der Sekundärwicklungen $\Delta u_k \leq 5\%$.
- Differenz der Leerlaufspannungen der Sekundärwicklungen $\Delta U \leq 0,5\%$.
- Verwendung einer symmetrischen Leistungsverkabelung zwischen Transformator und den Smart Line Modules (Kabel gleichen Typs mit gleichem Querschnitt und gleicher Länge).
- Einsatz von Netzdrosseln mit einer bezogenen Kurzschlussspannung $u_k = 4\%$.

Die relativ hohen Anforderungen an den Dreiwicklungstransformator können am besten durch die Verwendung eines Doppelstocktransformators erfüllt werden. Alternative Lösungen zur Erzeugung einer Phasenverschiebung von 30° , wie z. B. zwei separate Transformatoren mit unterschiedlichen Schaltgruppen, sollten nur dann eingesetzt werden, wenn die Transformatoren – mit Ausnahme der verschiedenen Schaltgruppen – praktisch identisch sind, d. h. wenn beide Transformatoren vom selben Hersteller stammen.

Die Stromreduktion bei Parallelschaltung bezogen auf die Bemessungsströme der einzelnen Smart Line Modules beträgt 7,5 %. Dies gilt auch für die einfachste Form der 12-pulsigen Parallelschaltung, wenn an jede Transformatorwicklung nur ein Smart Line Module mit einer eigenen Control Unit angeschlossen ist, weil auch in dieser Konfiguration die Toleranzen des Transformators zu einer ungleichmäßigen Stromaufteilung führen können.

Da der Dreiwicklungstransformator eine Stern- und eine Dreieckwicklung besitzt, und die Dreieckwicklung keinen Sternpunkt aufweist, den man sinnvoll erden könnte, werden 12-pulsig betriebene Parallelschaltungen von S120 Smart Line Modules an zwei ungeerdete Sekundärwicklungen und somit an ein IT-Netz angeschlossen. Aus diesem Grunde ist ein Isolationswächter zur Isolationsüberwachung einzusetzen.

Aufgrund der Phasenverschiebung von 30° zwischen den beiden Teilsystemen bei gleichzeitiger Steuerung beider Teilsysteme durch getrennte Control Units kann nicht absolut sichergestellt werden, dass sich beide Teilsysteme gleichmäßig an der Vorladung des angeschlossenen Zwischenkreises beteiligen. Um Überlastungen einzelner Teilsysteme während der Vorladung sicher auszuschließen, sollte daher die 12-pulsige Parallelschaltung von Smart Line Modules möglichst so dimensioniert werden, dass jedes Teilsystem für sich allein in der Lage ist, den gesamten Zwischenkreis vorzuladen.

Anforderungen an das speisende Netz

Neben den Anforderungen an den Dreiwicklungstransformator, die Leistungsverkabelung und die Netzdrosseln bestehen auch Anforderungen an das speisende Netz hinsichtlich der am Anschlusspunkt des Dreiwicklungstransformators bereits vorhandenen Spannungsüberschwingungen. Denn zu hohe Spannungsüberschwingungen können abhängig von ihrer Phasenlage zur Grundschwingung zu unerwünschten Verzerrungen des Zeitverlaufes der Spannungen der beiden Unterspannungswicklungen führen, was eine stark unsymmetrische Strombelastung des Transformators und der Smart Line Modules zur Folge haben kann. Am kritischsten ist eine stark ausgeprägte 5. Spannungsüberschwingung, und auch eine stark ausgeprägte 7. Spannungsüberschwingung kann prinzipiell noch gewisse negative Auswirkungen haben. Höhere Spannungsüberschwingungen haben dagegen keinen signifikanten Einfluss mehr. Stark ausgeprägte 5. und 7. Oberschwingungen können zum Beispiel durch 6-pulsige Verbraucher großer Leistung (DC-Motoren, Direktumrichter) verursacht werden, die von der gleichen Mittelspannungsschiene versorgt werden.

Aus diesem Grunde ist folgendes hinsichtlich der am Anschlusspunkt des Dreiwicklungstransformators vorhandenen 5. Spannungsüberschwingung zu beachten.

- 5. Spannungsüberschwingung am Anschlusspunkt des Transformators $\leq 2\%$:
12-Puls-Betrieb ist möglich. Das für 12-Puls-Betrieb vorgeschriebene Strom-Derating von 7,5 % deckt alle möglichen Stromunsymmetrien ab, die durch Toleranzen des Transformators, der Verkabelung und der Netzdrosseln sowie durch Netzspannungsüberschwingungen hervorgerufen werden.
- 5. Spannungsüberschwingung am Anschlusspunkt des Transformators $> 2\%$:
12-Puls-Betrieb ist bei diesen Netzverhältnissen aufgrund sehr hoher, möglicher Unsymmetrien nicht mehr ohne weiteres möglich. Denn zum einen ist das für 12-Puls-Betrieb vorgeschriebene Strom-Derating von 7,5 % nicht mehr ausreichend, um eine Überlastung des Transformators und der Smart Line Modules sicher zu verhindern, und zum anderen kann sich bei hoher Stromunsymmetrie die gewünschte Auslöschung der Stromüberschwingungen mit den Ordnungszahlen $h = 5, 7, 17, 19, 29, 31, \dots$ auf der Oberspannungsseite des Transformators nicht mehr einstellen.

Liegt am Anschlusspunkt des Dreiwicklungstransformators eine zu hohe Spannungsbelastung mit der 5. Oberschwingung $> 2\%$ vor, so sind folgende Vorgehensweisen möglich:

- Verbesserung der Oberschwingungsbelastung im speisenden Netz unter Einsatz einer Oberschwingungskompensationsanlage (5. Oberschwingung $< 2\%$) und Dimensionierung der 12-pulsigen Parallelschaltung von Smart Line Modules mit dem oben beschriebenen Strom-Derating von 7,5 %
- Beibehaltung der hohen Oberschwingungsbelastung im speisenden Netz (5. Oberschwingung $> 2\%$) und Einsatz einer 12-pulsigen Parallelschaltung von Smart Line Modules unter folgenden Randbedingungen:
 - o Durchführung einer Netzanalyse im Vorfeld zur Ermittlung des vorhandenen Oberschwingungsspektrums der Spannung, insbesondere der 5. Oberschwingung
 - o Bestimmung des erforderlichen, in der Regel deutlich erhöhten Strom-Deratings von bis zu 35 % in Abhängigkeit von den Ergebnissen der Netzanalyse und entsprechende Überdimensionierung des Transformators und der 12-pulsigen Parallelschaltung der Smart Line Modules um bis zu 50 %
 - o Akzeptanz der nicht mehr vollständigen Kompensation der Stromüberschwingungen mit den Ordnungszahlen $h = 5, 7, 17, 19, 29, 31, \dots$
- Einsatz einer aktiven Einspeisung / Active Infeed mit Zweiwicklungstransformator

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

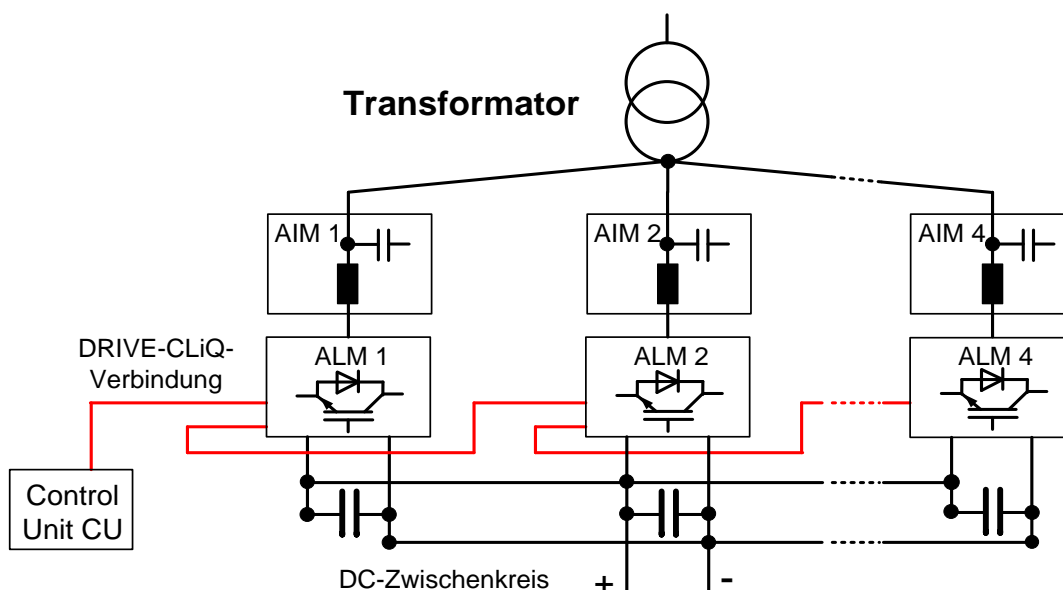
1.15.5 Parallelschaltung von S120 Active Line Modules

Die Parallelschaltung von Active Line Modules kann entweder an einem Zweiwicklungstransformator erfolgen oder an einem Dreiwicklungstransformator, dessen Sekundärwicklungen Spannungen mit einer beliebigen Phasenverschiebung liefern (z. B. 30° elektr.).

Bei der Speisung durch einen Dreiwicklungstransformator sind zwingend zwei Control Units erforderlich, die in Master-Slave-Funktionalität betrieben werden müssen, siehe auch Abschnitt „Redundante Einspeisekonzepte“, Unterabschnitt „Realisierbare redundante Einspeisekonzepte mit SINAMICS Active Infeed“. Aufgrund der ohnehin geringen Netzrückwirkungen des Active Infeed bringt die Speisung durch einen Dreiwicklungstransformator mit einer Phasenverschiebung von 30° elektr. – im Gegensatz zu den netzgeführten Einspeisungen Basic Infeed und Smart Infeed – keine Verbesserung der Netzrückwirkungen mit sich. Dies bedeutet aber auch, dass bei unsymmetrischer Belastung (Ausfall eines der beiden Active Infeeds und Betrieb nur mit einer Sekundärwicklung des Dreiwicklungstransformators) die Netzrückwirkungen – im Gegensatz zu den netzgeführten Einspeisungen Basic Infeed und Smart Infeed – nicht ansteigen.

Parallelschaltung von S120 Active Line Modules an einem Zweiwicklungstransformator

Bei der Parallelschaltung an einem gemeinsamen Zweiwicklungstransformator werden bis zu vier Active Line Modules durch eine gemeinsame Control Unit synchron gesteuert. Wegen der synchronen Steuerung durch die gemeinsame Control Unit müssen alle Active Line Modules der Parallelschaltung dasselbe Netz mit gleicher Phasenlage besitzen, was bei der Speisung durch einen gemeinsamen Zweiwicklungstransformator automatisch sichergestellt ist.



Parallelschaltung von S120 Active Line Modules an einem Zweiwicklungstransformator

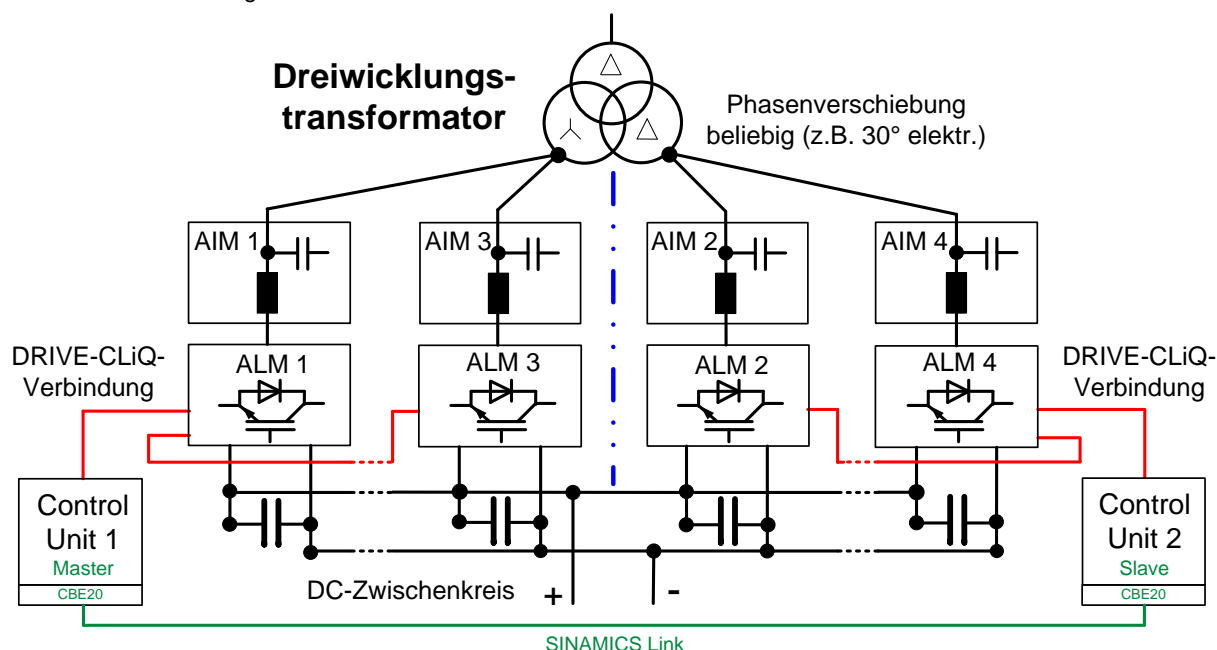
Die Symmetrierung der Ströme wird bei den parallelgeschalteten Active Line Modules erreicht durch:

- Verwendung einer Stromausgleichsregelung (ΔI -Regelung)
- Drosseln in den Clean Power Filtern der Active Interface Modules
- Verwendung einer symmetrischen Leistungsverkabelung zwischen Transformator und den parallelgeschalteten Active Interface Modules / Active Line Modules (Kabel gleichen Typs mit gleichem Querschnitt und gleicher Länge)

Die Stromreduktion bei Parallelschaltung bezogen auf die Bemessungsströme der einzelnen Active Interface Modules / Active Line Modules beträgt 5 %.

Parallelschaltung von S120 Active Line Modules an einem Dreiwicklungstransformator

Bei der Parallelschaltung an einem Dreiwicklungstransformator werden bis zu vier Active Line Modules eingangsseitig durch die beiden Sekundärwicklungen des Transformators gespeist, wobei zur symmetrischen Auslastung der Sekundärwicklungen eine gerade Anzahl von Active Line Modules – also zwei oder vier – gleichmäßig auf die beiden Sekundärwicklungen aufgeteilt sein muss. Die Steuerung der Active Line Modules beider Teilsysteme muss wegen der phasenverschobenen Eingangsspannungen zwingend durch zwei Control Units in Master-Slave-Funktionalität erfolgen, siehe auch Abschnitt „Redundante Einspeisekonzepte“, Unterabschnitt „Realisierbare redundante Einspeisekonzepte mit SINAMICS Active Infeed“. Dies ist deshalb notwendig, weil bei Active Line Modules – ähnlich wie bei Smart Line Modules – die Zündimpulse für die IGBTs von der Control Unit synchronisiert werden und daher alle durch eine Control Unit gesteuerten Active Line Modules an dasselbe Netz mit gleicher Phasenlage angeschlossen sein müssen. Die Übertragung des Stromsollwertes vom spannungsgeregelten Master zum stromgeregelten Slave kann auf verschiedene Arten erfolgen: Bei vorhandener übergeordneter Steuerung z. B. durch Querverkehr bei PROFIBUS DP, ohne überlagerte Steuerung über den SINAMICS Link unter Einsatz von Kommunikationsbaugruppen CBE20 oder über Analogkanäle unter Einsatz von Terminal Modules TM31.



Parallelschaltung von S120 Active Line Modules an einem Dreiwicklungstransformator

Die Symmetrierung der Ströme wird bei den parallelgeschalteten Active Line Modules erreicht durch:

- Verwendung der Master-Slave-Funktionalität zwischen den beiden Teilsystemen
- Verwendung einer Stromausgleichsregelung (ΔI -Regelung) innerhalb der beiden Teilsysteme
- Drosseln in den Clean Power Filtern der Active Interface Modules
- Verwendung einer symmetrischen Leistungsverkabelung zwischen Transformator und den parallelgeschalteten Active Interface Modules / Active Line Modules (Kabel gleichen Typs mit gleichem Querschnitt und gleicher Länge)

Zur symmetrischen Auslastung der Sekundärwicklungen des Transformators sollten keine zusätzlichen Lasten an nur eine der beiden Niederspannungswicklungen angeschlossen werden. Außerdem ist der Anschluss mehrerer Parallelschaltungen mit Master-Slave-Funktionalität an einem Dreiwicklungstransformator wegen der sich dann ausbildenden Kreisströme unzulässig.

Wegen der Master-Slave-Funktionalität, die eine geregelte Stromaufteilung zwischen den Teilsystemen gewährleistet, bestehen – im Gegensatz zu 12-pulsigen Parallelschaltungen mit netzgeführten Basic Line Modules und Smart Line Modules – keine erhöhten Anforderungen an den Dreiwicklungstransformator und das speisende Netz. Alternative Lösungen, wie z. B. zwei separate Transformatoren mit unterschiedlichen Schaltgruppen, können daher hier problemlos verwendet werden.

Die Stromreduktion bei Parallelschaltung bezogen auf die Bemessungsströme der einzelnen Active Interface Modules / Active Line Modules beträgt 5%. Dies gilt auch für die einfachste Form der Parallelschaltung an einem Dreiwicklungstransformator, wenn an jede Sekundärwicklung nur ein Active Line Module mit einer eigenen Control Unit angeschlossen ist, weil auch in dieser Konfiguration die Toleranzen des Transformators und der Master-Slave-Regelung zu einer geringfügig ungleichmäßigen Stromaufteilung führen können.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Da der Dreiwicklungstransformator eine Stern- und eine Dreieckwicklung besitzt, und die Dreieckwicklung keinen Sternpunkt aufweist, den man sinnvoll erden könnte, werden Parallelschaltungen von S120 Active Line Modules üblicherweise an zwei ungeerdete Sekundärwicklungen und somit an ein IT-Netz angeschlossen. Aus diesem Grunde ist ein Isolationswächter zur Isolationsüberwachung einzusetzen.

Aufgrund der Phasenverschiebung zwischen den beiden Teilsystemen bei gleichzeitiger Steuerung beider Teilsysteme durch getrennte Control Units kann nicht absolut sichergestellt werden, dass sich beide Teilsysteme gleichmäßig an der Vorladung des angeschlossenen Zwischenkreises beteiligen. Um Überlastungen einzelner Teilsysteme während der Vorladung sicher auszuschließen, sollte daher die Parallelschaltung von Active Line Modules an einem Dreiwicklungstransformator möglichst so dimensioniert werden, dass jedes Teilsystem für sich allein in der Lage ist, den gesamten Zwischenkreis vorzuladen.

1.15.6 Parallelschaltung von S120 Motor Modules

In Vektorregelung (Antriebsobjekt des Typs Vector) können bis zu vier Motor Modules einen gemeinsamen Motor im Parallelbetrieb speisen (auf Anfrage bis zu sechs). Der Motor kann sowohl mit galvanisch getrennten Wicklungssystemen als auch mit einem gemeinsamen Wicklungssystem ausgestattet sein. Die Art des Wicklungssystems legt in Kombination mit der Anzahl der Motor Modules fest, welche Entkopplungsmaßnahmen an den Ausgängen der parallelgeschalteten Motor Modules erforderlich sind.

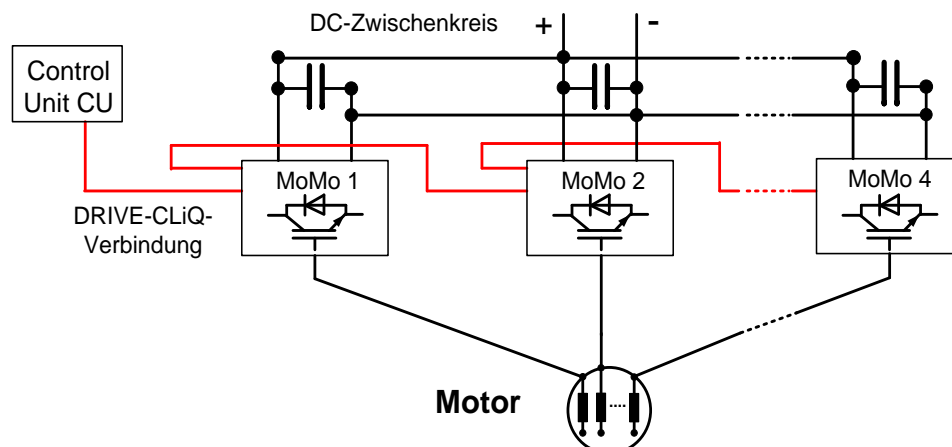
Im Folgenden wird näher auf die beiden Varianten

- Motor mit galvanisch getrennten Wicklungssystemen,
- Motor mit einem gemeinsamen Wicklungssystem

eingegangen.

Motoren mit galvanisch getrennten Wicklungssystemen

Motoren im Leistungsbereich von ca. 1 MW – 4 MW, in dem üblicherweise Umrichter-Parallelschaltungen eingesetzt werden, besitzen in der Regel mehrere parallele Wicklungen. Werden diese parallelen Wicklungen nicht innerhalb des Motors zusammenschaltet, sondern getrennt auf den bzw. die Anschlusskästen des Motors geführt, so erhält man einen Motor mit getrennt zugänglichen Wicklungssystemen. In diesem Fall ist es oftmals möglich, die Parallelschaltung von S120 Motor Modules so zu dimensionieren, dass jedes Wicklungssystem des Motors von genau einem der parallel geschalteten Motor Modules gespeist wird. Die folgende Skizze zeigt eine derartige Anordnung.



Motor mit galvanisch getrennten Wicklungssystemen gespeist durch die Parallelschaltung von S120 Motor Modules

Diese Anordnung bietet aufgrund der vollständigen galvanischen Trennung der Systeme den Vorteil, dass keine Entkopplungsmaßnahmen am Umrichteranschluss erforderlich sind, um mögliche Kreisströme zwischen den parallelgeschalteten Motor Modules zu begrenzen (keine Mindestleitungslängen und keine Motordrosseln bzw. -filter erforderlich).

Als Modulationssysteme sind sowohl die Raumzeigermodulation als auch die Flankenmodulation möglich, d. h. bei Speisung der Parallelschaltung durch Basic Infeeds oder Smart Infeeds kann als maximale Ausgangsspannung nahezu der Wert der drehstromseitigen Eingangsspannung der Infeeds erreicht werden (97 %). Bei Speisung der Parallelschaltung durch Active Infeeds ist aufgrund der höheren Zwischenkreisspannung auch eine höhere Ausgangsspannung als die drehstromseitige Eingangsspannung erreichbar.

Die Stromreduktion bei Parallelschaltung bezogen auf die Bemessungsströme der einzelnen Motor Modules beträgt 5 %.

Hinweis:

Die mögliche Anzahl von getrennten Wicklungssystemen im Motor hängt von der Polzahl des Motors ab. Die Werte in Klammern sind zwar theoretisch möglich, jedoch in der Regel aus Platzgründen nicht realisierbar.

Polzahl des Motors	Mögliche Anzahl getrennter Wicklungssysteme
2	2
4	2, 4
6	2, 3, (6)
8	2, 4, (8)

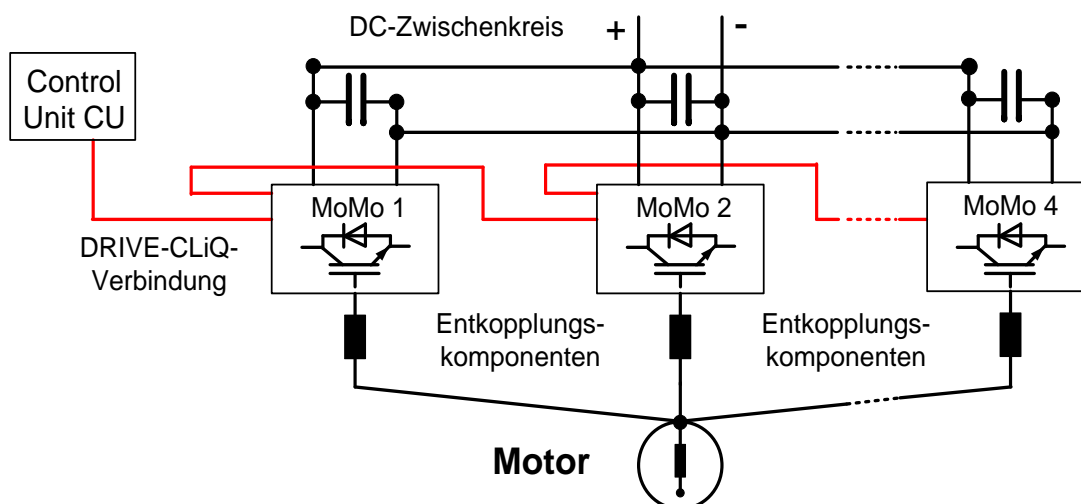
Mögliche Anzahl getrennter Wicklungssysteme in Abhängigkeit von der Polzahl

Damit ist es nicht immer möglich, eine optimale Zuordnung zwischen den parallelschaltbaren Motor Modules und den ausführbaren Wicklungssystemen zu erreichen. So kann z. B. die Konstellation auftreten, dass zur Speisung eines Motors die Parallelschaltung von drei Motor Modules mit jeweils 1200 kW die günstigste Lösung hinsichtlich der Kosten und des Volumens darstellen würde, der Motor aber nur mit zwei oder vier getrennten Wicklungssystemen ausführbar ist. In diesem Fall muss dann entweder auf die Parallelschaltung von vier Motor Modules mit jeweils 900 kW zurückgegriffen werden oder der Motor muss gemäß dem Abschnitt „Zulässige Wicklungssysteme für SINAMICS Umrichter-Parallelschaltungen“ angeschlossen werden, wobei die zuletzt genannte Möglichkeit den Einsatz von Entkopplungsmaßnahmen (Mindestleitungslängen oder Motordrosseln bzw. -filter) erfordert.

Aufgrund des oben genannten Vorteils sollte bei Neuanlagen zunächst geprüft werden, ob eine Ausführung des Motors mit getrennten Wicklungssystemen sowie die Zuordnung einer gleichen Anzahl parallelschaltbarer Motor Modules möglich ist. Wenn dies der Fall ist, so ist diese Variante gegenüber anderen Möglichkeiten zu bevorzugen.

Motoren mit gemeinsamem Wicklungssystem

In vielen Fällen ist der Einsatz von Motoren mit getrennten Wicklungssystemen nicht möglich, z. B. weil die erforderliche Anzahl getrennter Wicklungssysteme aufgrund der Polzahl nicht realisierbar ist, weil der Motor von einem Fremdhersteller geliefert wird oder weil ein Motor mit einem gemeinsamen Wicklungssystem bereits vorhanden ist. In diesem Fall sind die Ausgänge der parallelgeschalteten Motor Modules über die Motorleitungen im Anschlusskasten des Motors miteinander verbunden. Die folgende Skizze zeigt eine derartige Anordnung.



Motor mit einem gemeinsamen Wicklungssystem gespeist durch die Parallelschaltung von S120 Motor Modules

Diese Anordnung weist aufgrund der galvanischen Verbindung der Systeme den Nachteil auf, dass Entkopplungsmaßnahmen am Umrichterausgang erforderlich sind, um mögliche Kreisströme zwischen den parallelgeschalteten Motor Modules zu begrenzen. Die Entkopplung kann durch die Einhaltung von Mindestleitungslängen zwischen den Motor Modules und dem Motor erfolgen oder alternativ durch den Einsatz von Motordrosseln oder -filtern am Ausgang eines jeden Motor Modules. Die erforderlichen Mindestleitungslängen sind den gerätespezifischen Kapiteln „Projektierung der SINAMICS S120, Hinweise zu Einbau- und Schrankgeräten“ bzw. „Projektierung der modularen Schrankgeräte SINAMICS S120 Cabinet Modules“ zu entnehmen.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Als Modulationssysteme sind sowohl die Raumzeigermodulation als auch die Flankenmodulation möglich, d. h., bei Speisung der Parallelschaltung durch Basic Infeeds oder Smart Infeeds kann als maximale Ausgangsspannung nahezu der Wert der drehstromseitigen Eingangsspannung der Infeeds erreicht werden (97 %). Bei Speisung der Parallelschaltung durch Active Infeeds ist aufgrund der höheren Zwischenkreisspannung auch eine höhere Ausgangsspannung als die drehstromseitige Eingangsspannung erreichbar.

Die Stromreduktion bei Parallelschaltung bezogen auf die Bemessungsströme der einzelnen Motor Modules beträgt 5 %.

Hinweis:

Bei früheren Geräteausführungen (Firmware < 4.3 in Kombination mit dem Control Interface Board CIB anstelle des Control Interface Modules CIM) war bei einem gemeinsamen Wicklungssystem nur die Raumzeigermodulation möglich, d. h. die Flankenmodulation konnte hier nicht genutzt werden, weil wegen der galvanischen Verbindung der Systeme der Übergang zwischen Raumzeigermodulation und Flankenmodulation nicht beherrscht wurde. Aufgrund der fehlenden Flankenmodulation war bei Speisung der Parallelschaltung durch Basic Infeeds oder Smart Infeeds die maximale Ausgangsspannung auf ca. 92 % der drehstromseitigen Eingangsspannung der Infeeds begrenzt. Bei Speisung der Parallelschaltung durch Active Infeeds war aufgrund der höheren Zwischenkreisspannung auch ohne Flankenmodulation eine höhere Ausgangsspannung als die Eingangsspannung erreichbar.

1.15.7 Zulässige Wicklungssysteme für SINAMICS Umrichter-Parallelschaltungen

In den vorangegangenen Abschnitten wurde auf Motoren mit getrennten Wicklungssystemen und Motoren mit gemeinsamen Wicklungssystem bereits eingegangen, jedoch ohne genau zu definieren, welche Eigenschaften „getrennte Wicklungssysteme“ bzw. „gemeinsame Wicklungssysteme“ aufweisen müssen, um für den Betrieb mit SINAMICS Umrichter-Parallelschaltungen geeignet zu sein.

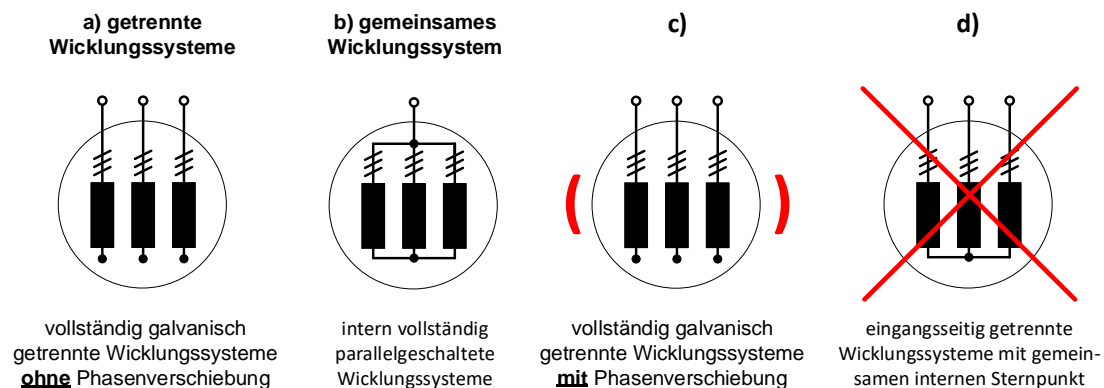
Im Folgenden werden die möglichen Ausführungen von Wicklungssystemen für Umrichter-Parallelschaltungen näher erläutert und es wird eine Einteilung vorgenommen, welche Ausführungen für SINAMICS Umrichter-Parallelschaltungen zulässig und welche unzulässig sind.

Zulässig sind:

- a) **Motoren mit galvanisch getrennten Wicklungssystemen**, bei denen keine galvanischen Verbindungen und keine Phasenverschiebungen zwischen den einzelnen Systemen bestehen.
- b) **Motoren mit gemeinsamem Wicklungssystem**, bei dem alle parallelen Wicklungen innerhalb des Motors im Wickelkopf oder im Anschlusskasten so verschaltet sind, dass sie nach außen hin als ein einziges Wicklungssystem in Erscheinung treten.

Unzulässig sind:

- c) **Motoren mit galvanisch getrennten Wicklungssystemen**, bei denen eine Phasenverschiebung zwischen den einzelnen Systemen besteht. Diese Aussage gilt für Firmware-Version bis einschl. 4.5. Ab Firmware-Version 4.6 können unter bestimmten Randbedingungen prinzipiell auch Motoren mit einer Phasenverschiebung von 30° an SINAMICS Parallelschaltungen betrieben werden. Nähere Informationen auf Anfrage.
- d) **Motoren mit eingangsseitig getrennten Wicklungssystemen**, die intern einen gemeinsamen Sternpunkt aufweisen.



Zulässige und unzulässige Wicklungssysteme für Umrichter-Parallelschaltungen am Beispiel von Motoren mit drei parallelen Wicklungen

Anmerkungen zu Punkt a)

Bis Firmware-Version 4.5 war es absolut zwingend erforderlich, dass die getrennten Wicklungssysteme keine Phasenverschiebung aufweisen, weil die Pulsmuster der parallelgeschalteten Motor Modules durch die Control Unit synchronisiert wurden und somit absolut identisch waren. Ab Firmware-Version 4.6 sind phasenverschobene Wicklungssysteme unter bestimmten Randbedingungen prinzipiell möglich. Nähere Informationen hierzu siehe Punkt c).

a1) Die Variante mit vollständig galvanisch getrennten Wicklungssystemen, bei der jedem Wicklungssystem ein eigenes Motor Module der Parallelschaltung zugeordnet wird, ist zu bevorzugen, weil

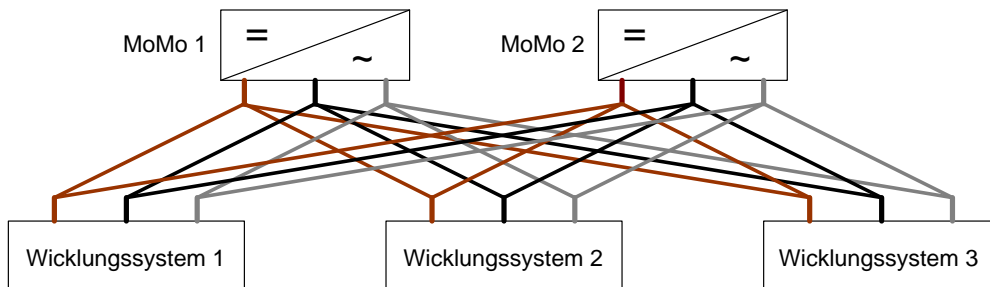
- keine Entkopplungsmaßnahmen am Umrichterausgang erforderlich sind,
- keine Kreisströme zwischen den Systemen fließen können,
- die bestmögliche Stromsymmetrierung erreicht wird.

Hier ist bei der Inbetriebnahme der Parameter p7003 = 1 zu setzen (Mehrere getrennte Wicklungssysteme).

a2) Die Variante mit vollständig galvanisch getrennten Wicklungssystemen, bei der nicht jedem Wicklungssystem ein eigenes Motor Module der Parallelschaltung zugeordnet wird, ist ebenfalls möglich – wie im folgenden Beispiel anhand eines Motors mit drei Wicklungssystemen und eines Umrichters mit zwei Motor Modules dargestellt. Diese Variante bietet jedoch gegenüber der Variante unter Punkt a1) – ähnlich wie die Variante unter Punkt b) – gewisse Nachteile:

- Es sind Entkopplungsmaßnahmen erforderlich (Mindestleitungslängen oder Motordrosseln).
- Kreisströme zwischen den parallelgeschalteten Motor Modules können nicht ganz verhindert werden.
- Die Stromsymmetrierung zwischen den parallelgeschalteten Motor Modules ist geringfügig schlechter.

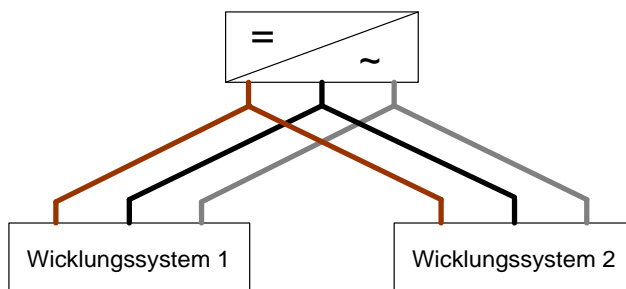
Hier ist bei der Inbetriebnahme der Parameter p7003 = 0 zu setzen (Einwicklungssystem).



Motor mit drei galvanisch getrennten Wicklungssystemen und Umrichter mit zwei Motor Modules

Hinweis:

Es ist auch zulässig, einen Motor mit vollständig galvanisch getrennten Wicklungssystemen durch einen einzelnen Umrichter bzw. ein einzelnes Motor Module zu speisen, wie im folgenden Beispiel mit zwei Systemen dargestellt:



Motor mit zwei galvanisch getrennten Wicklungssystemen und Umrichter mit einem Motor Module

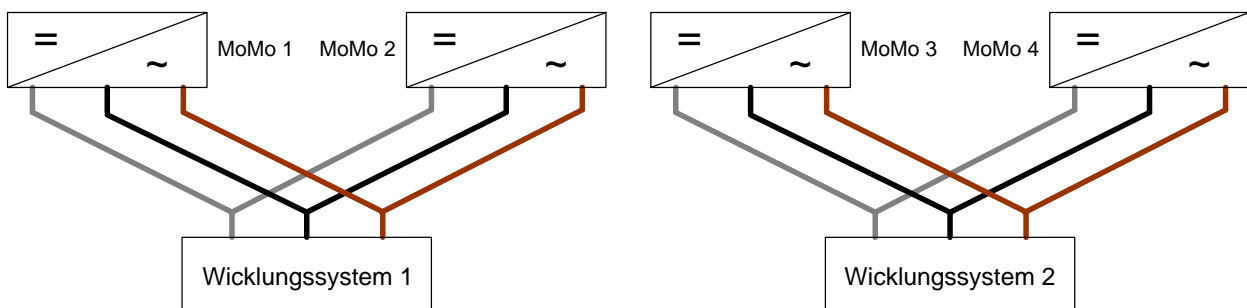
Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

a3) Die Variante mit vollständig galvanisch getrennten Wicklungssystemen, bei der jedem Wicklungssystem mehrere (aber nicht alle) Motor Modules der Parallelschaltung zugeordnet werden, ist ebenfalls möglich – wie im folgenden Beispiel anhand eines Motors mit zwei Wicklungssystemen und eines Umrichters mit vier Motor Modules dargestellt. Diese Variante bietet jedoch gegenüber der Variante unter Punkt a1) – ähnlich wie die Variante unter Punkt b) – gewisse Nachteile:

- Es sind Entkopplungsmaßnahmen erforderlich (Mindestleitungslängen oder Motordrosseln).
- Kreisströme zwischen den parallelgeschalteten Motor Modules können nicht ganz verhindert werden.
- Die Stromsymmetrierung zwischen den parallelgeschalteten Motor Modules ist geringfügig schlechter.

Hier ist bei der Inbetriebnahme der Parameter p7003 = 0 zu setzen (Einwicklungssystem). Der Leitungswiderstand ist in p0352 einzutragen und anschließend die Motoridentifikation mit der Konfiguration p1909.20 = 1 (Leitungswiderstand schätzen) durchzuführen. Dabei gilt die Beschreibung von p0352 für Parallelschaltungen mit Einwicklungssystem (p7003 = 0): p0352 enthält den Zuleitungswiderstand eines einzelnen Motor Modules. Der gesamte Zuleitungswiderstand ergibt sich aus p0352 dividiert durch die Anzahl der aktivierten Motor Modules.



Motor mit zwei galvanisch getrennten Wicklungssystemen und Umrichter mit vier Motor Modules

Anmerkungen zu Punkt b)

Die Variante mit dem intern vollständig parallelgeschalteten, gemeinsamen Wicklungssystem ist ebenfalls möglich für Umrichter-Parallelschaltungen, bietet jedoch gegenüber der Variante unter Punkt a1) gewisse Nachteile:

- Es sind Entkopplungsmaßnahmen erforderlich (Mindestleitungslängen oder Motordrosseln).
- Kreisströme zwischen den parallelgeschalteten Motor Modules können nicht ganz verhindert werden.
- Die Stromsymmetrierung zwischen den parallelgeschalteten Motor Modules ist geringfügig schlechter.

Hier ist bei der Inbetriebnahme der Parameter p7003 = 0 zu setzen (Einwicklungssystem).

Anmerkungen zu Punkt c)

Die Variante mit vollständig galvanisch getrennten Wicklungssystemen, bei denen eine Phasenverschiebung zwischen den Wicklungssystemen vorliegt, ist für SINAMICS Umrichter-Parallelschaltungen des Typs Vektor bis Firmware-Version 4.5 nicht geeignet, weil die Pulsmuster der parallel geschalteten Motor Modules durch die Control Unit synchronisiert werden und somit absolut identisch sind. Ab Firmware-Version 4.6 sind phasenverschobene Wicklungssysteme für SINAMICS Umrichter-Parallelschaltungen des Typs Vektor unter bestimmten Randbedingungen prinzipiell möglich. Nähere Informationen auf Anfrage.

Bei Antriebsobjekten des Typs Servo in Kombination mit permanenten Synchronmotoren und der Technology Extension SERVO COUPLING können bei galvanisch getrennten Wicklungssystemen auch beliebige Phasenverschiebungen vorgegeben werden.

Anmerkungen zu Punkt d)

Die Variante mit eingangsseitig getrennten Wicklungssystemen und intern verbundenem Sternpunkt ist prinzipiell eine Mischung aus den Varianten unter Punkt a) und Punkt b). Das Problem dieser Variante besteht darin, dass durch die galvanisch verbundenen Sternpunkte Kreisströme zwischen den Systemen fließen können. Diese Kreisströme erzeugen zusätzliche Verluste im Motor und können daher unter ungünstigen Randbedingungen zu einer nennenswerten Temperaturerhöhung im Motor führen. Daher ist diese Variante wegen der Gefahr einer zu hohen Motorerwärmung nicht zulässig für SINAMICS Umrichter-Parallelschaltungen.

1.16 Flüssigkeitsgekühlte und wassergekühlte Geräte SINAMICS S120

1.16.1 Allgemeines

Die Geräte des modularen Antriebssystems SINAMICS S120 der Bauform Chassis sind sowohl in einer luftgekühlten Ausführung als auch in einer flüssigkeitsgekühlten und einer wassergekühlten Ausführung verfügbar.

Die Geräte des modularen Antriebssystems SINAMICS S120 der Bauform Cabinet Modules sind in einer luftgekühlten Ausführung und in einer flüssigkeitsgekühlten Ausführung verfügbar.

In diesem Abschnitt wird auf die Grundlagen der Flüssigkeitskühlung und Wasserkühlung sowie auf die flüssigkeitsgekühlten und wassergekühlten Geräte der Bauform Chassis eingegangen. Die flüssigkeitsgekühlten Schrankgeräte der Bauform Cabinet Modules, die auf den flüssigkeitsgekühlten Geräten der Bauform Chassis basieren, werden im Kapitel „Projektierung der modularen Schrankgeräte SINAMICS S120 Cabinet Modules“ beschrieben.

Die Flüssigkeitskühlung und die Wasserkühlung ermöglichen eine wesentlich effizientere Wärmeabfuhr als die Luftkühlung. Daher sind die flüssigkeitsgekühlten und wassergekühlten Geräte wesentlich kompakter als die leistungsgleichen luftgekühlten Geräte. Weil die in den Geräten anfallende Verlustleistung fast vollständig über die Kühlflüssigkeit bzw. das Kühlwasser abgeführt wird, sind je nach Schutzart des Schaltschranks, in den die Geräte eingebaut werden, keine oder nur sehr kleine Schranklüfter für die Abfuhr der Verluste der Geräteelektronik sowie der Stromschienen, Sicherungen und ein- bzw. ausgangsseitigen luftgekühlten Komponenten wie Drosseln und Filter erforderlich. Dadurch sind die Geräte sehr leise. Aufgrund ihrer Kompaktheit und ihres sehr geringen Kühlluftbedarfs bietet sich ihr Einsatz überall dort an, wo beengte Platzverhältnisse und/oder raue Umgebungsbedingungen herrschen. Auch vollständig geschlossene Schaltschränke in Schutzart IP55 lassen sich realisieren. Bei vollständig geschlossenen Schaltschränken in Schutzart IP55 ist die an die Luft abgegebene Verlustleistung der Geräteelektronik sowie die Verlustleistung von Stromschienen, Sicherungen und ein- bzw. ausgangsseitigen luftgekühlten Komponenten wie Drosseln und Filtern, über zusätzlich in den Schaltschrank einzubauende Lüfter in Kombination mit Luft/Wasser-Wärmetauschern an die Kühlflüssigkeit abzuführen.

SINAMICS Flüssigkeitskühlung für einen eigenen, geschlossenen Kühlkreislauf für die SINAMICS-Geräte

Die flüssigkeitsgekühlten Geräte SINAMICS S120 stellen hohe Anforderungen an die Kühlmittelqualität und den Kühlkreislauf wegen des verwendeten Kühlkreismaterials Aluminium. Dieses ermöglicht einen optimalen Wärmeübergang in das Kühlmittel, ist aber chemisch relativ empfindlich. Lediglich einige wenige Geräte im unteren Leistungsbereich besitzen das chemisch robuste Kühlkreismaterial Edelstahl. Durch den Einsatz des chemisch empfindlichen Aluminiums als Kühlkreismaterial bei den meisten Geräten ergeben sich folgende Anforderungen:

- Es ist eine hohe Qualität des als Kühlmittelbasis dienenden Kühlwassers erforderlich.
- Es sind zwingend Zusätze zum Kühlwasser erforderlich (Inhibitoren, Frostschutzmittel, Biozide).
- Es ist zwingend ein eigener, geschlossener Kühlkreislauf für die SINAMICS-Geräte erforderlich, so dass ein Wasser/Wasser-Wärmetauscher zwischen umrichter- und anlagenseitigem Kühlkreislauf benötigt wird.

Die elektrischen Daten der flüssigkeitsgekühlten Geräte sind generell identisch mit denen der leistungsgleichen luftgekühlten Geräte (Bemessungsstrom, Überlastfähigkeit, werkseitig eingestellte Pulsfrequenz, Strom-Derating-Faktoren bei Erhöhung der Pulsfrequenz, Möglichkeit der Parallelschaltung von bis zu vier gleichen Leistungsteilen und Derating-Faktoren bei der Parallelschaltung).

Die maximale Zulufttemperatur des Kühlmittels in die SINAMICS-Geräte liegt relativ hoch und beträgt 45°C (ohne Strom-Derating) bzw. 50°C (mit Strom-Derating).

SINAMICS Wasserkühlung für einen gemeinsamen Kühlkreislauf für Umrichter, Motoren und Anlage

Die wassergekühlten Geräte SINAMICS S120 stellen geringe Anforderungen an die Kühlmittelqualität und den Kühlkreislauf wegen des verwendeten Kühlkreismaterials Kupfer-Nickel (CuNi) im oberen Leistungsbereich und Edelstahl im unteren Leistungsbereich. Diese Kühlkreismaterialien sind chemisch robust. Dadurch ergeben sich folgende Anforderungen:

- Es ist eine geringe Qualität des Kühlwassers ausreichend.
- Es sind keine Zusätze zum Kühlwasser erforderlich (außer Frostschutz bei niedriger Umgebungstemperatur und gegebenenfalls Biozide bei halboffenen Kühlkreisläufen).
- Es kann ein geschlossener oder ein halboffener Kühlkreislauf verwendet werden, der die SINAMICS-Geräte gemeinsam mit den zugehörigen Motoren und anderen anlagenseitigen Komponenten versorgt.

Die elektrischen Daten der wassergekühlten Geräte sind NICHT generell identisch mit denen der leistungsgleichen luftgekühlten Geräte, insbesondere die Überlastfähigkeit ist bei einigen Geräten geringer, siehe Katalog D 21.3. bzw. Abschnitt „Aufbau der wassergekühlten Geräte Bauform Chassis“.

Die maximale Zulufttemperatur des Kühlwassers in die SINAMICS-Geräte liegt eher niedrig und beträgt 38°C (ohne Strom-Derating) bzw. 43°C (mit Strom-Derating). Dafür ist aber bei gemeinsamen Kühlkreisläufen keine Trennung und damit kein Wärmetauscher zwischen umrichter- und anlagenseitigem Kühlkreis erforderlich.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

1.16.2 Flüssigkeitsgekühlte Geräte SINAMICS S120

1.16.2.1 Aufbau der flüssigkeitsgekühlten Geräte Bauform Chassis

Die flüssigkeitsgekühlten Geräte SINAMICS S120 Bauform Chassis zeichnen sich durch eine hohe Leistungsdichte und eine Footprint-optimierte Bauform aus. Sie sind in der Schutzart IP00 ausgeführt. Die elektrischen Leistungsanschlüsse für den Zwischenkreis sind bei allen Geräten nach oben herausgeführt. Die Netzanschlüsse sind bei Basic Line Modules (BLM) nach oben und bei Active Line Modules (ALM) nach unten herausgeführt. Die Motoranschlüsse der Motor Modules befinden sich unten. Die Anschlüsse für die Kühlflüssigkeit (Vor- u. Rücklauf) sind bei allen Geräten an der Unterseite angeordnet und besitzen 3/4"-Verschraubungen.



Direkt an die Kühlflüssigkeit abgeführte Verlustleistung bezogen auf die Gesamtverlustleistung des Gerätes in % (individuelle, gerätespezifische Angaben siehe Katalog D 21.3)		
Flüssigkeitsgekühltes SINAMICS S120-Gerät	Spannungsbereich 3AC 380 V – 480 V DC 510 V – 720 V	Spannungsbereich 3AC 500 V – 690 V DC 675 V – 1035 V
Power Module	≈ 97,5 %	-
Basic Line Module (BLM)	≈ 91,5 %	FBL: ≈ 86 % / GBL: ≈ 91 %
Active Line Module (ALM)	≈ 94,5 % - 96,5 %	≈ 95,0 % - 97,0 %
Motor Module (MoMo)	≈ 94,5 % - 96,5 %	≈ 95,0 % - 97,0 %

Flüssigkeitsgekühlte Geräte SINAMICS S120 Bauform Chassis:

Beispiel eines Basic Line Modules, eines Active Line Modules und eines Motor Modules sowie direkt an die Kühlflüssigkeit abgeführte Verlustleistung. Die individuellen, gerätespezifischen Werte können dem Katalog D 21.3 entnommen werden.

Die flüssigkeitsgekühlten Geräte SINAMICS S120 Bauform Chassis großer Leistung (Basic Line Modules der Baugrößen FBL und GBL, Active Line Modules der Baugrößen HXL und JXL, Active Interface Modules der Baugröße JIL sowie Motor Modules der Baugrößen HXL und JXL) **besitzen als Kühlkreismaterial Aluminium**, das direkt von dem Kühlmittel durchströmt wird. Hierdurch wird ein optimaler Wärmeübergang zwischen Kühlkreismaterial und Kühlmittel erreicht. Allerdings stellt die Aluminiumausführung auch hohe Anforderungen an den Kühlkreislauf und die Kühlmittleigenschaften, so dass hier absolut zwingend ein geschlossener Kühlkreislauf erforderlich ist.

Die flüssigkeitsgekühlten Geräte SINAMICS S120 Bauform Chassis kleinerer Leistung (AC/AC-Power Modules der Baugrößen FL und GL, Active Line Modules der Baugröße GXL, sowie Motor Modules der Baugrößen FXL und GXL) **besitzen als Kühlkreismaterial Edelstahl**. Diese Geräte stellen geringe Anforderungen an den Kühlkreislauf und die Kühlmittleigenschaften.

Gemischte Konfigurationen, die sowohl Geräte mit Kühlkreismaterial Aluminium als auch Geräte mit Kühlkreismaterial Edelstahl enthalten, stellen dieselben hohen Anforderungen an den Kühlkreislauf und die Kühlmittleigenschaften wie für Konfigurationen, die ausschließlich Geräte mit Kühlkreismaterial Aluminium enthalten. Für modulare SINAMICS S120 Antriebsverbände bestehend aus einer Einspeisung und mehreren Motor Modules sind gemischte Konfigurationen die Regel, da alle Einspeisungen – mit Ausnahme des Active Line Modules 300 kW bei 400 V – das Kühlkreismaterial Aluminium besitzen. Daher ist hier absolut zwingend ein geschlossener Kühlkreislauf erforderlich.

Der Kühlkörper der meisten flüssigkeitsgekühlten Geräte ist beidseitig mit Leistungsteilkomponenten bestückt. Hierzu zählen neben den Leistungshalbleitern von Gleich- und Wechselrichter auch die Zwischenkreiskondensatoren und die Symmetrierwiderstände des Zwischenkreises. Somit wird die Verlustleistung aller wesentlichen Komponenten direkt über das Kühlmittel abgeführt. Lediglich die geringe Verlustleistung der Elektronikbaugruppen und der Stromschienen wird an die Umgebungsluft abgegeben (siehe Tabelle oben). Die für den Betrieb der Geräte erforderliche Control Unit ist nicht Bestandteil der Power Modules.

Die Funktionalität der flüssigkeitsgekühlten Geräte entspricht derjenigen der entsprechenden luftgekühlten Geräte. Hierzu zählen z. B. die Überlastfähigkeit, die werkseitig eingestellte Pulsfrequenz, die Strom-Derating-Faktoren bei Erhöhung der Pulsfrequenz, die Möglichkeit der Parallelschaltung von bis zu vier gleichen Leistungsteilen und die Derating-Faktoren bei der Parallelschaltung. Ausnahme: Die Motor Modules, die speziell für Anwendungen mit hochdynamischen Lasten wie z. B. Servopressen ausgelegt sind: 6SL3320-1TE41-4AS3 und 6SL3325-1TE41-4AS3.

Ebenso können alle luftgekühlten Systemkomponenten der luftgekühlten Geräte auch bei den flüssigkeitsgekühlten Varianten eingesetzt werden. Dazu zählen sowohl die Leistungskomponenten wie netz- und motorseitige Drosseln und Filter – mit Ausnahme der Netzfilter gemäß Kategorie C2 sowie der Braking Modules, die aufgrund ihres Kühlungsprinzips nur in den luftgekühlten Geräten eingesetzt werden können – als auch die Elektronikkomponenten wie Communication Boards, Terminal Modules und Sensor Modules.

1.16.2.2 Anforderungen an den Kühlkreislauf und das Kühlmittel

Als Kühlmittel für die flüssigkeitsgekühlten Geräte SINAMICS S120 ist ein Gemisch aus Wasser (als Kühlmittelbasis) und einem Inhibitor vorgesehen, oder ein Gemisch aus Wasser (als Kühlmittelbasis) und einem Frostschutzmittel.

Im Kühlkreislauf können elektrochemische Prozesse auftreten, die zur Korrosion führen. Diese Prozesse hängen von mehreren Faktoren ab:

- Der Beschaffenheit des Kühlkreislaufes,
- den verwendeten Materialien im Kühlkreislauf (Metalle, Kunststoffe, Gummidichtungen und -schläuche),
- den Potenzialverhältnissen im Kühlkreislauf,
- der chemischen Zusammensetzung des Kühlmittels und der Zusätze.

Um korrosive elektrochemische Prozesse zu unterbinden oder zumindest auf einem sehr niedrigen Niveau zu halten, das einen jahrelangen, störungsfreien Betrieb des Kühlkreislaufes ermöglicht, sind folgende Punkte grundsätzlich zu beachten.

Der Kühlkreislauf für die flüssigkeitsgekühlten Geräte SINAMICS S120 ist als geschlossenes System auszuführen.

In einem geschlossenen System wird das Kühlmittel in einem vollkommen geschlossenen Kreislauf umgewälzt (Umlaufkühlung). Es besteht keine Verbindung zur umgebenden Atmosphäre, so dass kein Sauerstoff in den Kühlkreislauf eindringen kann.

Für Geräte mit Kühlkreismaterial Aluminium ist ein geschlossener Kühlkreislauf absolut zwingend erforderlich. Denn nur in einem geschlossenen Kühlkreislauf ist das Kühlmittel von der umgebenden Atmosphäre getrennt und damit das Eindringen von reaktionsfreudigem Sauerstoff in das Kühlsystem unterbunden, so dass sich im Kühlsystem ein dauerhaft stabiles chemisches Gleichgewicht einstellen kann.

Für gemischte Konfigurationen, die sowohl Geräte mit Kühlkreismaterial Aluminium als auch Geräte mit Kühlkreismaterial Edelstahl enthalten, gelten dieselben Anforderungen wie für Konfigurationen, die ausschließlich Geräte in Aluminiumausführung enthalten, so dass auch hier ein geschlossener Kühlkreislauf absolut zwingend erforderlich ist. Gemischte Konfigurationen sind für modulare SINAMICS S120 Antriebsverbände bestehend aus einer Einspeisung und mehreren Motor Modules die Regel, da alle Einspeisungen – mit Ausnahme des Active Line Modules 300 kW bei 400 V – das Kühlkreismaterial Aluminium besitzen.

Die verwendeten Materialien im Kühlkreislauf müssen so aufeinander abgestimmt sein, dass sie sich durch elektrochemische Reaktionen nicht zersetzen. Bei Geräten in Aluminiumausführung sind Mischinstallationen aus Aluminium, Kupfer, Messing und Eisen unbedingt zu vermeiden oder auf das unbedingt Erforderliche zu begrenzen. Ebenso ist der Einsatz halogenhaltiger Kunststoffe (PVC-Rohre und Dichtungen) zu vermeiden. Empfohlen werden geschlossene Kühlkreisläufe mit Rohren aus Edelstahl V4A, ABS-Kunststoff oder entsprechend korrosionsarmen Materialien. Für Schlauchverbindungen sollen isolierende EPDM-Schläuche mit einem elektrischen Widerstand $> 10^9 \Omega/m$ verwendet werden, z. B. Semperflex FKD der Fa. Semperit. Dichtungen müssen chlorid-, graphit- und rußfrei sein.

Die Potenzialverhältnisse im Kühlkreislauf müssen so gestaltet werden, dass sich keine nennenswerten Potenzialunterschiede zwischen den einzelnen Komponenten des Kühlsystems einstellen können. Hier gelten die Regeln des Abschnitts „EMV-gerechte Installation für einen optimalen Potenzialausgleich im Antriebssystem“, wobei in flüssigkeitsgekühlten Systemen nicht nur alle elektrischen Komponenten wie Transformator, Umrichter und Motor lückenlos in den Potenzialausgleich einzubeziehen sind, sondern auch alle nicht-elektrischen Komponenten des Kühlsystems wie Rohrsystem, Pumpe, Wärmetauscher, usw. . Da die flüssigkeitsgekühlten SINAMICS-Geräte für den potenzialfreien Betrieb konstruiert sind, muss der PE-Anschluss mit möglichst großem Querschnitt mit dem Erdpotential verbunden werden.

Die chemische Zusammensetzung des Kühlmittels muss für flüssigkeitsgekühlte Geräte SINAMICS S120 wie folgt beschaffen sein:

Kühlmittel für Geräte mit Kühlkreismaterial Aluminium:

Destilliertes, demineralisiertes, vollentsalztes Wasser oder deionisiertes Wasser mit reduzierter elektrischer Leitfähigkeit gemäß der folgenden Spezifikation (in Anlehnung an ISO 3696 / Qualität 3, bzw. in Anlehnung an IEC 60993) in Kombination mit einem Inhibitor oder einem Frostschutzmittel gemäß den Angaben unten bzw. auf der nächsten Seite:

- Elektrische Leitfähigkeit beim Einfüllen $< 30 \mu S/cm$ bzw. $< 3 mS/m$
- pH-Wert 5,0 bis 8,0
- Oxidierbare Bestandteile als Sauerstoff-Gehalt $< 30 mg/l$
- Rückstand nach Eindampfen und Trocknen bei $110^\circ C$ $< 10 mg/kg$

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Kühlmittel für Geräte mit Kühlkreismaterial Edelstahl:

a) Destilliertes, demineralisiertes, vollentsalztes Wasser oder deionisiertes Wasser mit reduzierter elektrischer Leitfähigkeit gemäß der folgenden Spezifikation (in Anlehnung an ISO 3696 / Qualität 3, bzw. in Anlehnung an IEC 60993) in Kombination mit einem Inhibitor oder einem Frostschutzmittel gemäß den Angaben unten bzw. auf der nächsten Seite:

- Elektrische Leitfähigkeit beim Einfüllen < 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$ bzw. < 3 mS/m
- pH-Wert 5,0 bis 8,0
- Oxidierbare Bestandteile als Sauerstoff-Gehalt < 30 mg/l
- Rückstand nach Eindampfen und Trocknen bei 110°C < 10 mg/kg

b) Gefiltertes Trinkwasser, Betriebs-, Kühlwasser mit folgenden Eigenschaften:

- Elektrische Leitfähigkeit < 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ bzw. < 250 mS/m
- pH-Wert 6,5 bis 9,0
- Gesamtsalzgehalt TDS < 1550 mg/l
- Chlorid (Cl^-) < 250 mg/l
- Natrium (Na^+) < 200 mg/l
- Sulfat (SO_4^{2-}) < 240 mg/l
- Sulfid (S^{2-}) < 1 mg/l
- Nitrat (NO_3^-) < 50 mg/l
- Eisen < 1 mg/l
- Silikate < 10 mg/l
- Ammoniak (NH_3), Ammonium (NH_4^+) < 1 mg/l
- Gesamthärte, davon maximal < 1,78 mmol/l (10 °dH)
 - Calciumhärte < 1,25 mmol/l (7 °dH)
 - Magnesiumhärte < 1,43 mmol/l (8 °dH)
 - Carbonathärte < 0,45 mmol/l (2,5 °dH)
- Schwebstoffe/Suspendierte Stoffe
 - Feststoffe < 340 mg/l
 - Korngröße mitgeführter Teile < 100 μm

Inhibitoren, Frostschutzmittel, Biozide

Die folgenden Zusätze zum oben spezifizierten Kühlwasser sind in Abhängigkeit vom Kühlkreismaterial des Gerätes und den Umgebungsbedingungen erforderlich, wie weiter oben beschrieben. Bei den flüssigkeitsgekühlten Geräten SINAMICS S120 Bauform Chassis sind nur die im Folgenden genannten Zusätze zum Kühlwasser erlaubt, um einen jahrelangen, störungsfreien Betrieb des Kühlkreislaufes sicherzustellen.

- **Inhibitoren** hemmen korrosive elektrochemische Prozesse. Sie sind als Zusatz zum Kühlwasser bei Geräten mit Kühlkreismaterial Aluminium absolut zwingend erforderlich. Als Inhibitoren sind einsetzbar:
 - Clariant: Antifrogen N in einer Konzentration von 25 – 45 Vol%
 - Fuchs: Anticorit S 2000 A in einer Konzentration von 4 - 5 Vol%

Hinweis:

Der früher empfohlene Inhibitor NALCO® TRAC100 (ehemals NALCO® 00GE056) darf nicht mehr eingesetzt werden.

- **Frostschutzmittel** verhindern das Einfrieren des Kühlmittels bei negativen Temperaturen und sind immer dann einzusetzen, wenn aufgrund der Einsatzbedingungen mit Frost gerechnet werden muss. Bei flüssigkeitsgekühlten Geräten SINAMICS S120 Bauform Chassis sind als Frostschutz die in der folgenden Tabelle angegebenen Mittel zu verwenden. Bei zu geringer Konzentration wirkt der Frostschutz korrosiv, bei zu hoher Konzentration verschlechtert sich die Wärmeabfuhr zu sehr. Daher sind die angegebenen Minimal- und Maximalkonzentrationen unbedingt zu beachten. Die Frostschutzmittel enthalten bereits Inhibitoren und haben eine biozide Wirkung, so dass kein weiterer Zusatz von Inhibitoren und Bioziden erforderlich ist und deshalb auch nicht erfolgen darf. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass sich durch den Zusatz von Frostschutzmitteln die kinematische Zähigkeit des Kühlmittels vergrößert und eine entsprechende Anpassung der Pumpenleistung erforderlich sein kann. Dies ist ganz besonders bei dem Frostschutzmittel Antifrogen L auf Propylenglykol-Basis der Fall.

Hinweis:

Die genannten Frostschutzmittel dürfen nicht miteinander vermischt werden – auch nicht beim Nachfüllen!

Frostschutzmittel	Antifrogen N	Antifrogen L	Dowcal 100
Hersteller	Clariant	Clariant	DOW
Chemische Basis	Ethylenglykol	Propylenglykol	Ethylenglykol
Mindestkonzentration	25 %	25 %	25 %
Frostschutz bei Mindestkonzentration	- 10 °C	- 10 °C	- 10 °C
Maximalkonzentration	45 %	48 %	45 %
Frostschutz bei Maximalkonzentration	- 30 °C	- 30 °C	- 30 °C
Enthaltene Inhibitoren	enthält nitrithaltige Inhibitoren	enthält nitrit-, amin-, borat- u. phosphatfreie Inhibitoren	enthält nitrit-, amin-, borat- u. phosphatfreie Inhibitoren
Wirkung als Biozid bei Konzentration	> 25 %	> 25 %	> 25 %

- **Biozide** verhindern die Korrosion durch schleimbildende, korrosive oder eisenablagernde Bakterien. Diese können in geschlossenen Kühlkreisläufen mit geringer Wasserhärte sowie in halboffenen Kühlkreisläufen auftreten. Biozide sind in den oben angegebenen Frostschutzmitteln bereits enthalten und wirken ab den in der Tabelle angegebenen Konzentrationen.

Betauungsschutz

Bei flüssigkeitsgekühlten Geräten kann warme Luft an den kalten Oberflächen von Kühlkörpern, Rohren und Schläuchen kondensieren. Diese Kondensation ist abhängig von der Temperaturdifferenz zwischen der Umgebungsluft und dem Kühlmittel sowie der Luftfeuchtigkeit der Umgebungsluft. Die Temperatur, bei der die in der Luft enthaltene Feuchtigkeit kondensiert, nennt man Taupunkttemperatur. Das bei der Kondensation entstehende Wasser kann Korrosion und elektrische Schäden wie z. B. Überschlänge im Leistungsteil verursachen, welche im Worst Case einen Totalschaden des Gerätes zur Folge haben können. Daher muss eine Kondensation in den Geräten absolut zwingend vermieden werden.

Da die SINAMICS-Geräte beim Vorliegen entsprechender klimatischer Randbedingungen eine Kondensation nicht verhindern können, muss eine mögliche Kondensation durch entsprechende Projektierung des Kühlkreislaufes ausgeschlossen werden, d. h. es muss dafür gesorgt werden, dass die Temperatur des Kühlmittels immer über der Taupunkttemperatur der Umgebungsluft gehalten wird.

Dies kann entweder durch eine relativ hohe, fest eingestellte, und an die maximal zu erwartende Umgebungstemperatur und Luftfeuchtigkeit angepasste Kühlmitteltemperatur erreicht werden, oder durch eine Temperaturregelung des Kühlmittels in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur und der Luftfeuchtigkeit. Ein Beispiel zur Temperaturregelung in einem geschlossenen Kühlkreislauf mittels Dreipunktregler und 3-Wege-Ventil ist auf den nächsten Seiten angegeben.

Die folgende Tabelle gibt die Taupunkttemperatur in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur T und der relativen Luftfeuchtigkeit Φ für einen Atmosphärendruck von 100 kPa (1 bar) an, was einer Aufstellhöhe von 0 bis ca. 500 m über NN entspricht. Da die Taupunkttemperatur mit abnehmendem Druck sinkt, liegen die Werte der Taupunkttemperatur bei größeren Aufstellhöhen unter den angegebenen Tabellenwerten. Somit liegt man stets auf der sicheren Seite, wenn man der Projektierung grundsätzlich die Tabellenwerte für die Aufstellhöhe Null zugrunde legt.

Umgebungstemperatur T	Relative Luftfeuchtigkeit Φ										
	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	85 %	90 %	95 %	100 %
10 °C	< 0 °C	< 0 °C	< 0 °C	0,2 °C	2,7 °C	4,8 °C	6,7 °C	7,6 °C	8,4 °C	9,2 °C	10,0 °C
20 °C	< 0 °C	2,0 °C	6,0 °C	9,3 °C	12,0 °C	14,3 °C	16,4 °C	17,4 °C	18,3 °C	19,1 °C	20,0 °C
25 °C	0,6 °C	6,3 °C	10,5 °C	13,8 °C	16,7 °C	19,1 °C	21,2 °C	22,2 °C	23,2 °C	24,1 °C	24,9 °C
30 °C	4,7 °C	10,5 °C	14,9 °C	18,4 °C	21,3 °C	23,8 °C	26,1 °C	27,1 °C	28,1 °C	29,0 °C	29,9 °C
35 °C	8,7 °C	14,8 °C	19,3 °C	22,9 °C	26,0 °C	28,6 °C	30,9 °C	32,0 °C	33,0 °C	34,0 °C	34,9 °C
40 °C	12,8 °C	19,1 °C	23,7 °C	27,5 °C	30,6 °C	33,4 °C	35,8 °C	36,9 °C	37,9 °C	38,9 °C	39,9 °C
45 °C	16,8 °C	23,3 °C	28,2 °C	32,0 °C	35,3 °C	38,1 °C	40,6 °C	41,8 °C	42,9 °C	43,9 °C	44,9 °C
50 °C	20,8 °C	27,5 °C	32,6 °C	36,6 °C	40,0 °C	42,9 °C	45,5 °C	46,6 °C	47,8 °C	48,9 °C	49,9 °C

Taupunkttemperatur in Abhängigkeit von der Umgebungstemp. T und der relativen Luftfeuchtigkeit Φ bei Aufstellhöhe Null

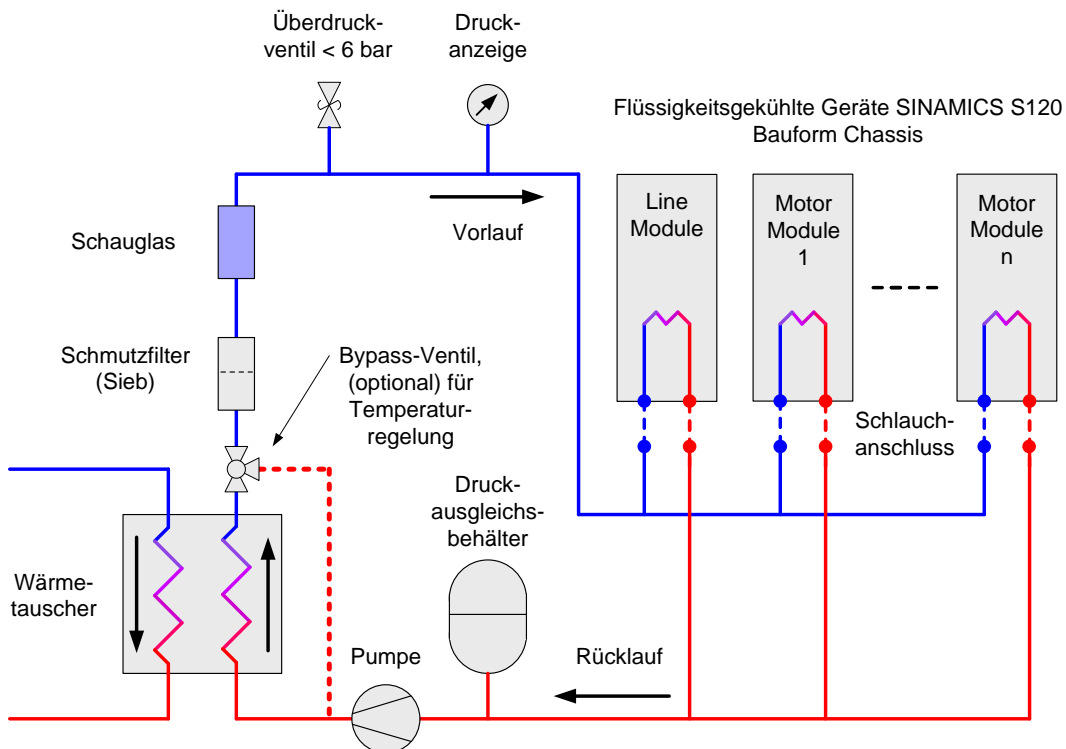
Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

1.16.2.3 Beispiel eines geschlossenen Kühlkreislaufes für flüssigkeitsgekühlte SINAMICS S120

Im folgenden Bild ist ein typisches Beispiel eines geschlossenen Kühlkreislaufes dargestellt. Dieser Kühlkreislauf ist zwingend erforderlich für Geräte mit Kühlkreismaterial Aluminium und für gemischte Konfigurationen aus Geräten mit Kühlkreismaterial Aluminium und Kühlkreismaterial Edelstahl. Er wird auch empfohlen für Geräte mit Kühlkreismaterial Edelstahl. Anhand dieses Bildes werden alle wichtigen Kühlkreislaufkomponenten erläutert.

Der Druckausgleichsbehälter, der geschlossen ausgeführt sein muss, sorgt für einen annähernd konstanten Druck im Kühlsystem auch bei größeren Temperaturschwankungen des Kühlmittels und ist immer unmittelbar auf der Saugseite der Pumpe zu installieren. Hier ist ein Mindestdruck von 30 kPa (0,3 bar) erforderlich. Die Pumpe dient zur Umwälzung des Kühlmittels. Ihr Förderbereich sollte möglichst aus Edelstahl bestehen. Der maximale Systemdruck im Kühlkreislauf gegenüber der Umgebung darf 600 kPa (6 bar) betragen. Dies ist durch ein Überdruckventil sicherzustellen. Die Druckanzeige dient zur optischen Kontrolle des Systemdrucks. Die Druckdifferenz an den SINAMICS-Geräten zwischen Vor- und Rücklauf, die durch die Pumpe erzeugt wird, muss einerseits so groß gewählt werden, dass der erforderliche Volumenstrom (Kühlmittelbedarf) gemäß Katalog D 21.3 zur Kühlung der SINAMICS-Geräte erreicht wird. Andererseits sollte die Druckdifferenz nicht unnötig groß sein, weil sonst die Gefahr des Verschleißes durch Kavitation und Abrasion aufgrund zu hoher Strömungsgeschwindigkeiten deutlich ansteigt. Da die Geräte so dimensioniert sind, dass sich bei Wasser als Kühlmittel der Volumenstrom (Kühlmittelbedarf) gemäß Katalog D 21.3 bei einer Druckdifferenz von 70 kPa (0,7 bar) einstellt, sollte die Druckdifferenz an den Geräten auf ca. 100 kPa (1,0 bar) bis maximal ca. 150 kPa (1,5 bar) ausgelegt werden. Damit ergeben sich einerseits gewisse Reserven im Volumenstrom und andererseits hält sich der Verschleiß innerhalb zulässiger Grenzen. Da sich durch den Zusatz von Frostschutzmitteln die kinematische Zähigkeit des Kühlmittels vergrößert, sollte die Druckdifferenz an den Geräten bei hoher Frostschutzkonzentration auf ca. 170 kPa (1,7 bar) bis maximal ca. 250 kPa (2,5 bar) angehoben werden. Weitere Informationen hierzu können dem Abschnitt „Hinweise zur Kühlkreislaufprojektierung“ entnommen werden.



Flüssigkeitsgekühlte Geräte SINAMICS S120 Bauform Chassis: Empfehlung für einen geschlossenen Kühlkreislauf

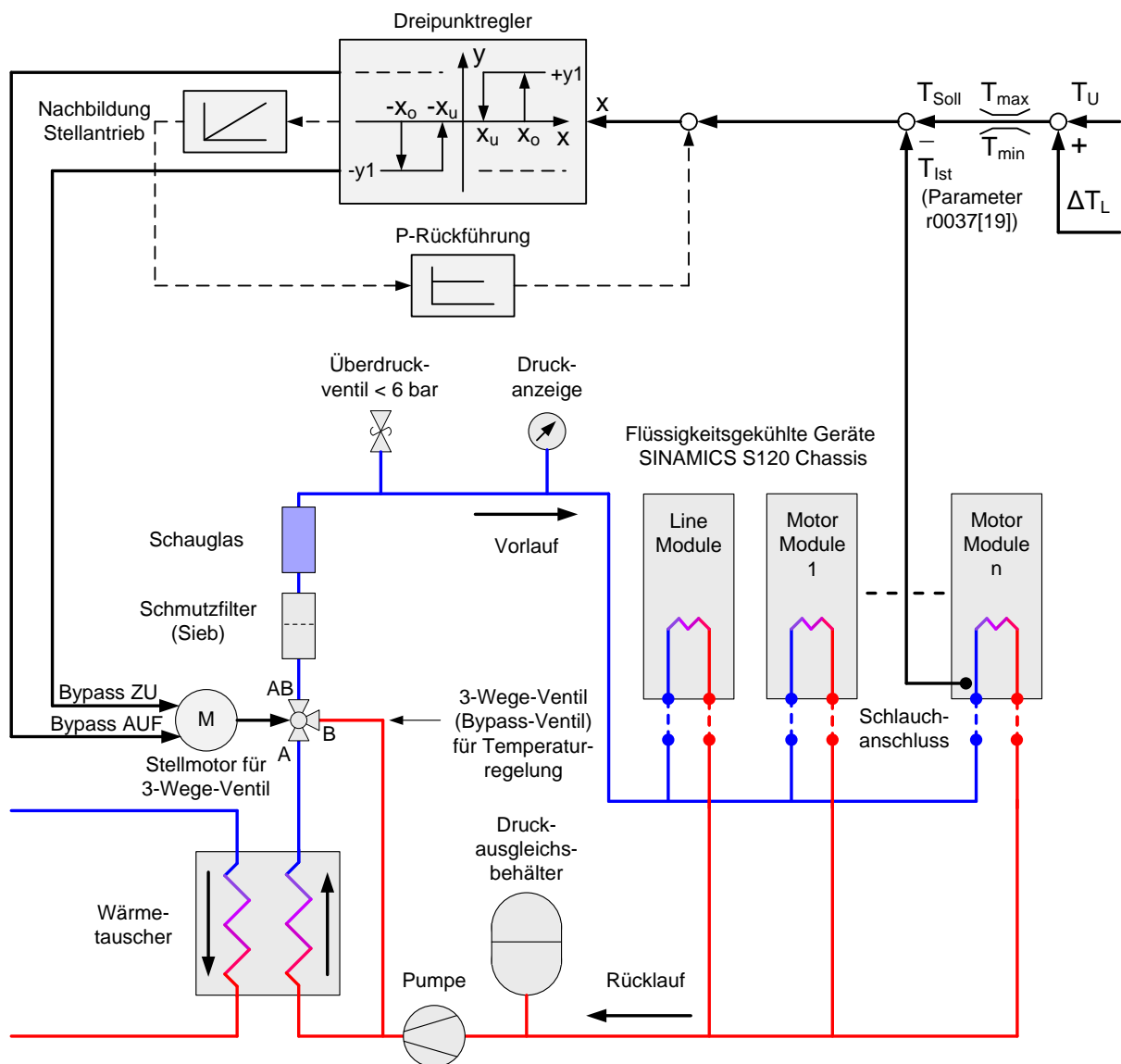
Die Verbindungsrohre zwischen den einzelnen Komponenten des Kühlkreislaufes sollen aus Edelstahl oder ABS-Kunststoff sein, die Dichtungen müssen chlorid-, graphit- und rußfrei sein. Zur mechanischen Entlastung sind die SINAMICS-Geräte über kurze, isolierende EPDM-Schläuche mit einem elektrischen Widerstand $> 10^9 \Omega/\text{m}$ an die Verrohrung des Kühlsystems anzuschließen. Der Wärmetauscher ist idealerweise – wie auch die Verrohrung – aus Edelstahl aufgebaut. Es dürfen aber auch – wenn unbedingt erforderlich – gebräuchliche Wärmetauscher aus Kupfer verwendet werden, solange der Kühlkreislauf geschlossen ist und Inhibitoren oder Frostschutzmittel in der oben angegebenen Konzentration eingesetzt werden. Schmutzfilter (Siebe) halten gelöste Stoffe $> 0,1 \text{ mm}$ zurück und verhindern eine Verstopfung der Kühlkörper in den SINAMICS-Geräten. Das Schauglas wird empfohlen zur Diagnose von Eintrübung oder Verfärbung des Kühlmittels, wodurch auf Korrosion und Alterung geschlossen werden kann. Das Bypass-Ventil wird zur Temperaturregelung zum Schutz vor Betauung benötigt.

1.16.2.4 Beispiel zur Regelung der Kühlmitteltemperatur zum Schutz vor Betauung/Kondensation

Bei flüssigkeitsgekühlten Geräten kann warme Luft an den kalten Oberflächen von Kühlkörpern, Rohren und Schläuchen kondensieren. Das bei der Kondensation entstehende Wasser kann Korrosion und elektrische Schäden wie z. B. Überschlüge im Leistungsteil verursachen, welche im Worst Case einen Totschaden des Gerätes zur Folge haben können. Daher muss eine Kondensation in den Geräten absolut zwingend vermieden werden.

Da die SINAMICS-Geräte beim Vorliegen entsprechender klimatischer Randbedingungen eine Kondensation nicht verhindern können, muss eine mögliche Kondensation durch entsprechende Projektierung des Kühlkreislaufes ausgeschlossen werden, d. h. es muss dafür gesorgt werden, dass die Temperatur des Kühlmittels immer über der Taupunkttemperatur der Umgebungsluft gehalten wird.

Dies kann entweder durch eine relativ hohe, fest eingestellte, und an die maximal zu erwartende Umgebungstemperatur und Luftfeuchtigkeit angepasste Kühlmitteltemperatur erreicht werden, oder durch eine Temperaturregelung des Kühlmittels in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur T_U und der Luftfeuchtigkeit Φ , siehe nachfolgendes Bild.



Beispiel zur Regelung der Kühlmitteltemperatur mittels eines 3-Wege-Ventils zum Schutz vor Betauung / Kondensation

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Die Temperaturregelung addiert zur Umgebungstemperatur T_U eine Temperaturdifferenz ΔT_L , die dafür sorgt, dass die Soll-Temperatur T_{Soll} für das Kühlmittel immer mindestens 1°C bis 3°C über der Taupunkttemperatur der Umgebungsluft liegt. Anschließend vergleicht die Regelung die Soll-Temperatur T_{Soll} des Kühlmittels mit der in den SINAMICS-Geräten am Kühlmittelzulauf gemessenen Ist-Temperatur T_{Ist} , welche der Regelung über den Parameter r0037[19] zur Verfügung steht, und bildet daraus die Regelabweichung x . Diese wird einem Dreipunktregler zugeführt, der in Kombination mit einem Stellmotor M den Durchfluss durch ein 3-Wege-Ventil (Bypass-Ventil) regelt und somit die Kühlmitteltemperatur. Der Dreipunktregler liefert drei Schaltstellungen für die Steuerung des Stellmotors:

- +y1 für den Vorwärtslauf
- 0 für den Stillstand
- -y1 für den Rückwärtslauf.

Überschreitet die Regelabweichung x die obere Schalthysterese x_o , so wird der Stellmotor eingeschaltet und läuft vorwärts, beim Unterschreiten der unteren Schalthysterese x_u wird der Stellmotor wieder abgeschaltet. Unterschreitet die Regelabweichung in negativer Richtung die Schalthysterese $-x_o$, läuft der Stellmotor rückwärts bis die Regelabweichung abgebaut ist und der Stellmotor beim Erreichen der Schalthysterese $-x_u$ wieder abgeschaltet wird.

Der Stellmotor am 3-Wege-Ventil zeigt aus regelungstechnischer Sicht ein I-Verhalten. Für eine stabile Regelung mit P-Verhalten empfiehlt sich daher, die gestrichelt eingezeichnete Rückführung zu verwenden.

Das 3-Wege-Ventil wird so gesteuert, dass bei kaltem Kühlmittel der Bypass (Pfad B-AB) geöffnet ist. Das Kühlmittel wird am Wärmetauscher vorbei geleitet und Kühlkörper sowie Kühlmittel erwärmen sich durch die Verluste der Leistungshalbleiter in den SINAMICS-Geräten. Wenn die Temperatur T_{Ist} am Kühlmittelzulauf den vorgegebenen Sollwert T_{Soll} erreicht, schließt der Dreipunktregler den Bypass und gibt den Weg über den Wärmetauscher (Pfad A-AB) frei.

Regelung der Kühlmitteltemperatur in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur und der Luftfeuchtigkeit

Ausgangspunkt zur Ermittlung der erforderlichen Temperaturdifferenz ΔT_L , welche zur Umgebungstemperatur T_U zu addieren ist, um den Sollwert T_{Soll} für die Kühlmitteltemperatur immer über der Taupunkttemperatur der Umgebungsluft zu halten, ist die Tabelle des Abschnitts „Betaungsschutz“. Diese zeigt die Taupunkttemperatur T_{Tp} in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur T_U und der relativen Luftfeuchtigkeit Φ .

Umgebungstemperatur T_U	Relative Luftfeuchtigkeit Φ										
	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	85 %	90 %	95 %	100 %
10 °C	< 0 °C	< 0 °C	< 0 °C	0,2 °C	2,7 °C	4,8 °C	6,7 °C	7,6 °C	8,4 °C	9,2 °C	10,0 °C
20 °C	< 0 °C	2,0 °C	6,0 °C	9,3 °C	12,0 °C	14,3 °C	16,4 °C	17,4 °C	18,3 °C	19,1 °C	20,0 °C
25 °C	0,6 °C	6,3 °C	10,5 °C	13,8 °C	16,7 °C	19,1 °C	21,2 °C	22,2 °C	23,2 °C	24,1 °C	24,9 °C
30 °C	4,7 °C	10,5 °C	14,9 °C	18,4 °C	21,3 °C	23,8 °C	26,1 °C	27,1 °C	28,1 °C	29,0 °C	29,9 °C
35 °C	8,7 °C	14,8 °C	19,3 °C	22,9 °C	26,0 °C	28,6 °C	30,9 °C	32,0 °C	33,0 °C	34,0 °C	34,9 °C
40 °C	12,8 °C	19,1 °C	23,7 °C	27,5 °C	30,6 °C	33,4 °C	35,8 °C	36,9 °C	37,9 °C	38,9 °C	39,9 °C
45 °C	16,8 °C	23,3 °C	28,2 °C	32,0 °C	35,3 °C	38,1 °C	40,6 °C	41,8 °C	42,9 °C	43,9 °C	44,9 °C
50 °C	20,8 °C	27,5 °C	32,6 °C	36,6 °C	40,0 °C	42,9 °C	45,5 °C	46,6 °C	47,8 °C	48,9 °C	49,9 °C

Taupunkttemperatur T_{Tp} in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur T_U und der relativen Luftfeuchtigkeit Φ

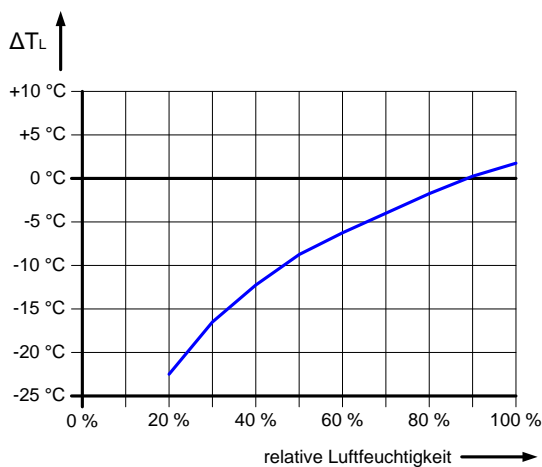
Gemäß obiger Tabelle ist für eine vorgegebene relative Luftfeuchtigkeit Φ die Differenz zwischen Taupunkttemperatur T_{Tp} und Umgebungstemperatur T_U nahezu konstant, wenn man Umgebungstemperaturen $T_U \leq 25^\circ\text{C}$ betrachtet. Zu höheren Umgebungstemperaturen hin nimmt die Differenz zwischen Taupunkttemperatur T_{Tp} und Umgebungstemperatur T_U etwas zu, insbesondere bei relativ geringer Luftfeuchtigkeit.

Aufgrund dieser Abhängigkeit kann man zur Ermittlung der Temperaturdifferenz ΔT_L , welche zur Umgebungstemperatur T_U zu addieren ist, um den Sollwert T_{Soll} für die Kühlmitteltemperatur immer mindestens 1°C bis 3°C über der Taupunkttemperatur der Umgebungsluft zu halten, die 3. Zeile der obigen Tabelle verwenden, welche für eine Umgebungstemperatur von 25°C gültig ist.

Rel. Luftfeuchtigkeit Φ	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	85 %	90 %	95 %	100 %
Taupunkttemperatur bei Umgebungstemp. 25°C	0,6°C	6,3°C	10,5°C	13,8°C	16,7°C	19,1°C	21,2°C	22,2°C	23,2°C	24,1°C	24,9°C
Differenz zwischen Taupunkttemp. und Umgebungstemperatur $T_{Tp} - T_U$	-24,4°C	-18,7°C	-14,5°C	-11,2°C	-8,3°C	-5,9°C	-3,8°C	-2,8°C	-1,8°C	-0,9°C	-0,1°C
Addition von 2°C als Sicherheitsabstand zur Taupunkttemperatur: $\Delta T_L = (T_{Tp} - T_U) + 2^\circ\text{C}$	-22,4°C	-16,7°C	-12,5°C	-9,2°C	-6,3°C	-3,9°C	-1,8°C	-0,8°C	+0,2°C	+1,1°C	+1,9°C

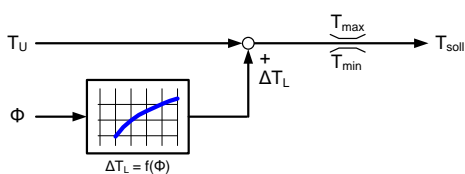
Ermittlung der Temperaturdifferenz ΔT_L , welche zur Umgebungstemperatur T_U zum Schutz vor Betauung zu addieren ist

Das folgende Diagramm zeigt die Temperaturdifferenz ΔT_L in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchtigkeit Φ der Umgebungsluft gemäß der letzten Zeile der obigen Tabelle.



Temperaturdifferenz ΔT_L in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchtigkeit Φ

Damit ergibt sich der Sollwert T_{Soll} für die Kühlmitteltemperatur aus der gemessenen Umgebungstemperatur T_U und der gemessenen relativen Luftfeuchtigkeit Φ gemäß folgendem Diagramm.

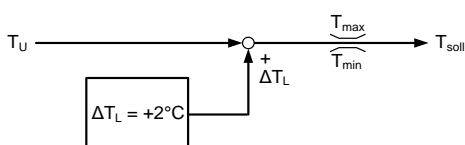


Unabhängig von den Eingangsgrößen Umgebungstemperatur und relativer Luftfeuchtigkeit sollte der minimale Sollwert der Kühlmitteltemperatur bei ca. 10°C liegen. Der maximale Sollwert ist absolut zwingend auf 50°C zu begrenzen. Dies bedeutet jedoch bei hoher relativer Luftfeuchtigkeit, dass die maximale Umgebungstemperatur auf ca. 48°C begrenzt ist.

Regelung der Kühlmitteltemperatur in alleiniger Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur

Grundsätzlich kann die Temperaturdifferenz ΔT_L , welche zur Umgebungstemperatur T_U zu addieren ist, um den Sollwert T_{Soll} für die Kühlmitteltemperatur immer über der Taupunkttemperatur der Umgebungsluft zu halten, auch ohne Messung der relativen Luftfeuchtigkeit ermittelt werden. Dazu muss nur die maximal zu erwartende relative Luftfeuchtigkeit der Umgebungsluft bekannt sein.

Geht man im Worst Case von einer maximalen relativen Luftfeuchtigkeit zwischen 95 % und 100 % aus, so zeigt das Diagramm auf der vorhergehenden Seite, welches die Temperaturdifferenz ΔT_L in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchtigkeit Φ angibt, dass die Temperaturdifferenz ΔT_L auf den Wert $\Delta T_L = +2^\circ\text{C}$ zu setzen ist. Damit ergibt sich der Sollwert T_{Soll} für die Kühlmitteltemperatur allein aus der gemessenen Umgebungstemperatur T_U gemäß dem folgendem Diagramm. Dieses Verfahren führt jedoch bei geringer Luftfeuchtigkeit zu einem deutlich höheren Sollwert für die Kühlmitteltemperatur als das vorher beschriebene Verfahren, welches sowohl die gemessene Umgebungstemperatur T_U als auch die gemessene relative Luftfeuchtigkeit Φ zur Sollwertbildung heranzieht.



Unabhängig von der Eingangsgröße Umgebungstemperatur sollte der minimale Sollwert der Kühlmitteltemperatur bei ca. 10°C liegen. Der maximale Sollwert ist absolut zwingend auf 50°C zu begrenzen. Dies bedeutet jedoch, dass die maximale Umgebungstemperatur auf ca. 48°C begrenzt ist.

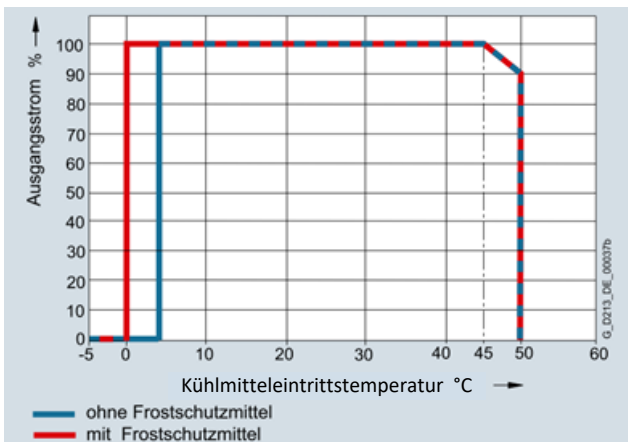
1.16.2.5 Hinweise zur Kühlkreislaufprojektierung

Zulässiger Strom als Funktion der Kühlmitteltemperatur und der Umgebungstemperatur

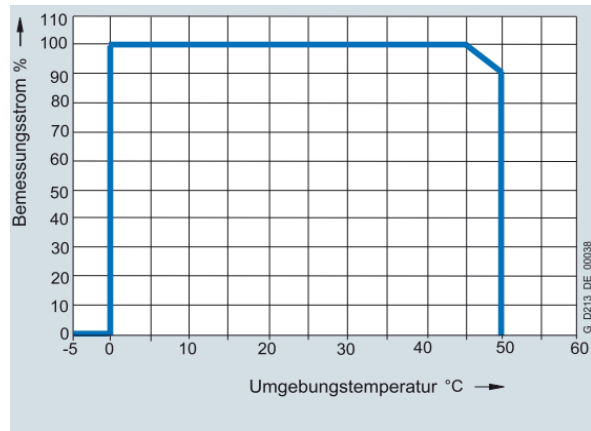
Die flüssigkeitsgekühlten SINAMICS S120 Bauform Chassis sind für eine Kühlmitteltemperatur und eine Umgebungstemperatur von 45 °C sowie eine Aufstellhöhe von bis zu 2000 m über NN bemessen. Werden flüssigkeitsgekühlte SINAMICS S120 Bauform Chassis bei höheren Kühlmitteltemperatur und/oder höheren Umgebungstemperaturen als 45 °C betrieben, so muss der Strom reduziert werden. Höhere Kühlmitteltemperatur und Umgebungstemperaturen als 50 °C sind für die flüssigkeitsgekühlten SINAMICS 120 Bauform Chassis nicht zulässig. Die folgenden Diagramme geben den zulässigen Strom in Abhängigkeit von der Kühlmitteltemperatur und der Umgebungstemperatur an.

Hinweis:

Die Derating-Faktoren der beiden Diagramme sind nicht zu multiplizieren. Für die Dimensionierung ist der jeweils ungünstigste Derating-Faktor der beiden Diagramme maßgebend, so dass im ungünstigsten Fall ein Gesamt-Derating-Faktor von 0,9 gilt.



Strom-Derating als Funktion der Kühlmitteltemperatur

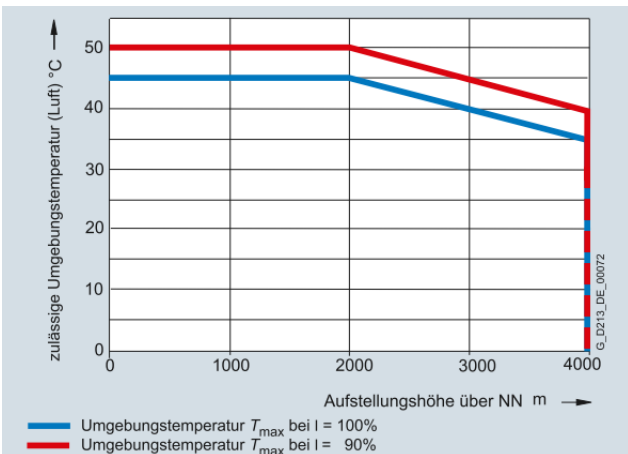


Strom-Derating als Funktion der Umgebungstemperatur

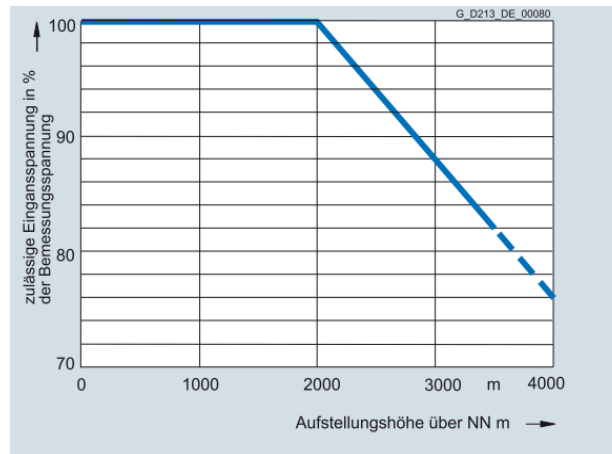
Aufstellhöhen größer 2000 m bis 4000 m über NN

Die flüssigkeitsgekühlten SINAMICS S120 Bauform Chassis sind für eine Aufstellhöhe von bis zu 2000 m über NN sowie eine Kühlmitteltemperatur und eine Umgebungstemperatur von 45 °C bemessen. Werden flüssigkeitsgekühlte SINAMICS S120 Bauform Chassis in Aufstellhöhen größer 2000 m über NN betrieben, so ist zu berücksichtigen, dass mit zunehmender Aufstellhöhe der Luftdruck und damit die Dichte der Luft abnimmt. Durch die geringere Luftdichte sinkt sowohl die Kühlwirkung als auch das Isolationsvermögen der Luft. Daher sind sowohl die zulässige Umgebungstemperatur als auch die zulässige Eingangsspannung zu reduzieren.

Die folgenden Diagramme geben für Aufstellhöhen größer 2000 m bis 4000 m die zulässige Umgebungstemperatur und die zulässige Eingangsspannung in Abhängigkeit von der Aufstellhöhe an.



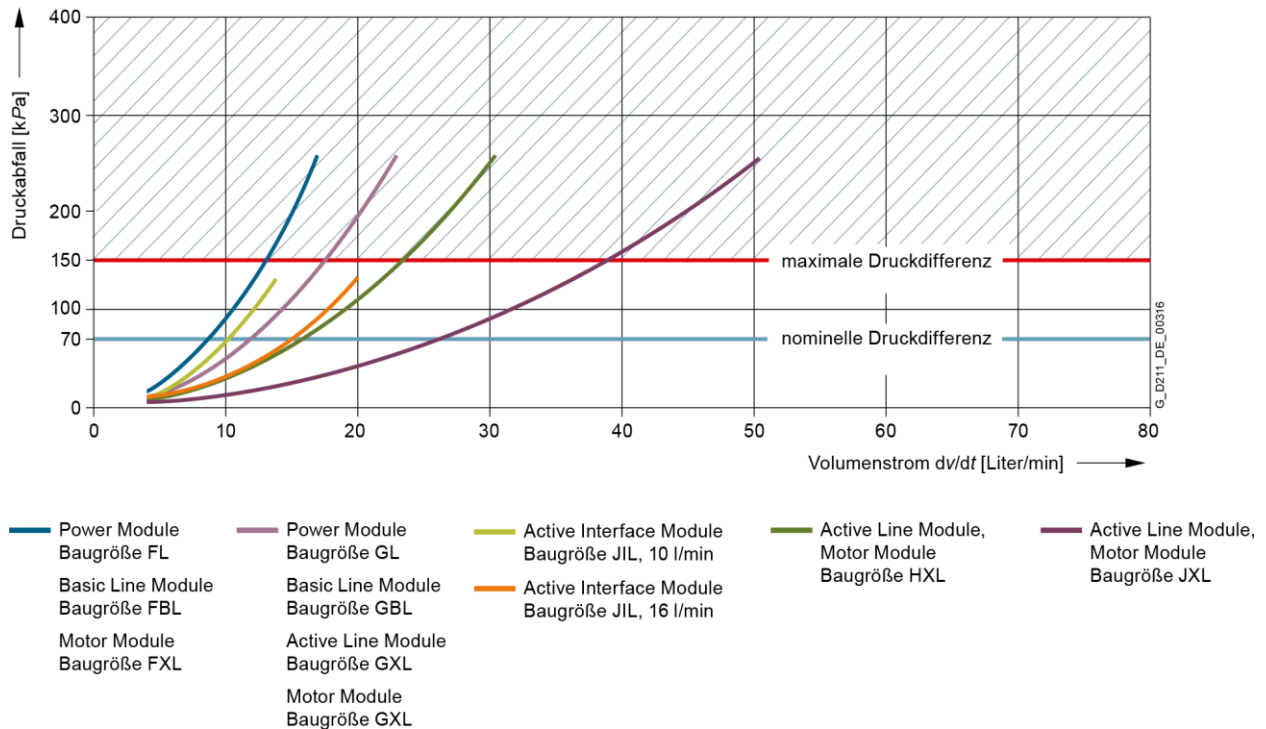
Umgebungstemperatur-Derating als Funktion d. Aufstellhöhe



Eingangsspannungs-Derating als Funktion d. Aufstellhöhe

Druckabfall in Abhängigkeit vom Volumenstrom beim Einsatz von Wasser (H2O)

Der Betriebsdruck im Kühlkreislauf ist in Abhängigkeit von den Strömungsverhältnissen in Vor- und Rücklauf festzulegen. Der für die jeweiligen Geräte erforderliche Volumenstrom dV/dt (Kühlmittelbedarf in l/min) kann den technischen Daten des Katalogs D 21.3 entnommen werden. Die Geräte sind über eine Blende (Stauscheibe) auf einen Druckabfall von 70 kPa (0,7 bar) – bezogen auf das Kühlmittel Wasser (H2O) – ausgelegt, d. h. bei einem Druckabfall von 70 kPa (0,7 bar) stellt sich der Volumenstrom gemäß den technischen Daten des Katalogs D 21.3 ein, wenn als Kühlmittel Wasser verwendet wird. Die folgende Abbildung gibt den Druckabfall für das Kühlmittel Wasser (H2O) in Abhängigkeit vom Volumenstrom für die flüssigkeitsgekühlten SINAMICS-Geräte der verschiedenen Baugrößen an.



Der maximal zulässige Systemdruck im Kühlkörper gegenüber der Umgebung und damit im Kühlkreislauf darf 600 kPa (6 bar) nicht übersteigen. Wird eine Pumpe benutzt, die mehr als diesen maximalen Druck erreichen kann, so ist anlagenseitig durch geeignete Maßnahmen zu gewährleisten, dass der maximale Druck nicht überschritten wird. Die Druckdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf sollte eher niedrig gewählt werden, damit Pumpen mit flacher Kennlinie benutzt werden können. Die minimale Druckdifferenz (Druckabfall) über einem Kühlkörper sollte 70 kPa (0,7 bar) betragen, damit der erforderliche Volumenstrom (Kühlmittelbedarf in l/min) gemäß den technischen Tabellen des Katalogs D 21.3 erreicht wird. Die maximale Druckdifferenz über einem Kühlkörper sollte bei Wasser als Kühlmittel ca. 150 kPa (1,5 bar) betragen, da bei höheren Druckdifferenzen (Druckabfällen) die Gefahr der Kavitation und Abrasion aufgrund der hohen Strömungsgeschwindigkeit deutlich steigt.

Für die Dimensionierung des Kühlkreislaufes gilt die Empfehlung, dass die Druckdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf so gewählt werden sollte, dass gilt:

$$\sum dP_i < dP_{\text{System}} < \sum dP_i + 0,3 \text{ bar}$$

In dieser Formel sind mit dP_i die Druckabfälle der einzelnen Komponenten im Kühlkreislauf bezeichnet (Leitungen, Rohre, Ventile, SINAMICS-Geräte, Wärmetauscher, Schmutzfilter, Schauglas, usw.).

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

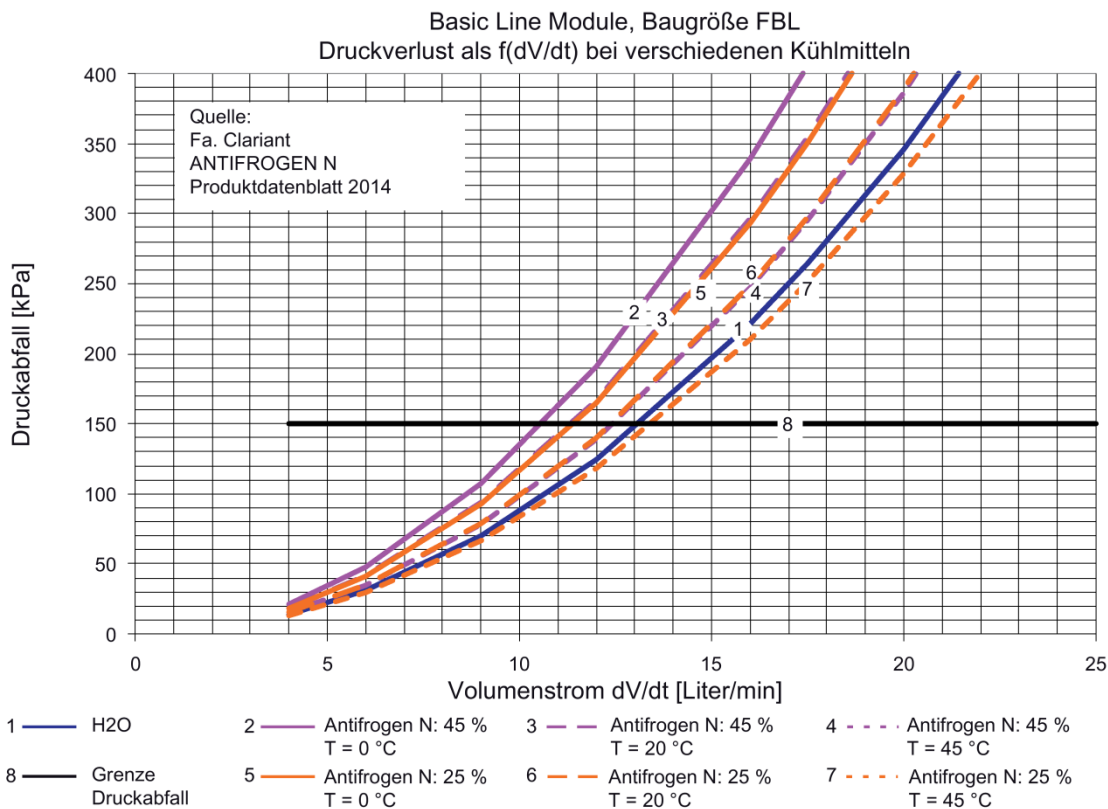
Druckabfall in Abhängigkeit vom Volumenstrom beim Einsatz von Wasser (H2O) mit Frostschutzmitteln

Wird als Kühlmittel anstelle von reinem Wasser (H2O) ein Gemisch aus Wasser (H2O) und Frostschutzmittel benutzt, so ändern sich sowohl die kinematische Zähigkeit als auch die Wärmekapazität des Kühlmittels. Daher ist der erforderliche Druckabfall entsprechend dem Mischungsverhältnis anzupassen, damit sich ein ausreichender Volumenstrom durch die Geräte einstellt.

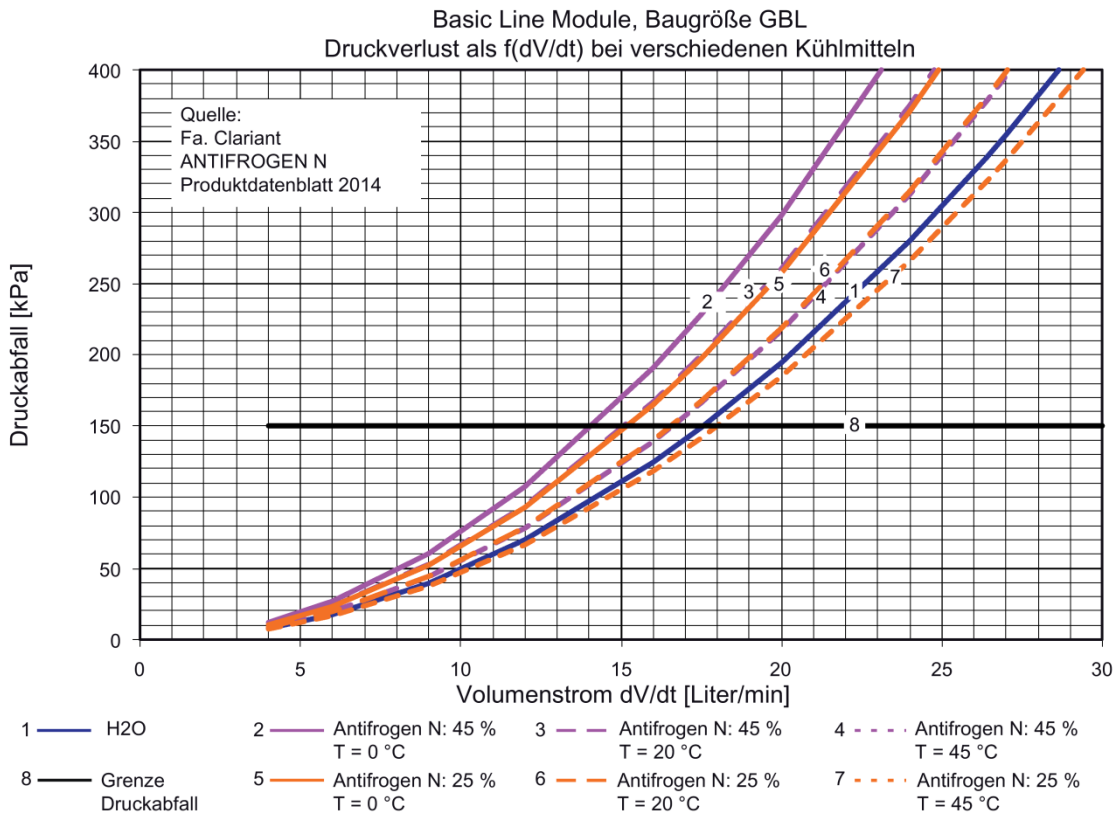
Abhängig von dem Mischungsverhältnis von Wasser (H2O) und Frostschutzmittel (Antifrogen N, Dowcal 100 oder Antifrogen L) sowie der Kühlmitteltemperatur ergeben sich unterschiedliche Druckabfälle über den Kühlkörpern als Funktion des Volumenstromes, wie in den folgenden Diagrammen dargestellt.

Kühlmittelgemisch aus Wasser und Frostschutzmittel Antifrogen N oder Dowcal 100

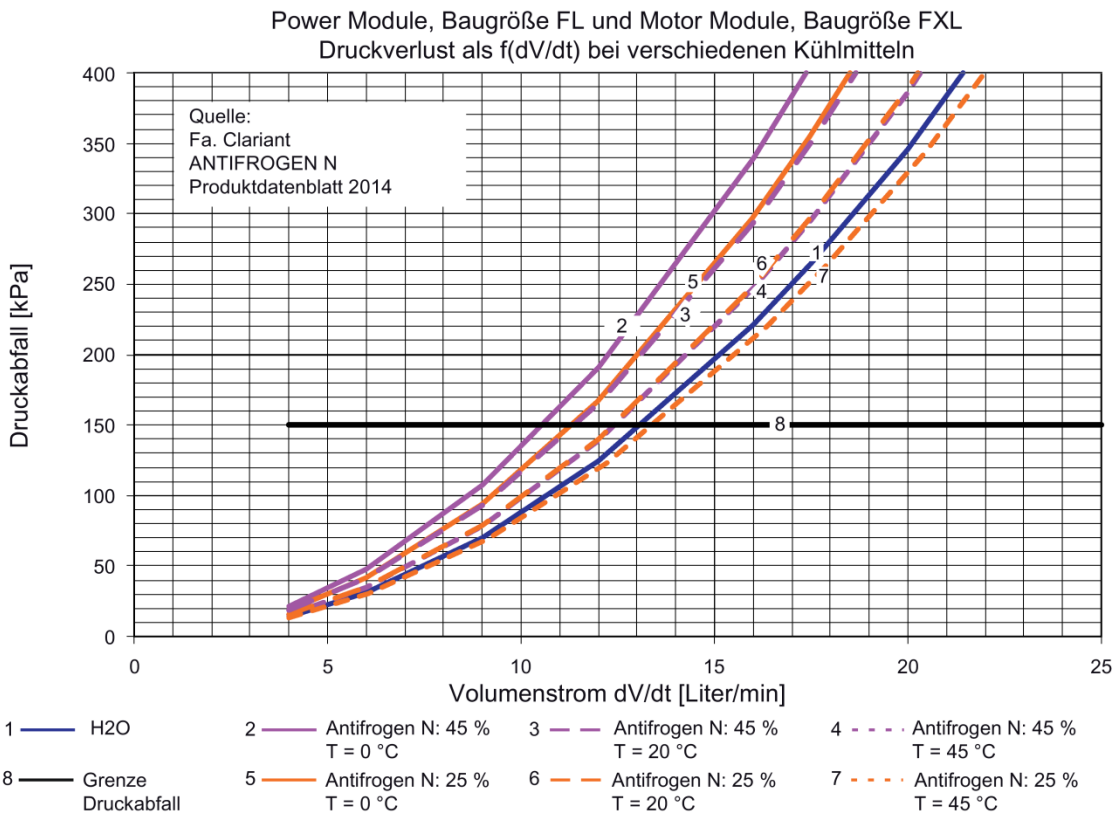
Die folgenden Diagramme geben den Druckabfall am Kühlkörper in Abhängigkeit vom Volumenstrom für die unterschiedlichen flüssigkeitsgekühlten Geräte SINAMICS S120 beim Einsatz von Antifrogen N oder Dowcal 100 an. Dowcal 100 besitzt die gleichen Strömungseigenschaften wie Antifrogen N.



Druckabfall in Abhängigkeit vom Volumenstrom für Basic Line Modules der Baugröße FBL



Druckabfall in Abhängigkeit vom Volumenstrom für Basic Line Modules der Baugröße GBL

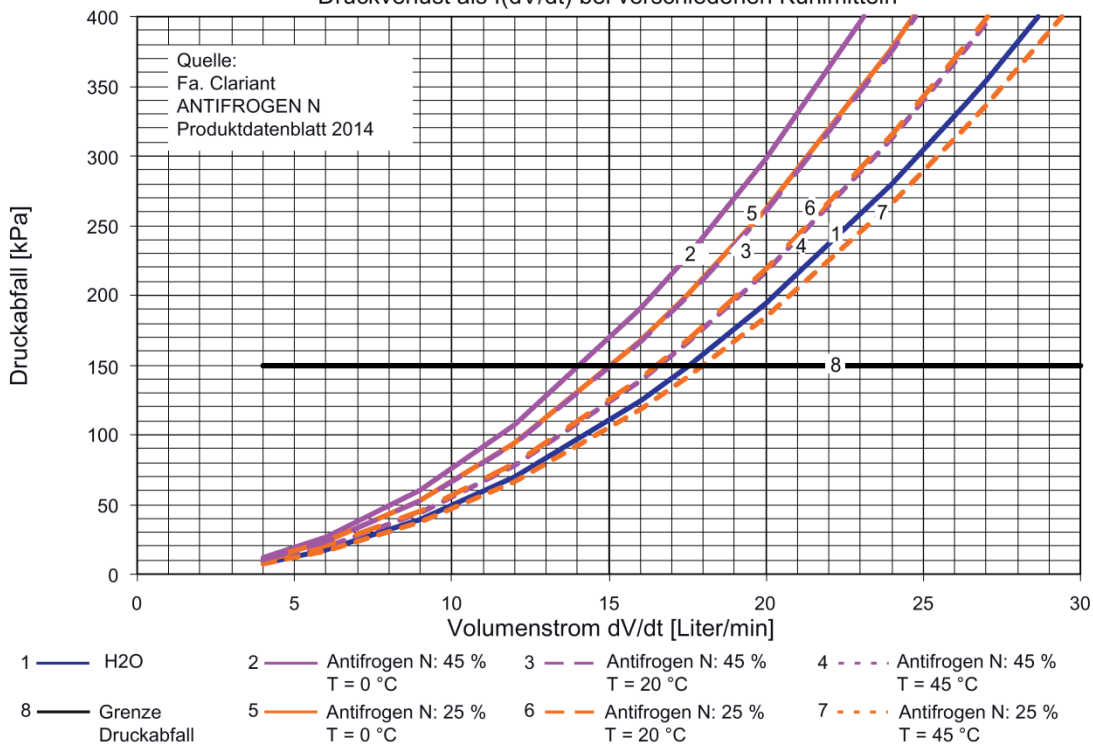


Druckabfall in Abhängigkeit vom Volumenstrom für Power Modules der Baugröße FL und Motor Modules der Baugröße FXL

Grundlagen und Systembeschreibung

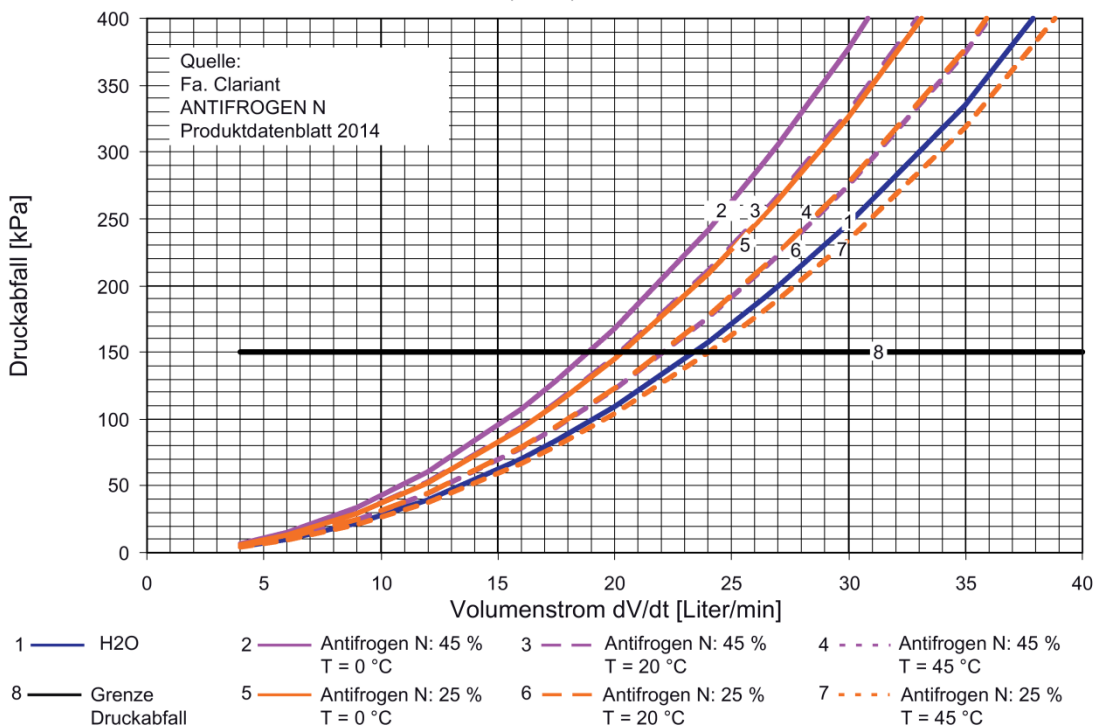
Projektierungshinweise

Power Module, Baugröße GL, Activ Line Module und Motor Module, Baugröße GXL
Druckverlust als $f(dV/dt)$ bei verschiedenen Kühlmitteln

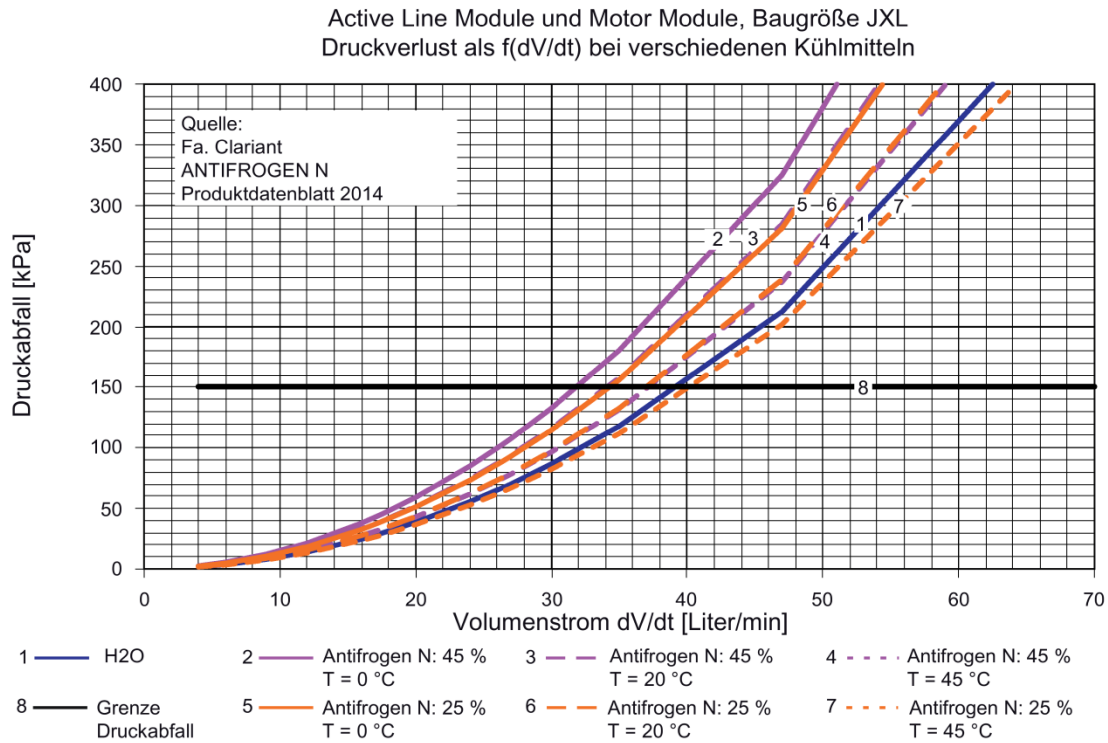


**Druckabfall in Abhängigkeit vom Volumenstrom für Power Modules der Baugröße GL,
Active Line Modules der Baugröße GXL und Motor Modules der Baugröße GXL**

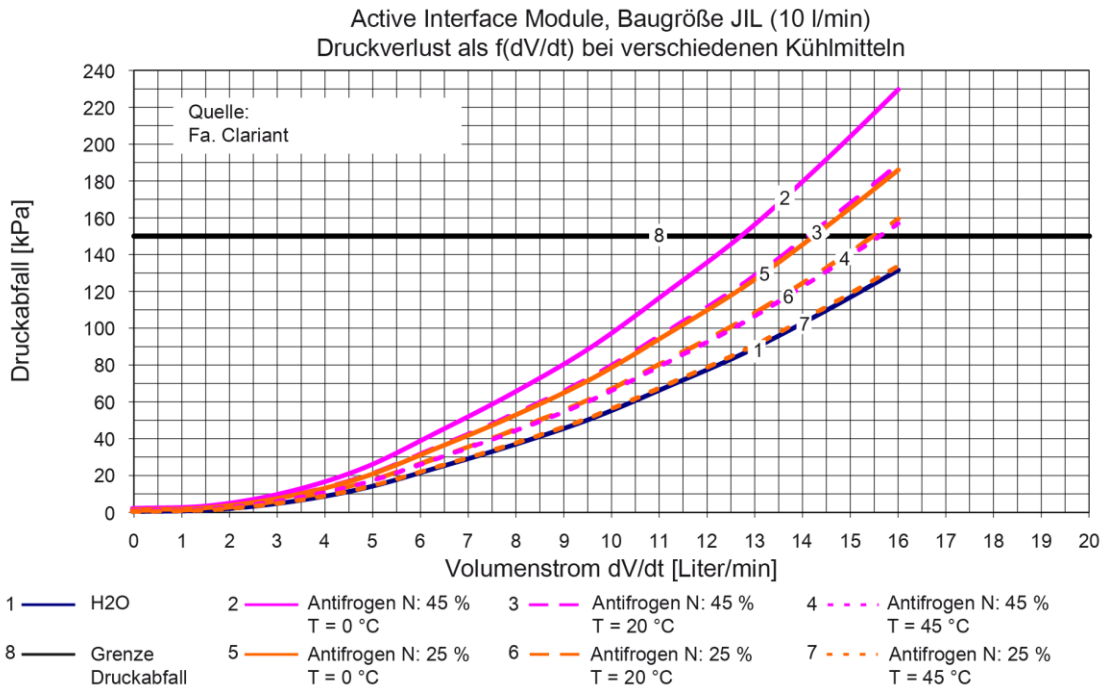
Active Line Module, Motor Module, Baugröße HXL
Druckverlust als $f(dV/dt)$ bei verschiedenen Kühlmitteln



**Druckabfall in Abhängigkeit vom Volumenstrom für Active Line Modules der Baugröße HXL
und Motor Modules der Baugröße HXL**



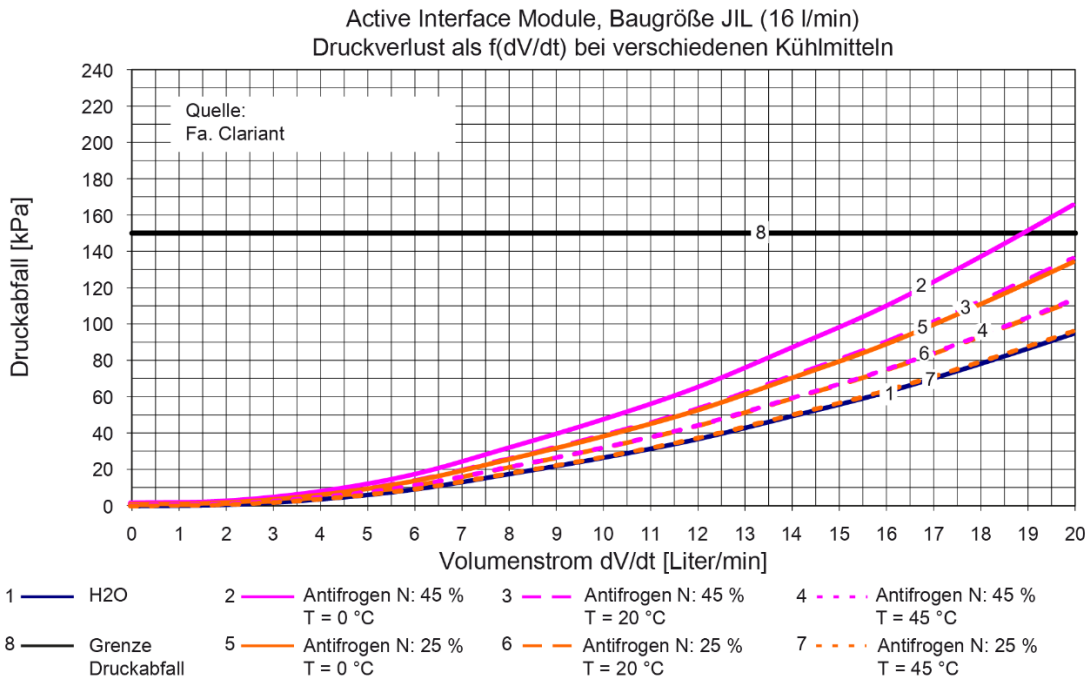
Druckabfall in Abhängigkeit vom Volumenstrom für Active Line Modules der Baugröße JXL und Motor Modules der Baugröße JXL



Druckabfall in Abhängigkeit vom Volumenstrom für Active Interface Modules der Baugröße JIL, 10 l/min

Grundlagen und Systembeschreibung

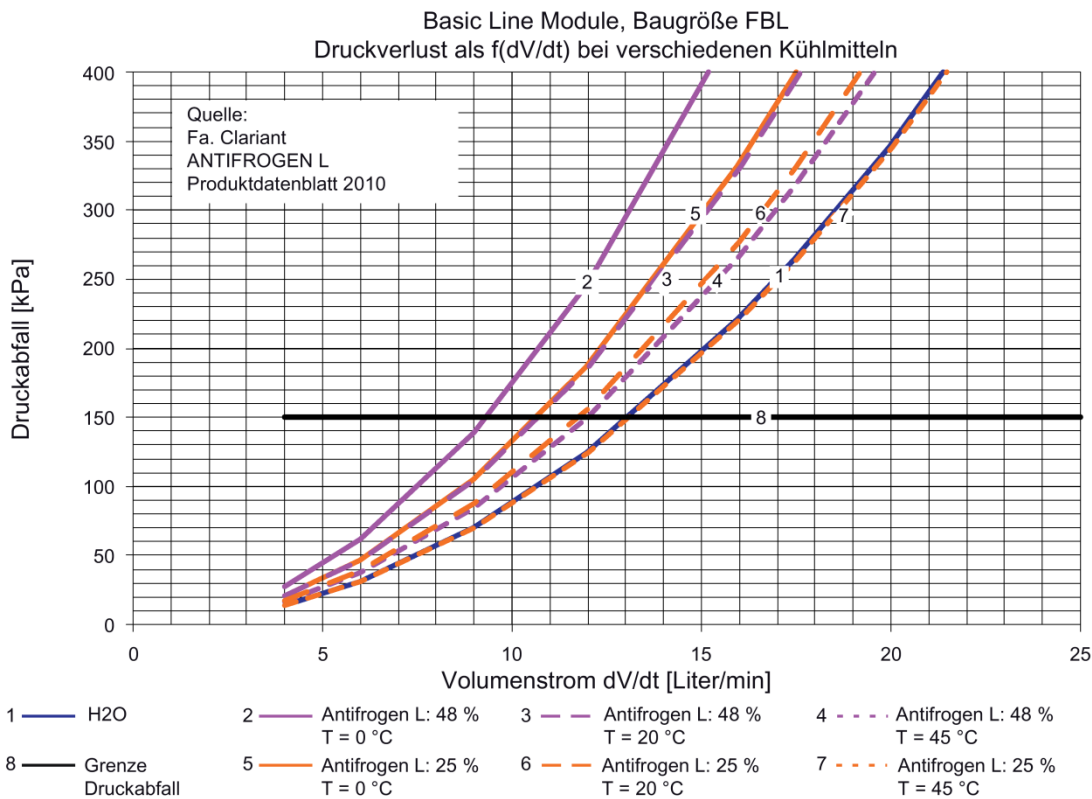
Projektierungshinweise



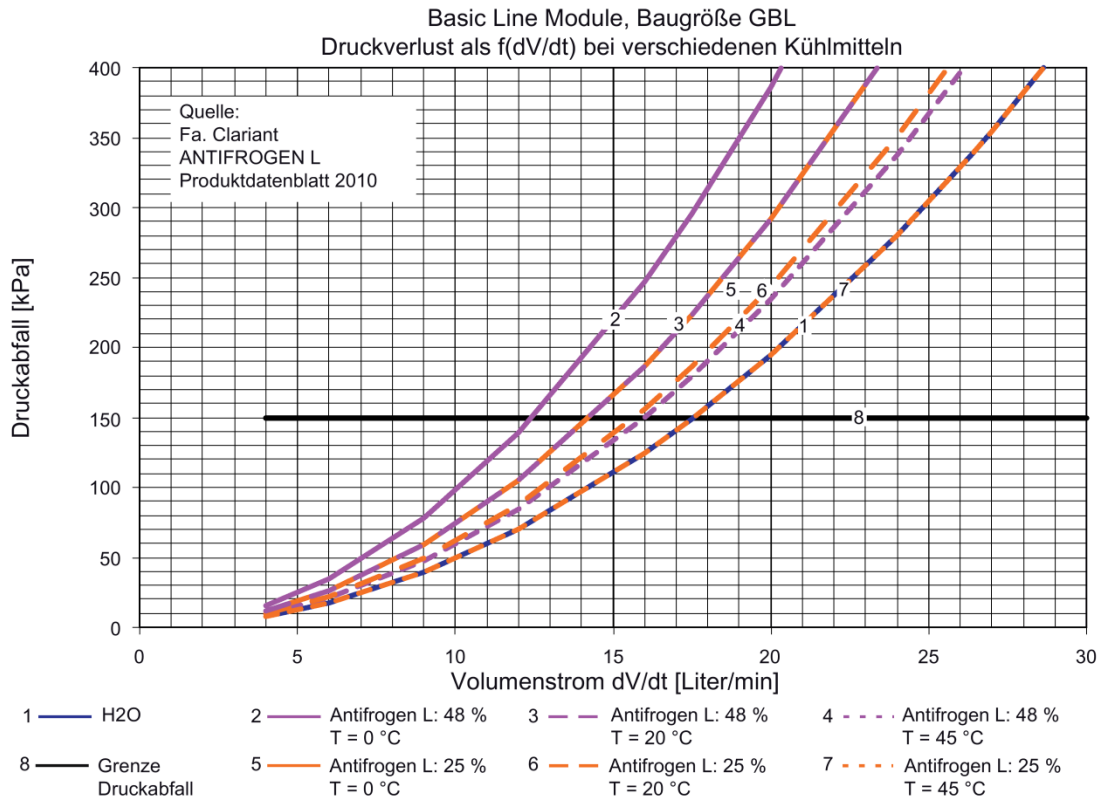
Druckabfall in Abhängigkeit vom Volumenstrom für Active Interface Modules der Baugröße JIL, 16 l/min

Kühlmittelgemisch aus Wasser und Frostschutzmittel Antifrogen L

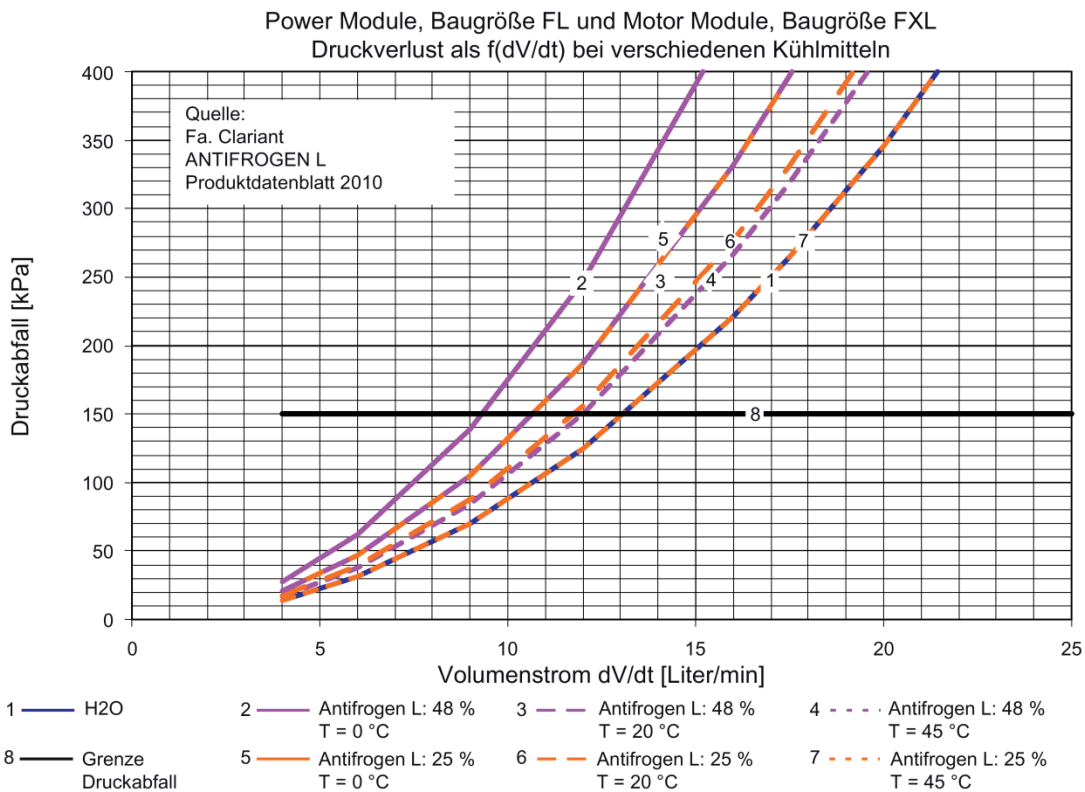
Die folgenden Diagramme geben den Druckabfall am Kühlkörper in Abhängigkeit vom Volumenstrom für die unterschiedlichen flüssigkeitsgekühlten Geräte SINAMICS S120 beim Einsatz von Antifrogen L an.



Druckabfall in Abhängigkeit vom Volumenstrom für Basic Line Modules der Baugröße FBL



Druckabfall in Abhängigkeit vom Volumenstrom für Basic Line Modules der Baugröße GBL

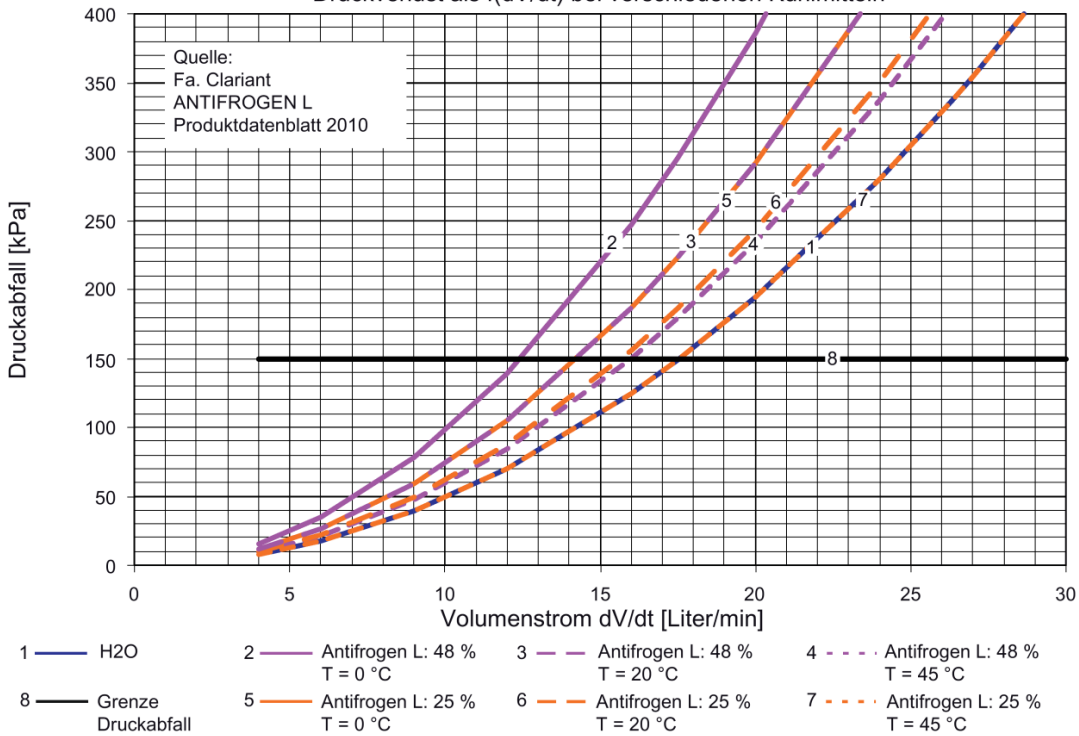


Druckabfall in Abhängigkeit vom Volumenstrom für Power Modules der Baugröße FL und Motor Modules der Baugröße FXL

Grundlagen und Systembeschreibung

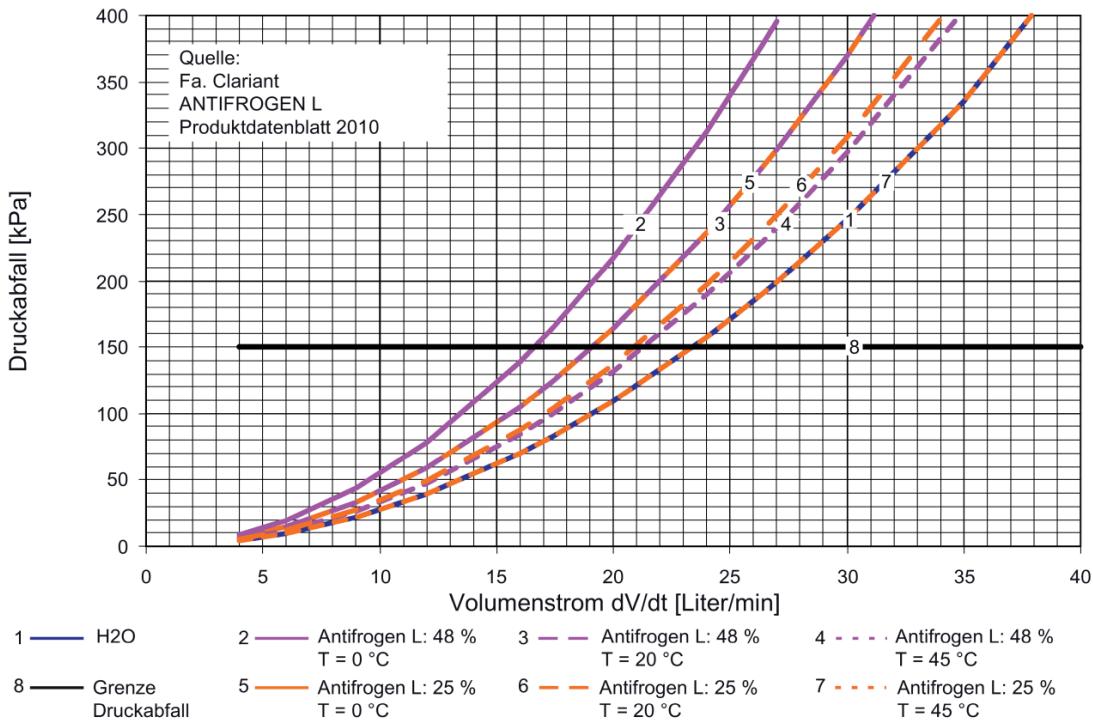
Projektierungshinweise

Power Module, Baugröße GL, Activ Line Module und Motor Module, Baugröße GXL
Druckverlust als $f(dV/dt)$ bei verschiedenen Kühlmitteln

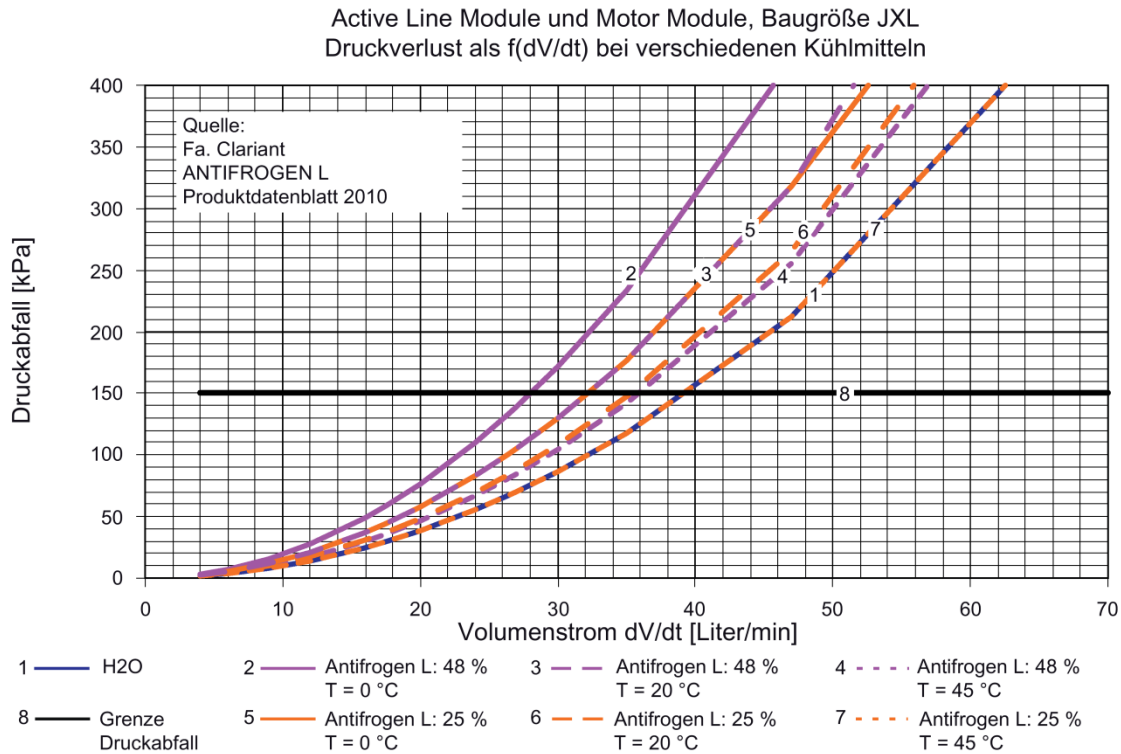


Druckabfall in Abhängigkeit vom Volumenstrom für Power Modules der Baugröße GL, Active Line Modules der Baugröße GXL und Motor Modules der Baugröße GXL

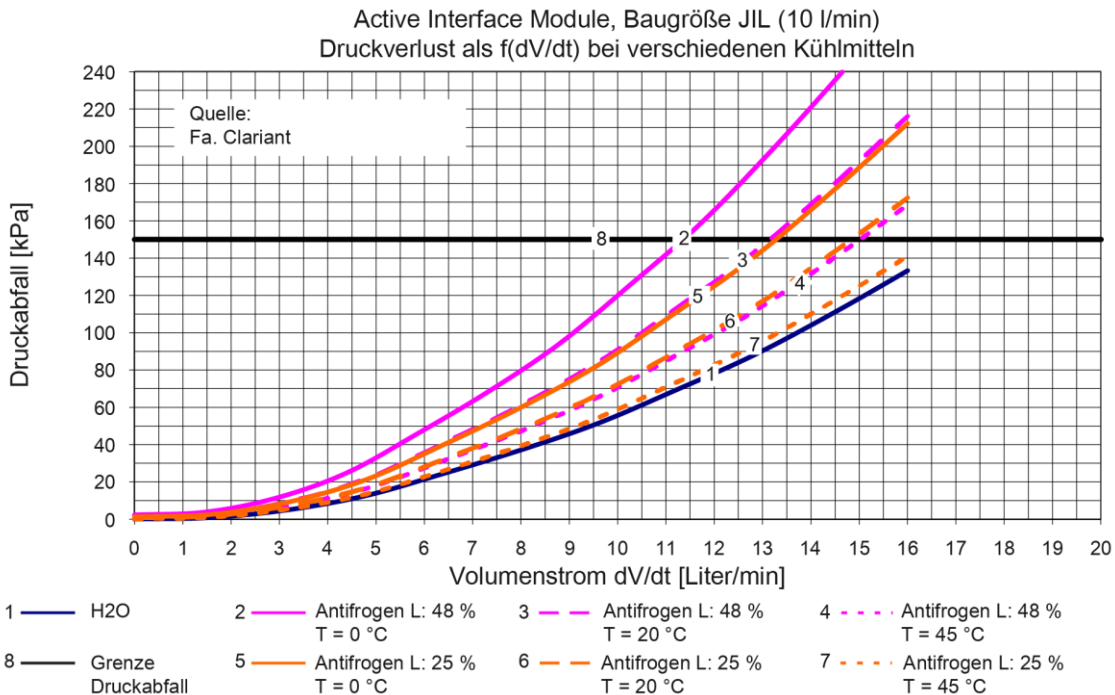
Active Line Module, Motor Module, Baugröße HXL
Druckverlust als $f(dV/dt)$ bei verschiedenen Kühlmitteln



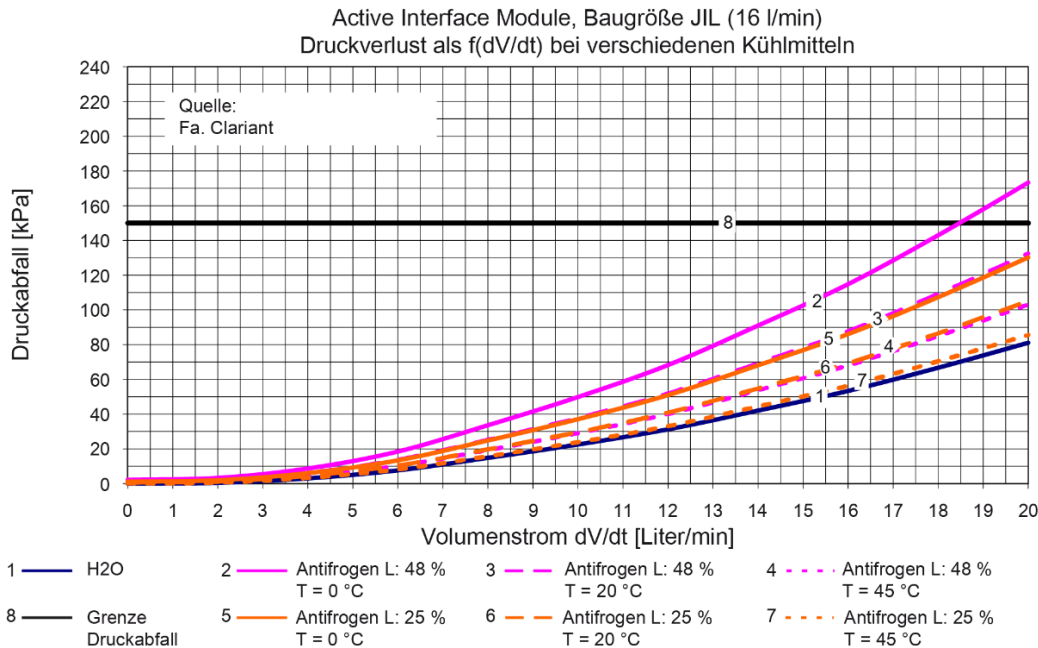
Druckabfall in Abhängigkeit vom Volumenstrom für Active Line Modules der Baugröße HXL und Motor Modules der Baugröße HXL



Druckabfall in Abhängigkeit vom Volumenstrom für Active Line Modules der Baugröße JXL und Motor Modules der Baugröße JXL



Druckabfall in Abhängigkeit vom Volumenstrom für Active Interface Modules der Baugröße JIL, 10 l/min



Druckabfall in Abhängigkeit vom Volumenstrom für Active Interface Modules der Baugröße JIL, 16 l/min

1.16.2.6 Hinweise zum Schaltschrankeinbau

Die zum Einbau in Schaltschränke bestimmten flüssigkeitsgekühlten Geräte SINAMICS S120 der Bauform Chassis sowie die zugehörigen luftgekühlten Systemkomponenten, wie z. B.

- Elektronikkomponenten (Control Units, Terminal Modules, Sensor Modules, usw.),
- Leistungskabel und Stromschienen,
- netzseitige Schalter, Schütze, Sicherungen und Filter,
- motorseitige Drosseln und Filter,

erzeugen im Betrieb eine Verlustleistung. Diese Verlustleistung, die den technischen Daten des Katalogs D 21.3 oder den Betriebsanleitungen zu entnehmen ist, muss aus dem Schaltschrank abgeführt werden, damit sich der Innenraum des Schaltschranks nicht zu stark erwärmt und die Geräte und Systemkomponenten im Rahmen ihrer zulässigen Temperaturen betrieben werden. Der Betrieb innerhalb der zulässigen Temperaturgrenzen ist zwingend erforderlich, um einerseits Störabschaltungen aufgrund zu hoher Erwärmung zu vermeiden und andererseits einer Reduktion der Lebensdauer aufgrund eines zu hohen Temperaturniveaus vorzubeugen.

Die flüssigkeitsgekühlten Geräte SINAMICS S120 der Bauform Chassis geben den ganz überwiegenden Anteil ihrer Verlustleistung von typischerweise ca. 95 % über ihren Kühlkörper direkt an die Kühlflüssigkeit ab, so dass nur wenige Prozent der Gesamtverlustleistung an die Luft im Schaltschrank abgeführt werden müssen. Da die Luft im Schaltschrank aber zusätzlich die Verlustleistung von Elektronikkomponenten, Leistungskabeln, Stromschienen, Sicherungen und gegebenenfalls weiteren luftgekühlten Systemkomponenten aufnehmen muss, ist auf eine ausreichende Kühlung des Schaltschranks unbedingt zu achten. Dazu kann es abhängig von der Einbaulage der flüssigkeitsgekühlten Chassis-Geräte (senkrecht oder liegend), den zu kühlenden Komponenten und der Schutzart des Schaltschranks erforderlich sein, im Schaltschrank zusätzlich Lüfter und Luft/Wasser-Wärmetauscher zu installieren. Es wird dringend empfohlen, mit dem fertigen Schaltschrank einen abschließenden Wärmelauf durchzuführen um sicherzustellen, dass alle im Schaltschrank eingebauten SINAMICS-Geräte und -komponenten innerhalb ihrer zulässigen Temperaturen betrieben werden.

Im Folgenden wird auf die Kühlung des Schaltschranks in Abhängigkeit von der Einbaulage der flüssigkeitsgekühlten Chassis-Geräte (senkrecht oder liegend) und der Schutzart des Schrankes näher eingegangen.

Senkrechter Einbau in einen Schaltschrank

Die flüssigkeitsgekühlten Geräte SINAMICS S120 sind für den senkrechten Einbau in einen Schaltschrank mit einer Mindestbreite von 400 mm vorgesehen.

Abhängig von der Schutzart des Schaltschranks muss durch unterschiedliche Maßnahmen gewährleistet werden, dass die im Chassis-Gerät und somit im Schrankinneren entstehende Verlustwärme ausreichend abgeführt wird.

Für Schutzarten \leq IP21 können die Chassis-Geräte ohne zusätzliche Lüfter in einen Schaltschrank eingebaut werden. Die Kühlung erfolgt hier durch freie Konvektion durch das perforierte Dachblech des Schaltschranks.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Für Schutzarten > IP21 muss ein oben in der Schranktür angeordneter Lüfter (oder ein oberhalb des Chassis-Gerätes in der Dachhaube des Schaltschranks angeordneter Lüfter) durch forcierte Kühlung dafür sorgen, dass sich kein Wärmestau im Schrank bilden kann. In der folgenden Tabelle sind die erforderlichen Mindest-Volumenströme bzw. die mittleren Strömungsgeschwindigkeiten innerhalb der Dachhaube angegeben, ohne Berücksichtigung zusätzlicher Schrankeinbauten wie Elektronikbaugruppen, Stromschienen und Sicherungen. Werden mehrere Geräte in einem Schrank angeordnet, so entspricht der benötigte Volumenstrom der Summe der Volumenströme der einzelnen Komponenten. Sind mehrere Dachhauben miteinander verbunden, so ist auch hier der Gesamtvolumenstrom zu bestimmen und ein entsprechender Lüfter auszuwählen.

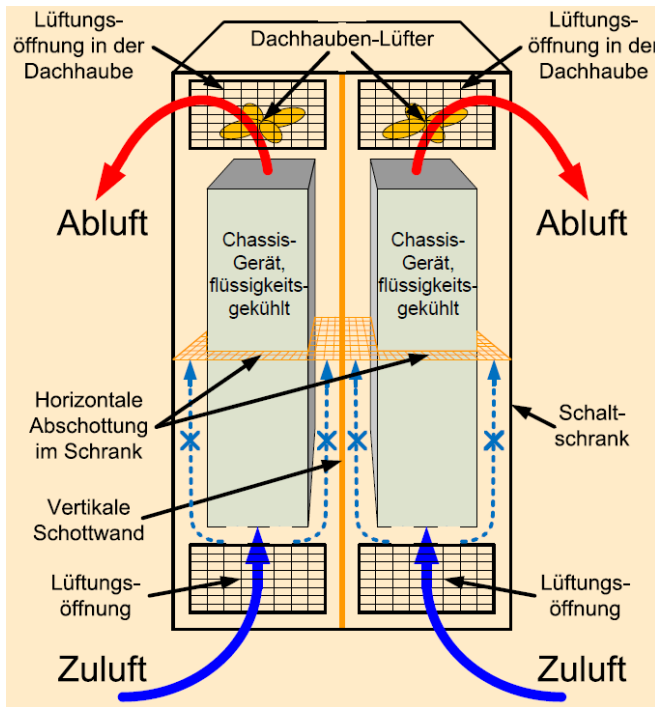
Typeleistung [kW]	Baugröße	Bemessungs- Ausgangsstrom [A]	Erforderlicher Volumenstrom dV/dt des Dachventilators [m ³ / s]	Mittlere Strömungsgeschwindigkeit [m / s]
Power Modules / 3AC 380 V – 480 V				
110	FL	210 (AC)	0,003	0,01
132	FL	260 (AC)	0,003	0,02
160	GL	310 (AC)	0,004	0,02
250	GL	490 (AC)	0,006	0,03
Basic Line Modules / 3AC 380 V – 480 V				
360	FBL	740 (DC)	0,010	0,05
600	FBL	1220 (DC)	0,017	0,09
830	GBL	1730 (DC)	0,024	0,12
Basic Line Modules / 3AC 500 V – 690 V				
355	FBL	420 (DC)	0,009	0,05
630	FBL	730 (DC)	0,016	0,08
1100	GBL	1300 (DC)	0,018	0,09
1370	GBL	1650 (DC)	0,023	0,12
Active Line Modules / 3AC 380 V – 480 V				
300	GXL	549 (DC)	0,006	0,03
380	HXL	677 (DC)	0,007	0,04
500	HXL	941 (DC)	0,010	0,05
630	JXL	1100 (DC)	0,020	0,10
900	JXL	1573 (DC)	0,026	0,14
Active Line Modules / 3AC 500 V – 690 V				
630	HXL	644 (DC)	0,007	0,04
800	HXL	823 (DC)	0,018	0,10
900	HXL	907 (DC)	0,018	0,10
1100	JXL	1147 (DC)	0,021	0,11
1400	JXL	1422 (DC)	0,024	0,12
1700	JXL	1740 (DC)	0,038	0,21
Motor Modules / 3AC 380 V – 480 V / DC 510 V – 720 V				
110	FXL	210 (AC)	0,002	0,01
132	FXL	260 (AC)	0,003	0,02
160	GXL	310 (AC)	0,004	0,02
250	GXL	490 (AC)	0,006	0,03
315	HXL	605 (AC)	0,007	0,04
400	HXL	745 (AC)	0,009	0,05
450	HXL	840 (AC)	0,010	0,05
560	JXL	985 (AC)	0,020	0,10
710	JXL	1260 (AC)	0,024	0,12
800	JXL	1330 (AC)	0,026	0,14
800	JXL	1405 (AC)	0,026	0,14
Motor Modules / 3AC 500 V – 690 V / DC 675 V – 1035 V				
90	FXL	100 (AC)	0,002	0,01
132	FXL	150 (AC)	0,003	0,02
200	GXL	215 (AC)	0,004	0,02
315	GXL	330 (AC)	0,005	0,03
450	HXL	465 (AC)	0,006	0,04
560	HXL	575 (AC)	0,007	0,04
710	HXL	735 (AC)	0,018	0,10
800	HXL	810 (AC)	0,018	0,10
800	JXL	810 (AC)	0,019	0,10
1000	JXL	1025 (AC)	0,021	0,11
1200	JXL	1270 (AC)	0,024	0,12
1500	JXL	1560 (AC)	0,038	0,21

Erforderliche Volumenströme des Lüfters in der Dachhaube des Schaltschranks für Schutzarten > IP21
Als Dachhauben-Lüfter wird der Typ W2E200-HH38-01 der Fa. EBM-Pabst empfohlen.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Damit der vom Lüfter in der Dachhaube hervorgerufene Volumenstrom das Chassis-Gerät auch vollständig durchströmt, und nicht an den Seiten des Chassis-Gerätes vorbeiströmen kann, sind horizontale Abschottungen innerhalb des Schaltschranks erforderlich, wie im folgenden Bild in oranger Farbe dargestellt. Nur so kann bei Schutzarten > IP21 die im Chassis-Gerät an die Luft abgegebene Verlustwärme aus dem Inneren des Chassis-Gerätes ausreichend abgeführt werden. Werden mehrere Lüfter in der Dachhaube verwendet, so sind die einzelnen Bereiche möglichst auch noch vertikal geschottet.



Erforderliche Schottungsmaßnahmen im Schaltschrank

Chassis-Gerät S120, flüssigkeitsgekühlt (Typ / Baugröße)	Einbauhöhe der horizontalen Abschottung ab Chassis-Unterkante [mm]
Power Module / FL	140
Power Module / GL	290
Basic Line Module / FBL	480
Basic Line Module / GBL	910
Active Line Module / FXL	150
Motor Module FXL	480
Active Line Module / GXL	480
Motor Module GXL	480
Active Line Module / HXL	340
Motor Module HXL	340
Active Line Module / JXL	800
Motor Module JXL	800

Einbauhöhe der Abschottung ab Chassis-Unterkante

Bei vollständig geschlossenen Schaltschränken in Schutzart IP55, bei denen kein Luftaustausch mit der Umgebungsluft des Schaltschranks möglich ist, muss die Innenluft des Schaltschranks mit Hilfe eines Lüfters im Schaltschrank umgewälzt werden.

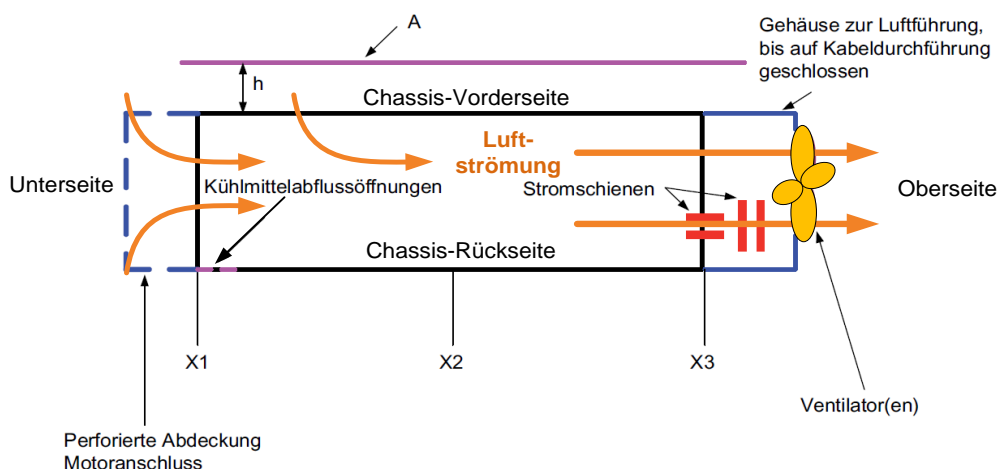
Bei sehr geringen Verlustleistungen von wenigen hundert Watt je Schrankfeld kann die Verlustwärme prinzipiell über die Schrankoberfläche abgeführt werden. Berechnungsformeln, mit denen die über die Schrankoberfläche abführbare Verlustleistung ermittelt werden kann, sind im Kapitel „Geräteübergreifende SINAMICS-Projektierung“, Abschnitt „Schaltschrankaufbau und -klimatisierung“, Unterabschnitt „Physikalische Grundlagen“ zu finden.

Bei höheren Verlustleistungen von mehr als wenigen hundert Watt je Schrankfeld sind zusätzliche Luft/Wasser-Wärmetauscher in den Schaltschrank einzubauen, welche die Verlustwärme der Innenluft an das Kühlmittel abführen. Auch hier ist innerhalb des Schaltschranks durch entsprechende Abschottungen dafür zu sorgen, dass die Luft so geführt wird, dass der interne Luftkreislauf sowohl die zu kühlenden Chassis-Geräte und Komponenten als auch den Luft/Wasser-Wärmetauscher bestmöglich durchströmt. Die Leistung des dazu erforderlichen Lüfters sowie des Luft/Wasser-Wärmetauschers sind gemäß der in Summe abzuführenden Verlustleistung auszuwählen.

Liegender Einbau in einen Schaltschrank

Die flüssigkeitsgekühlten Geräte SINAMICS S120 sind auch für den liegenden Einbau in einen Schaltschrank geeignet. Dabei ist darauf zu achten, dass die Geräte nur auf der Rückwand liegend eingebaut werden dürfen.

Damit es in der liegenden Einbaulage zu keinem Wärmestau im Geräteinneren kommt, ist unabhängig von der Schutzart des Schaltschranks immer ein externer Lüfter am oberen Ende des liegenden Chassis-Gerätes notwendig, der die an die Luft abgegebene Verlustwärme aus dem Chassis-Gerät befördert. Weiterhin muss oberhalb des Chassis-Gerätes eine Platte – im folgenden Luftverteilerplatte genannt – vorhanden sein. Diese sorgt dafür, dass die Luft über die gesamte Gerätelänge homogen verteilt durch die IP20-Abdeckungen an der Chassis-Vorderseite gesaugt wird. Dadurch bleiben auch die Bauteile im unteren Bereich des Chassis-Gerätes im zulässigen Temperaturbereich. Die für den liegenden Einbau erforderlichen Komponenten sind in folgendem Bild dargestellt.



Prinzipieller Aufbau einer liegenden Geräteanordnung

Die Höhe h , das ist der Abstand zwischen Chassis-Geräte-Vorderseite und der Luftverteilerplatte A, muss im Bereich zwischen 25 mm und 60 mm liegen.

Bei Einzelgeräten (Power Module, Basic Line Module, Active Line Module oder Motor Module) oder der Kombination aus einem Motor Module mit einem Basic Line Module oder einem Active Line Module, welche unmittelbar nebeneinander liegen, kann die Luftverteilerplatte A geschlossen sein. Die seitlichen Öffnungen sorgen für eine ausreichend gute Luftführung.

Werden mehr als zwei Geräte liegend nebeneinander angeordnet, ist die Luftverteilerplatte A zu perforieren. Die Perforation muss so gestaltet sein, dass sich die Öffnungsfläche zu ca. 60 % in der unteren Gerätehälfte befindet, d. h. im oben gezeigten Bild zwischen X1 und X2.

Der Motoranschluss muss bei liegendem Einbau abgedeckt werden. Die Abdeckung muss perforiert sein, wobei die Perforation Öffnungsflächen von ca. 8 x 30 mm mit einem Stegabstand von ca. 3 bis 5 mm besitzen sollte.

Die folgende Tabelle gibt den erforderlichen Volumenstrom für die verschiedenen Chassis-Geräte bei liegendem Einbau an sowie die empfohlenen Lüfter.

Gerät / Baugröße / Leistung / Spannung	Erforderlicher Luftvolumenstrom	Anzahl Ventilatoren Papst 4114NXH oder Papst 4114NHH oder Papst 4184NXH (120 x 120 mm)
	[m ³ / s]	
Power Module / FL	0,015	1
Power Module / GL		
Basic Line Module / FBL / 360 kW / 400 V	0,027	1
Basic Line Module / FBL / 355 kW / 690 V		
Basic Line Module / FBL / 600 kW / 400 V	0,044	2
Basic Line Module / FBL / 630 kW / 690 V		
Basic Line Module / GBL	0,063	2
Active Line Module / GXL		
Motor Module / FXL	0,015	1
Motor Module / GXL		
Active Line Module / HXL		
Motor Module / HXL	0,025	1
Active Line Module / JXL		
Motor Module JXL	0,063	2

Erforderlicher Volumenstrom sowie Anzahl und Typ der benötigten Lüfter bei liegendem Einbau.

Für vollständig geschlossene Schaltschränke, bei denen kein Luftaustausch mit der Umgebungsluft des Schaltschranks möglich ist, gelten hinsichtlich der Abfuhr der Verlustwärme aus dem Schaltschrank dieselben Aussagen wie bei senkrechtem Einbau der Chassis-Geräte.

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

1.16.3 Wassergekühlte Geräte SINAMICS S120 für einen gemeinsamen Kühlkreislauf

1.16.3.1 Aufbau der wassergekühlten Geräte Bauform Chassis

Die wassergekühlten Geräte SINAMICS S120 Bauform Chassis zeichnen sich durch eine hohe Leistungsdichte und eine Footprint-optimierte Bauform aus. Sie sind in der Schutzart IP00 ausgeführt. Die elektrischen Leistungsanschlüsse für den Zwischenkreis sind bei allen Geräten nach oben herausgeführt. Die Netzanschlüsse sind bei Active Line Modules (ALM) nach unten herausgeführt. Die Motoranschlüsse der Motor Modules befinden sich unten. Die Anschlüsse für die Kühlflüssigkeit (Vor- u. Rücklauf) sind bei allen Geräten an der Unterseite angeordnet und besitzen 3/4"-Verschraubungen.



Direkt an die Kühlflüssigkeit abgeführte Verlustleistung bezogen auf die Gesamtverlustleistung des Gerätes in % (individuelle, gerätespezifische Angaben siehe Katalog D 21.3)		
Wassergekühltes SINAMICS S120-Gerät	Spannungsbereich 3AC 380 V – 480 V DC 510 V – 720 V	Spannungsbereich 3AC 500 V – 690 V DC 675 V – 1035 V
Power Module	≈ 97,5 %	-
Active Line Module (ALM)	≈ 94,5 % - 96,5 %	≈ 95,0 % - 97,0 %
Motor Module (MoMo)	≈ 94,5 % - 96,5 %	≈ 95,0 % - 97,0 %

Wassergekühlte Geräte SINAMICS S120 Bauform Chassis:

Beispiel eines Active Line Modules und eines Motor Modules sowie direkt an die Kühlflüssigkeit abgeführte Verlustleistung. Die individuellen, gerätespezifischen Werte können dem Katalog D 21.3 entnommen werden.

Die wassergekühlten Geräte SINAMICS S120 Bauform Chassis großer Leistung (Active Line Modules der Baugrößen HXL und JXL, Active Interface Modules der Baugröße JIL sowie Motor Modules der Baugrößen HXL und JXL) besitzen als Kühlkreismaterial Kupfer-Nickel.

Die wassergekühlten Geräte SINAMICS S120 Bauform Chassis kleinerer Leistung (AC/AC-Power Modules der Baugrößen FL und GL, Active Line Modules der Baugröße GXL, sowie Motor Modules der Baugrößen FXL und GXL) besitzen als Kühlkreismaterial Edelstahl.

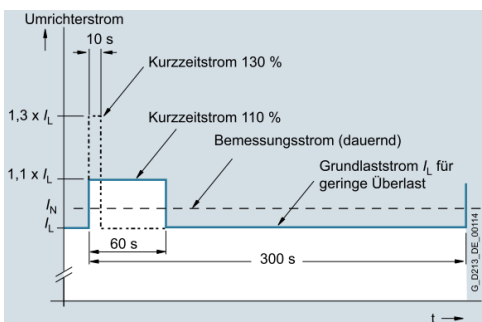
Der Kühlkörper der wassergekühlten Geräte ist beidseitig mit Leistungsteilkomponenten bestückt. Hierzu zählen neben den Leistungshalbleitern von Gleich- und Wechselrichter auch die Zwischenkreiskondensatoren und die Symmetrierwiderstände des Zwischenkreises. Somit wird die Verlustleistung aller wesentlichen Komponenten direkt über das Kühlwasser abgeführt. Lediglich die geringe Verlustleistung der Elektronikbaugruppen und der Stromschienen wird an die Umgebungsluft abgegeben (siehe Tabelle oben). Die für den Betrieb der Geräte erforderliche Control Unit ist nicht Bestandteil der Power Modules.

Die Funktionalität der wassergekühlten Geräte entspricht im Wesentlichen derjenigen der entsprechenden luftgekühlten Geräte. Hierzu zählen z. B. Bemessungsstrom, werkseitig eingestellte Pulsfrequenz, Strom-Downing-Faktoren bei Erhöhung der Pulsfrequenz, Möglichkeit der Parallelschaltung von bis zu vier gleichen Leistungsteilen und die Derating-Faktoren bei der Parallelschaltung.

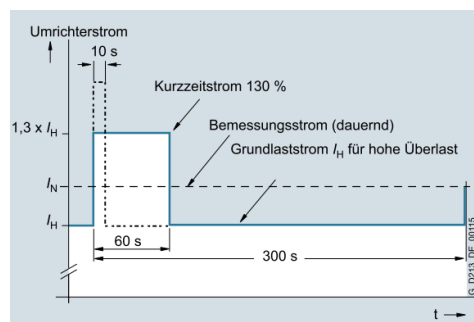
Ausnahmen:

Die wassergekühlten S120 Motor Modules 6SL3325-1TG41-3AA7 (1200 kW) und 6SL3325-1TG41-6AA7 (1500 kW) besitzen eine reduzierte Überlastfähigkeit:

- Bei geringer Überlast darf der Kurzzeitstrom für 10 s nur 130 % des Grundlaststroms I_L betragen.
- Bei hoher Überlast darf der Kurzzeitstrom für 10 s und 60 s nur 130 % des Grundlaststroms I_H betragen.



Lastspieldefinition geringe Überlast für die Motor Modules 6SL3325-1TG41-3AA7 und 6SL3325-1TG41-6AA7



Lastspieldefinition hohe Überlast für die Motor Modules 6SL3325-1TG41-3AA7 und 6SL3325-1TG41-6AA7

Für wassergekühlte Geräte können alle luftgekühlten Systemkomponenten der luftgekühlten Geräte eingesetzt werden. Dazu zählen sowohl die Leistungskomponenten wie netz- und motorseitige Drosseln und Filter – mit Ausnahme der Netzfilter gemäß Kategorie C2 sowie der Braking Modules, die aufgrund ihres Kühlungsprinzips nur in den luftgekühlten Geräten eingesetzt werden können – als auch die Elektronikkomponenten wie Communication Boards, Terminal Modules und Sensor Modules.

1.16.3.2 Anforderungen an den Kühlkreislauf und das Kühlmittel

Als Kühlmittel für die wassergekühlten Geräte SINAMICS S120 ist Wasser ausreichend oder ein Gemisch aus Wasser (als Kühlmittelbasis) und einem Frostschutzmittel, wenn aufgrund der Umgebungstemperaturen mit Frost gerechnet werden muss.

Im Kühlkreislauf können elektrochemische Prozesse auftreten, die zur Korrosion führen. Diese Prozesse hängen von mehreren Faktoren ab:

- Der Beschaffenheit des Kühlkreislaufes,
- den verwendeten Materialien im Kühlkreislauf (Metalle, Kunststoffe, Gummidichtungen und -schläuche),
- den Potenzialverhältnissen im Kühlkreislauf,
- der chemischen Zusammensetzung des Kühlmittels.

Um korrosive elektrochemischen Prozesse zu unterbinden oder zumindest auf einem sehr niedrigen Niveau zu halten, das einen jahrelangen, störungsfreien Betrieb des Kühlkreislaufes ermöglicht, sind bei wassergekühlten Geräten folgende Punkte zu beachten.

Der Kühlkreislauf für die wassergekühlten Geräte SINAMICS S120 darf als geschlossenes oder halboffenes System ausgeführt werden.

Geschlossenes System für einen gemeinsamen Kühlkreislauf für Umrichter, Motoren und Anlage

In einem geschlossenen System wird das Kühlmittel in einem vollkommen geschlossenen Kreislauf umgewälzt (Umlaufkühlung). Es besteht keine Verbindung zur umgebenden Atmosphäre, so dass kein Sauerstoff in den Kühlkreislauf eindringen kann. Ein Überdruckventil begrenzt den Systemdruck auf 600 kPa bzw. 6 bar.

Halboffenes System für einen gemeinsamen Kühlkreislauf für Umrichter, Motoren und Anlage

In einem halboffenen System wird das Kühlmittel in einem geschlossenen Kreislauf umgewälzt (Umlaufkühlung). Es besteht lediglich über das Kühlmittelreservoir bzw. das Druckausgleichsgefäß eine Verbindung zur umgebenden Atmosphäre, so dass Sauerstoff in geringem Umfang in den Kühlkreislauf eindringen kann.

Hinsichtlich der biologischen Belastung wird hier empfohlen, regelmäßig (mindestens ein Mal im Jahr) eine Wasseranalyse zur Ermittlung der Bakterien und deren Kolonienanzahl durchzuführen. Bei Bedarf ist ein Biozid einzusetzen, welches in Abhängigkeit von der Art der biologischen Belastung auszuwählen ist.

Die verwendeten Materialien im Kühlkreislauf müssen so aufeinander abgestimmt sein, dass sie sich durch elektrochemische Reaktionen nicht zersetzen. Mischinstallationen aus Aluminium, Kupfer, Messing und Eisen sind unbedingt zu vermeiden. Ebenso ist der Einsatz halogenhaltiger Kunststoffe (PVC-Rohre und Dichtungen) zu vermeiden. Empfohlen werden Kühlkreisläufe mit Rohren aus Edelstahl V4A, ABS-Kunststoff oder entsprechend korrosionsarmen Materialien. Für Schlauchverbindungen sollen isolierende EPDM-Schläuche mit einem elektrischen Widerstand $> 10^9 \Omega/m$ verwendet werden, z. B. Semperflex FDK der Fa. Semperit. Dichtungen müssen chlorid-, graphit- und rußfrei sein.

Die Potenzialverhältnisse im Kühlkreislauf müssen so gestaltet werden, dass sich keine nennenswerten Potenzialunterschiede zwischen den einzelnen Komponenten des Kühlsystems einstellen können. Hier gelten die Regeln des Abschnitts „EMV-gerechte Installation für einen optimalen Potenzialausgleich im Antriebssystem“, wobei in wassergekühlten Systemen nicht nur alle elektrischen Komponenten wie Transformator, Umrichter und Motor lückenlos in den Potenzialausgleich einzubeziehen sind, sondern auch alle nicht-elektrischen Komponenten des Kühlsystems wie Rohrsystem, Pumpe, Wärmetauscher, usw. . Da die wassergekühlten SINAMICS-Geräte für den potenzialfreien Betrieb konstruiert sind, muss der PE-Anschluss mit möglichst großem Querschnitt mit dem Erdpotential verbunden werden.

Die chemische Zusammensetzung des Kühlmittels muss für wassergekühlte Geräte SINAMICS S120 wie folgt beschaffen sein:

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Kühlwasser für Geräte mit Kühlkreismaterial Kupfer-Nickel:

Gefiltertes Trinkwasser, Betriebs-, Kühlwasser mit folgenden Eigenschaften:

• Elektrische Leitfähigkeit	< 2900 $\mu\text{S/cm}$ bzw. < 290 mS/m
• pH-Wert	6,5 bis 9,0
• Gesamtsalzgehalt TDS	< 1800 mg/l
• Chlorid (Cl^-)	< 500 mg/l
• Natrium (Na^+)	< 200 mg/l
• Sulfat (SO_4^{2-})	< 300 mg/l
• Sulfid (S^{2-})	< 1 mg/l
• Nitrat (NO_3^-)	< 50 mg/l
• Eisen	< 1 mg/l
• Silikate	< 10 mg/l
• Ammoniak (NH_3), Ammonium (NH_4^+)	< 1 mg/l
• Gesamthärte, davon maximal	< 1,78 mmol/l (10 °dH)
- Calciumhärte	< 1,25 mmol/l (7 °dH)
- Magnesiumhärte	< 1,43 mmol/l (8 °dH)
- Carbonathärte	< 0,45 mmol/l (2,5 °dH)
• Schwebstoffe/Suspendierte Stoffe	
- Feststoffe	< 340 mg/l
- Korngröße mitgeführter Teile	< 100 μm

Kühlwasser für Geräte mit Kühlkreismaterial Edelstahl:

Gefiltertes Trinkwasser, Betriebs-, Kühlwasser mit folgenden Eigenschaften:

• Elektrische Leitfähigkeit	< 2500 $\mu\text{S/cm}$ bzw. < 250 mS/m
• pH-Wert	6,5 bis 9,0
• Gesamtsalzgehalt TDS	< 1550 mg/l
• Chlorid (Cl^-)	< 250 mg/l
• Natrium (Na^+)	< 200 mg/l
• Sulfat (SO_4^{2-})	< 240 mg/l
• Sulfid (S^{2-})	< 1 mg/l
• Nitrat (NO_3^-)	< 50 mg/l
• Eisen	< 1 mg/l
• Silikate	< 10 mg/l
• Ammoniak (NH_3), Ammonium (NH_4^+)	< 1 mg/l
• Gesamthärte, davon maximal	< 1,78 mmol/l (10 °dH)
- Calciumhärte	< 1,25 mmol/l (7 °dH)
- Magnesiumhärte	< 1,43 mmol/l (8 °dH)
- Carbonathärte	< 0,45 mmol/l (2,5 °dH)
• Schwebstoffe/Suspendierte Stoffe	
- Feststoffe	< 340 mg/l
- Korngröße mitgeführter Teile	< 100 μm

Frostschutzmittel, Biozide

Die folgenden Zusätze zum oben spezifizierten Kühlwasser können in Abhängigkeit von den Umgebungsbedingungen erforderlich sein. Bei den wassergekühlten Geräten SINAMICS S120 Bauform Chassis sind nur die im Folgenden genannten Zusätze zum Kühlwasser erlaubt, um einen jahrelangen, störungsfreien Betrieb des Kühlkreislaufes sicherzustellen.

- **Frostschutzmittel** verhindern das Einfrieren des Kühlwassers bei negativen Temperaturen und sind immer dann einzusetzen, wenn aufgrund der Einsatzbedingungen mit Frost gerechnet werden muss. Bei wassergekühlten Geräten SINAMICS S120 Bauform Chassis sind als Frostschutz die in der folgenden Tabelle angegebenen Mittel zu verwenden. Bei zu geringer Konzentration wirkt der Frostschutz korrosiv, bei zu hoher Konzentration verschlechtert sich die Wärmeabfuhr zu sehr. Daher sind die angegebenen Minimal- und Maximalkonzentrationen unbedingt zu beachten. Die Frostschutzmittel enthalten bereits Inhibitoren und haben eine biozide Wirkung, so dass kein weiterer Zusatz von Inhibitoren und Bioziden erforderlich ist und deshalb auch nicht erfolgen darf.

Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass sich durch den Zusatz von Frostschutzmitteln die kinematische Zähigkeit des Kühlmittels vergrößert und eine entsprechende Anpassung der Pumpenleistung erforderlich sein kann. Dies ist ganz besonders bei dem Frostschutzmittel Antifrogen L auf Propylenglykol-Basis der Fall.

Hinweis:

Die genannten Frostschutzmittel dürfen nicht miteinander vermischt werden – auch nicht beim Nachfüllen!

Frostschutzmittel	Antifrogen N	Antifrogen L	Dowcal 100
Hersteller	Clariant	Clariant	DOW
Chemische Basis	Ethylenglykol	Propylenglykol	Ethylenglykol
Mindestkonzentration	25 %	25 %	25 %
Frostschutz bei Mindestkonzentration	- 10 °C	- 10 °C	- 10 °C
Maximalkonzentration	45 %	48 %	45 %
Frostschutz bei Maximalkonzentration	- 30 °C	- 30 °C	- 30 °C
Enthaltene Inhibitoren	enthält nitrit-haltige Inhibitoren	enthält nitrit-, amin-, borat- u. phosphatfreie Inhibitoren	enthält nitrit-, amin-, borat- u. phosphatfreie Inhibitoren
Wirkung als Biozid bei Konzentration	> 25 %	> 25 %	> 25 %

- **Biozide** verhindern die Korrosion durch schleimbildende, korrosive oder eisenablagernde Bakterien. Diese können in geschlossenen Kühlkreisläufen mit geringer Wasserhärte sowie in halboffenen Kühlkreisläufen auftreten. Biozide sind in den oben angegebenen Frostschutzmitteln bereits enthalten und wirken ab den in der Tabelle angegebenen Konzentrationen.

Betauungsschutz

Bei wassergekühlten Geräten kann warme Luft an den kalten Oberflächen von Kühlkörpern, Rohren und Schläuchen kondensieren. Diese Kondensation ist abhängig von der Temperaturdifferenz zwischen der Umgebungsluft und dem Kühlwasser sowie der Luftfeuchtigkeit der Umgebungsluft. Die Temperatur, bei der die in der Luft enthaltene Feuchtigkeit kondensiert, nennt man Taupunkttemperatur. Das bei der Kondensation entstehende Wasser kann Korrosion und elektrische Schäden wie z. B. Überschlüge im Leistungsteil verursachen, welche im Worst Case einen Totalschaden des Gerätes zur Folge haben können. Daher muss eine Kondensation in den Geräten absolut zwingend vermieden werden.

Da die SINAMICS-Geräte beim Vorliegen entsprechender klimatischer Randbedingungen eine Kondensation nicht verhindern können, muss eine mögliche Kondensation durch entsprechende Projektierung des Kühlkreislaufes ausgeschlossen werden, d. h. es muss dafür gesorgt werden, dass die Temperatur des Kühlwassers immer über der Taupunkttemperatur der Umgebungsluft gehalten wird.

Dies kann entweder durch eine relativ hohe, fest eingestellte, und an die maximal zu erwartende Umgebungstemperatur und Luftfeuchtigkeit angepasste Kühlwassertemperatur erreicht werden, oder durch eine Temperaturregelung des Kühlmittels in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur und der Luftfeuchtigkeit. Ein Beispiel zur Temperaturregelung in einem geschlossenen Kühlkreislauf mittels Dreipunktregler und 3-Wege-Ventil ist auf den nächsten Seiten angegeben.

Die folgende Tabelle gibt die Taupunkttemperatur in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur T und der relativen Luftfeuchtigkeit Φ für einen Atmosphärendruck von 100 kPa (1 bar) an, was einer Aufstellhöhe von 0 bis ca. 500 m über NN entspricht. Da die Taupunkttemperatur mit abnehmendem Druck sinkt, liegen die Werte der Taupunkttemperatur bei größeren Aufstellhöhen unter den angegebenen Tabellenwerten. Somit liegt man stets auf der sicheren Seite, wenn man der Projektierung grundsätzlich die Tabellenwerte für die Aufstellhöhe Null zugrunde legt.

Umgebungs- temperatur T	Relative Luftfeuchtigkeit Φ										
	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	85 %	90 %	95 %	100 %
10 °C	< 0 °C	< 0 °C	< 0 °C	0,2 °C	2,7 °C	4,8 °C	6,7 °C	7,6 °C	8,4 °C	9,2 °C	10,0 °C
20 °C	< 0 °C	2,0 °C	6,0 °C	9,3 °C	12,0 °C	14,3 °C	16,4 °C	17,4 °C	18,3 °C	19,1 °C	20,0 °C
25 °C	0,6 °C	6,3 °C	10,5 °C	13,8 °C	16,7 °C	19,1 °C	21,2 °C	22,2 °C	23,2 °C	24,1 °C	24,9 °C
30 °C	4,7 °C	10,5 °C	14,9 °C	18,4 °C	21,3 °C	23,8 °C	26,1 °C	27,1 °C	28,1 °C	29,0 °C	29,9 °C
35 °C	8,7 °C	14,8 °C	19,3 °C	22,9 °C	26,0 °C	28,6 °C	30,9 °C	32,0 °C	33,0 °C	34,0 °C	34,9 °C
40 °C	12,8 °C	19,1 °C	23,7 °C	27,5 °C	30,6 °C	33,4 °C	35,8 °C	36,9 °C	37,9 °C	38,9 °C	39,9 °C
45 °C	16,8 °C	23,3 °C	28,2 °C	32,0 °C	35,3 °C	38,1 °C	40,6 °C	41,8 °C	42,9 °C	43,9 °C	44,9 °C
50 °C	20,8 °C	27,5 °C	32,6 °C	36,6 °C	40,0 °C	42,9 °C	45,5 °C	46,6 °C	47,8 °C	48,9 °C	49,9 °C

Taupunkttemperatur in Abhängigkeit von der Umgebungstemp. T und der relativen Luftfeuchtigkeit Φ bei Aufstellhöhe Null

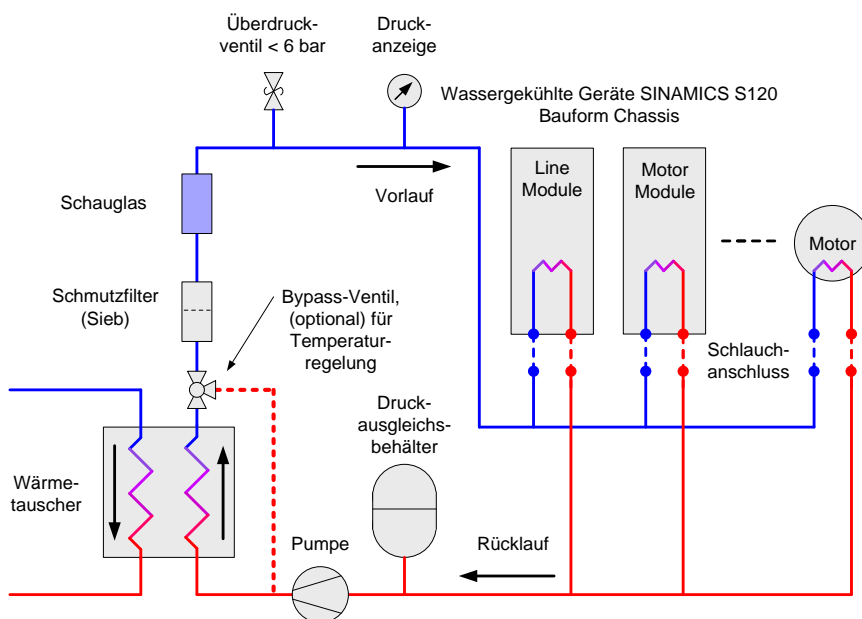
Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

1.16.3.3 Beispiel eines geschlossenen Kühlkreislaufes für wassergekühlte SINAMICS S120

Im folgenden Bild ist ein typisches Beispiel eines geschlossenen gemeinsamen Kühlkreislaufes dargestellt, an den SINAMICS-Geräte gemeinsam mit den zugehörigen Motoren angeschlossen sind.

Der Druckausgleichsbehälter, der geschlossen ausgeführt sein muss, sorgt für einen annähernd konstanten Druck im Kühlsystem auch bei größeren Temperaturschwankungen des Kühlmittels und ist immer unmittelbar auf der Saugseite der Pumpe zu installieren. Hier ist ein Mindestdruck von 30 kPa (0,3 bar) erforderlich. Die Pumpe dient zur Umwälzung des Kühlmittels. Ihr Förderbereich sollte möglichst aus Edelstahl bestehen. Der maximale Systemdruck im Kühlkreislauf gegenüber der Umgebung darf 600 kPa (6 bar) betragen. Dies ist durch ein Überdruckventil sicherzustellen. Die Druckanzeige dient zur optischen Kontrolle des Systemdrucks. Die Druckdifferenz an den SINAMICS-Geräten zwischen Vor- und Rücklauf, die durch die Pumpe erzeugt wird, muss einerseits so groß gewählt werden, dass der erforderliche Volumenstrom (Kühlmittelbedarf) gemäß Katalog D 21.3 zur Kühlung der SINAMICS-Geräte erreicht wird. Andererseits sollte die Druckdifferenz nicht unnötig groß sein, weil sonst die Gefahr des Verschleißes durch Kavitation und Abrasion aufgrund zu hoher Strömungsgeschwindigkeiten deutlich ansteigt. Da die Geräte so dimensioniert sind, dass sich bei Wasser als Kühlmittel der Volumenstrom (Kühlmittelbedarf) gemäß Katalog D 21.3 bei einer Druckdifferenz von 70 kPa (0,7 bar) einstellt, sollte die Druckdifferenz an den Geräten auf ca. 100 kPa (1,0 bar) bis maximal ca. 150 kPa (1,5 bar) ausgelegt werden. Damit ergeben sich einerseits gewisse Reserven im Volumenstrom und andererseits hält sich der Verschleiß innerhalb zulässiger Grenzen. Da sich durch den Zusatz von Frostschutzmitteln die kinematische Zähigkeit des Kühlmittels vergrößert, sollte die Druckdifferenz an den Geräten bei hoher Frostschutzkonzentration auf ca. 170 kPa (1,7 bar) bis maximal ca. 250 kPa (2,5 bar) angehoben werden. Weitere Informationen hierzu können dem Abschnitt „Hinweise zur Kühlkreislaufprojektierung“ entnommen werden.



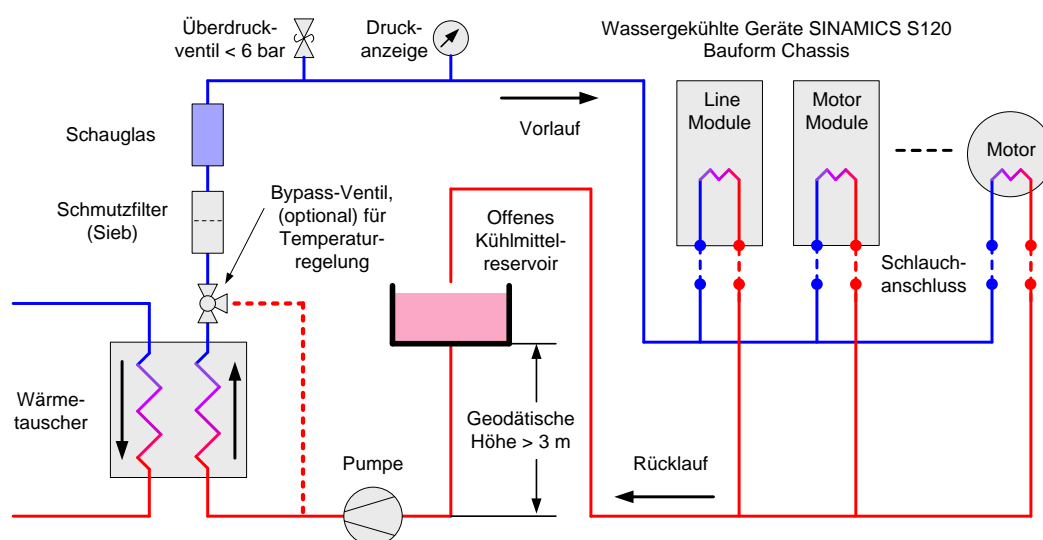
Wassergekühlte Geräte SINAMICS S120 Chassis: Empfehlung für einen geschlossenen gemeinsamen Kühlkreislauf

Die Verbindungsrohre zwischen den einzelnen Komponenten des Kühlkreislaufes sollen aus Edelstahl oder ABS-Kunststoff sein, die Dichtungen müssen chlorid-, graphit- und rußfrei sein. Zur mechanischen Entlastung sind die SINAMICS-Geräte und im Kühlkreislauf befindliche Motoren über kurze, isolierende EPDM-Schläuche mit einem elektrischen Widerstand $> 10^9 \Omega/\text{m}$ an die Verrohrung des Kühlsystems anzuschließen. Der Kühlkreis der Motoren bzw. anderer Geräte muss – wenn er an denselben Kühlkreislauf angeschlossen ist wie die SINAMICS-Geräte – auch aus CuNi, Edelstahl oder entsprechend korrosionsarmen Materialien bestehen. Der Wärmetauscher ist idealerweise – wie auch die Verrohrung – aus Edelstahl aufgebaut. Es dürfen aber auch – wenn unbedingt erforderlich – gebräuchliche Wärmetauscher aus Kupfer verwendet werden, solange der Kühlkreislauf geschlossen ist und Frostschutzmittel in der oben angegebenen Konzentration eingesetzt werden. Schmutzfilter (Siebe) halten gelöste Stoffe $> 0,1 \text{ mm}$ zurück und verhindern eine Verstopfung der Kühlkörper in den SINAMICS-Geräten. Das Schauglas wird empfohlen zur Diagnose von Eintrübung oder Verfärbung des Kühlmittels, wodurch auf Korrosion und Alterung geschlossen werden kann. Das Bypass-Ventil wird zur Temperaturregelung zum Schutz vor Betaugung benötigt.

1.16.3.4 Beispiel eines halboffenen Kühlkreislaufes für wassergekühlte SINAMICS S120

Im folgenden Bild ist ein Beispiel eines halboffenen gemeinsamen Kühlkreislaufes dargestellt, an den SINAMICS-Geräte gemeinsam mit den zugehörigen Motoren angeschlossen sind.

Das offene Kühlmittelreservoir bestimmt durch seine geodätische Höhe den statischen Druck im Kühlsystem und muss auf der Saugseite der Pumpe angeordnet sein. Die geodätische Höhe muss mindestens 3 m betragen, damit der an der Saugseite der Pumpe erforderliche Mindestdruck von 30 kPa (0,3 bar) erreicht wird. Der maximale Systemdruck im Kühlkreislauf gegenüber der Umgebung darf 600 kPa (6 bar) betragen. Die Druckanzeige dient zur optischen Kontrolle des Systemdrucks. Die Pumpe dient zur Umwälzung des Kühlmittels. Ihr Förderbereich sollte möglichst aus Edelstahl bestehen. Für die Druckdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf gelten dieselben Kriterien wie im geschlossenen Kühlkreislauf.



Wassergekühlte Geräte SINAMICS S120 Bauförmige Chassis: Empfehlung für einen halboffenen gemeinsamen Kühlkreislauf

Die Verbindungsrohre zwischen den einzelnen Komponenten des Kühlkreislaufes sollen aus Edelstahl oder ABS-Kunststoff sein, die Dichtungen müssen chlorid-, graphit- und rußfrei sein. Zur mechanischen Entlastung sind die SINAMICS-Geräte und im Kühlkreislauf befindliche Motoren über kurze, isolierende EPDM-Schläuche mit einem elektrischen Widerstand $> 10^9 \Omega/m$ an die Verrohrung des Kühlsystems anzuschließen. Der Kühlkreis der Motoren bzw. anderer Geräte muss – wenn er an denselben Kühlkreislauf angeschlossen ist wie die SINAMICS-Geräte – auch aus CuNi, Edelstahl oder entsprechend korrosionsarmen Materialien bestehen. Schmutzfilter (Siebe) halten gelöste Stoffe $> 0,1 \text{ mm}$ zurück und verhindern eine Verstopfung der Kühlkörper in den SINAMICS-Geräten. Empfohlen werden rückspülbare Wasserfilter. Das Bypass-Ventil dient zur Temperaturregelung zum Schutz vor Betauung.

1.16.3.5 Beispiel zur Regelung der Kühlmitteltemperatur zum Schutz vor Betauung/Kondensation

Bei wassergekühlten Geräten kann warme Luft an den kalten Oberflächen von Kühlkörpern, Rohren und Schläuchen kondensieren. Das bei der Kondensation entstehende Wasser kann Korrosion und elektrische Schäden wie z. B. Überschlüge im Leistungsteil verursachen, welche im Worst Case einen Totalschaden des Gerätes zur Folge haben können. Daher muss eine Kondensation in den Geräten absolut zwingend vermieden werden.

Da die SINAMICS-Geräte beim Vorliegen entsprechender klimatischer Randbedingungen eine Kondensation nicht verhindern können, muss eine mögliche Kondensation durch entsprechende Projektierung des Kühlkreislaufes ausgeschlossen werden, d. h. es muss dafür gesorgt werden, dass die Temperatur des Kühlmittels immer über der Taupunkttemperatur der Umgebungsluft gehalten wird.

Dies kann entweder durch eine relativ hohe, fest eingestellte, und an die maximal zu erwartende Umgebungstemperatur und Luftfeuchtigkeit angepasste Kühlmitteltemperatur erreicht werden, oder durch eine Temperaturregelung des Kühlmittels in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur T_U und der Luftfeuchtigkeit Φ , siehe nachfolgendes Bild.

Die Temperaturregelung addiert zur Umgebungstemperatur T_U eine Temperaturdifferenz ΔT_L , die dafür sorgt, dass die Soll-Temperatur T_{Soll} für das Kühlmittel immer mindestens 1°C bis 3°C über der Taupunkttemperatur der Umgebungsluft liegt. Anschließend vergleicht die Regelung die Soll-Temperatur T_{Soll} des Kühlmittels mit der in den SINAMICS-Geräten am Kühlmittelzulauf gemessenen Ist-Temperatur T_{Ist} , welche der Regelung über den Parameter r0037[19] zur Verfügung steht, und bildet daraus die Regelabweichung x . Diese wird einem Dreipunktreger zugeführt, der in Kombination mit einem Stellmotor M den Durchfluss durch ein 3-Wege-Ventil (Bypass-Ventil) regelt und somit die Kühlmitteltemperatur. Der Dreipunktreger liefert drei Schaltstellungen für die Steuerung des Stellmotors:

- +y1 für den Vorwärtslauf
- 0 für den Stillstand
- -y1 für den Rückwärtslauf.

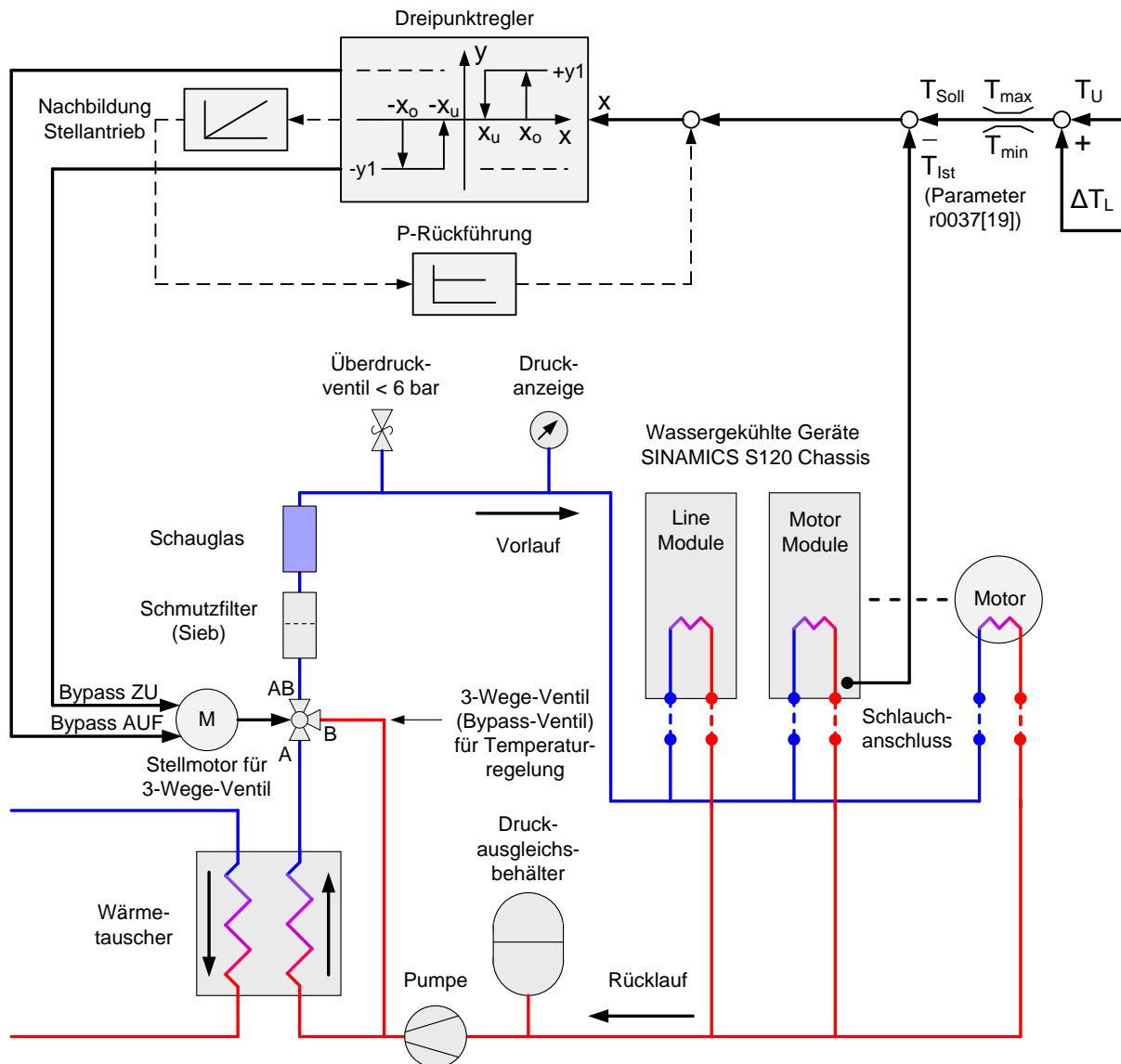
Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Überschreitet die Regelabweichung x die obere Schalthysterese x_o , so wird der Stellmotor eingeschaltet und läuft vorwärts, beim Unterschreiten der unteren Schalthysterese x_u wird der Stellmotor wieder abgeschaltet. Unterschreitet die Regelabweichung in negativer Richtung die Schalthysterese $-x_o$, läuft der Stellmotor rückwärts bis die Regelabweichung abgebaut ist und der Stellmotor beim Erreichen der Schalthysterese $-x_u$ wieder abgeschaltet wird.

Der Stellmotor am 3-Wege-Ventil zeigt aus regelungstechnischer Sicht ein I-Verhalten. Für eine stabile Regelung mit P-Verhalten empfiehlt sich daher, die gestrichelt eingezeichnete Rückführung zu verwenden.

Das 3-Wege-Ventil wird so gesteuert, dass bei kaltem Kühlmittel der Bypass (Pfad B-AB) geöffnet ist. Das Kühlmittel wird am Wärmetauscher vorbei geleitet und Kühlkörper sowie Kühlmittel erwärmen sich durch die Verluste der Leistungshalbleiter in den SINAMICS-Geräten. Wenn die Temperatur T_{Ist} am Kühlmittelzulauf den vorgegebenen Sollwert T_{Soll} erreicht, schließt der Dreipunktregler den Bypass und gibt den Weg über den Wärmetauscher (Pfad A-AB) frei.



Beispiel zur Regelung der Kühlmitteltemperatur mittels eines 3-Wege-Ventils zum Schutz vor Betauung / Kondensation

Regelung der Kühlmitteltemperatur in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur und der Luftfeuchtigkeit

Ausgangspunkt zur Ermittlung der erforderlichen Temperaturdifferenz ΔT_L , welche zur Umgebungstemperatur T_U zu addieren ist, um den Sollwert T_{Soll} für die Kühlmitteltemperatur immer über der Taupunkttemperatur der Umgebungsluft zu halten, ist die Tabelle des Abschnitts „Betauungsschutz“. Diese zeigt die Taupunkttemperatur T_{Tp} in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur T_U und der relativen Luftfeuchtigkeit Φ .

Umgebungs- temperatur T_U	Relative Luftfeuchtigkeit Φ										
	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	85 %	90 %	95 %	100 %
10 °C	< 0 °C	< 0 °C	< 0 °C	0,2 °C	2,7 °C	4,8 °C	6,7 °C	7,6 °C	8,4 °C	9,2 °C	10,0 °C
20 °C	< 0 °C	2,0 °C	6,0 °C	9,3 °C	12,0 °C	14,3 °C	16,4 °C	17,4 °C	18,3 °C	19,1 °C	20,0 °C
25 °C	0,6 °C	6,3 °C	10,5 °C	13,8 °C	16,7 °C	19,1 °C	21,2 °C	22,2 °C	23,2 °C	24,1 °C	24,9 °C
30 °C	4,7 °C	10,5 °C	14,9 °C	18,4 °C	21,3 °C	23,8 °C	26,1 °C	27,1 °C	28,1 °C	29,0 °C	29,9 °C
35 °C	8,7 °C	14,8 °C	19,3 °C	22,9 °C	26,0 °C	28,6 °C	30,9 °C	32,0 °C	33,0 °C	34,0 °C	34,9 °C
40 °C	12,8 °C	19,1 °C	23,7 °C	27,5 °C	30,6 °C	33,4 °C	35,8 °C	36,9 °C	37,9 °C	38,9 °C	39,9 °C
45 °C	16,8 °C	23,3 °C	28,2 °C	32,0 °C	35,3 °C	38,1 °C	40,6 °C	41,8 °C	42,9 °C	43,9 °C	44,9 °C
50 °C	20,8 °C	27,5 °C	32,6 °C	36,6 °C	40,0 °C	42,9 °C	45,5 °C	46,6 °C	47,8 °C	48,9 °C	49,9 °C

Taupunkttemperatur T_{Tp} in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur T_U und der relativen Luftfeuchtigkeit Φ

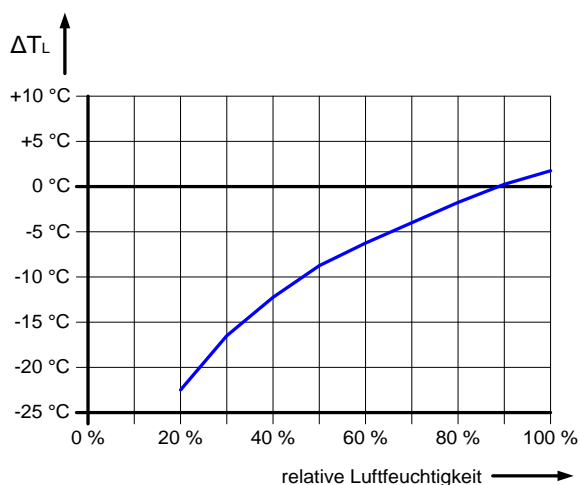
Gemäß obiger Tabelle ist für eine vorgegebene relative Luftfeuchtigkeit Φ die Differenz zwischen Taupunkttemperatur T_{Tp} und Umgebungstemperatur T_U nahezu konstant, wenn man Umgebungstemperaturen $T_U \leq 25^\circ\text{C}$ betrachtet. Zu höheren Umgebungstemperaturen hin nimmt die Differenz zwischen Taupunkttemperatur T_{Tp} und Umgebungstemperatur T_U etwas zu, insbesondere bei relativ geringer Luftfeuchtigkeit.

Aufgrund dieser Abhängigkeit kann man zur Ermittlung der Temperaturdifferenz ΔT_L , welche zur Umgebungstemperatur T_U zu addieren ist, um den Sollwert T_{Soll} für die Kühlmitteltemperatur immer mindestens 1°C bis 3°C über der Taupunkttemperatur der Umgebungsluft zu halten, die 3. Zeile der obigen Tabelle verwenden, welche für eine Umgebungstemperatur von 25°C gültig ist.

Rel. Luftfeuchtigkeit Φ	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	85 %	90 %	95 %	100 %
Taupunkttemperatur bei Umgebungstemp. 25°C	0,6 °C	6,3 °C	10,5 °C	13,8 °C	16,7 °C	19,1 °C	21,2 °C	22,2 °C	23,2 °C	24,1 °C	24,9 °C
Differenz zwischen Taupunkttemp. und Umgebungstemperatur $T_{Tp} - T_U$	-24,4 °C	-18,7 °C	-14,5 °C	-11,2 °C	-8,3 °C	-5,9 °C	-3,8 °C	-2,8 °C	-1,8 °C	-0,9 °C	-0,1 °C
Addition von 2°C als Sicherheitsabstand zur Taupunkttemperatur: $\Delta T_L = (T_{Tp} - T_U) + 2^\circ\text{C}$	-22,4 °C	-16,7 °C	-12,5 °C	-9,2 °C	-6,3 °C	-3,9 °C	-1,8 °C	-0,8 °C	+0,2 °C	+1,1 °C	+1,9 °C

Ermittlung der Temperaturdifferenz ΔT_L , welche zur Umgebungstemperatur T_U zum Schutz vor Betauung zu addieren ist

Das folgende Diagramm zeigt die Temperaturdifferenz ΔT_L in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchtigkeit Φ der Umgebungsluft gemäß der letzten Zeile der obigen Tabelle.

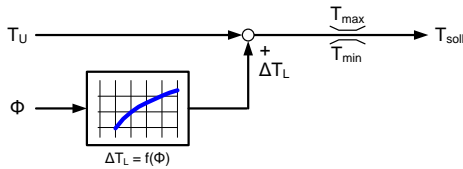


Temperaturdifferenz ΔT_L in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchtigkeit Φ

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Damit ergibt sich der Sollwert T_{Soll} für die Kühlmitteltemperatur aus der gemessenen Umgebungstemperatur T_U und der gemessenen relativen Luftfeuchtigkeit Φ gemäß folgendem Diagramm.

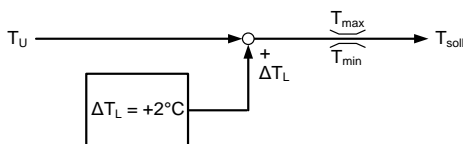


Unabhängig von den Eingangsgrößen Umgebungstemperatur und relativer Luftfeuchtigkeit sollte der minimale Sollwert der Kühlmitteltemperatur bei ca. 10°C liegen. Der maximale Sollwert ist absolut zwingend auf 43°C zu begrenzen. Dies bedeutet jedoch bei hoher relativer Luftfeuchtigkeit, dass die maximale Umgebungstemperatur auf ca. 41°C begrenzt ist.

Regelung der Kühlmitteltemperatur in alleiniger Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur

Grundsätzlich kann die Temperaturdifferenz ΔT_L , welche zur Umgebungstemperatur T_U zu addieren ist, um den Sollwert T_{Soll} für die Kühlmitteltemperatur immer über der Taupunkttemperatur der Umgebungsluft zu halten, auch ohne Messung der relativen Luftfeuchtigkeit ermittelt werden. Dazu muss nur die maximal zu erwartende relative Luftfeuchtigkeit der Umgebungsluft bekannt sein.

Geht man im Worst Case von einer maximalen relativen Luftfeuchtigkeit zwischen 95 % und 100 % aus, so zeigt das Diagramm auf der vorhergehenden Seite, welches die Temperaturdifferenz ΔT_L in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchtigkeit Φ angibt, dass die Temperaturdifferenz ΔT_L auf den Wert $\Delta T_L = +2^\circ\text{C}$ zu setzen ist. Damit ergibt sich der Sollwert T_{Soll} für die Kühlmitteltemperatur allein aus der gemessenen Umgebungstemperatur T_U gemäß dem folgenden Diagramm. Dieses Verfahren führt jedoch bei geringer Luftfeuchtigkeit zu einem deutlich höheren Sollwert für die Kühlmitteltemperatur als das vorher beschriebene Verfahren, welches sowohl die gemessene Umgebungstemperatur T_U als auch die gemessene relative Luftfeuchtigkeit Φ zur Sollwertbildung heranzieht.



Unabhängig von der Eingangsgröße Umgebungstemperatur sollte der minimale Sollwert der Kühlmitteltemperatur bei ca. 10°C liegen. Der maximale Sollwert ist absolut zwingend auf 43°C zu begrenzen. Dies bedeutet jedoch, dass die maximale Umgebungstemperatur auf ca. 41°C begrenzt ist.

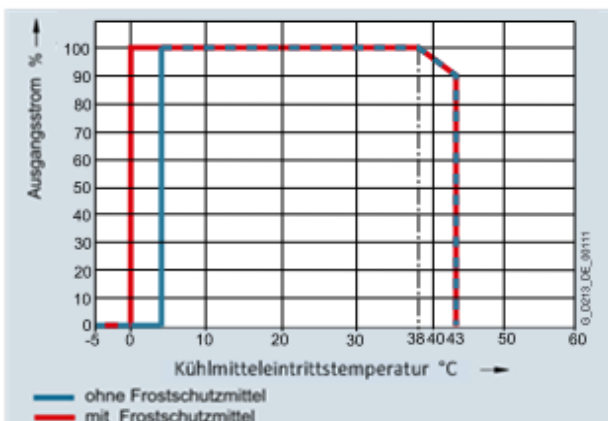
1.16.3.6 Hinweise zur Kühlkreislaufprojektierung

Zulässiger Strom als Funktion der Kühlwassertemperatur und der Umgebungstemperatur

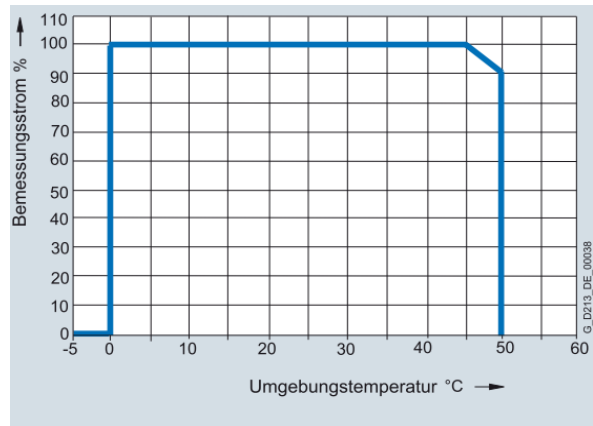
Die wassergekühlten SINAMICS S120 Bauform Chassis sind für eine Kühlwassereintrittstemperatur von 38 °C und eine Umgebungstemperatur von 45 °C sowie eine Aufstellhöhe von bis zu 2000 m über NN bemessen. Werden wassergekühlte SINAMICS S120 Bauform Chassis bei höheren Kühlwassereintrittstemperaturen als 38 °C und/oder höheren Umgebungstemperaturen als 45 °C betrieben, so muss der Strom reduziert werden. Höhere Kühlwassereintrittstemperaturen als 43 °C und höhere Umgebungstemperaturen als 50 °C sind für die wassergekühlten SINAMICS 120 Bauform Chassis nicht zulässig. Die folgenden Diagramme geben den zulässigen Strom in Abhängigkeit von der Kühlwassereintrittstemperatur und der Umgebungstemperatur an.

Hinweis:

Die Derating-Faktoren der beiden Diagramme sind nicht zu multiplizieren. Für die Dimensionierung ist der jeweils ungünstigste Derating-Faktor der beiden Diagramme maßgebend, so dass im ungünstigsten Fall ein Gesamt-Derating-Faktor von 0,9 gilt.



Strom-Derating als Funktion der Kühlmittleintrittstemperatur

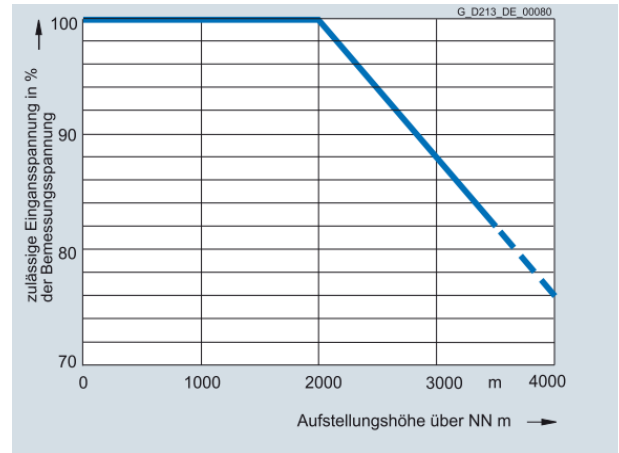
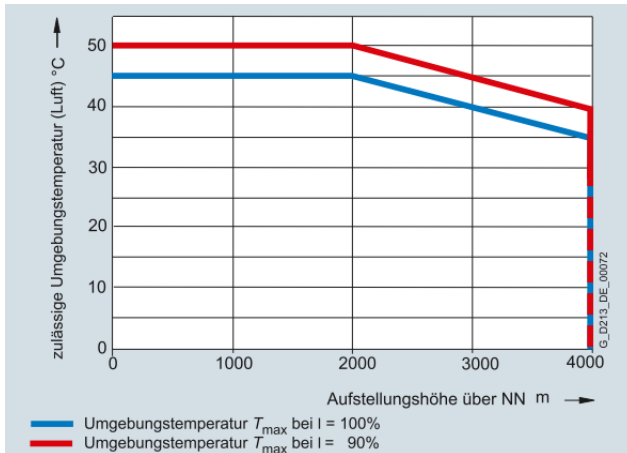


Strom-Derating als Funktion der Umgebungstemperatur

Aufstellhöhen größer 2000 m bis 4000 m über NN

Die wassergekühlten SINAMICS S120 Bauform Chassis sind für eine Aufstellhöhe von bis zu 2000 m über NN sowie eine Kühlwassereintrittstemperatur von 38 °C und eine Umgebungstemperatur von 45 °C bemessen. Werden wassergekühlte SINAMICS S120 Bauform Chassis in Aufstellhöhen größer 2000 m über NN betrieben, so ist zu berücksichtigen, dass mit zunehmender Aufstellhöhe der Luftdruck und damit die Dichte der Luft abnimmt. Durch die geringere Luftdichte sinkt sowohl die Kühlwirkung als auch das Isolationsvermögen der Luft. Daher sind sowohl die zulässige Umgebungstemperatur als auch die zulässige Eingangsspannung zu reduzieren.

Die folgenden Diagramme geben für Aufstellhöhen größer 2000 m bis 4000 m die zulässige Umgebungstemperatur und die zulässige Eingangsspannung in Abhängigkeit von der Aufstellhöhe an.

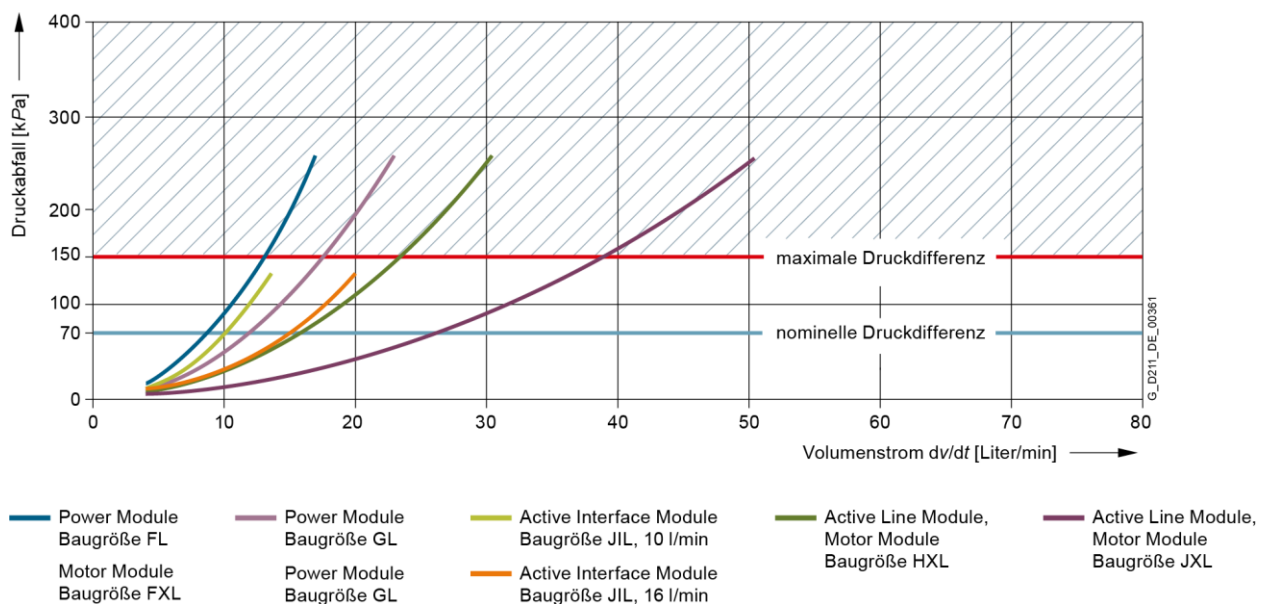


Umgebungstemperatur-Derating als Funktion d. Aufstellhöhe

Eingangsspannungs-Derating als Funktion d. Aufstellhöhe

Druckabfall in Abhängigkeit vom Volumenstrom beim Einsatz von Wasser (H2O)

Der Betriebsdruck im Kühlkreislauf ist in Abhängigkeit von den Strömungsverhältnissen in Vor- und Rücklauf festzulegen. Der für die jeweiligen Geräte erforderliche Volumenstrom dv/dt (Kühlmittelbedarf in l/min) kann den technischen Daten des Katalogs D 21.3 entnommen werden. Die Geräte sind über eine Blende (Stauscheibe) auf einen Druckabfall von 70 kPa (0,7 bar) – bezogen auf das Kühlmittel Wasser (H2O) – ausgelegt, d. h. bei einem Druckabfall von 70 kPa (0,7 bar) stellt sich der Volumenstrom gemäß den technischen Daten des Katalogs D 21.3 ein, wenn als Kühlmittel Wasser verwendet wird. Die folgende Abbildung gibt den Druckabfall für das Kühlmittel Wasser (H2O) in Abhängigkeit vom Volumenstrom für die wassergekühlten SINAMICS-Geräte der verschiedenen Baugrößen an.



Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise

Der maximal zulässige Systemdruck im Kühlkörper gegenüber der Umgebung und damit im Kühlkreislauf darf 600 kPa (6 bar) nicht übersteigen. Wird eine Pumpe benutzt, die mehr als diesen maximalen Druck erreichen kann, so ist anlagenseitig durch geeignete Maßnahmen zu gewährleisten, dass der maximale Druck nicht überschritten wird. Die Druckdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf sollte eher niedrig gewählt werden, damit Pumpen mit flacher Kennlinie benutzt werden können. Die minimale Druckdifferenz (Druckabfall) über einem Kühlkörper sollte 70 kPa (0,7 bar) betragen, damit der erforderliche Volumenstrom (Kühlmittelbedarf in l/min) gemäß den technischen Tabellen des Katalogs D 21.3 erreicht wird. Die maximale Druckdifferenz über einem Kühlkörper sollte bei Wasser als Kühlmittel ca. 150 kPa (1,5 bar) betragen, da bei höheren Druckdifferenzen (Druckabfällen) die Gefahr der Kavitation und Abrasion aufgrund der hohen Strömungsgeschwindigkeit deutlich steigt.

Für die Dimensionierung des Kühlkreislaufes gilt die Empfehlung, dass die Druckdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf so gewählt werden sollte, dass gilt:

$$\sum dP_i < dP_{\text{System}} < \sum dP_i + 0,3 \text{ bar}$$

In dieser Formel sind mit dP_i die Druckabfälle der einzelnen Komponenten im Kühlkreislauf bezeichnet (Leitungen, Rohre, Ventile, SINAMICS-Geräte, Wärmetauscher, Schmutzfilter, Schauglas, usw.).

Druckabfall in Abhängigkeit vom Volumenstrom beim Einsatz von Wasser (H₂O) mit Frostschutzmitteln

Wird als Kühlmittel anstelle von reinem Wasser (H₂O) ein Gemisch aus Wasser (H₂O) und Frostschutzmittel benutzt, so ändern sich sowohl die kinematische Zähigkeit als auch die Wärmekapazität des Kühlmittels. Daher ist der erforderliche Druckabfall entsprechend dem Mischungsverhältnis anzupassen, damit sich ein ausreichender Volumenstrom durch die Geräte einstellt.

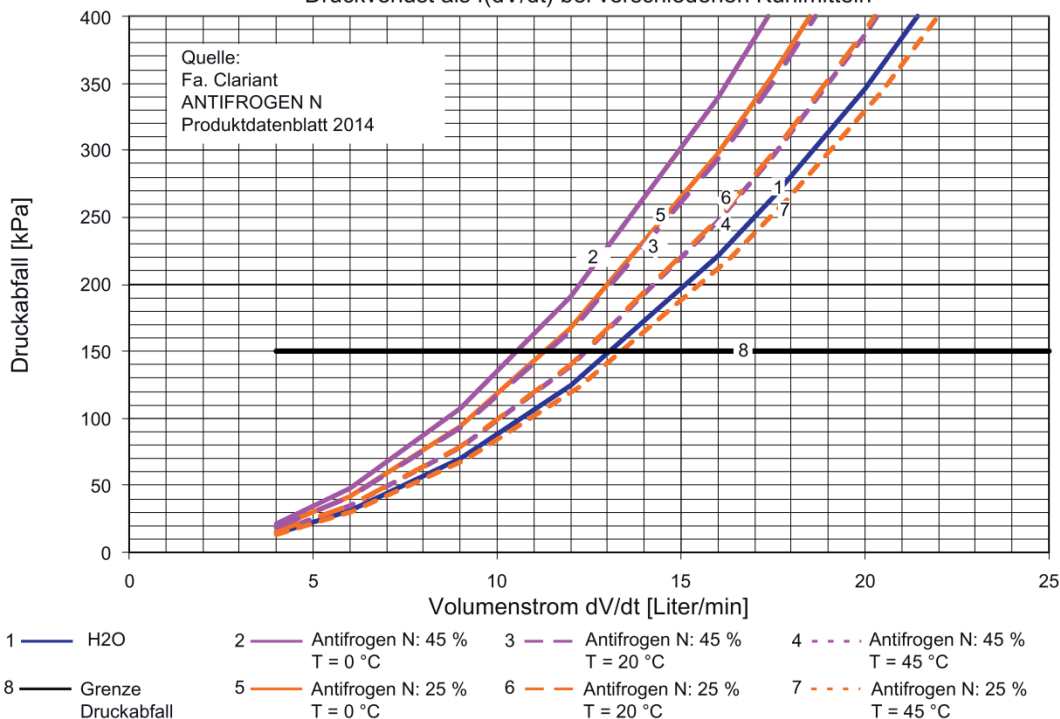
Abhängig von dem Mischungsverhältnis von Wasser (H₂O) und Frostschutzmittel (Antifrogen N, Dowcal 100 oder Antifrogen L) sowie der Kühlmitteltemperatur ergeben sich unterschiedliche Druckabfälle über den Kühlkörpern als Funktion des Volumenstromes, wie in den folgenden Diagrammen dargestellt.

Kühlmittelgemisch aus Wasser und Frostschutzmittel Antifrogen N oder Dowcal 100

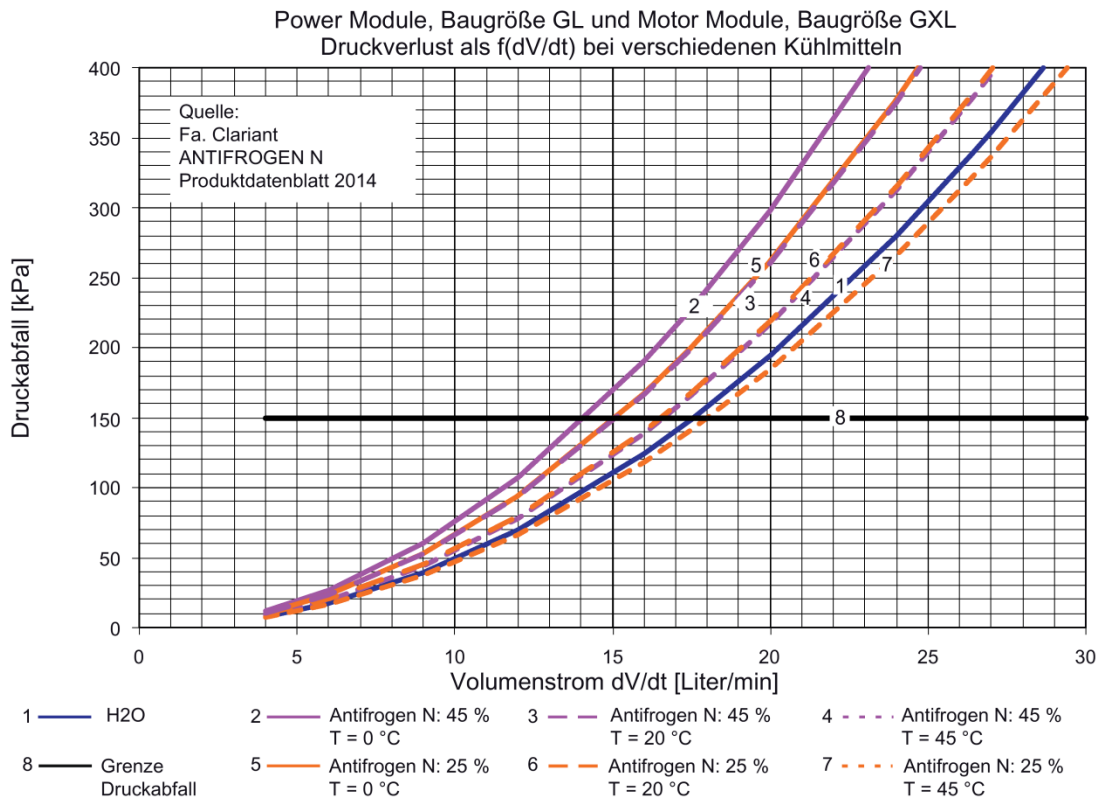
Die folgenden Diagramme geben den Druckabfall am Kühlkörper in Abhängigkeit vom Volumenstrom für die unterschiedlichen wassergekühlten Geräte SINAMICS S120 beim Einsatz von Antifrogen N oder Dowcal 100 an.

Dowcal 100 besitzt die gleichen Strömungseigenschaften wie Antifrogen N.

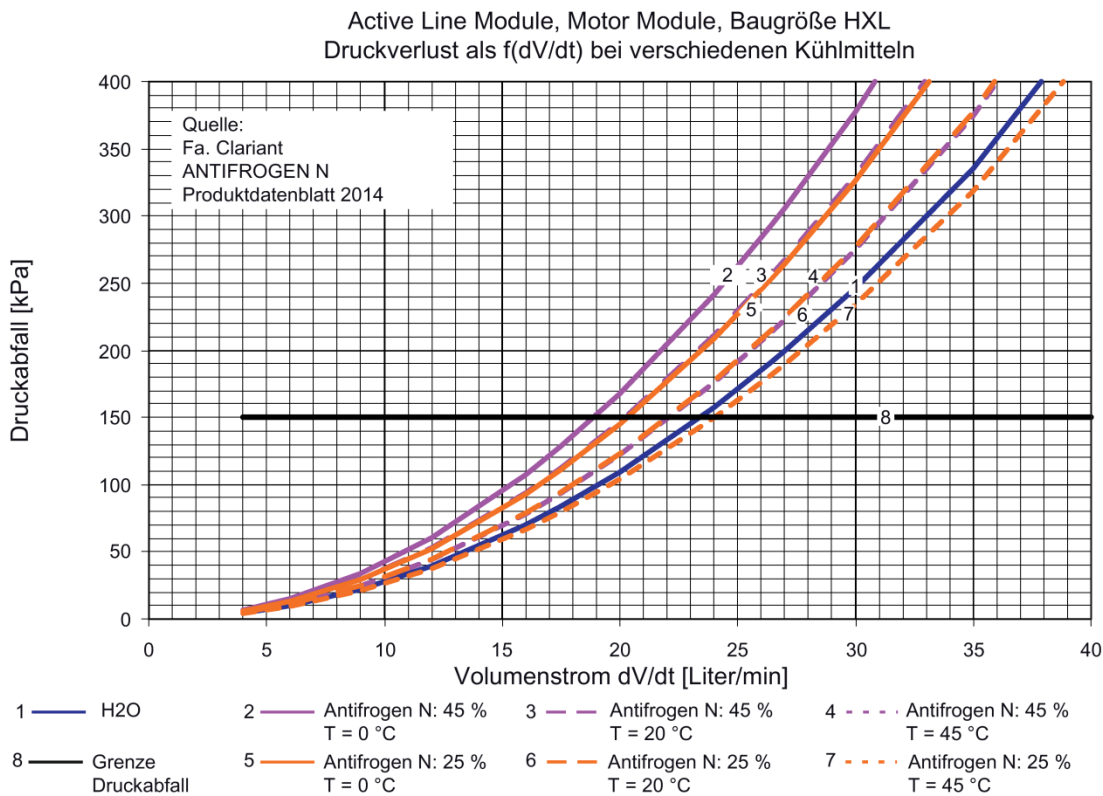
Power Module, Baugröße FL und Motor Module, Baugröße FXL
Druckverlust als $f(dV/dt)$ bei verschiedenen Kühlmitteln



Druckabfall in Abhängigkeit vom Volumenstrom für Power Modules der Baugröße FL und Motor Modules der Baugröße FXL



Druckabfall in Abhängigkeit vom Volumenstrom für Power Modules der Baugröße GL und Motor Modules der Baugröße GXL

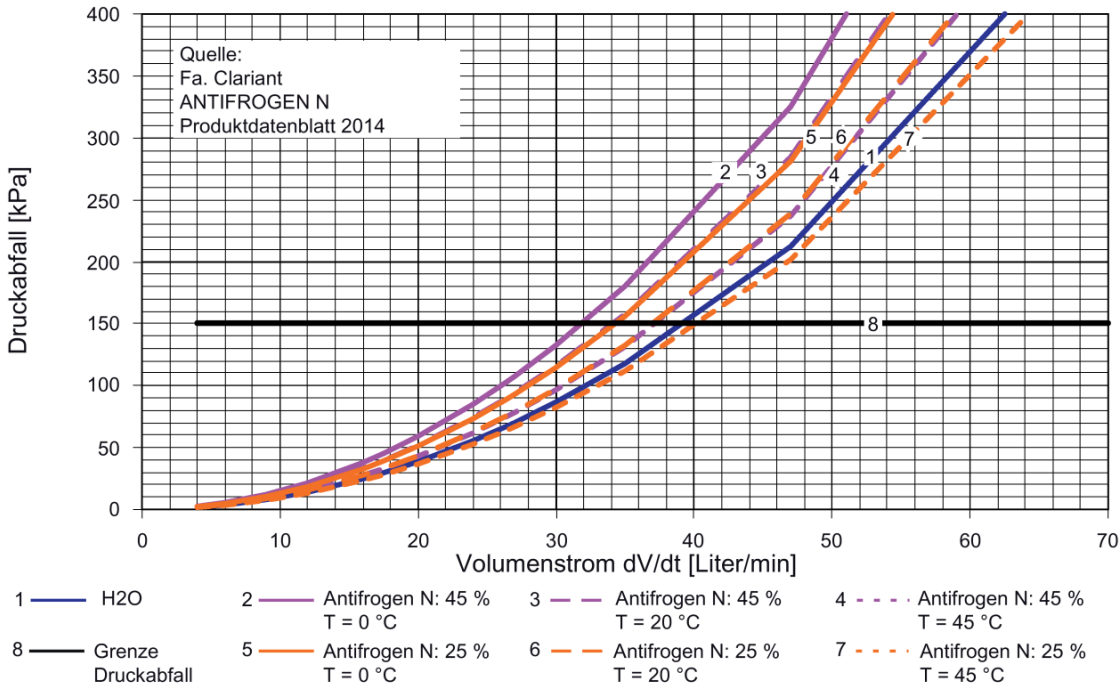


Druckabfall in Abhängigkeit vom Volumenstrom für Active Line Modules der Baugröße HXL und Motor Modules der Baugröße HXL

Grundlagen und Systembeschreibung

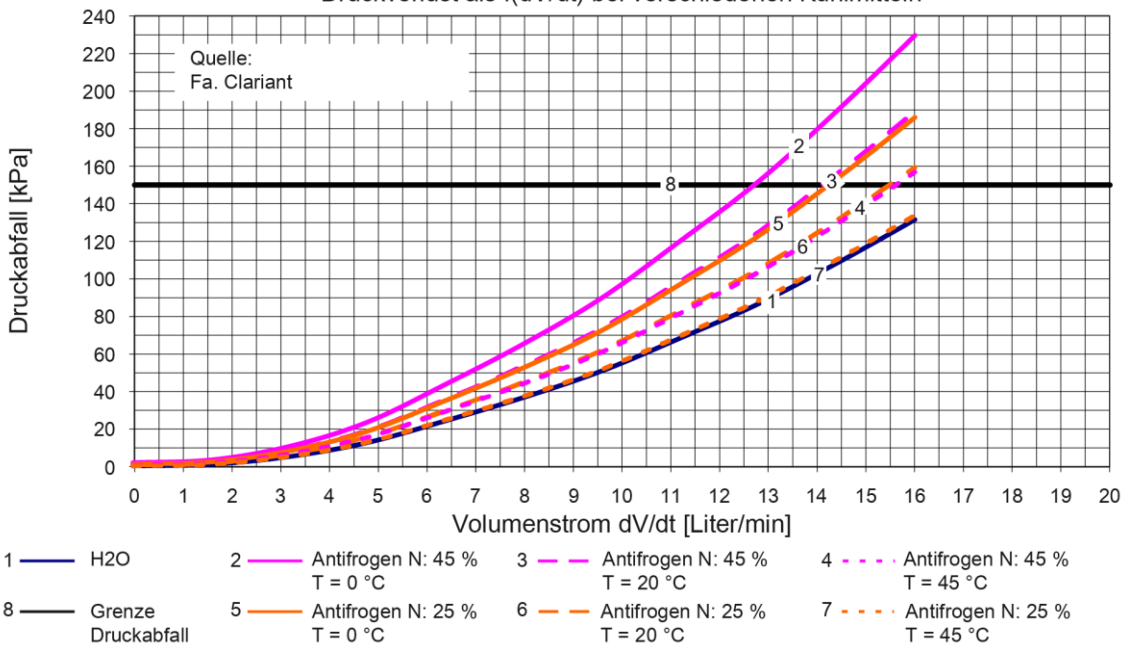
Projektierungshinweise

Active Line Module und Motor Module, Baugröße JXL
Druckverlust als $f(dV/dt)$ bei verschiedenen Kühlmitteln

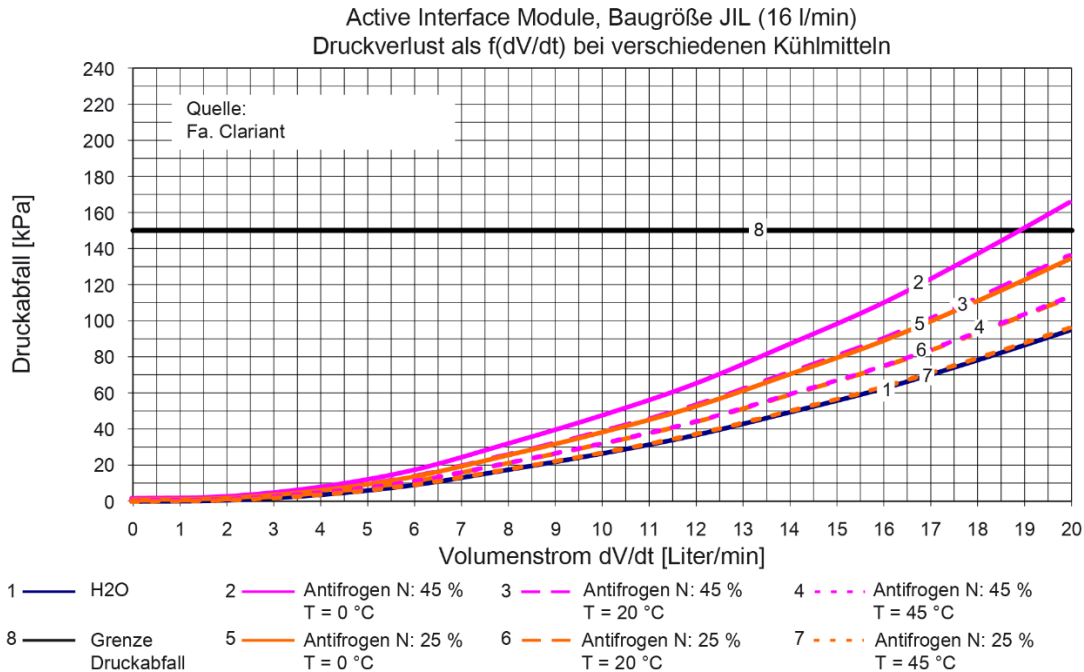


Druckabfall in Abhängigkeit vom Volumenstrom für Active Line Modules der Baugröße JXL
und Motor Modules der Baugröße JXL

Active Interface Module, Baugröße JIL (10 l/min)
Druckverlust als $f(dV/dt)$ bei verschiedenen Kühlmitteln



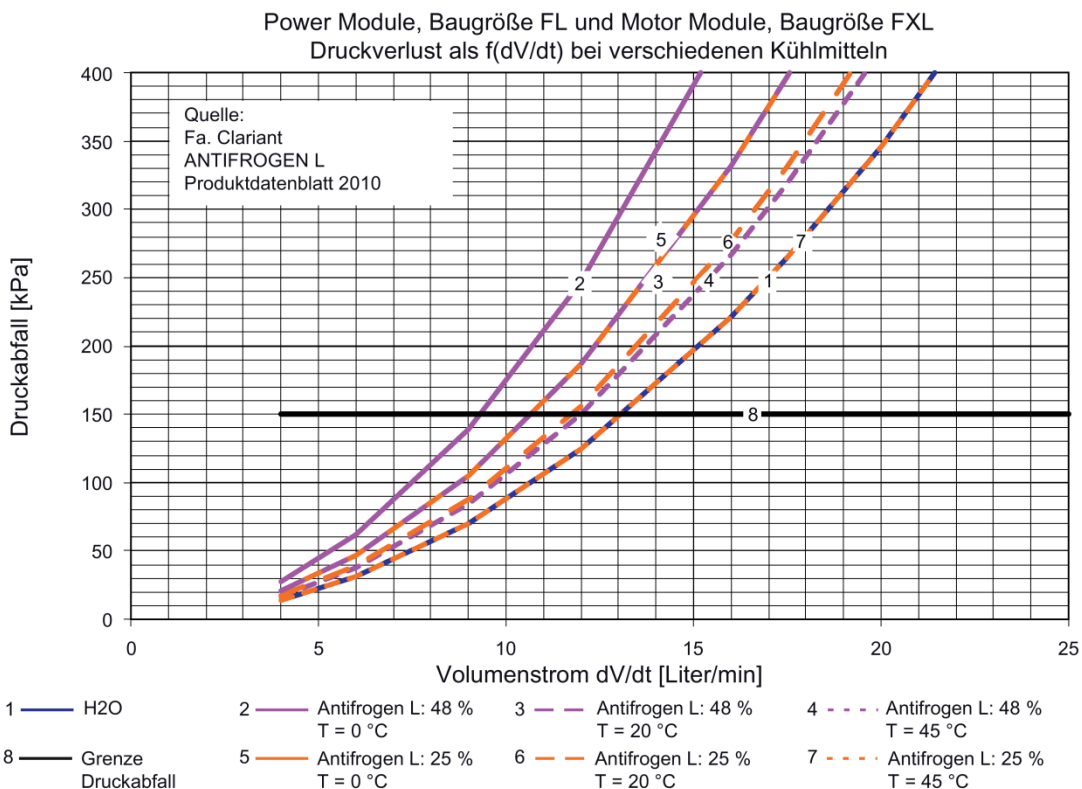
Druckabfall in Abhängigkeit vom Volumenstrom für Active Interface Modules der Baugröße JIL, 10 l/min



Druckabfall in Abhängigkeit vom Volumenstrom für Active Interface Modules der Baugröße JIL, 16 l/min

Kühlmittelgemisch aus Wasser und Frostschutzmittel Antifrogen L

Die folgenden Diagramme geben den Druckabfall am Kühlkörper in Abhängigkeit vom Volumenstrom für die unterschiedlichen wassergekühlten Geräte SINAMICS S120 beim Einsatz von Antifrogen L an.

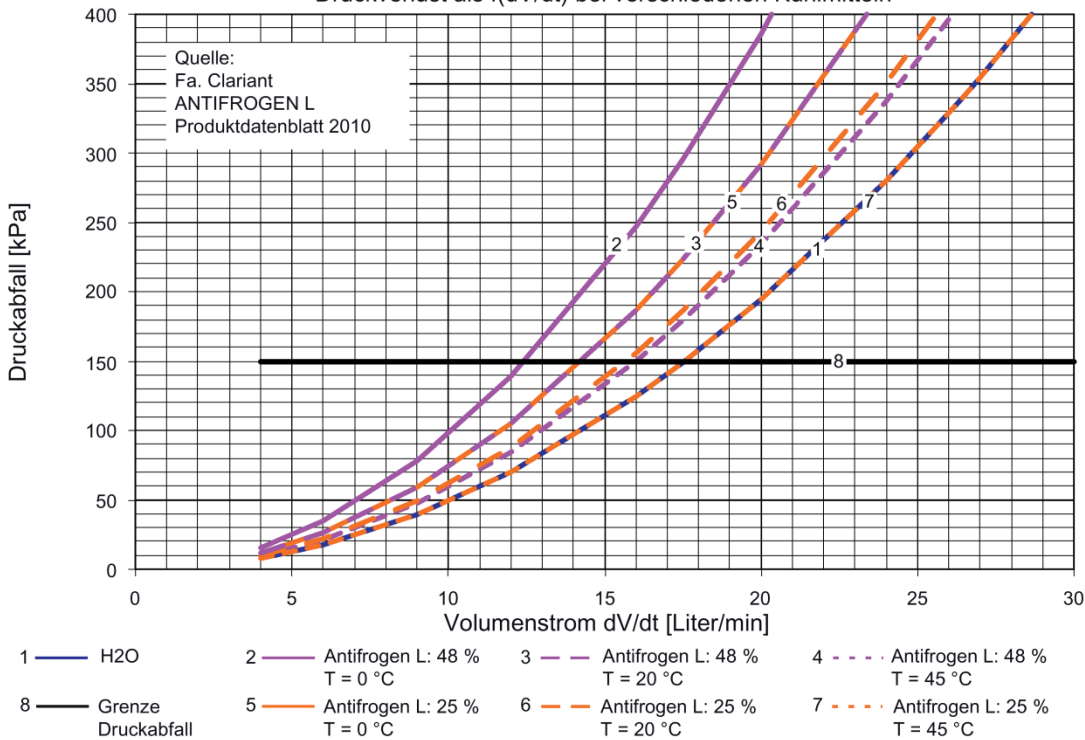


Druckabfall in Abhängigkeit vom Volumenstrom für Power Modules der Baugröße FL und Motor Modules der Baugröße FXL

Grundlagen und Systembeschreibung

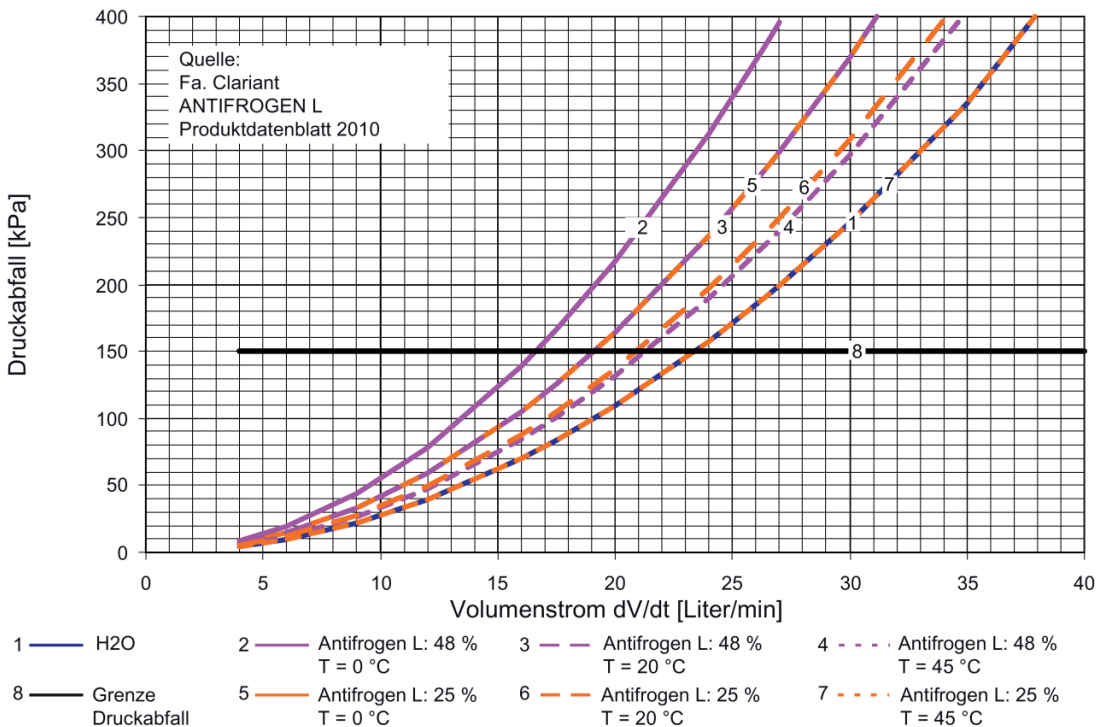
Projektierungshinweise

Power Module, Baugröße GL und Motor Module, Baugröße GXL
Druckverlust als $f(dV/dt)$ bei verschiedenen Kühlmitteln

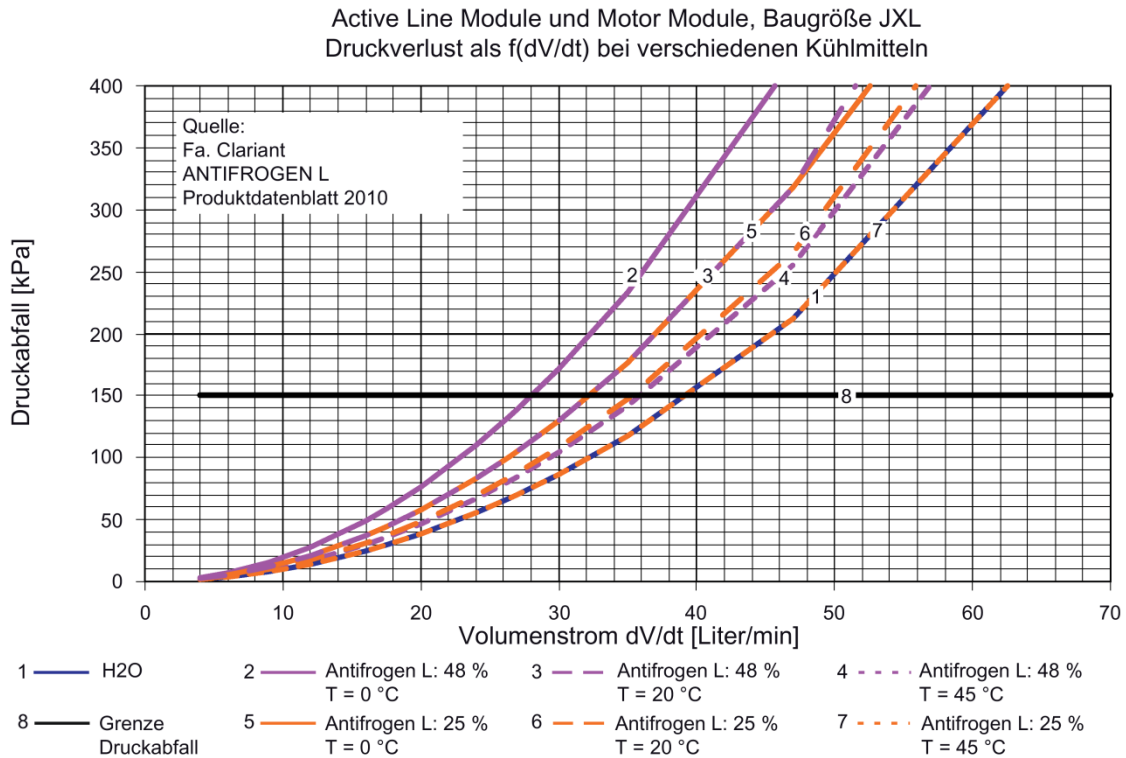


Druckabfall in Abhängigkeit vom Volumenstrom für Power Modules der Baugröße GL und Motor Modules der Baugröße GXL

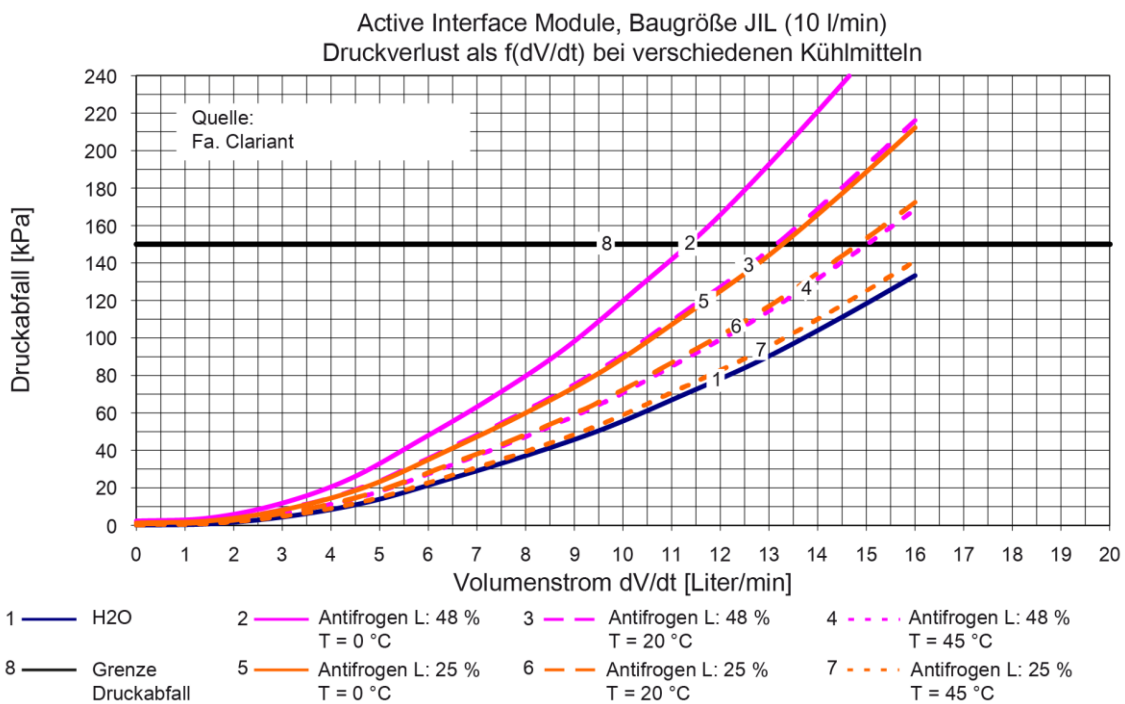
Active Line Module, Motor Module, Baugröße HXL
Druckverlust als $f(dV/dt)$ bei verschiedenen Kühlmitteln



Druckabfall in Abhängigkeit vom Volumenstrom für Active Line Modules der Baugröße HXL und Motor Modules der Baugröße HXL



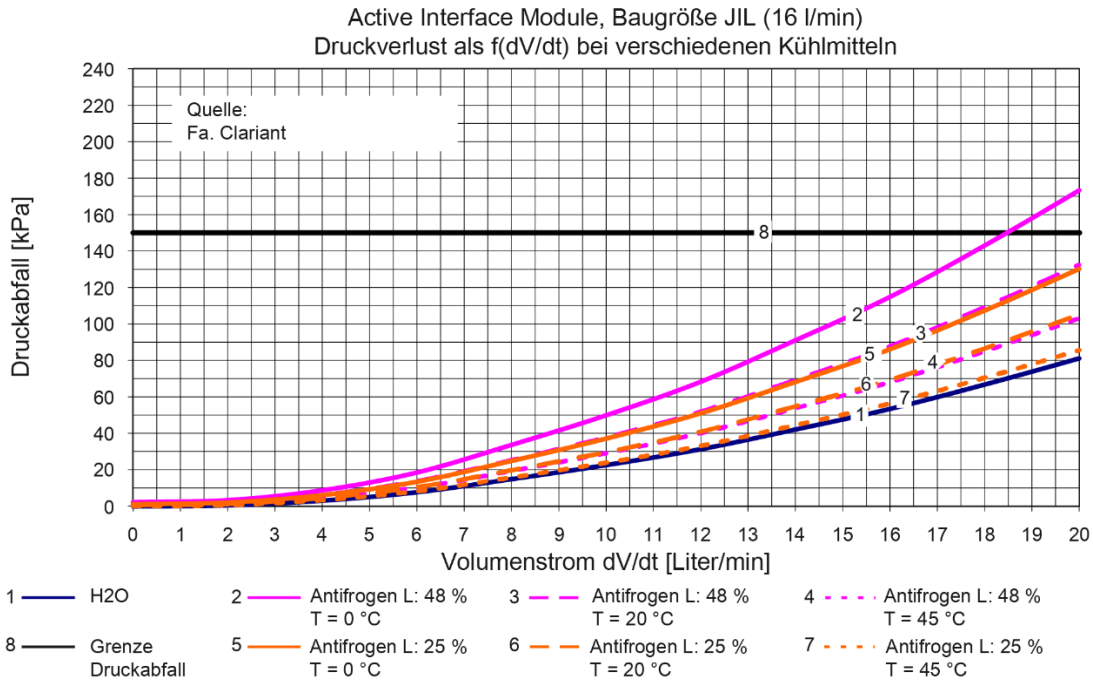
Druckabfall in Abhängigkeit vom Volumenstrom für Active Line Modules der Baugröße JXL und Motor Modules der Baugröße JXL



Druckabfall in Abhängigkeit vom Volumenstrom für Active Interface Modules der Baugröße JIL, 10 l/min

Grundlagen und Systembeschreibung

Projektierungshinweise



Druckabfall in Abhängigkeit vom Volumenstrom für Active Interface Modules der Baugröße JIL, 16 l/min

1.16.3.7 Hinweise zum Schaltschrankeinbau

Für die wassergekühlten Geräte SINAMICS S120 der Bauform Chassis sowie die zugehörigen luftgekühlten Systemkomponenten gelten dieselben Regeln und Empfehlungen zum Schaltschrankeinbau wie für die entsprechenden flüssigkeitsgekühlten Geräte SINAMICS S120 der Bauform Chassis. Diese sind dem gleichnamigen Abschnitt für die flüssigkeitsgekühlten Geräte SINAMICS S120 zu entnehmen.

Für gemeinsame Kreisläufe bestehend aus SINAMICS-Geräten, Motoren und anlagenseitigen Komponenten gilt grundsätzlich, dass aufgrund der geringeren Anforderungen an die Qualität des Kühlwassers in der Regel kein Wärmetauscher für die SINAMICS-Geräte benötigt wird. Es sind aber Komponenten erforderlich um die SINAMICS-Geräte ausreichend vor z. B. Verschmutzung und Überdruck zu schützen. Diese Komponenten müssen zwingend anlagenseitig vorgesehen werden. Im Bezug auf den Wasserfilter werden rückspülbare Filter empfohlen, z. B. von der Fa. Hydac.

2 EMV-Aufbaurichtlinie

2.1 Einführung

2.1.1 Allgemeines

EMV steht für "Elektromagnetische Verträglichkeit" und beschreibt gemäß der Definition der EMV-Richtlinie „die Fähigkeit eines Gerätes, in der elektromagnetischen Umwelt zufriedenstellend zu arbeiten, ohne dabei selbst elektromagnetische Störungen zu verursachen, die für andere in dieser Umwelt vorhandene Geräte unannehmbar wären“.

Durch den zunehmenden Einsatz von Geräten der Leistungselektronik in Kombination mit Geräten der Mikroelektronik in immer komplexeren Systemen, erlangt die elektromagnetische Verträglichkeit einen immer höheren Stellenwert für das störungsfreie Funktionieren komplexer Systeme und Anlagen.

Aus diesem Grunde ist es absolut zwingend erforderlich, die elektromagnetische Verträglichkeit bereits bei der Geräte- und Anlagenplanung zu berücksichtigen. So sind z. B. EMV-Zonen zu definieren, Leitungstypen und Leitungsverlegung festzulegen und gegebenenfalls Filter und andere Entstörmaßnahmen vorzusehen.

Dieses Kapitel des vorliegenden Dokuments unterstützt beim Einsatz von SINAMICS-Antrieben in Systemen und Anlagen das Planungs- und Montagepersonal von OEM-Kunden, Schaltschrankbauern und Systemintegratoren bei der Einhaltung der Bestimmungen der EMV-Richtlinie.

Das modulare Konzept der Gerätereihe SINAMICS erlaubt eine Vielzahl möglicher Gerätekombinationen, so dass nicht jede denkbare Kombination beschrieben werden kann. Dieses Kapitel soll daher Grundlagen und allgemeingültige Regeln vermitteln, mit deren Hilfe beliebige Gerätekombinationen „elektromagnetisch verträglich“ aufgebaut werden können. Zur Verdeutlichung werden am Ende dieses Kapitels einige typische Beispiele angegeben und erläutert.

Im Sinne der EMV-Richtlinie sind die in diesem Dokument beschriebenen Geräte SINAMICS G130, G150, S120 Chassis, S120 Cabinet Modules sowie S150 keine „Geräte“, sondern „Komponenten“, die zum Einbau in ein Gesamtsystem bzw. eine Gesamtanlage bestimmt sind. Trotzdem wird zum besseren Verständnis häufig der allgemein übliche Begriff „Geräte“ verwendet.

2.1.2 EU-Richtlinien

EU-Richtlinien werden im Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft veröffentlicht und müssen in die nationale Gesetzgebung der EG-Mitgliedsstaaten übernommen werden, mit dem Ziel, den freien Handel und Warenverkehr innerhalb des europäischen Wirtschaftsraumes zu erleichtern. Veröffentlichte EU-Richtlinien und deren Umsetzung in nationale Gesetzgebung bilden daher die Rechtsgrundlage innerhalb des europäischen Wirtschaftsraumes.

Für drehzahlveränderbare elektrische Niederspannungs-Antriebssysteme existieren mehrere veröffentlichte EU-Richtlinien:

- EMV-Richtlinie 2014/30/EU
(Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten für elektromagnetische Verträglichkeit)
- Niederspannungsrichtlinie 2014/35/EU
(Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten für elektrische Betriebsmittel)
- Maschinenrichtlinie 2006/42/EG
(Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten zur Unfallverhütung bei Maschinen)
- RoHS-Richtlinie 2011/65/EU
(Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten zur Verwendung gefährlicher Stoffe in Elektrogeräten)

In diesem Kapitel wird auf die EMV-Richtlinie näher eingegangen.

2.1.3 CE-Kennzeichnung

Die CE-Kennzeichnung bestätigt die Einhaltung aller anzuwendenden EU-Richtlinien. Verantwortlich für die CE-Kennzeichnung ist der Hersteller bzw. derjenige, der das Produkt bzw. die Anlage in den Verkehr bringt. Voraussetzung für die CE-Kennzeichnung ist eine Eigenbestätigung, d. h. eine Erklärung des Herstellers, dass alle für das Gerät relevanten europäischen Normen eingehalten werden. In dieser Erklärung (Werksbescheinigung, Herstellererklärung oder Konformitätserklärung) dürfen nur Normen angeführt werden, die im Amtsblatt der EG offiziell gelistet sind.

EMV - Aufbauanleitung

Projektierungshinweise

2.1.4 EMV-Richtlinie

Alle elektrischen und elektronischen Geräte und Anlagen, die elektrische oder elektronische Komponenten enthalten, die elektromagnetische Störungen verursachen können oder deren Betrieb durch solche Störungen betroffen sein kann, müssen die Bestimmungen der EMV-Richtlinie erfüllen. Hierunter fallen die in diesem Dokument beschriebenen SINAMICS-Geräte.

Die Einhaltung der EMV-Richtlinie kann durch die Anwendung entsprechender EMV-Normen nachgewiesen werden, wobei Produktnormen Vorrang vor Fachgrundnormen haben. Für SINAMICS-Geräte ist die EMV-Produktnorm IEC 61800-3 für drehzahlveränderbare elektrische Antriebssysteme (**Power Drive Systems**, kurz PDS) gültig. Werden SINAMICS-Geräte in ein Endprodukt eingebaut, für das eine spezielle EMV-Produktnorm existiert, so ist die EMV-Produktnorm des Endproduktes anzuwenden.

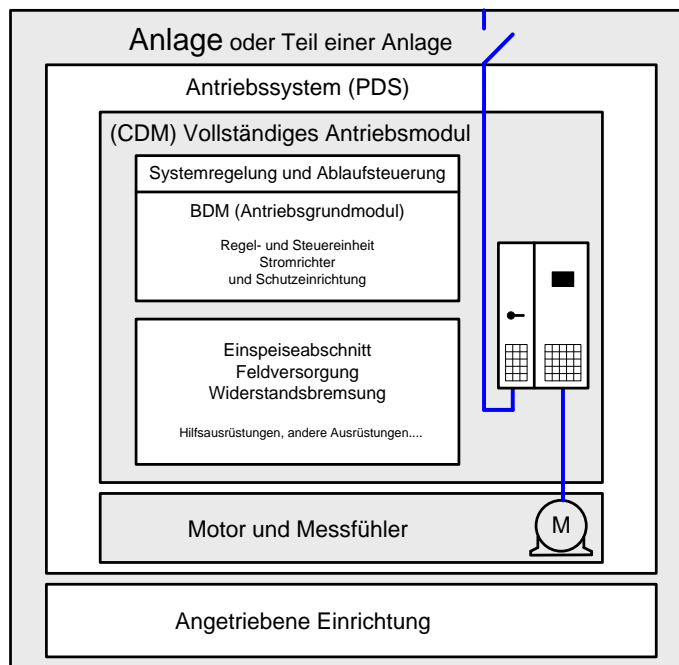
Da SINAMICS-Geräte als „Komponenten“ eines Gesamtsystems bzw. einer Gesamtanlage gelten – ähnlich wie z. B. Transformatoren, Motoren oder Steuerungen – entfällt seitens des Herstellers die Kennzeichnungspflicht hinsichtlich der Einhaltung der EMV-Richtlinie. Der Hersteller von „Komponenten“ trägt jedoch eine besondere Verpflichtung, über die elektromagnetischen Eigenschaften, die Verwendung und die Installation seiner „Komponenten“ hinreichend zu informieren.

In diesem Kapitel des vorliegenden Dokuments werden alle relevanten Informationen bereitgestellt, die OEM-Kunden, Schaltschrankbauer und Systemintegratoren benötigen, um SINAMICS-Geräte derart in ihr System oder ihre Anlage zu integrieren, dass das Gesamtsystem oder die Gesamtanlage die EMV-Richtlinie erfüllt.

Das bedeutet, dass der OEM-Kunde oder der Systemintegrator die alleinige und letzte Verantwortung für die EMV des Gesamtsystems oder der Gesamtanlage trägt. Diese Verantwortung kann nicht an den Lieferanten von „Komponenten“ übertragen werden.

2.1.5 EMV-Produktnorm IEC 61800-3 bzw. EN 61800-3

Für SINAMICS-Geräte ist die EMV-Produktnorm IEC 61800-3 für drehzahlveränderbare elektrische Antriebssysteme (**Power Drive Systems**, kurz PDS) gültig. Diese Norm bezieht sich nicht nur auf den Umrichter selbst, sondern auf ein komplettes, drehzahlveränderbares Antriebssystem, das neben dem Umrichter auch den Motor sowie zusätzliche Ausrüstungen umfasst.



Definition der Anlage und des Antriebssystems (Power Drive System) gemäß EMV-Produktnorm IEC 61800-3

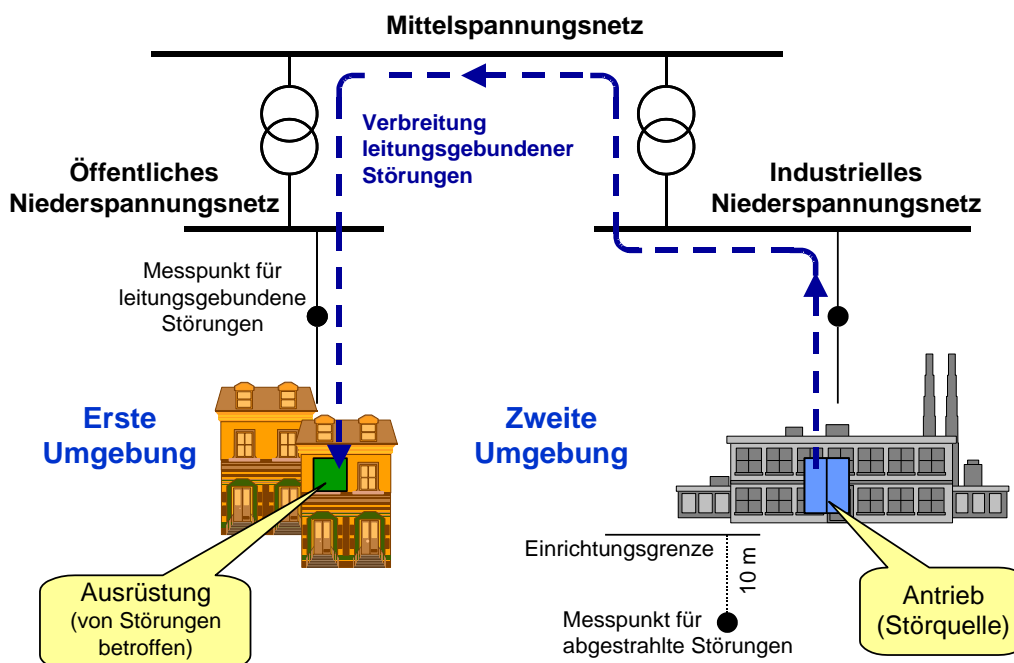
Die EMV-Produktnorm verwendet folgende Begriffe:

- PDS = Power Drive System (Komplettes Antriebssystem aus Umrichter, Motor und Zusatzausrüstungen)
- CDM = Complete Drive Module (Komplettes Umrichtergerät, z. B. SINAMICS G150 Schrankgerät)
- BDM = Basic Drive Module (Antriebsgrundmodul, z. B. SINAMICS G130 Einbaugerät)

In der EMV-Produktnorm werden Bewertungskriterien für das Betriebsverhalten bei Störeinwirkungen festgelegt sowie Störfestigkeitsanforderungen und Störaussendungsgrenzwerte entsprechend den Umgebungsbedingungen am Aufstellort definiert, wobei hinsichtlich der Aufstellorte zwischen der Ersten und der Zweiten Umgebung unterschieden wird.

Definition der Ersten und der Zweiten Umgebung

- Erste Umgebung (Wohnbereich):
Wohngebäude oder Standorte, an denen das Antriebssystem ohne Zwischentransformator direkt an das öffentliche Niederspannungsnetz angeschlossen ist.
- Zweite Umgebung (Industriebereich):
Standorte außerhalb des Wohnbereiches bzw. Industriegebiete, die über einen eigenen Transformator aus dem Mittelspannungsnetz versorgt werden.



Erste und Zweite Umgebung gemäß Definition der EMV-Produktnorm IEC 61800-3

In Abhängigkeit von Aufstellort und Leistung des drehzahlveränderbaren Antriebs sind in der EMV-Produktnorm IEC 61800-3 vier verschiedene Kategorien definiert.

Definition der Kategorien C1 bis C4

- Kategorie C1:
Antriebssysteme (PDS) mit Nennspannungen <1000 V für den uneingeschränkten Einsatz in der Ersten Umgebung
- Kategorie C2:
Ortsfeste Antriebssysteme (PDS) mit Nennspannungen <1000 V für den Einsatz in der Zweiten Umgebung. Ein Einsatz in Erster Umgebung ist möglich, wenn das System von fachkundigem Personal installiert wird. Die vom Hersteller mitgelieferten Warn- und Installationshinweise sind zu beachten.
- Kategorie C3:
Antriebssysteme (PDS) mit Nennspannungen <1000 V für den ausschließlichen Einsatz in der Zweiten Umgebung.
- Kategorie C4:
Antriebssysteme (PDS) mit Nennspannungen ≥ 1000 V oder für Nennströme ≥ 400 A für den Einsatz in komplexen Systemen in der Zweiten Umgebung.

EMV - Aufbaurichtlinie

Projektierungshinweise

	Drehzahlveränderbares Antriebssystem PDS			
	C1	C2	C3	C4
Umgebung	1. Umgebung (Wohn-, Geschäfts- und Gewerbebereich)		2. Umgebung (Industriebereich)	
Spannung bzw. Strom	< 1000 V			≥ 1000 V oder ≥ 400 A
EMV-Fach-Kenntnisse erforderlich	keine Anforderung	Installation und Inbetriebnahme muss durch fachkundiges Personal erfolgen		

Übersicht über die Kategorien C1 bis C4 gemäß EMV-Produktnorm IEC 61800-3

In der Ersten Umgebung – d. h. im Wohnbereich – liegt der zulässige Störpegel auf einem niedrigen Niveau. Daher müssen Geräte für den Einsatz in der Ersten Umgebung eine geringe Störaussendung aufweisen, benötigen aber auch nur eine geringe Störfestigkeit.

In der Zweiten Umgebung – d. h. im Industriebereich – liegt der zulässige Störpegel auf einem höheren Niveau. Geräte für den Einsatz in der Zweiten Umgebung dürfen eine höhere Störaussendung aufweisen, benötigen aber auch eine höhere Störfestigkeit.

Umgebungen für SINAMICS-Umrichter

Kategorie C2:

Die in diesem Dokument beschriebenen SINAMICS-Umrichter sind für den Einsatz in der Zweiten Umgebung (Industriebereich) vorgesehen und besitzen standardmäßig Netz- bzw. EMV-Filter (Funk-Entstörfilter) gemäß Kategorie C3 der EMV-Produktnorm IEC 61800-3, die für TN- oder TT-Netze mit geerdetem Sternpunkt geeignet sind. Durch zusätzliche, optional einsetzbare Netzfilter (Funk-Entstörfilter bzw. EMV-Filter), die für TN- oder TT-Netze mit geerdetem Sternpunkt geeignet sind, ist es aber unter bestimmten Randbedingungen auch möglich, mit SINAMICS-Umrichtern G130, G150, S150 sowie SINAMICS S120 in den Bauformen Chassis und Cabinet Modules die Kategorie C2 gemäß EMV-Produktnorm IEC 61800-3 einzuhalten. Zur Einhaltung der Kategorie C2 ist der Einsatz geschirmter Motorleitungen absolut zwingend erforderlich. Die zulässigen Motorleitungslängen sind dem Abschnitt „Netzfilter (Funk-Entstörfilter bzw. EMV-Filter)“ zu entnehmen.

Hinweis:

Die Einhaltung der Kategorie C2 gemäß EMV-Produktnorm IEC 61800-3 durch den Einsatz optionaler Netzfilter ist allein nicht ausreichend, um die Geräte direkt an öffentliche Netze gemäß IEC 61000-2-2:2002 mit den Änderungen AMD1:2017 und AMD2:2018 anschließen zu können, weil die Netzfilter nur im höheren Frequenzbereich 150 kHz bis 30 MHz wirken und nicht im niedrigeren Frequenzbereich 0 Hz bis 150 kHz, den die Norm IEC 61000-2-2:2002 mit den Änderungen AMD1:2017 und AMD2:2018 abdeckt. Daher sind zum Anschluss an öffentliche Netze Zusatzmaßnahmen im Frequenzbereich 0 Hz bis 150 kHz erforderlich.

Kategorie C3:

Die in diesem Dokument beschriebenen SINAMICS-Umrichter sind für den Einsatz in der Zweiten Umgebung (Industriebereich) vorgesehen und besitzen standardmäßig Netz- bzw. EMV-Filter (Funk-Entstörfilter) gemäß Kategorie C3 der EMV-Produktnorm IEC 61800-3, die für TN- oder TT-Netze mit geerdetem Sternpunkt geeignet sind. Dies gilt für die SINAMICS-Umrichter G130, G150 und S150 sowie die Einspeisungen des modularen Systems SINAMICS S120 (Basic Line Modules, Smart Line Modules und Active Line Modules inkl. der zugehörigen Active Interface Modules in den Bauformen Chassis und Cabinet Modules). Zur Einhaltung der Kategorie C3 ist der Einsatz geschirmter Motorleitungen erforderlich. Die zulässigen Motorleitungslängen sind dem Abschnitt „Netzfilter (Funk-Entstörfilter bzw. EMV-Filter)“ zu entnehmen.

Kategorie C4:

SINAMICS-Umrichter können auch in ungeerdeten Netzen (IT-Netzen) eingesetzt werden. In diesem Fall ist das standardmäßig eingebaute Netzfilter gemäß Kategorie C3 zu deaktivieren, indem ein Metallbügel entfernt wird, der die Filterkondensatoren mit dem Gehäuse verbindet (Details sind in der Betriebsanleitung der entsprechenden Geräte beschrieben). Dies ist erforderlich, weil sonst im Fehlerfall eine Störschaltung des Umrichters oder gar eine Überlastung des Filters bis hin zur Zerstörung möglich wären. Wenn die standardmäßig eingebauten Netzfilter deaktiviert sind, entsprechen die SINAMICS-Umrichter nur noch der Kategorie C4, was aber die EMV-Produktnorm IEC 61800-3 für IT-Netze in komplexen Systemen ausdrücklich zulässt. In diesem Fall müssen Anlagenhersteller und Anlagenbetreiber einen EMV-Plan, d. h. individuelle, anlagenspezifische Maßnahmen vereinbaren, um die EMV sicherzustellen. Die Kategorie C4 erfordert nicht mehr zwingend den Einsatz geschirmter Motorleitungen, aber ihr Einsatz wird zur Reduktion der Lagerströme im Motor dennoch empfohlen, wenn umrichterseitig keine Motordrosseln oder Motorfilter eingesetzt werden.

2.2 Grundlagen der EMV

2.2.1 Definition der EMV

Die elektromagnetische Verträglichkeit EMV ist von zwei Eigenschaften der beteiligten Geräte abhängig. Dies sind die **Störaussendung** und die **Störfestigkeit**. Elektrische Geräte können eingeteilt werden in Störquellen (Sender) und Störsenken (Empfänger). Elektromagnetische Verträglichkeit ist immer dann gegeben, wenn die vorhandenen Störquellen die Funktion der vorhandenen Störsenken nicht unzulässig beeinflussen. Ein Gerät kann auch gleichzeitig Störquelle (z. B. Leistungsteil eines Umrichters) und Störsenke (z. B. Steuerteil eines Umrichters) sein.

2.2.2 Störaussendung und Störfestigkeit

Störaussendung

Die Störaussendung beschreibt Störungen, die vom Frequenzumrichter an die Umgebung ausgesendet werden.

Die **hochfrequente Störaussendung** von Frequenzumrichtern wird durch die EMV-Produktnorm IEC 61800-3 geregelt. Diese legt Grenzwerte fest für

- hochfrequente, leitungsgebundene Störungen am Netzanschlusspunkt (Funkstörspannungen),
- hochfrequente, elektromagnetisch abgestrahlte Störungen (Funkstörstrahlung).

Die festgelegten Grenzwerte sind abhängig von den Umgebungsbedingungen (Erste bzw. Zweite Umgebung).

Die **niederfrequente Störaussendung** von Frequenzumrichtern - üblicherweise als Netzrückwirkung bezeichnet - wird durch unterschiedliche Normen geregelt. Für öffentliche Niederspannungsnetze kann IEC 61000-2-2:2002 mit den Änderungen AMD1:2017 und AMD2:2018 herangezogen werden, für industrielle Netze IEC 61000-2-4:2002. Außerhalb Europas wird sehr häufig auf die IEEE 519:2014 verwiesen. Zusätzlich sind die Bestimmungen der örtlichen Stromversorgungsunternehmen zu beachten.

Störfestigkeit

Die Störfestigkeit beschreibt das Verhalten von Frequenzumrichtern unter dem Einfluss von elektromagnetischen Störungen, die durch die Umgebung auf den Umrichter einwirken. Diese Störungen können sein

- hochfrequente, leitungsgebundene Störungen (Störspannungen)
- hochfrequente, elektromagnetische Strahlungen (Störstrahlungen).

Anforderungen und Bewertungskriterien für das Verhalten unter dem Einfluss dieser Störungen werden ebenfalls durch die EMV-Produktnorm IEC 61800-3 geregelt.

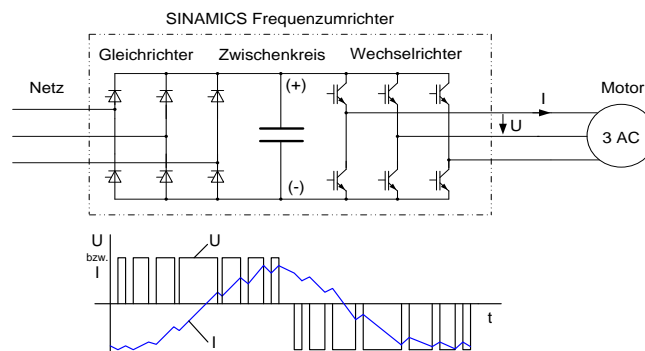
Die in diesem Projektierungshandbuch beschriebenen Geräte sind mit den höheren Störpegeln der 2. Umgebung getestet und besitzen somit eine ausreichende Störfestigkeit sowohl für die 1. Umgebung als auch für die 2. Umgebung.

2.3 Der Frequenzumrichter und seine EMV

2.3.1 Der Frequenzumrichter als Störquelle

Arbeitsweise der SINAMICS-Frequenzumrichter

Die Frequenzumrichter der Reihe SINAMICS bestehen aus einem netzseitigen Gleichrichter, der einen Gleichspannungszwischenkreis speist. Der nachgeschaltete Wechselrichter erzeugt aus der Zwischenkreisspannung nach dem Verfahren der Pulsweitenmodulation eine Ausgangsspannung U , die aus nahezu rechteckförmigen Spannungsböcken besteht. Durch die glättende Wirkung der Motorinduktivität entsteht so ein weitgehend sinusförmiger Motorstrom I .



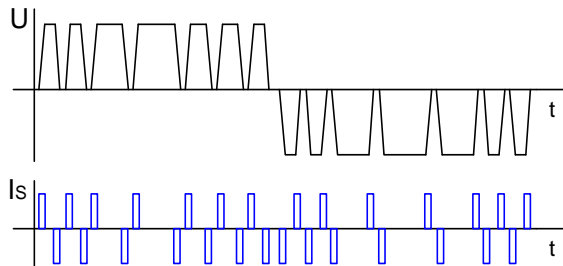
Funktionsweise der SINAMICS-Frequenzumrichter und Prinzipdarstellung von Ausgangsspannung U und Motorstrom I

EMV - Aufbaurichtlinie

Projektierungshinweise

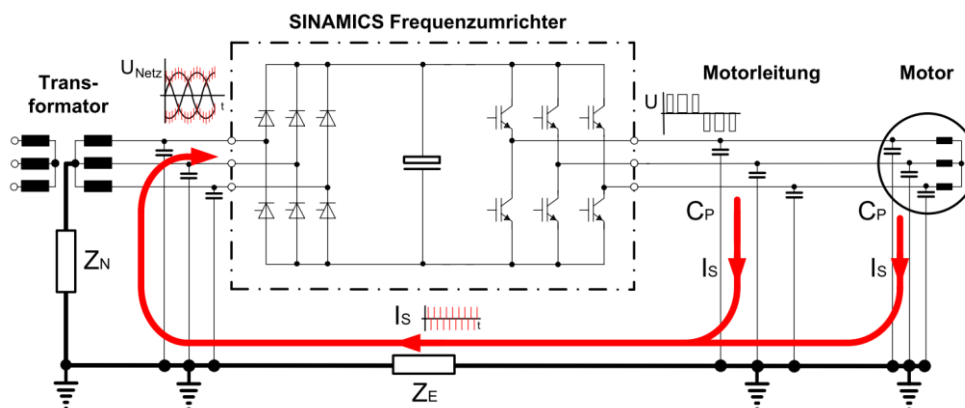
2.3.2 Der Frequenzumrichter als hochfrequente Störquelle

Die Hauptstörquelle für hochfrequente Störungen ist das schnelle Schalten der IGBTs (Insulated Gate Bipolar Transistor) im motorseitigen Wechselrichter, welches sehr steile Spannungsflanken verursacht. Jede Spannungsflanke erzeugt einen impulsförmigen Ableit- bzw. Störstrom I_s über die parasitären Kapazitäten am Wechselrichter Ausgang.



Prinzipdarstellung von Wechselrichter Ausgangsspannung U und Störstrom I_s

Der Störstrom I_s fließt über die parasitären Kapazitäten C_P von Motorleitung und Motorwicklung zur Erde und muss auf einem geeigneten Weg zurückkehren zu seiner Quelle, dem Wechselrichter. Auf seinem Rückweg fließt der Störstrom I_s über die Erdimpedanz Z_E und die Netzimpedanz Z_N , wobei die Netzimpedanz Z_N aus der Parallelschaltung von Transformatorimpedanz (Leiter - Erde) und parasitären Kapazitäten der Netzzuleitung gegen Erde besteht. Der Störstrom selbst sowie die an den Impedanzen Z_E und Z_N hervorgerufenen Störspannungsabfälle können die Netzspannung und somit andere an das gleiche Netz und Erdungssystem angeschlossene Geräte beeinflussen bzw. stören.

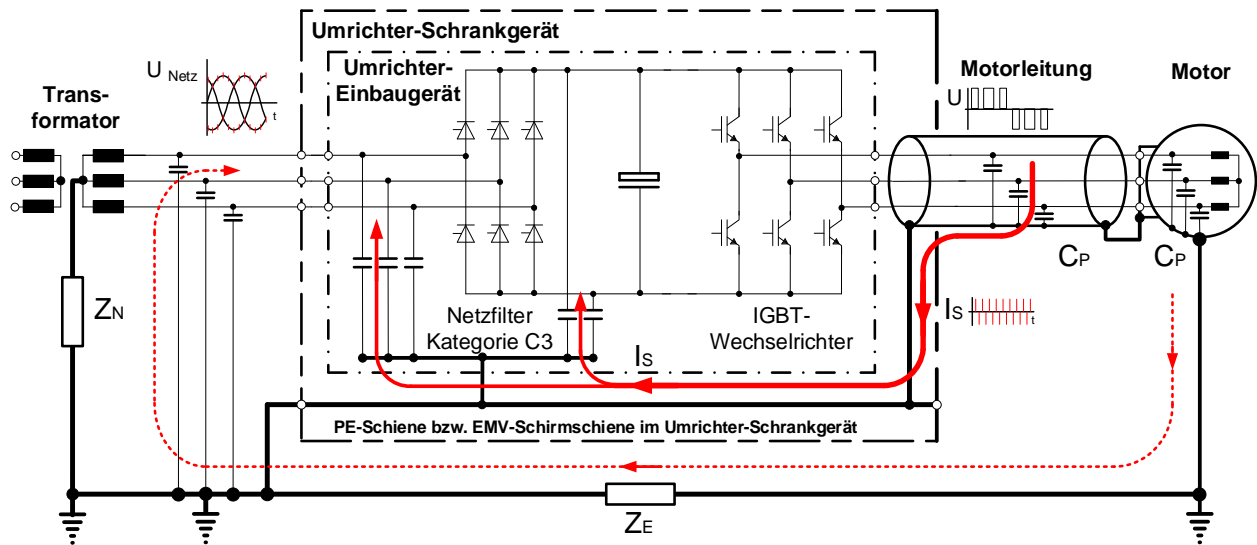


Prinzipdarstellung über die Entstehung des Störstroms I_s und seinen Weg zurück zum Wechselrichter

Maßnahmen zur Reduktion der hochfrequenten, leitungsgebundenen Störaussendung

Beim Einsatz ungeschirmter Motorleitungen fließt der Störstrom I_s – wie in der vorausgehenden Abbildung skizziert – undefiniert über Kabelpritschen, das Erdungssystem sowie die Netzimpedanz zurück zum Wechselrichter und kann über die Impedanzen Z_E und Z_N aufgrund seines hochfrequenten Charakters erhebliche Störspannungen erzeugen.

Die Störbeeinflussung von Erdungssystem und Netz durch den Störstrom I_s lässt sich deutlich verringern, indem der hochfrequente Störstrom I_s durch eine **geschirmte Motorleitung** derart zurück zum Wechselrichter geführt wird, dass die Spannungsabfälle über den Impedanzen Z_E und Z_N minimiert werden. In **Kombination mit dem standardmäßig in den SINAMICS-Geräten vorhandenen Netz- bzw. EMV-Filter** (Funk-Entstörfilter) gemäß Kategorie C3 der EMV-Produktnorm IEC 61800-3 wird dem hochfrequenten Störstrom I_s ein niederohmiger Rückweg zum Wechselrichter innerhalb des Antriebssystems angeboten, so dass der überwiegende Teil des Störstromes I_s über den Schirm der Motorleitung, die PE- bzw. EMV-Schirmschiene und das Netzfilter fließt. Die standardmäßigen Netzfilter sind vorhanden in den SINAMICS-Umrichtern G130, G150 und S150 sowie in den Einspeisungen des modularen Systems SINAMICS S120 (Basic Line Modules, Smart Line Modules und Active Line Modules inkl. der zugehörigen Active Interface Modules in den Bauformen Chassis und Cabinet Modules). Erdungssystem und Netz werden hierdurch mit deutlich geringeren Störströmen belastet und die Störaussendung somit erheblich reduziert.



Weg des Störstromes bei Verwendung einer geschirmten Motorleitung in Kombination mit einem EMV-Filter im Umrichter

Damit die beabsichtigte Störreduktion erzielt wird, muss die Installation sicherstellen, dass der Störstrom I_s auf seinem Weg vom Schirm der Motorleitung über die PE- bzw. die EMV-Schirmschiene des Umrichterschrankes und das Netzfilter einen durchgehenden niederinduktiven Pfad zurück zum Wechselrichter findet, der durch keine Schwachstellen hoher Impedanz unterbrochen ist.

Die Einhaltung der Kategorien C2 und C3 der EMV-Produktnorm IEC 61800-3 erfordert deshalb als Verbindungsleitung zwischen Umrichter und Motor zwingend eine geschirmte Leitung. Diese sollte bei größeren Leistungen im Leistungsbereich der SINAMICS Chassis- und Schrankgeräte möglichst als symmetrische 3-Leiter-Drehstromleitung aufgebaut sein.

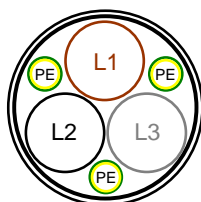
Ideal sind geschirmte Leitungen mit symmetrisch angeordneten Drehstromleitern L1, L2, L3 und einem integrierten, 3-adrigen, ebenfalls symmetrisch angeordneten PE-Leiter, wie z. B. die abgebildete Leitung PROTOFLEX EMV-FC des Typs 2XSLCY-J 0,6/1 kV der Fa. Prysmian.



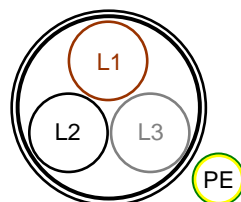
Geschirmte, symmetrisch aufgebaute Drehstromleitung mit 3-adrigem PE-Leiter

Alternativ können auch geschirmte Leitungen verwendet werden, die nur symmetrisch angeordnete Drehstromleiter L1, L2, L3 enthalten, wie z. B. 3-adrige Leitungen des Typs Protodur NYCWY. In diesem Fall ist der PE-Leiter getrennt in möglichst geringem Abstand parallel zur 3-adrigen Motorleitung zu verlegen.

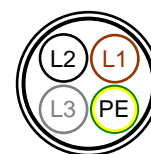
Bei kleineren Leistungen im Leistungsbereich der Booksize- und Blocksize-Geräte sowie im unteren Leistungsbereich der Chassis- und Schrankgeräte ist auch der Einsatz von geschirmten, unsymmetrischen, 4-adrigen Leitungen (L1, L2, L3 und PE) möglich, wie z. B. von Leistungsleitungen des Typs MOTION-CONNECT.



ideal symmetrische Drehstromleitung einschließlich PE-Leiter



symmetrische Drehstromleitung mit separat verlegtem PE-Leiter



unsymmetrische Drehstromleitung einschließl. PE-Leiter

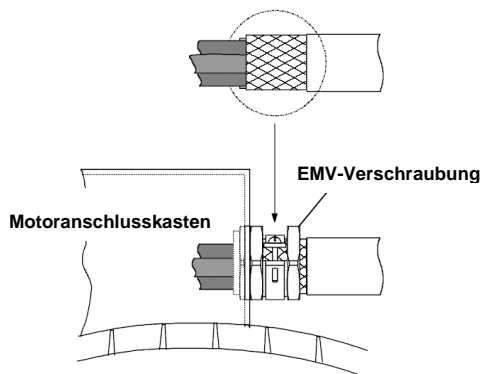
Geschirmte Drehstromleitungen mit konzentrisch angeordnetem Schirm

EMV - Aufbaurichtlinie

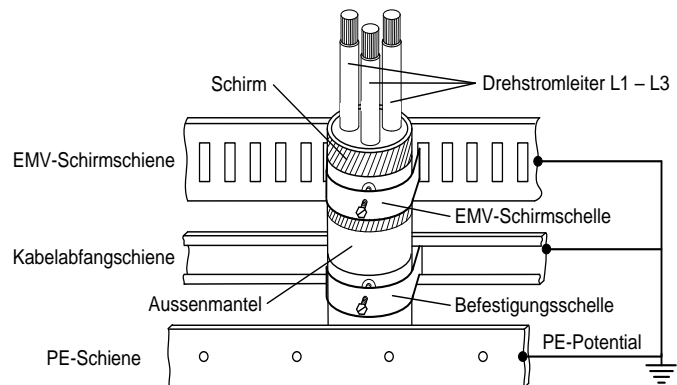
Projektierungshinweise

Eine gute, niederinduktive Schirmauflage ist ebenfalls zwingend erforderlich. Diese erhält man, wenn der Schirm am Anschlusskasten des Motors mit EMV-Verschraubungen großflächig kontaktiert wird und im SINAMICS Umrichter-schrank eine großflächige Kontaktierung an der EMV-Schirmschiene mit EMV-Schirmschellen erfolgt. Ein alternativer Schirmanschluss an die PE-Schiene des Umrichters ausschließlich über längere geflochtene Zöpfe ist weniger empfehlenswert, insbesondere wenn die Zöpfe sehr lang sind, weil diese Art der Schirmauflage für die hochfrequenten Ströme einen relativ hohen Widerstand darstellt.

Weitere zusätzliche Schirmauflagen zwischen Umrichter und Motor, z. B. in Zwischenklemmenkästen, sind unbedingt zu vermeiden, da sonst der Schirm seine Aufgabe, die Störströme im Antriebssystem zu halten, nur sehr eingeschränkt erfüllen kann.



Schirmkontaktierung am Motoranschlusskasten mit einer EMV-Verschraubung (PG-Verschraubung)



Schirmkontaktierung im SINAMICS Umrichterschrank an der EMV-Schirmschiene mit einer EMV-Schirmschelle

Innerhalb der Schrankgeräte müssen die Gehäuse der Einbaugeräte der Bauform Chassis, welche das standardmäßige Netzfilter für die Kategorie C3 enthalten, möglichst niederinduktiv mit der PE-Schiene und der EMV-Schirmschiene verbunden sein. Die Anbindung kann großflächig über die metallische Konstruktion der Schrankgeräte erfolgen, wobei die Kontaktflächen metallisch blank sein müssen und einen Mindestquerschnitt von mehreren cm^2 je Kontaktstelle aufweisen müssen. Alternativ kann diese Verbindung mit kurzen Erdungsleitungen größeren Querschnitts ($\geq 95 \text{ mm}^2$) erfolgen, die eine niedrige Impedanz über einen weiten Frequenzbereich aufweisen, wie z. B. feindrähtige geflochtene Kupferrundleitungen oder feindrähtige geflochtene Kupferflachbänder.

SINAMICS Schrankgeräte G150, S150 und S120 Cabinet Modules sind konstruktiv so ausgeführt, dass eine ausreichend niederinduktive Verbindung der Gehäuse der eingebauten Chassis-Geräte mit der PE-Schiene und der EMV-Schirmschiene sichergestellt ist.

Dieselben Regeln, die für die Anbindung der Einbaugeräte Bauform Chassis an die PE-Schiene und die EMV-Schirmschiene gelten, sind auch beim Einsatz eines optionalen Netzfilters der Kategorie C2 für die Anbindung des Netzfilters an die PE-Schiene und die EMV-Schirmschiene gültig. Das optionale Netzfilter der Kategorie C2 ist immer in Kombination mit einer Netzdrossel einzusetzen, weil sonst nicht die volle Filterwirkung erreicht wird.

Hinweis zum Anschluss einphasiger Verbraucher:

Sollen SINAMICS-Umrichter und einphasige Verbraucher wie z. B. Hilfsbetriebe und Lüfter für die SINAMICS-Umrichter, aber auch Steuerungen, PCs oder Gebäudebeleuchtungen, an einem gemeinsamen Netz betrieben werden, so ist Folgendes zu beachten:

Trotz der beschriebenen Entstörmaßnahmen steigt die leitungsgebundene Störbeeinflussung von Erdungssystem und Netz mit zunehmender installierter Umrichterleistung und zunehmender räumlicher Ausdehnung des Antriebssystems, insbesondere durch lange Motorleitungen, immer mehr an. Diese Störbeeinflussung betrifft insbesondere die Spannung Leiter-Erde und kann deshalb besonders für einphasige Verbraucher kritische Werte erreichen.

Daher sollen einphasige Verbraucher, insbesondere stöempfindliche Steuerungen, PCs und Gebäudebeleuchtungen, nicht unmittelbar an dasselbe Netz angeschlossen werden wie leistungsstarke SINAMICS-Umrichter bzw. SINAMICS-Antriebsverbände. Die stöempfindlichen einphasigen Verbraucher sind entweder über einen Trenntransformator anzuschließen oder an ein separates Netz. Bei Verwendung eines einphasigen Trenntransformators ist dieser primärseitig zwingend zwischen zwei Außenleiter anzuschließen und darf nicht zwischen einen Außenleiter und N bzw. PE angeschlossen werden, weil insbesondere die Spannung Leiter-Erde von der Störbeeinflussung betroffen ist.

Maßnahmen zur Reduktion der hochfrequenten, elektromagnetischen Störaussendung

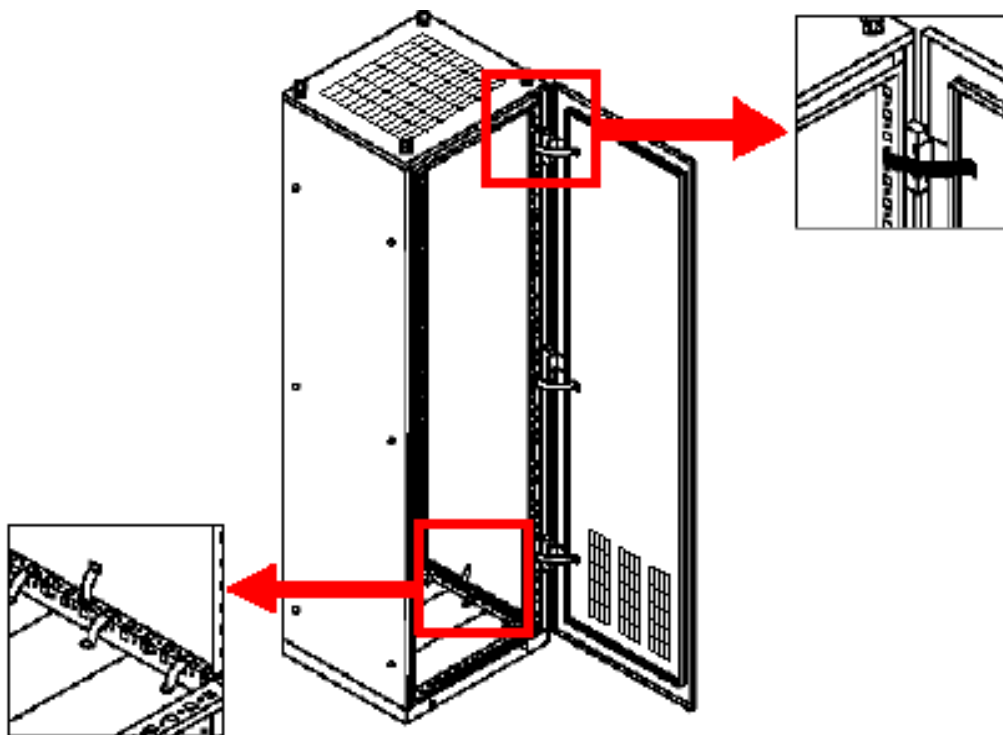
Ursache für die hochfrequente elektromagnetische Störstrahlung sind neben den steilen Schaltflanken der IGBTs im Wechselrichter auch hochfrequent getaktete Schaltnetzteile sowie extrem hochfrequent getaktete Mikroprozessoren im Steuerungsteil der SINAMICS-Umrichter.

Zur Begrenzung dieser Störstrahlung sind neben dem Einsatz geschirmter Motor- und Signalleitungen, deren Schirme beidseitig und großflächig aufzulegen sind, **geschlossene Schaltschränke** erforderlich, die als Faraday'scher Käfig wirken.

Werden Einbaugeräte SINAMICS G130 sowie S120 Chassis in offene Schrankrahmen eingebaut, so wird die Störstrahlung der Umrichter nicht ausreichend begrenzt. Zur Einhaltung der Kategorie C3 der EMV-Produktnorm IEC 61800-3 muss dann eine geeignete Gestaltung des Betriebsraumes für eine ausreichende Abschirmung sorgen (z. B. Einbau der offenen Schrankrahmen in einen metallisch geschlossenen Container).

Werden Einbaugeräte SINAMICS G130 sowie Chassis S120 in Standardschaltschränke mit beschichtetem Stahlblech eingebaut, so lässt sich die Störstrahlung gemäß Kategorie C3 der EMV-Produktnorm IEC 61800-3 durch Beachtung folgender Maßnahmen einhalten:

- Alle metallischen Gehäuseteile und Montageplatten im Schaltschrank sind möglichst großflächig und gut leitend sowohl miteinander als auch mit dem Schrankrahmen zu verbinden. Optimal sind großflächige metallische Verbindungen oder Verbindungen durch breite, hochfrequenztaugliche Erdungsbänder.
- Der Rahmen des Schaltschranks ist zusätzlich zur bestehenden Schutzerdung an möglichst mehreren Stellen niederinduktiv (hochfrequenztechnisch wirksam) mit der Fundamenterdung (Maschennetz) zu verbinden. Die dazu geeigneten Mittel sind im Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt „Lagerströme durch steile Spannungsflanken am Motor“ beschrieben.
- Schrankabdeckungen wie Türen, Seitenbleche, Rückwände, Dach- und Bodenbleche sind ebenfalls gut leitend mit dem Schrankrahmen zu verbinden, am besten durch breite, hochfrequenztaugliche Erdungsbänder.
- Sämtliche Schraubverbindungen an lackierten oder eloxierten Metallteilen müssen entweder mit speziellen Kontaktscheiben ausgeführt werden, die die nichtleitende Oberfläche durchdringen und so einen metallisch leitenden Kontakt herstellen oder die nichtleitende Oberfläche zwischen den zu verbindenden Teilen muss vor der Montage entfernt werden, so dass sich eine flächige metallische Verbindung ergibt.
- Belüftungsöffnungen sollten aus EMV-Gründen möglichst klein gehalten werden. Andererseits erfordert eine zufriedenstellende Schrankbelüftung aufgrund der Gesetze der Strömungsmechanik gewisse Mindestquerschnitte, so dass hier ein sinnvoller Kompromiss gefunden werden muss. Bei SINAMICS Schrankgeräten werden daher Belüftungsgitter mit typischen Öffnungsquerschnitten je Loch von ca. 190 mm² verwendet.



Verbindung von Türen, Seitenwänden, Rückwänden sowie Dach- und Bodenblechen mit dem Schrankgerüst

EMV - Aufbaurichtlinie

Projektierungshinweise

Die Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS G150 und S150 sowie die Schrankkomponenten des modularen Schrankgerätesystems SINAMICS S120 Cabinet Modules sind werkseitig so ausgeführt, dass sie die Störstrahlungsgrenzwerte der Kategorie C3 gemäß der EMV-Produktnorm IEC 61800-3 standardmäßig einhalten. Voraussetzung für die sichere Einhaltung sind geschlossenen Schranktüren und geschirmte Motorleitungen mit Leitungslängen < 100 m. Mit den optionalen Netzfiltern (Option L00) halten die o. g. Geräte die Störstrahlungsgrenzwerte der Kategorie C2 gemäß der EMV-Produktnorm IEC 61800-3 ein. Voraussetzung für die sichere Einhaltung sind auch hier wieder geschlossenen Schranktüren und geschirmte Motorleitungen mit Leitungslängen < 100 m.

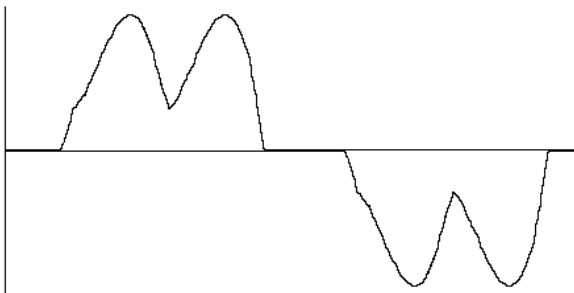
2.3.3 Der Frequenzumrichter als niederfrequente Störquelle (Netzurückwirkungen)

Werden SINAMICS-Umrichter an ein Netz mit rein sinusförmiger Spannung angeschlossen (Generator, Transformator), so fließen wegen der nichtlinearen Charakteristik der Bauelemente in den netzseitigen Gleichrichterschaltungen nicht-sinusförmige Netzströme, welche die Spannung am Netzanschlusspunkt PCC (Point of Common Coupling) verzerren. Diese niederfrequente, leitungsgebundene Beeinflussung der Netzspannung bezeichnet man als Netzurückwirkungen.

Maßnahmen zur Reduktion der niederfrequenten Störaussendung (Netzurückwirkungen)

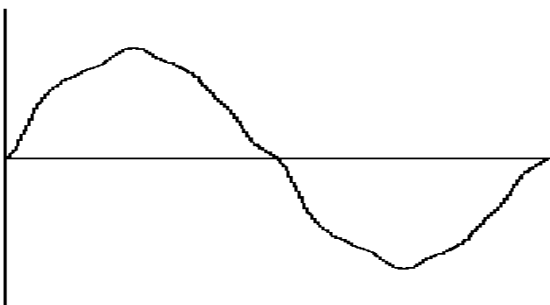
Die Netzurückwirkungen der SINAMICS-Umrichter sind im Wesentlichen von der Schaltung des netzseitigen Gleichrichters abhängig. Damit besteht die Möglichkeit, über die Auswahl bzw. Konfiguration des Gleichrichters die Höhe der Netzurückwirkungen zu beeinflussen.

Die größten Netzurückwirkungen haben 6-pulsige Gleichrichter, die bei den Umrichtern SINAMICS G130 und G150 sowie bei den S120 Basic Line Modules und Smart Line Modules verwendet werden.



Typischer Netzstrom bei 6-pulsigen Gleichrichtern

Eine deutliche Reduktion der Netzurückwirkungen ist durch die Verwendung von Line Harmonics Filtern bei den Umrichtern SINAMICS G130 und G150 möglich sowie durch 12-pulsige Gleichrichterkonfigurationen bei den SINAMICS S120 Basic Line Modules und Smart Line Modules.



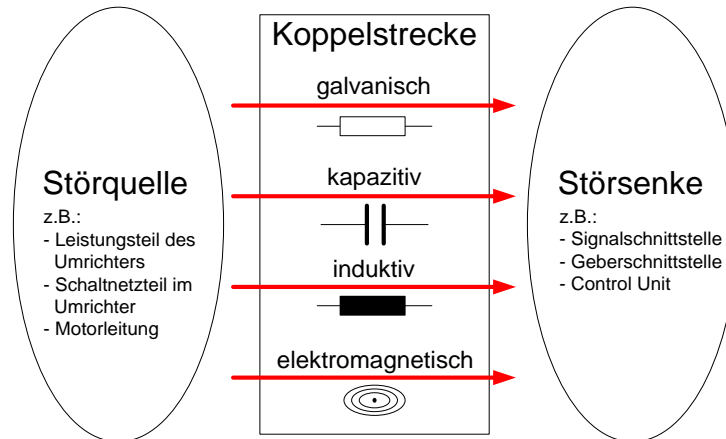
Typischer Netzstrom bei 6-pulsigen Gleichrichtern mit Line Harmonics Filtern

Die geringsten Netzurückwirkungen verursachen aktive Gleichrichter, die bei den Umrichtern SINAMICS S150 sowie bei den SINAMICS S120 Active Line Modules verwendet werden. Hier sind Netzstrom und Netzspannung nahezu sinusförmig.

2.3.4 Der Frequenzrichter als Störquelle

2.3.4.1 Beeinflussungsmechanismen

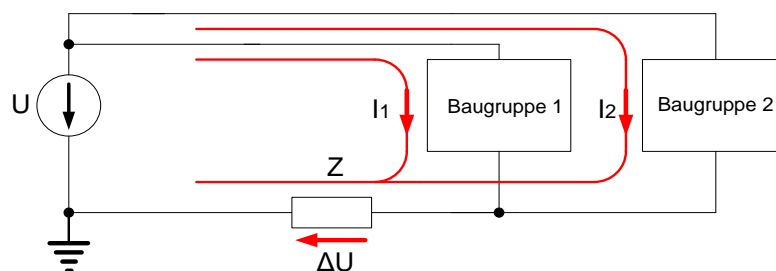
Die von den Störquellen erzeugten Störungen können über unterschiedliche Koppelstrecken (Pfade) in die Störseenen eingekoppelt werden. Man unterscheidet galvanische, kapazitive, induktive und elektromagnetische Störkopplungen.



Darstellung der möglichen Koppelstrecken zwischen Störquellen und Störseenen

2.3.4.1.1 Galvanische Kopplung

Die galvanische Kopplung tritt auf, wenn mehrere Stromkreise einen Leiter gemeinsam nutzen, wie z. B. eine gemeinsame Masseleitung oder eine gemeinsame Erdverbindung. Der Strom I_1 der Baugruppe 1 erzeugt an der Impedanz Z des gemeinsamen Leiters einen Spannungsabfall ΔU_1 , um den sich die Spannung an den Klemmen der Baugruppe 2 ändert. Umgekehrt erzeugt der Strom I_2 der Baugruppe 2 an der Impedanz Z des gemeinsamen Leiters einen Spannungsabfall ΔU_2 , um den sich die Spannung an den Klemmen der Baugruppe 1 ändert.



Galvanische Kopplung zweier Stromkreise über die Impedanz eines gemeinsam genutzten Leiters

Ist z. B. die Spannungsquelle U ein 24 V-Netzteil, das zwei Baugruppen mit Gleichspannung versorgt, Baugruppe 1 ein Schaltnetzteil mit einer periodischen, impulsförmigen Stromaufnahme und Baugruppe 2 eine empfindliche Schnittstellenbaugruppe zur analogen Signalübertragung, so wirkt Baugruppe 1 als Störquelle. Diese stört über die galvanische Kopplung, d. h. über den Spannungsabfall ΔU an der gemeinsamen Impedanz Z , die Versorgungsspannung an den Klemmen der als Störseeke wirkenden Schnittstellenbaugruppe, wodurch die Qualität der analogen Signalübertragung negativ beeinflusst werden kann.

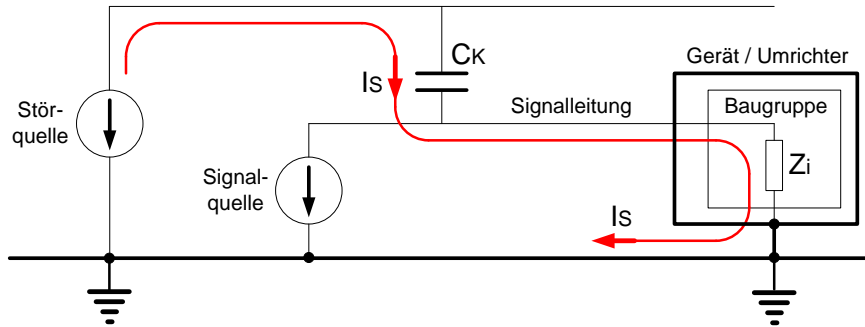
Maßnahmen zur Reduktion galvanischer Kopplungen

- Länge des gemeinsam genutzten Leiters so gering wie möglich halten,
- Verwendung großer Leitungsquerschnitte, wenn die gemeinsame Impedanz einen überwiegend ohmschen Charakter hat,
- Verwendung eines eigenen Hin- und Rückleiters für jeden Stromkreis.

2.3.4.1.2 Kapazitive Kopplung

Die kapazitive Kopplung tritt zwischen gegenseitig isolierten Leitern auf, die sich auf unterschiedlichem Potenzial befinden. Aufgrund der Potenzialdifferenz existiert zwischen den Leitern ein elektrisches Feld, das durch die Kapazität C_K beschrieben wird. Die Größe der Kapazität C_K hängt von der Geometrie und dem Abstand der auf unterschiedlichem Potenzial befindlichen Leiter ab.

Das folgende Bild zeigt eine Störquelle, die durch kapazitive Kopplung einen Störstrom I_S in die Störsenke einkoppelt. Der Störstrom I_S erzeugt an der Impedanz Z_i der Störsenke einen Spannungsabfall und somit eine Störspannung.



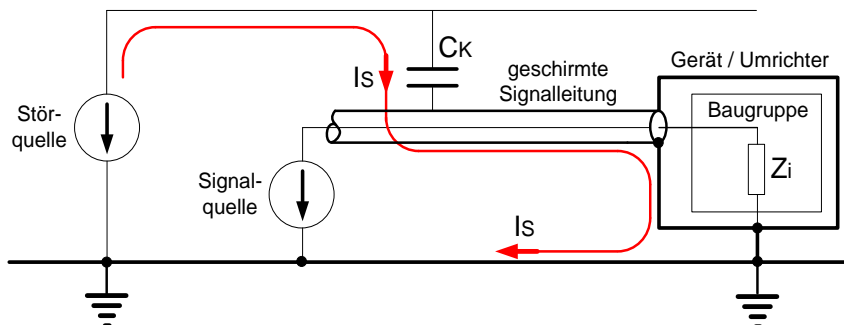
Kapazitive Einkopplung eines Störstromes in eine Signalleitung

Sind z. B. eine Motorleitung und eine ungeschirmte Signalleitung auf einer Kabelpritsche in geringem Abstand über eine längere Entfernung parallel verlegt, so ergibt sich durch den geringen Abstand eine sehr große Koppelkapazität C_K . Der als Störquelle wirkende motorseitige Wechselrichter des Frequenzumrichters koppelt mit jeder Schaltflanke einen impulsförmigen Störstrom über die Kapazität C_K in die Signalleitung ein. Fließt dieser Störstrom z. B. über die digitalen Eingänge in die Control Unit des Umrichters, so können bereits kleine Störimpulse mit einer Dauer von wenigen Mikrosekunden und einer Amplitude von wenigen Volt die über Mikroprozessoren ausgeführte digitale Regelung des Umrichters stören und zu einer Fehlfunktion des Umrichters führen.

Maßnahmen zur Reduktion kapazitiver Kopplungen

- Abstand zwischen der störenden und der gestörten Leitung so groß wie möglich halten,
- Länge der parallelen Leitungsführung so kurz wie möglich halten,
- Verwendung geschirmter Signalleitungen.

Die wirkungsvollste Maßnahme ist die **konsequente Trennung von Leistungs- und Signalleitungen in Kombination mit einer Schirmung der Signalleitungen**. Der Störstrom I_S wird jetzt in den Schirm eingekoppelt und fließt über Schirm und Gehäuse des Gerätes bzw. Umrichters zur Erde ohne die internen Stromkreise zu stören.

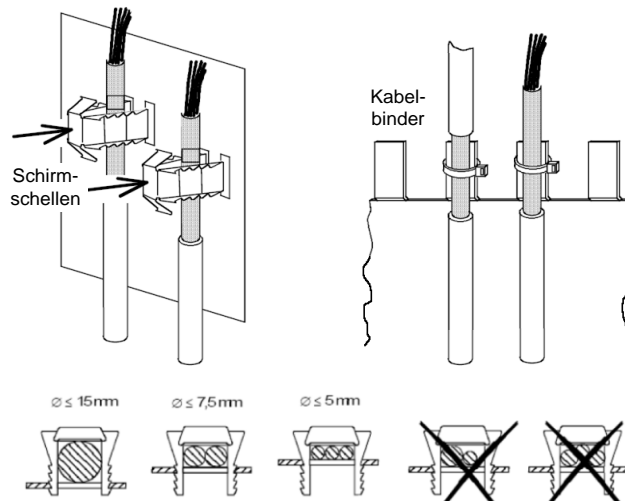


Reduktion der Störeinkopplung durch den Einsatz einer geschirmten Signalleitung

Voraussetzung für eine optimale Wirkung des Schirmes ist eine großflächige, niederinduktive Schirmauflage. Bei **digitalen** Signalleitungen ist der Schirm stets beidseitig – also am Sender und am Empfänger – großflächig aufzulegen. Bei **analogen** Signalleitungen können sich durch beidseitiges Auflegen des Schirmes niederfrequente Störungen ergeben (Brummschleifen). In diesem Fall ist der Schirm nur einseitig am Umrichter aufzulegen. Die andere Seite des Schirms sollte über einen Kondensator des Typs MKT mit ca. 10 nF/100 V geerdet werden. Durch den Kondensator ist der Schirm für hohe Frequenzen praktisch wieder beidseitig aufgelegt.

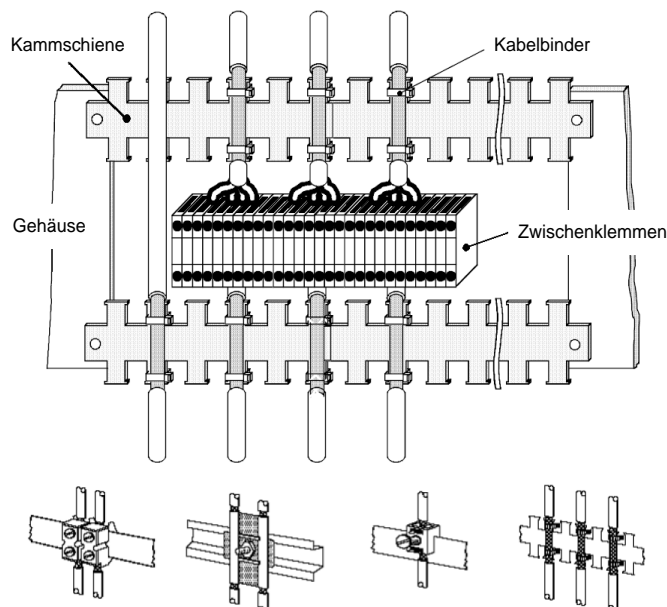
SINAMICS Einbaugeräte G130 und S120 der Bauform Chassis sowie SINAMICS Schrankgeräte G150, S150 und S120 Cabinet Modules sind konstruktiv mit entsprechenden Schirmauflagemöglichkeiten versehen:

- Jedem SINAMICS Gerät sind Schirmschellen zur optimalen Schirmanbindung der Signalleitungen beigelegt.
- Zusätzlich lassen sich die Schirme der Signalleitungen mit Hilfe von Kabelbindern an kammartig ausgeführten Schirmauflagestellen befestigen.



Schirmauflagemöglichkeiten bei SINAMICS Chassis und Schrankgeräten

Auf Zwischenklemmen sollte aus EMV-Sicht – wo immer es möglich ist – verzichtet werden, weil jede Schirmunterbrechung die Schirmwirkung verschlechtert. Wenn im Einzelfall Zwischenklemmen absolut unverzichtbar sind, so sind die Schirme der Signalleitungen unmittelbar vor und hinter den Zwischenklemmen auf Klemmschienen gut aufzulegen. Die Klemmschienen sind beidseitig gut leitend und großflächig mit dem Schrankgehäuse zu verbinden.

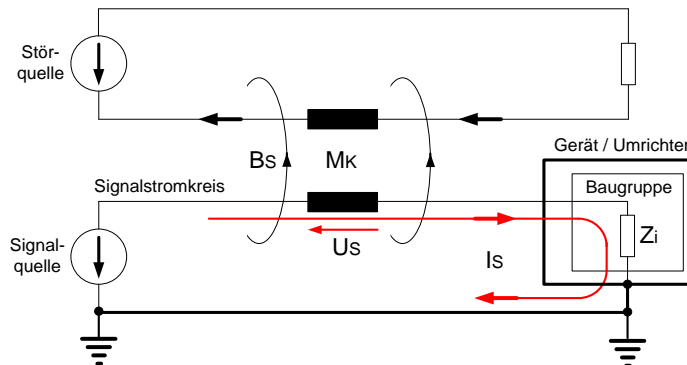


Schirmanbindung der Signalleitungen im Schaltschrank bei Verwendung von Zwischenklemmen

2.3.4.1.3 Induktive Kopplung

Die induktive Kopplung tritt zwischen stromdurchflossenen Stromkreisen bzw. Leiterschleifen auf. Fließt in einer Leiterschleife ein Wechselstrom, so erzeugt dieser ein magnetisches Wechselfeld. Dieses durchsetzt die andere Leiterschleife und induziert dort eine Spannung. Die Größe der induktiven Kopplung wird durch die Gegeninduktivität M_k beschrieben und hängt von der Geometrie und dem Abstand der Leiterschleifen ab.

Das folgende Bild zeigt einen durch eine Störquelle gespeisten Stromkreis, der durch ein magnetisches Störfeld B_s eine Störspannung U_s in einem Signalstromkreis induziert. Die Störspannung U_s treibt einen Störstrom I_s und dieser erzeugt an der Impedanz Z_i der Störseke einen Spannungsabfall und somit eine Störung.



Induktive Einkopplung einer Störspannung in einen Signalstromkreis

Ist z. B. die Störquelle ein an den Zwischenkreis des Umrichters angeschlossener Brems-Chopper bzw. ein Braking Module, so fließt während des Bremsbetriebes ein hoher, gepulster Strom zum Bremswiderstand. Dieser gepulste Strom induziert aufgrund seiner Größe und seiner hohen Stromanstiegsgeschwindigkeit di/dt eine gepulste Störspannung in den Signalstromkreis, die einen Störstrom zur Folge hat. Fließt dieser Störstrom z. B. über die digitalen Eingänge in die Schnittstellenbaugruppe des Umrichters, so können Fehlfunktionen wie sporadische Störabschaltungen ausgelöst werden.

Maßnahmen zur Reduktion induktiver Kopplungen

- Abstand zwischen den Leiterschleifen so groß wie möglich halten,
- Fläche der Leiterschleifen so gering wie möglich halten, d. h. Hin- und Rückleiter möglichst eng aneinander liegend parallel führen oder bei Signalleitung verdrehte Leitungen verwenden.
- Verwendung geschirmter Signalleitungen, wobei der Schirm zwingend beidseitig aufzulegen ist.

2.3.4.1.4 Elektromagnetische Kopplung (Strahlungskopplung)

Die elektromagnetische Kopplung oder Strahlungskopplung ist eine Störeinkopplung mittels eines abgestrahlten elektromagnetischen Feldes. Typische Störquellen sind:

- Mobilfunkgeräte
- Mobiltelefone
- Geräte, die mit Funkenstrecken arbeiten (Zündkerzen, Schweißgeräte, Schütze und Schalter während des Öffnens der Schaltkontakte)

Maßnahmen zur Reduktion elektromagnetischer Kopplungen

Die elektromagnetischen Felder liegen im hochfrequenten Bereich. Daher müssen die im Folgenden aufgezählten Schirmungsmaßnahmen zur Reduktion von Störstrahlungs-Einkopplungen so ausgeführt sein, dass sie auch bei hohen Frequenzen wirksam sind:

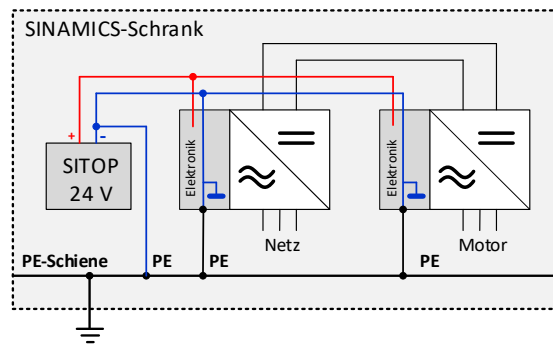
- Verwendung metallischer Schaltschränke, deren Einzelteile (Schrankgerüst, Wände, Türen usw.) gut leitend miteinander verbunden sind,
- Verwendung metallischer Gehäuse für Geräte und Baugruppen, die gut leitend miteinander und mit dem Schrankgerüst verbunden sind,
- Verwendung geschirmter Leitungen mit feindrätig geflochtenen, hochfrequenztauglichen Schirmen.

2.3.4.1.5 Masseschleifen bzw. Erdschleifen

Eine Masseschleife, mit Beteiligung der Erdung auch Erdschleife genannt, ist eine zu einer Schleife geschlossene Masseverbindung. In diese Schleife können Störströme über galvanische od. induktive Kopplung einkoppelt werden.

Bei SINAMICS treten prinzipbedingt Masseschleifen in der 24 V-Versorgung der Elektronik auf, weil diese als PELV-Stromkreis ausgeführt ist (Funktionskleinspannung mit sicherer Trennung). Der Minuspol bzw. die Masse der 24 V-Elektronikversorgung ist innerhalb jeder Elektronikbaugruppe geerdet und kann nicht von Erde getrennt werden.

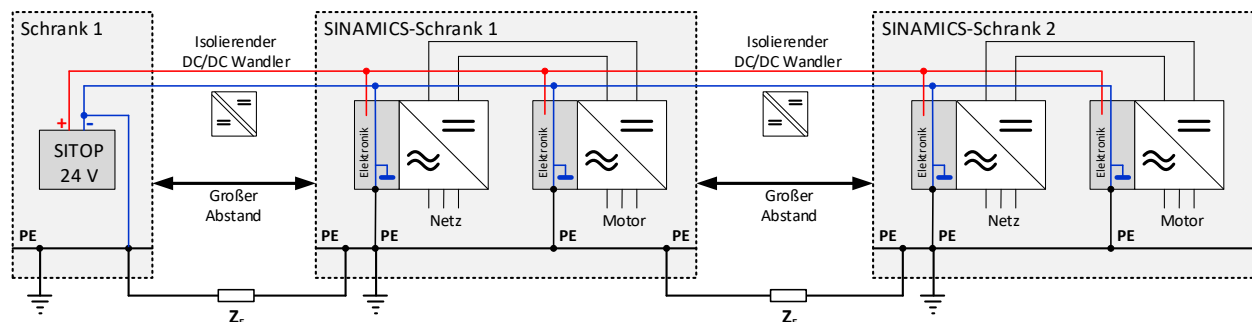
Das folgende Bild zeigt den typischen Aufbau eines SINAMICS Schaltschranks (z. B. SINAMICS S150). Die 24 V für die Versorgung der Geräteelektronik werden von einer entsprechenden Spannungsversorgung (SITOP) bereitgestellt. Der Minuspol bzw. die Masse des 24 V-Elektronikstromkreises ist sowohl an der SITOP-Versorgung geerdet als auch innerhalb aller Elektronikbaugruppen (Control Unit, Control Interface Module, Sensor Modules, Terminal Modules usw.). Dadurch ergeben sich im Schaltschrank die dargestellten Masseschleifen bestehend aus der blau gezeichneten Verdrahtung der Elektronikmassen und der Schutzterde PE.



Masseschleifen in der 24 V-Elektronikversorgung innerhalb eines SINAMICS-Schranks

Die Gefahr von Störeinkopplungen in die vorhandenen Masseschleifen innerhalb des SINAMICS-Schranks ist jedoch sehr gering. Zum einen haben die SINAMICS Schaltschränke eine begrenzte räumliche Ausdehnung und eine PE-Schiene mit großem Querschnitt, so dass keine signifikante galvanische Störeinkopplung durch Störströme im Erdungssystem in die schrank-internen Masseschleifen erfolgen kann. Zum anderen werden die 24 V-Leitungen in geerdeten Schrankholmen oder auf geerdeten Blechen verlegt, so dass auch die Gefahr induktiver Störeinkopplungen in die schrank-internen Masseschleifen sehr gering ist.

Die Gefahr von Störeinkopplungen in die Masseschleifen steigt jedoch deutlich an, wenn mehrere räumlich voneinander getrennte SINAMICS-Schränke von einer gemeinsamen 24 V-Versorgung gespeist werden. Das folgende Bild zeigt ein solches Beispiel.



Masseschleifen in der gemeinsamen 24 V-Elektronikversorgung mehrerer räumlich verteilter SINAMICS-Schränke

Eine zentrale, batterie-gepufferte 24 V-Versorgung (SITOP) im Schrank 1 speist mehrere räumlich voneinander getrennte SINAMICS S120-Schränke. Die Gefahr von Störeinkopplungen in die Masseschleifen innerhalb der SINAMICS-Schränke ist auch hier gering. Aber bei großen räumlichen Abständen zwischen den einzelnen Schaltschränken können starke induktive Störeinkopplungen in die Masseschleifen zwischen den Schaltschränken erfolgen und zu Funktionsstörungen in den SINAMICS-Geräten führen. Daher wird dringend empfohlen, bei großen Schrankabständen und hochfrequenztechnisch eher schlechtem Erdsystem die 24 V-Versorgung galvanisch aufzutrennen. Dies kann durch die Verwendung von separaten 24 V-Versorgungen in jedem Schaltschrank erfolgen oder durch den Einsatz von galvanisch isolierenden Spannungswandlern zwischen den Schaltschränken, wie im Bild oben dargestellt. In die DRIVE-CLiQ Kommunikationsverbindungen sind solche galvanischen Trennstellen bereits integriert.

2.4 EMV-gerechter Aufbau

Im vorangegangenen Abschnitt wurde die EMV des Frequenzumrichters grundsätzlich beschrieben, wobei auf Störquellen und Störsenken, die verschiedenen Kopplungsmechanismen sowie auf grundlegende Maßnahmen zur Reduktion von Störaussendungen und Störeinkopplungen bereits eingegangen wurde.

Aufbauend auf diesen prinzipiellen Zusammenhängen sind im folgenden Abschnitt alle wichtigen Regeln für einen EMV-gerechten Aufbau von Schaltschränken und eine EMV-gerechte Installation von Antrieben zusammengestellt.

EMV - Aufbauanleitung

Projektierungshinweise

Abschließend wird die praktische Anwendung dieser Regeln anhand typischer Aufbaubeispiele mit SINAMICS Einbaugeräten und SINAMICS Schrankgeräten verdeutlicht.

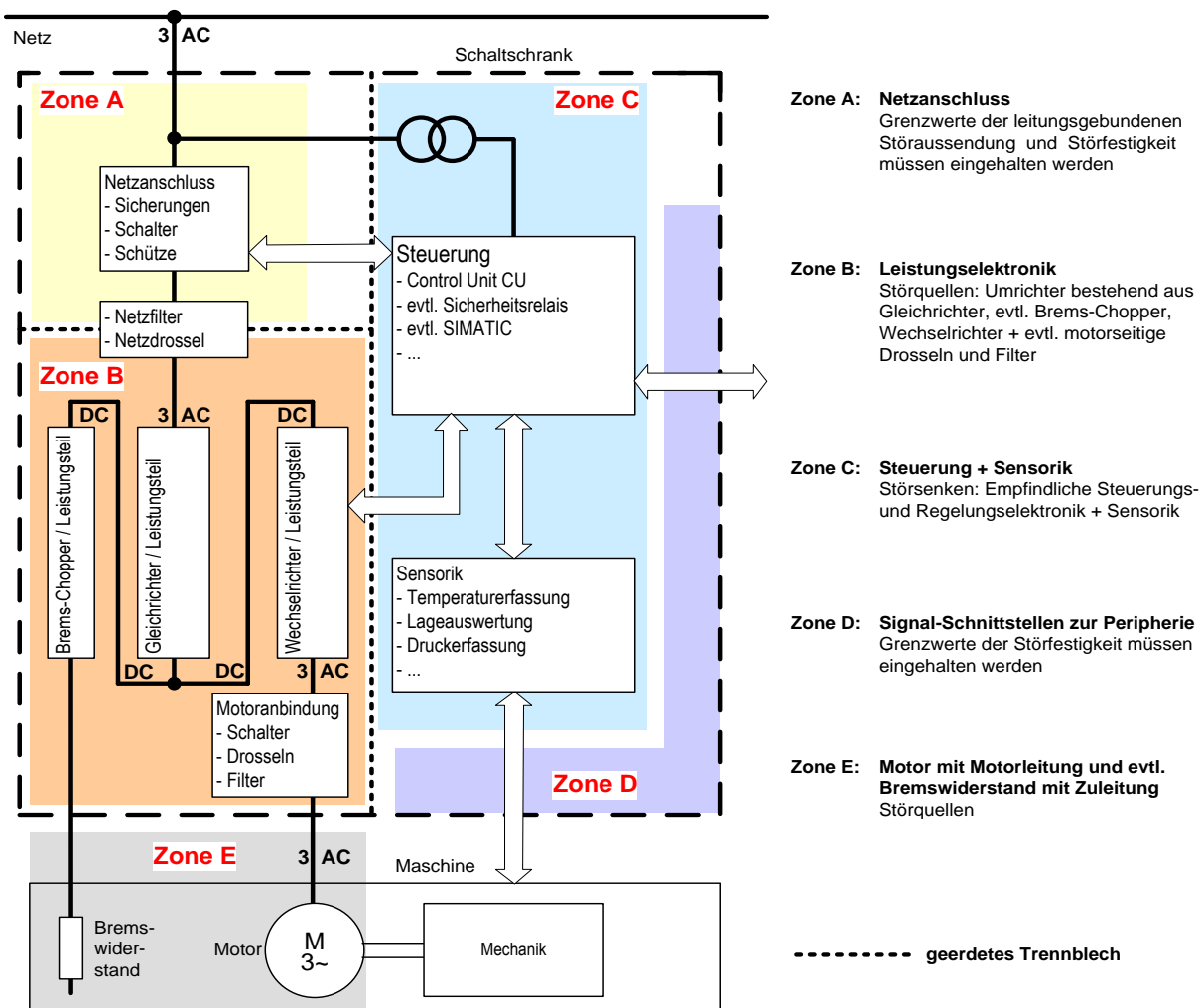
2.4.1 Zonenkonzept innerhalb des Schaltschranks

Entstörmaßnahmen innerhalb des Schaltschranks lassen sich am einfachsten und kostengünstigsten realisieren, indem Störquellen und Störseenen räumlich voneinander getrennt aufgebaut werden. Diese Trennung ist bereits bei der Planung des Schaltschranks zu berücksichtigen.

Zunächst ist für jedes verwendete Gerät zu entscheiden, ob es eine potentielle Störquelle oder eine Störsee ist.

- Typische Störquellen sind z. B. Frequenzumrichter, Bremsseinheiten, Schaltnetzteile, Spulen von Schützen.
- Typische Störseenen sind z. B. Automatisierungsgeräte, Geber u. Sensoren sowie deren Auswertelektronik.

Anschließend teilt man den gesamten Schaltschrank in EMV-Zonen ein und ordnet die Geräte den Zonen zu. Das folgende Beispiel soll das Zonenkonzept näher erläutern.



Einteilung des Schaltschranks bzw. des Antriebssystems in EMV-Zonen

In jeder Zone gelten bestimmte Anforderungen bezüglich Störaussendung und Störfestigkeit. Die Zonen sind elektromagnetisch zu entkoppeln. Diese Entkopplung kann z. B. durch große räumliche Abstände erfolgen (ca. 25 cm). Besser und platzsparender ist die Entkopplung durch separate Metallgehäuse oder durch großflächige Trennbleche. Leitungen innerhalb jeder Zone können ungeschirmt ausgeführt werden. Leitungen verschiedener Zonen sind zu trennen und dürfen nicht in gemeinsamen Kabelbäumen oder Kabelkanälen verlegt werden. Gegebenenfalls müssen an den Schnittstellen der Zonen Filter und/oder Koppelbausteine eingesetzt werden. Koppelbausteine mit galvanischer Trennung können die Störausbreitung zwischen den Zonen wirksam verhindern. Alle Kommunikations- und Signalleitungen, die den Schaltschrank verlassen, müssen geschirmt ausgeführt werden. Bei längeren analogen

Signalleitungen sind zusätzlich Trennverstärker zu verwenden. Für die Leitungsschirme sind ausreichende Auflageflächen vorzusehen, welche das Schirmgeflecht großflächig und niederohmig mit der Schaltschrankerde verbinden. Hierbei ist zu beachten, dass zwischen den Zonen keine Potenzialunterschiede hinsichtlich des Erdpotenzials entstehen dürfen. Diese müssen vermieden werden, um unzulässig hohe Ausgleichsströme von den Leitungsschirmen fern zu halten.

2.4.2 Aufbau des Schaltschranks

- Alle metallischen Teile des Schaltschranks (Seitenbleche, Rückwände, Dach- und Bodenbleche) sind elektrisch gut leitend – am besten möglichst flächig oder durch eine große Anzahl punktförmiger Schraubverbindungen – mit dem Schrankrahmen zu verbinden (Erzeugung eines Faraday'schen Käfigs).
- Der Rahmen des Schaltschranks ist zusätzlich zur bestehenden Schutzerdung an mehreren Stellen niederinduktiv (hochfrequenztechnisch wirksam) mit der Fundamenterdung (Maschennetz) zu verbinden. Die dazu geeigneten Mittel sind im Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt „Lagerströme durch steile Spannungsflanken am Motor“ beschrieben.
- Die Schranktüren sind über kurze, breite, feindrähtig geflochtene Massebänder gut leitend mit dem Schrankrahmen zu verbinden, am besten oben, in der Mitte und unten.
- Die PE-Schiene und die EMV-Schirmschiene sind gut leitend und großflächig mit dem Schrankrahmen zu verbinden.
- Alle metallischen Gehäuse der in den Schrank eingebauten Geräte und Zusatzkomponenten wie z. B. Umrichter-Chassis, Netzfilter, Control Unit, Terminal Module oder Sensor Module sind großflächig und gut leitend mit dem Schrankrahmen zu verbinden. Am günstigsten ist die Montage dieser Geräte und Zusatzkomponenten auf einer metallisch blanken u. gut leitenden Montageplatte, die wiederum großflächig und gut leitend mit dem Schrankrahmen u. insbesondere mit der PE- u. EMV-Schirmschiene zu verbinden ist. Bei flüssigkeitsgekühlten Systemen sind auch alle metallischen Verrohrungen und alle metallischen Komponenten der Rückkühlanlage gut leitend mit dem Schrankrahmen sowie der PE-Schiene zu verbinden.
- Alle Verbindungen sind dauerhaft auszuführen. Schraubverbindungen an lackierten oder eloxierten Metallteilen sind entweder mit speziellen Kontaktscheiben auszuführen, die die isolierende Oberfläche durchdringen und so einen metallisch leitenden Kontakt herstellen, oder die isolierende Oberfläche ist an den Kontaktstellen zu entfernen.
- Spulen von Schützen, Relais, Magnetventilen und Motorhaltebremsen sind mit Entstörgliedern zu beschalten, um hochfrequente Abstrahlungen beim Abschalten zu bedämpfen (RC-Glieder oder Varistoren bei wechselstrombetriebenen Spulen und Freilaufdioden oder Varistoren bei gleichstrombetriebenen Spulen). Die Beschaltung muss unmittelbar an der jeweiligen Spule erfolgen.

2.4.3 Leitungsverlegung im Schaltschrank

- Alle Leistungsleitungen des Antriebes (Netzleitungen, Zwischenkreisleitungen; Verbindungsleitungen zwischen Brems-Chopper (Braking Module) und zugehörigem Bremswiderstand sowie Motorleitungen) sind räumlich getrennt von Signal- und Datenleitungen zu verlegen. Der Mindestabstand sollte ca. 25 cm betragen. Alternativ kann die Entkopplung im Schaltschrank durch gut leitend mit der Montageplatte verbundene Trennbleche erfolgen.
- Gefilterte Netzleitungen mit niedrigem Störpegel, d. h. Netzleitungen vom Netz bis zum Netzfilter, sind getrennt von ungefilterten Leistungsleitungen mit hohem Störpegel zu verlegen (Netzleitungen zwischen Netzfilter und Gleichrichter, Zwischenkreisleitungen, Verbindungsleitungen zwischen Brems-Chopper (Braking Module) und zugehörigem Bremswiderstand sowie Motorleitungen).
- Signal- und Datenleitungen sowie gefilterte Netzleitungen dürfen ungefilterte Leistungsleitungen nur rechtwinklig kreuzen, um die Störeinkopplung zu minimieren.
- Alle Leitungslängen sind so kurz wie möglich zu halten und unnötige Leitungslängen sind zu vermeiden.
- Alle Leitungen sind möglichst eng an geerdeten Gehäuseteilen wie Montageblechen, oder Schrankrahmen zu führen. Dies reduziert sowohl die Störabstrahlung als auch die Störeinkopplung.
- Signal- und Datenleitungen und zugehörige Potenzialausgleichsleitungen sind stets parallel und mit kleinstmöglichem Abstand zu führen.
- Bei der Verwendung ungeschirmter Einzeladerleitungen innerhalb einer Zone sind Hin- und Rückleiter stets parallel mit geringstmöglichem Abstand zu führen oder miteinander zu verdrehen.
- Reserveadern von Signal- und Datenleitungen sind an beiden Enden zu erden, um eine zusätzliche Schirmwirkung zu erreichen.
- Signal- und Datenleitungen sollten nur an einer Stelle (z. B. von unten) in den Schrank geführt werden.

2.4.4 Leitungen außerhalb des Schaltschranks

- Alle Leistungsleitungen (Netzzuleitungen, Zwischenkreisleitungen, Verbindungsleitungen zwischen Brems-Chopper (Braking Module) und zugehörigem Bremswiderstand sowie Motorleitungen) sind räumlich getrennt von Signal- und Datenleitungen zu verlegen. Der Mindestabstand sollte ca. 25 cm betragen.
- Die Netzzuleitung zwischen Transformator und Umrichter ist als Drehstromleitung auszuführen. In geerdeten TN-Netzen ist neben den Drehstromleitern L1, L2, L3 auch immer der Schutzleiter PE mitzuführen (4-Leiter-Leitung mit L1, L2, L3 und PE).
- Die Leistungsleitung zwischen Umrichter und Motor ist zur Einhaltung der Kategorien C2 und C3 gemäß IEC 61800-3 als geschirmte Leitung auszuführen und sollte bei größeren Leistungen möglichst mit einer symmetrisch aufgebauten 3-Leiter-Drehstromleitung erfolgen. Ideal sind geschirmte Leitungen mit symmetrisch angeordneten Drehstromleitern L1, L2, L3 und einem integrierten, 3-adrigen, ebenfalls symmetrisch angeordneten PE-Leiter.
- Die geschirmte Leistungsleitung zum Motor ist getrennt von den Leitungen zu den Motortemperatursensoren (PTC/KTY/PT1000) und zum Tacho zu verlegen, da letztere als Signalleitungen zu behandeln sind.
- Signal- und Datenleitungen sind geschirmt auszuführen, um die Störeinkopplungen im Hinblick auf kapazitive, induktive und eingestrahlte Kopplungen zu minimieren.
- Besonders empfindliche Signalleitungen wie Soll- u. Istwertleitungen, insbesondere Tacho-, Encoder- und Resolverleitungen, sollten unterbrechungsfrei mit optimaler, beidseitiger Schirmauflage verlegt werden.

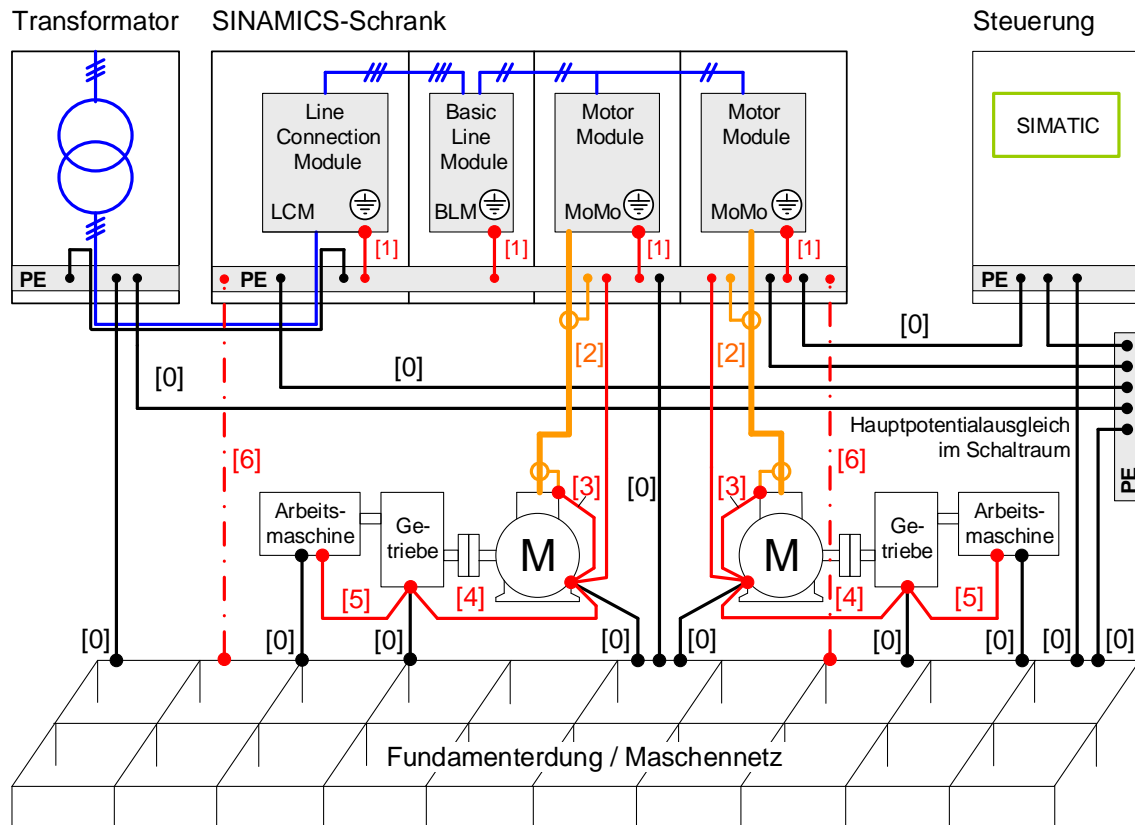
2.4.5 Leitungsschirme

- Geschirmte Leitungen sollten möglichst mit feindrähtig geflochtenen Schirmen ausgeführt sein, wie z. B. Leitungen PROFLEX EMV-FC des Typs 2XSLCY-J der Fa. Prysmian. Weniger fein geflochtene Schirme, wie z. B. der konzentrische Leiter bei Leitungen des Typs Protodur NYCWY, sind in ihrer Schirmwirkung ungünstiger. Folienschirme sind in ihrer Schirmwirkung deutlich schlechter und daher ungeeignet.
- Schirme sind beidseitig, großflächig u. gut leitend mit den geerdeten Gehäusen zu verbinden. Nur so lassen sich Störeinkopplungen im Hinblick auf kapazitive, induktive u. eingestrahlte Kopplungen minimieren.
- Leitungsschirme sollten möglichst unmittelbar nach Eintritt der Leitung in den Schrank aufgelegt werden. Für Leistungsleitungen sind die EMV-Schirmschienen zu benutzen, für Signal- und Datenleitungen die in den Einbau- und Schrankgeräten zur Verfügung gestellten Schirmauflagemöglichkeiten.
- Leitungsschirme sollten möglichst nicht durch Zwischenklemmen unterbrochen werden.
- Die Befestigung der Leitungsschirme sollte sowohl bei Leistungsleitungen als auch bei Signal- und Datenleitungen mittels der entsprechenden EMV-Schirmschellen erfolgen. Die Schirmschellen müssen den Schirm großflächig mit der EMV-Schirmschiene bzw. der Schirmauflage für Signalleitungen verbinden.
- An den Steckverbindungen von geschirmten Datenleitungen (z. B. PROFIBUS-Leitungen) sollten nur metallische oder metallisierte Steckergehäuse verwendet werden.

2.4.6 Potenzialausgleich im Schaltschrank, im Antriebssystem und in der Anlage

- Der Potenzialausgleich innerhalb eines Schaltschranks erfolgt, indem alle metallischen Gehäuse der in das Schrankelement eingebauten Geräte und Zusatzkomponenten wie z. B. Umrichter-Chassis, Netzfilter, Control Unit, Terminal Modul, Sensor Module usw. über eine geeignete Montageplatte großflächig und gut leitend mit dem Schrankrahmen und der PE- bzw. EMV-Schirmschiene des Schrankelementes verbunden werden. Bei flüssigkeitsgekühlten Systemen gilt dies auch für alle metallischen Verrohrungen und alle metallischen Komponenten der Rückkühlanlage.
- Der Potenzialausgleich zwischen mehreren Schrankelementen erfolgt bei größeren Schrankgeräten oder bei dem modularen Schrankgerätesystem S120 Cabinet Modules durch eine durch alle Schrankelemente hindurchgehende PE-Schiene. Zusätzlich sind die Rahmen der einzelnen Schrankelemente mehrfach gut leitend unter Verwendung von Kontaktscheiben miteinander zu verschrauben. Werden sehr lange Schrankreihen Rücken an Rücken aufgestellt, so sollten die beiden PE-Schienen des Schrankverbandes möglichst oft miteinander verbunden werden.
- Der Potenzialausgleich innerhalb des Antriebes bzw. der Anlage erfolgt, indem die Gehäuse aller elektrischen und mechanischen Antriebskomponenten (Transformator, Umrichterschrank, Motor, Getriebe, Arbeitsmaschine sowie Verrohrung und Rückkühlanlage bei flüssigkeitsgekühlten Systemen) an das Erdungssystem (Schutzerde PE) angebunden werden. Diese Anbindungen erfolgen mit den üblichen energietechnischen PE-Leitungen, die keine besonderen Hochfrequenz-Eigenschaften aufzuweisen brauchen. Zusätzlich zu diesen Verbindungen müssen der Wechselrichter – als Quelle der hochfrequenten Störungen – sowie alle weiteren Komponenten des Antriebsstranges – Motor Getriebe und Arbeitsmaschine – hochfrequenztechnisch optimal miteinander verbunden werden. Hierzu sind Leitungen mit guten Hochfrequenz-Eigenschaften zu verwenden.

In der folgenden Skizze sind alle Erdungsmaßnahmen und alle hochfrequenten Potenzialausgleichsmaßnahmen am Beispiel einer typischen Anlage bestehend aus mehreren SINAMICS S120 Cabinet Modules dargestellt.



Erdungsmaßnahmen und hochfrequente Potenzialausgleichsmaßnahmen im Antriebssystem

Die schwarz gezeichneten Erdungsverbindungen [0] bilden die konventionelle Schutzterdung der Antriebskomponenten. Sie sind mit üblichen energietechnischen PE-Leitungen ohne spezielle Hochfrequenz-Eigenschaften ausgeführt und stellen den niederfrequenten Potenzialausgleich sowie den Personenschutz sicher.

Die rot dargestellten Verbindungen innerhalb der SINAMICS-Schränke [1] verbinden die Metallgehäuse der eingebauten Chassis-Komponenten hochfrequenztechnisch gut leitend mit der PE-Schiene und der EMV-Schirmschiene des Schrankes. Diese internen Verbindungen können großflächig über die metallische Konstruktion des Schrankgerätes ausgeführt sein, wobei die Kontaktflächen metallisch blank sein müssen und einen Mindestquerschnitt von mehreren cm^2 je Kontaktstelle aufweisen müssen. Alternativ können diese Verbindungen mit kurzen, feindrätigen, geflochtenen Kupferleitungen größeren Querschnitts ($\geq 95 \text{ mm}^2$) ausgeführt sein.

Die Schirme der orange gezeichneten Motorleitungen [2] stellen den hochfrequenten Potenzialausgleich zwischen den Motor Modules und den Motoranschlusskästen her. Bei älteren Anlagen mit bereits vorhandenen ungeschirmten Leitungen, bei Leitungen mit schlechten Hochfrequenz-Eigenschaften des Schirmes oder bei schlechten Erdungssystemen sollten unbedingt die rot dargestellten, feindrätigen, geflochtenen Kupferseile in möglichst geringem Abstand parallel zur Motorleitung verlegt sein.

Die rot dargestellten Verbindungen [3], [4] und [5] binden den Anschlusskasten des Motors bzw. das Getriebe und die Arbeitsmaschine hochfrequenztechnisch gut leitend an das Motorgehäuse an. Diese Verbindungen können entfallen, wenn der Anschlusskasten unter Hochfrequenzgesichtspunkten bereits durch die Motorkonstruktion gut leitend mit dem Gehäuse verbunden ist und Motor, Getriebe sowie Arbeitsmaschine räumlich eng zusammen stehen und über eine gemeinsame metallische Konstruktion, wie z. B. ein metallisches Maschinenbett, großflächig und gut leitend miteinander verbunden sind.

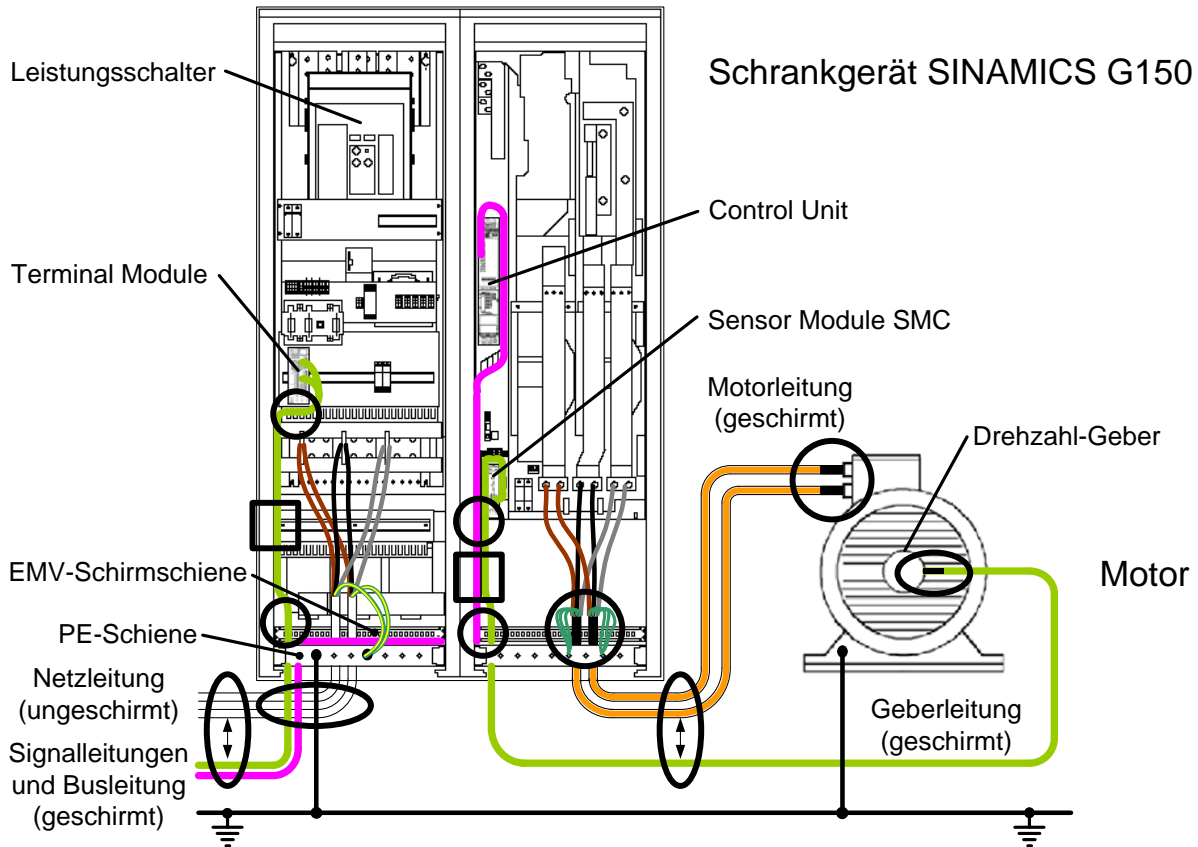
Die rot dargestellten, strich-punktierten Verbindungen [6] verbinden den Schrankrahmen hochfrequenztechnisch gut leitend mit der Fundamenterdung über feindrätige, geflochtene Kupferleitungen größeren Querschnitts ($\geq 95 \text{ mm}^2$).

EMV - Aufbauanleitung

Projektierungshinweise

2.4.7 Installationsbeispiele

2.4.7.1 EMV- gerechte Installation eines Schrankgerätes SINAMICS G150



Mindestabstand zwischen Leistungsleitungen und Signalleitungen 20 cm bis 30 cm



Schirmauflage der Motorleitung im Umrichter an der EMV-Schirmschiene mit EMV-Schirmschellen und Anschluss der drei symmetrischen PE-Leiter der Leitung an der PE-Schiene



Schirmauflage der Motorleitung am Motorklemmenkasten mit EMV-Verschraubung bzw. PG-Verschraubung



Schirmauflage der Signal-, Bus- und Geberleitungen mit Schirmschellen an den im Umrichter zur Verfügung gestellten Schirmauflagemöglichkeiten



Schirmauflage der Geberleitung am Gehäuse des Drehzahlgebers

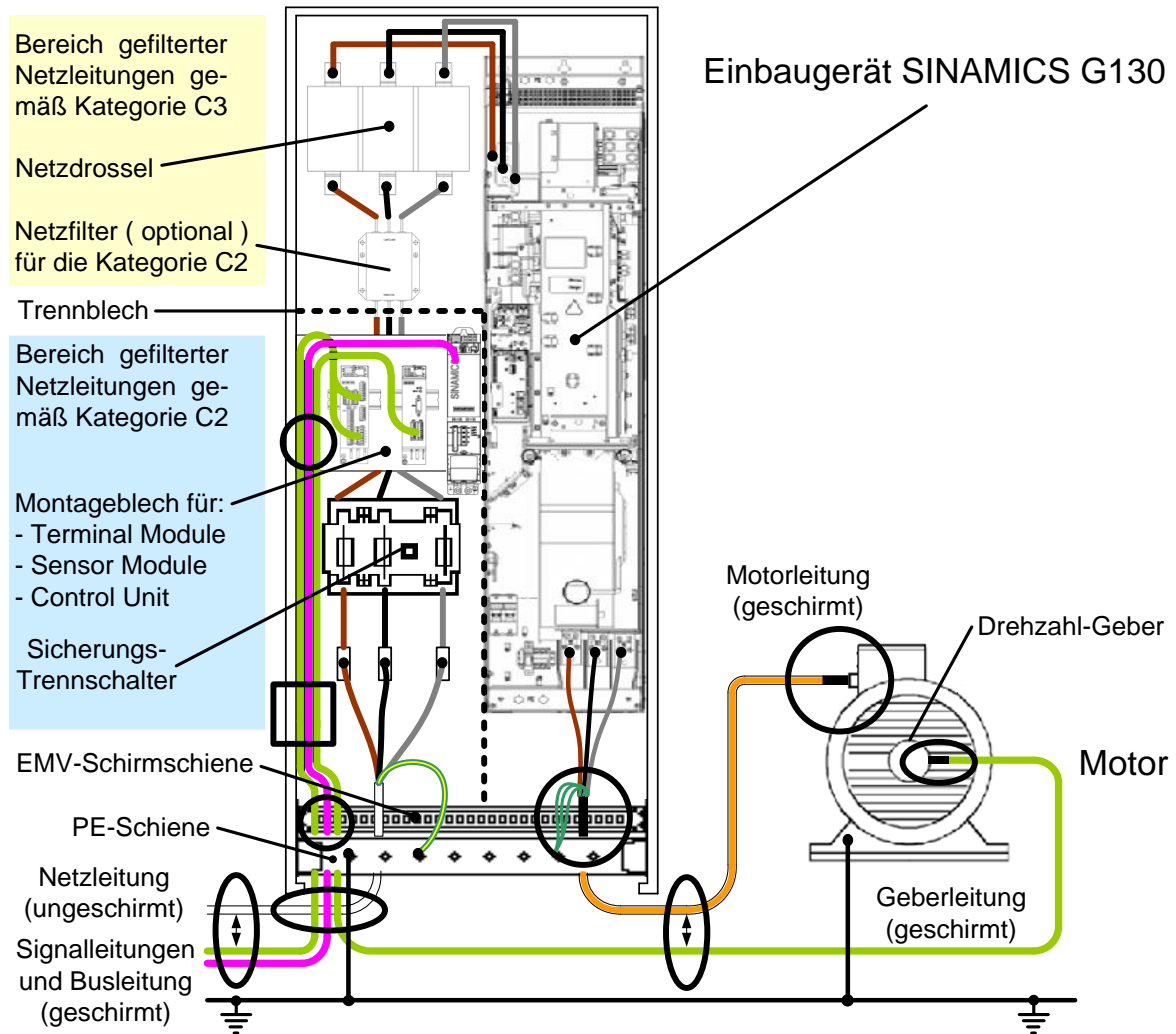


Kreuzung zwischen Leistungsleitungen und Signalleitungen im Winkel von 90°



Leitungsführung der Signal-, Bus- und Geberleitungen im Umrichter möglichst eng am Schrankrahmen oder an geerdeten Blechen mit großem Abstand von Leistungsleitungen

2.4.7.2 EMV-gerechter Aufbau / Installation eines Schrankes mit Einbaugerät SINAMICS G130



Mindestabstand zwischen Leistungsleitungen und Signalleitungen 20 cm bis 30 cm



Schirmauflage der Motorleitung im Umrichter an einer EMV-Schirmschiene mit EMV-Schirm-schellen und Anschluss der drei symmetrischen PE-Leiter der Leitung an der PE-Schiene



Schirmauflage der Motorleitung am Motorklemmenkasten mit EMV-Verschraubung bzw. PG-Verschraubung



Schirmauflage der Signal-, Bus- und Geberleitungen



Schirmauflage der Geberleitung am Gehäuse des Drehzahlgebers



Kreuzung zwischen Leistungsleitungen und Signalleitungen im Winkel von 90°

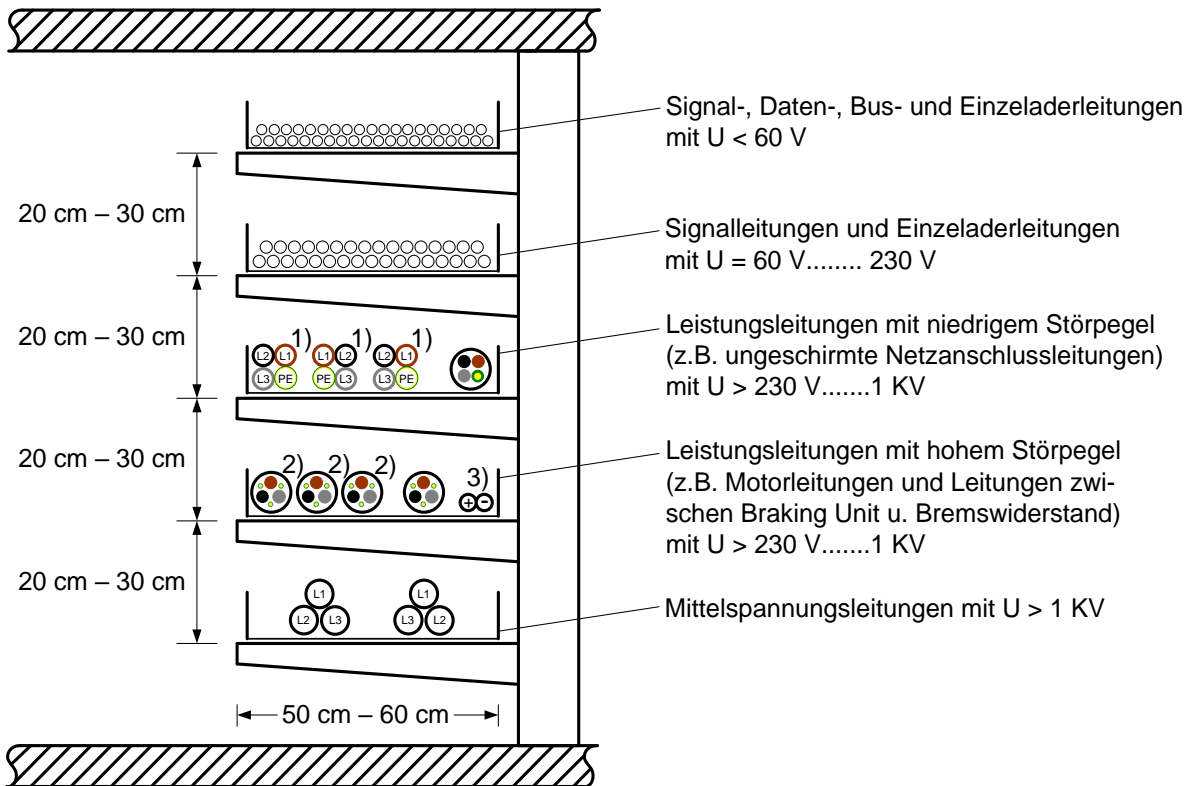


Leitungsführung der Signal-, Bus- und Geberleitungen im Umrichter möglichst eng am Schrankrahmen oder an geerdeten Blechen mit großem Abstand von Leistungsleitungen

EMV - Aufbauanleitung

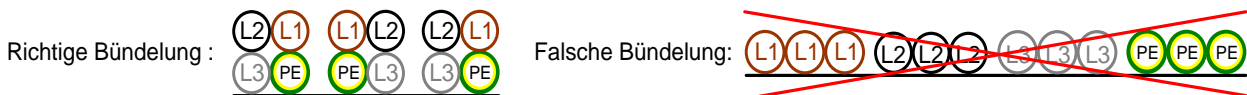
Projektierungshinweise

2.4.7.3 EMV-gerechte anlagenseitige Leitungsverlegung auf Kabeltrassen und in Kabeltrassen

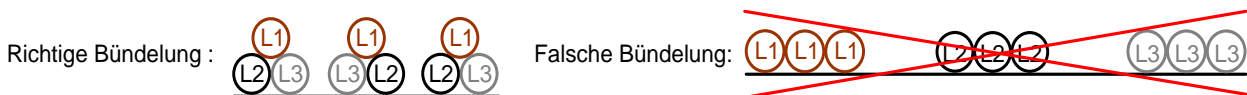


¹⁾ Bei der Verlegung von 3-phasigen Drehstromsystemen unter Verwendung von Einzeladerleitungen (z. B. ungeschirmte Netzanschlussleitungen) sind die drei Außenleiter L1, L2 und L3 möglichst symmetrisch zu bündeln, damit die magnetischen Streufelder minimiert werden. Dies gilt insbesondere dann, wenn aufgrund hoher Stromstärken mehrere parallele Einzeladerleitungen je Phase eines Drehstromsystems verlegt werden müssen. Die folgende Skizze zeigt dies am Beispiel eines Drehstromsystems mit drei parallelen Einzeladerleitungen je Phase (mit und ohne PE-Leiter).

a) Drei parallele Einzeladerleitungen je Phase mit PE-Leiter (z.B. Netzanschlussleitungen in TN-Netzen)



b) Drei parallele Einzeladerleitungen je Phase ohne PE-Leiter (z.B. Netzanschlussleitungen in TT- oder IT-Netzen)



Wenn die oben dargestellte, günstige, zweilagige Bündelung in besonderen Anwendungen – wie z. B. bei Schleppkabelanordnungen – aus mechanischen Gründen nicht realisierbar sein sollte, dann ist die Bündelung einlagig in einer Ebene gemäß der folgenden Skizze vorzunehmen.

a) Drei parallele Einzeladerleitungen je Phase mit PE-Leiter in einer Ebene (z.B. Netzleitungen in TN-Netzen)

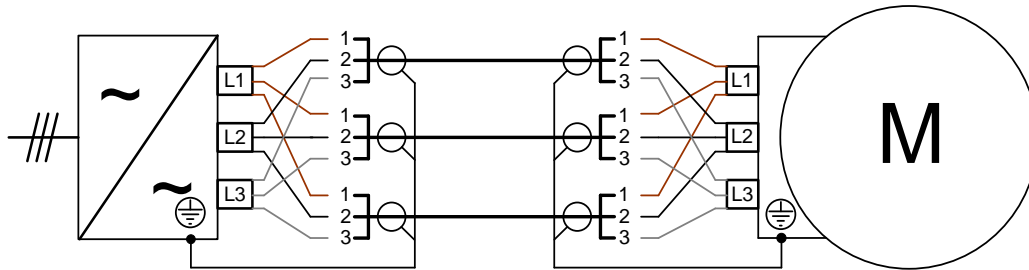


b) Drei parallele Einzeladerleitungen je Phase ohne PE-Leiter in einer Ebene (z.B. Netzleitungen in TT- oder IT-Netzen)



²⁾ und ³⁾: Erläuterungen siehe nächste Seite

2) Bei der Verlegung mehrerer, paralleler, 3-phasiger Motorleitungen zwischen Umrichter und zugehörigem Motor ist zu beachten, dass innerhalb jeder Motorleitung alle drei Leiter des Drehstromsystems geführt werden müssen. Auf diese Weise werden die magnetischen Streufelder minimiert. Die folgende Skizze zeigt ein Beispiel mit drei parallel verlegten, 3-phasigen, geschirmten Motorleitungen.



3) Bei der Verlegung von Gleichstromleitungen (Zwischenkreisleitungen oder Verbindungsleitungen zwischen Braking Modules und den zugehörigen Bremswiderständen) sind Hin- und Rückleiter mit geringstmöglichem Abstand parallel zu führen, um die magnetischen Streufelder zu minimieren.

Hinweise zur Verwendung von 1-Leiterkabeln (Einzellerleitungen) zwischen Umrichter und Motor:

Für die Verbindung zwischen Umrichter und Motor wird wegen der pulsrequenten Anteile im Motorstrom grundsätzlich empfohlen, 3-Leiter-Drehstromkabel zu verwenden, die möglichst symmetrisch aufgebaut sein sollten. Ebenfalls empfohlen wird der Einsatz geschirmter Kabel, insbesondere dann, wenn andere EMV-Maßnahmen nur unvollständig ausgeführt werden können. Dies hat folgende Gründe:

Bei symmetrischen 3-Leiter-Drehstromkabeln kompensieren sich die Magnetfelder der drei Leiter praktisch vollständig innerhalb des Kabels, so dass das resultierende Magnetfeld an der Mantelfläche sowie außerhalb des Kabels nahezu Null ist. Damit können diese Kabel problemlos in metallisch leitenden Kabelkanälen oder auf metallisch leitenden Kabelpritschen verlegt werden, ohne dass nennenswerte Ströme in den metallischen Verbindungen induziert werden. Die Kabeleinführung in die metallischen Anschlusskästen der Motoren ist ebenfalls unkritisch, weil auch hier keine nennenswerten Ströme im Bereich der Kabeleinführung induziert werden, welche den Anschlusskasten unzulässig erwärmen könnten.

Bei 1-Leiterkabeln (Einzellerleitungen) liegen wesentlich schlechtere Verhältnisse vor. Mit falscher Bündelung der drei Leiter des Drehstromsystems kompensieren sich die Magnetfelder praktisch gar nicht mehr und selbst mit richtiger Bündelung ist die Kompensation immer noch schlechter als bei symmetrischen 3-Leiter-Drehstromkabeln. Daher sollte der Einsatz von 1-Leiterkabeln zwischen Umrichter und Motor vermieden werden, wo immer es möglich ist.

Bei sehr großen Kabelquerschnitten (z. B. ab 150 mm² bzw. AWG 300 MCM) oder bei Schleppkabelanordnungen sind 1-Leiterkabel jedoch häufig die einzige Möglichkeit, die vorgegebenen Biegeradien einzuhalten. Wenn in solchen Anwendungen auf den Einsatz von 1-Leiterkabeln nicht verzichtet werden kann, dann sollten folgende Punkte unbedingt berücksichtigt werden:

- Die drei Leiter des Drehstromsystems sind bestmöglich zu bündeln, wie im vorhergehenden Abschnitt beschrieben, um das resultierende Magnetfeld außerhalb der gebündelten Leiter so gering wie möglich zu halten.
- Der Motor sollte eine amagnetische Kabeleinführung besitzen, um die induzierten Ströme im Bereich der Kabeleinführung und die damit verbundene Erwärmung zu minimieren. Bei einigen Motorenreihen, die als Standard magnetische Anschlusskästen bzw. Kabeleinführungen besitzen, sind amagnetische Kabeleinführungen als Option bestellbar.
- Bei der Verwendung von geschirmten 1-Leiterkabeln sollte die Länge des Motorkabels nicht größer als 15 m bis 20 m sein. Bei Motorkabellängen > 20 m sollten die Kabelschirme nur auf der Umrichterseite aufgelegt werden und nicht auf der Motorseite, um Kreisströme in den Schirmen zu vermeiden, welche die Kabel unzulässig erwärmen können.
- Wenn die Kabelschirme aufgrund von Motorkabellängen > 20 m am Motor nicht aufgelegt sind, ist eine hochfrequenztechnisch geeignete Leitung für den hochfrequenten Potenzialausgleich zwischen Umrichter und Motorgehäuse vorzusehen, um die Lagerströme im Motor zu minimieren.

Wegen der gegenüber 3-Leiter-Drehstromkabeln vergrößerten magnetischen Streufelder und der bei größeren Motorkabellängen zu vermeidenden Schirmauflage am Motor muss mit einer erhöhten elektromagnetischen Störaussendung des Antriebs gerechnet werden.

3 Geräteübergreifende SINAMICS-Projektierung

3.1 Dokumentationsübersicht

Zur Gerätereihe SINAMICS ist eine Vielzahl von Dokumentationen verfügbar. Die folgende Auflistung soll einen Überblick verschaffen und helfen, schnell die richtige Informationsquelle für die gewünschte Information zu finden.

Dabei ist zu beachten, dass in dieser Auflistung nur SINAMICS-Dokumentationen berücksichtigt sind, die zu den im vorliegenden Projektierungshandbuch behandelten SINAMICS-Geräten gehören.

Begriffsdefinitionen und Inhalte der wichtigsten Arten von Dokumentationen

Kataloge

Die Kataloge D 11, D 21.3 und D 21.4 / „SINAMICS S120 Antriebssystem“ enthalten die Beschreibungen, technischen Daten und Artikelnummern der in diesem Projektierungshandbuch behandelten SINAMICS-Geräte und Systemkomponenten.

Sie dienen als Auswahl- und Bestellunterlage für die SINAMICS-Geräte und Systemkomponenten.

Projektierungshandbücher

Projektierungshandbücher liefern ergänzende Informationen zu den Katalogen. Sie enthalten ausführliche Systembeschreibungen und behandeln die für die Antriebsprojektierung wichtigen Themen.

Sie dienen als Projektierungsunterlage zur korrekten Dimensionierung und zum korrekten Aufbau von SINAMICS Antriebssystemen sowie zur Auswahl geeigneter SINAMICS-Geräte und Systemkomponenten.

Funktionshandbücher

Funktionshandbücher enthalten Informationen zu den in der SINAMICS-Firmware vorhandenen Funktionalitäten, d. h. sie beschreiben die jeweilige Funktionalität, deren Inbetriebnahme und die Einbindung ins Antriebssystem.

Sie dienen sowohl als Projektierungsunterlage als auch zur Inbetriebnahme fertig installierter SINAMICS-Antriebe.

Gerätehandbücher

Gerätehandbücher enthalten Informationen zu Aufbau, Anschluss, Inbetriebnahme sowie Wartung und Instandhaltung der SINAMICS-Geräte und Systemkomponenten.

Sie dienen als Betriebsanleitung zu den SINAMICS-Geräten und Systemkomponenten.

Inbetriebnahmehandbücher

Inbetriebnahmehandbücher enthalten Informationen, die zur Inbetriebnahme nach Montage und Anschluss der SINAMICS-Geräte benötigt werden.

Sie dienen zur Inbetriebnahme fertig installierter SINAMICS-Antriebe.

Listenhandbücher

Listenhandbücher enthalten die Auflistung aller in der SINAMICS-Firmware vorhandenen Parameter einschließlich Beschreibung und möglicher Einstellwerte. Zusätzlich enthalten sie Funktionspläne und eine Auflistung aller Warn- und Störmeldungen.

Sie dienen zur Inbetriebnahme fertig installierter SINAMICS-Antriebe und zur Fehlersuche bzw. Fehlerdiagnose.

Hinweis:

Während die Informationen in den SINAMICS-Katalogen und im SINAMICS-Projektierungshandbuch weitestgehend unabhängig von den jeweiligen Firmware-Versionen der Geräte sind, beziehen sich die Informationen in den

- Funktionshandbüchern,
- Gerätehandbüchern,
- Inbetriebnahmehandbüchern und
- Listenhandbüchern

in der Regel immer auf eine bestimmte Firmware-Version, d. h. diese Dokumentationen werden mit der Einführung neuer Firmware-Versionen entsprechend aktualisiert.

Geräteübergreifende SINAMICS - Projektierung

Projektierungshinweise

Verfügbare Dokumentationen / Handbücher zu den Gerätereihen SINAMICS G130, G150, S120 und S150

SINAMICS G und SINAMICS S	
SINAMICS – Freie Funktionsblöcke Funktionshandbuch	Beschreibung des Firmware-Funktionsmoduls Freie Funktionsblöcke.
SINAMICS / SIMOTION Beschreibung der DCC-Standardbausteine (DCC = Drive Control Chart) Funktionshandbuch	Beschreibung der bei SINAMICS und SIMOTION vorhandenen DCC-Standardbausteine.
SINAMICS / SIMOTION Editorbeschreibung DCC (DCC = Drive Control Chart) Programmier- und Bedienhandbuch	Beschreibung des DCC-Editors, mit dem SIMOTION-Steuerungen und SINAMICS-Antriebe grafisch projiziert werden können.
SINAMICS CANopen Inbetriebnahmehandbuch	Beschreibung der Inbetriebnahme der CANopen-Schnittstelle mit Begriffsdefinitionen
SINAMICS G130	
SINAMICS G130 Betriebsanleitung	Beschreibung der Einbaugeräte SINAMICS G130 - Darstellung der Geräte mit Hinweisen zur Installation, - Erläuterungen zur Funktion und zur Bedienung, - Inbetriebnahmehinweise, - Wartungs- und Instandhaltungshinweise.
SINAMICS G130 Komponenten Betriebsanleitung	Beschreibung der Komponenten zu den Einbaugeräten SINAMICS G130 mit Hinweisen zur mechanischen und elektrischen Installation <ul style="list-style-type: none"> - Beschreibung des Einfach-Bedienfeldes BOP20 (Basic Operator Panel 20) - Beschreibung des Komfortbedienfeldes AOP30 (Advanced Operator Panel 30) - Beschreibung der Netzfilter - Beschreibung der Netzdrosseln - Beschreibung der Braking Modules und der Bremswiderstände - Beschreibung der Sinusfilter - Beschreibung der Motordrosseln - Beschreibung der du/dt-Filter - Beschreibung der du/dt-Filter compact - Beschreibung des Terminal Boards TB30 - Beschreibung des Voltage Sensing Modules 10 (VSM10) - Beschreibung des Terminal Modules TM150
SINAMICS G130 / G150 Line Harmonics Filter	Beschreibung der Line Harmonics Filter (LHF) - Darstellung der Geräte und Anschlusshinweise
SINAMICS G130 / G150 / S120 Chassis / S120 Cabinet Modules / S150 Safety Integrated Funktionshandbuch	Beschreibung der Basic und Extended Safety Functions inkl. - Option K82 - STO und SS1
SINAMICS G130 / G150 (ehemals SINAMICS G) Listenhandbuch	Auflistung aller Parameter, Funktionspläne sowie Auflistung aller Warn- und Störmeldungen für Umrichter SINAMICS G130/G150

Geräteübergreifende SINAMICS - Projektierung

Projektierungshinweise

SINAMICS G150	
SINAMICS G150 Betriebsanleitung: Umrichterschrankgeräte 75 kW bis 1500 kW SINAMICS G150 Betriebsanleitung NEMA	Beschreibung der Schrankgeräte SINAMICS G150: - Darstellung der Geräte mit Hinweisen zur Installation, - Erläuterungen zur Funktion und zur Bedienung, - Inbetriebnahmehinweise, - Wartungs- und Instandhaltungshinweise.
SINAMICS G150 Betriebsanleitung: Umrichterschrankgeräte 1750 kW bis 2700 kW	Beschreibung der Schrankgeräte SINAMICS G150: - Darstellung der Geräte mit Hinweisen zur Installation, - Erläuterungen zur Funktion und zur Bedienung, - Inbetriebnahmehinweise, - Wartungs- und Instandhaltungshinweise.
SINAMICS G130 / G150 / S120 Chassis / S120 Cabinet Modules / S150 Safety Integrated Funktionshandbuch	Beschreibung der Basic und Extended Safety Functions inkl. - Option K82 - STO und SS1
SINAMICS G150 Checkliste	Checkliste für die mechanische und elektrische Installation zur Unterstützung der Aufbauarbeiten und Inbetriebnahme
SINAMICS G130 / G150 Line Harmonics Filter	Beschreibung der Line Harmonics Filter (LHF): - Darstellung der Geräte und Anschlusshinweise
SINAMICS G150 Übersichtsplan	Übersichtspläne der Schrank- und Komponentenverdrahtung sowie Schnittstellen SINAMICS G150
SINAMICS G130 / G150 (ehemals SINAMICS G) Listenhandbuch	Auflistung aller Parameter, Funktionspläne sowie Auflistung aller Warn- und Störmeldungen für Umrichter SINAMICS G130/G150
SINAMICS G150 / S150 Pumpenfunktionen	Beschreibung der Firmware-Anwendermakros zu Pumpen- funktionen
SINAMICS S120	
SINAMICS S120 Control Units und ergänzende Systemkomponenten Gerätehandbuch	Beschreibung der Control Units und Systemkomponenten des Systems SINAMICS S120 Booksize: Control Units, Elektronikkomponenten wie Optionsbaugruppen- und Module, Geberbaugruppen, Basic Operator Panel 20.
SINAMICS S120 Leistungsteile Booksize Gerätehandbuch	Beschreibung der SINAMICS S120 Leistungsteile Booksize: - Darstellung der Geräte und Anschlusshinweise, - Beschreibung von DRIVE-CLiQ Komponenten, - Hinweise zu Schaltschrankbau und EMV für Booksize-Geräte, - Wartungs- und Instandhaltungshinweise.
SINAMICS S120 AC Drive Gerätehandbuch	Beschreibung der SINAMICS S120 Leistungsteile AC Drive: - Darstellung der Geräte und Anschlusshinweise, - Beschreibung Control Unit CU310 u. Control Unit Adapter 31, - Beschreibung von S120 Systemkomponenten, - Hinweise zu Schaltschrankbau und EMV, - Wartungs- und Instandhaltungshinweise.
SINAMICS S120 Leistungsteile Chassis luftgekühlt Gerätehandbuch	Beschreibung der luftgekühlten SINAMICS S120 Leistungsteile Bauform Chassis: - Darstellung der Geräte und Anschlusshinweise, - Hinweise zu Schaltschrankbau und EMV für Chassis-Geräte, - Wartungs- und Instandhaltungshinweise.

Geräteübergreifende SINAMICS - Projektierung

Projektierungshinweise

SINAMICS S120	
SINAMICS S120 Leistungsteile Chassis flüssigkeitsgekühlt Gerätehandbuch	Beschreibung der flüssigkeitsgekühlten SINAMICS S120 Leistungsteile Bauform Chassis: - Darstellung der Geräte und Anschlusshinweise, - Hinweise zu Schaltschrankbau und EMV, - Wartungs- und Instandhaltungshinweise.
SINAMICS S120 Leistungsteile Chassis wassergekühlt für gemeinsame Kreisläufe Gerätehandbuch	Beschreibung der wassergekühlten SINAMICS S120 Leistungsteile Bauform Chassis für gemeinsame Kreisläufe: - Darstellung der Geräte und Anschlusshinweise, - Hinweise zu Schaltschrankbau und EMV, - Wartungs- und Instandhaltungshinweise.
SINAMICS S120 Cabinet Modules luftgekühlt Gerätehandbuch	Beschreibung der luftgekühlten SINAMICS S120 Cabinet Modules: - Darstellung der Geräte / Optionen und Anschlusshinweise, - Wartungs- und Instandhaltungshinweise.
SINAMICS S120 Cabinet Modules flüssigkeitsgekühlt Gerätehandbuch	Beschreibung der flüssigkeitsgekühlten SINAMICS S120 Cabinet Modules: - Darstellung der Geräte / Optionen und Anschlusshinweise, - Wartungs- und Instandhaltungshinweise.
SINAMICS HEM Heat Exchanger Module Funktionshandbuch Technology Extension HEM	Beschreibung der Technology Extension SINAMICS HEM Heat Exchanger Module für SINAMICS S120 Cabinet Modules flüssigkeitsgekühlt - Funktionsweise des Heat Exchanger Modules - Überwachungsfunktionen - Temperaturregelung - Download / Installation - Inbetriebnahme / Parametrierung
SINAMICS S120 Cabinet Modules Bedienfeld AOP30 (Option K08) Betriebsanleitung	Beschreibung des Komfortbedienfeldes AOP30 (Advanced Operator Panel 30)
SINAMICS S120 Booksize / SIMODRIVE Schaltschrankintegration Systemhandbuch	Beschreibung der Integration von Einbaugeräten in Schaltschränke unter besonderer Berücksichtigung der Kühlung und der EMV.
SINAMICS S120 Antriebsfunktionen Funktionshandbuch	Beschreibung der Grundlagen und Betriebsarten des Systems SINAMICS S120 - Beschreibung der Antriebsfunktionalitäten in der Firmware, - Inbetriebnahme Safety Integrated Basic Functions, - Auflistung von Firmware-Versionsunterschieden.
SINAMICS S120 Kommunikation Funktionshandbuch	Beschreibung der Kommunikationsmöglichkeiten des Systems SINAMICS S120 - PROFIdrive - PROFIBUS DP - PROFINET IO - Modbus DCP - EtherNet/IP (EIP) - SINAMICS Link
SINAMICS S120 Safety Integrated Funktionshandbuch	Informationen zu Safety Integrated bei SINAMICS S120 - System-Merkmale, - Basic Functions und Extended Functions; - Inbetriebnahmehinweise, - Parameter und Funktionspläne, - Abnahmetest und Abnahmeprotokoll.

Geräteübergreifende SINAMICS - Projektierung

Projektierungshinweise

SINAMICS S120	
SINAMICS G130 / G150 / S120 Chassis / S120 Cabinet Modules / S150 Safety Integrated Funktionshandbuch	Beschreibung der Basic und Extended Safety Functions inkl. - Option K82 - STO und SS1
SINAMICS S120 Getting Started mit Inbetriebnahmetool STARTER	Beschreibung der Inbetriebnahme mit dem Inbetriebnahmetool STARTER.
SINAMICS S120 Inbetriebnahme Inbetriebnahmehandbuch	Hinweise zur Inbetriebnahme SINAMICS S120 mit BOP20 und STARTER (kein AOP30): - Darstellung der Inbetriebnahmeschritte, - Hinweise zur Diagnose.
SINAMICS S120 / S150 (ehemals SINAMICS S) Listenhandbuch	Auflistung aller Parameter, Funktionspläne sowie Auflistung aller Warn- und Störmeldungen für das System SINAMICS S120 und Umrichter SINAMICS S150
SINAMICS S150	
SINAMICS S150 Betriebsanleitung	Beschreibung der Schrankgeräte SINAMICS S150: - Darstellung der Geräte mit Hinweisen zur Installation, - Erläuterungen zur Funktion und zur Bedienung, - Inbetriebnahmehinweise, - Wartungs- und Instandhaltungshinweise.
SINAMICS G130 / G150 / S120 Chassis / S120 Cabinet Modules / S150 Safety Integrated Funktionshandbuch	Beschreibung der Basic und Extended Safety Functions inkl. - Option K82 - STO und SS1
SINAMICS S150 Checkliste	Checkliste für die mechanische und elektrische Installation zur Unterstützung der Aufbauarbeiten und Inbetriebnahme.
SINAMICS S150 Übersichtsplan	Übersichtspläne der Schrank- und Komponentenverdrahtung sowie Schnittstellen SINAMICS S150
SINAMICS S120 / S150 (ehemals SINAMICS S) Listenhandbuch	Auflistung aller Parameter, Funktionspläne sowie Auflistung aller Warn- und Störmeldungen für das System SINAMICS S120 und Umrichter SINAMICS S150
SINAMICS G150 / S150 Pumpenfunktionen	Beschreibung der Firmware-Anwendermakros zu Pumpenfunktionen

Hinweis:

Bei den aufgelisteten Dokumentationen sind die Ausgabestände zu beachten. Diese sind den jeweiligen Firmware-Versionen zugeordnet.

Die Dokumentation zu den Geräten SINAMICS G130, G150, S120 Cabinet Modules und S150 liegt den Geräten bei der Auslieferung auf CD-ROM bei. Die Dokumentation zu den Einbaugeräten SINAMICS S120 Booksize und S120 Chassis ist separat zu bestellen oder im Internet zum Download verfügbar.

Den Schrankgeräten können weitere Dokumentationen optionaler, systemfremder Bauteile oder Komponenten beiliegen (z. B. Betriebsanleitungen für Isolationswächter).

3.2 Safety Integrated / Antriebsintegrierte Sicherheitsfunktionen

3.2.1 Safety Integrated Basic Functions Safe Torque Off (STO) und Safe Stop 1 (SS1)

Allgemeines

Die Funktion **Safe Torque Off** (kurz STO) ist eine Einrichtung zur Vermeidung eines unbeabsichtigten Anlaufs des Motors. STO ermöglicht die Realisierung der Stop-Kategorie 0 ("Ungesteuertes Stillsetzen") im Hinblick auf das Abschalten der Energie zu den Maschinen-Antriebsselementen.

Vorteil: Motorseitige Schütze als zusätzliche Abschaltpfade können durch STO entfallen.

Die Funktion **Safe Stop 1** (kurz SS1) setzt auf der Funktion Safe Torque Off auf. Mit dieser Funktion kann ein Stillsetzen nach der Stop-Kategorie 1 realisiert werden. Der Antrieb bremst nach Aktivierung von Safe Stop 1 an der Schnellhalt-Rampe (AUS3-Rampe) ab und geht nach der Verzögerungszeit in den Zustand Safe Torque Off über.

Diese beiden Sicherheitsfunktionen sind Teil des Konzeptes SINAMICS Safety Integrated. Sie sind als Safety Integrated Basic Functions in den Antriebsgeräten SINAMICS G130, G150, SINAMICS S120 Booksize, S120 Chassis und S120 Cabinet Modules sowie S150 standardmäßig enthalten und – im Gegensatz zu den Safety Integrated Extended Functions – nicht lizenzpflichtig. Sie sind antriebsautark aufgebaut, d. h. es ist keine übergeordnete Steuerung notwendig.

Weiterführende Informationen zu Safety Integrated, den Safety Integrated Basic Functions und den Safety Integrated Extended Functions sind im Funktionshandbuch „SINAMICS S120 Safety Integrated“ und im Funktionshandbuch „SINAMICS G130 / G150 / S120 Chassis / S120 Cabinet Modules / S150 Safety Integrated“ zu finden.

Funktionsweise

Die Funktionen Safe Torque Off und Safe Stop 1 werden durch zwei separate Signale aktiviert. Diese Signale wirken auf unabhängige Überwachungskanäle (z. B. Abschaltpfade, Datenhaltung, Datenvergleich), welche in der Firmware getrennt sowohl in der Control Unit als auch im Motor Module hinterlegt sind. Die beiden Signale müssen gleichzeitig geschaltet werden. Diese Struktur ermöglicht eine zweikanalige Realisierung und somit größtmögliche Sicherheit.

Auf der Control Unit werden dazu definierte Digitaleingänge benutzt und am Leistungsteil befinden sich Klemmen mit der Bezeichnung "EP – Enable Pulses". Die Funktionen STO und SS1 müssen zunächst durch entsprechende Parametrierung der Firmware bei der Inbetriebnahme freigeschaltet werden, bevor die Aktivierung von STO und SS1 durch die Ansteuerung der Klemmen erfolgen kann.

Nach Freischaltung in der Firmware und Aktivierung über die Ansteuerung der Klemmen befindet sich das Antriebsgerät im "Sicheren Zustand". Das Wiedereinschalten ist über eine Einschaltsperrverriegelung. Basis hierfür ist die in den Motor Modules integrierte Impulslöschung, die durch Abschaltung der Ansteuerimpulse der Leistungshalbleiter realisiert ist.

Bei Aktivierung der Funktionen löst jeder Überwachungskanal über seinen Abschaltpfad die sichere Impulslöschung aus. Bei der Aufdeckung eines Fehlers in einem der Abschaltpfade wird die Funktion STO automatisch aktiviert und das Wiedereinschalten verriegelt. Ein unbeabsichtigter Anlauf des Motors ist daher sicher ausgeschlossen.

Die beiden Sicherheitsfunktionen sind für jede Antriebsachse innerhalb einer Control Unit getrennt realisiert ("axiale" Funktion). Somit kann bei projektierte Mehrachsigkeit bzw. Mehrmotorigkeit jeder Antrieb auf einer Control Unit separat angesteuert werden. Auch Gruppierungen lassen sich realisieren.

Um die Anforderungen nach rechtzeitiger Fehlererkennung zu erfüllen, sind die beiden Abschaltpfade innerhalb eines definierten Zeitintervalls mindestens einmal auf korrekte Wirkungsweise zu testen. Dies muss der Anwender durch manuelle oder prozessautomatisierte Auslösung der Zwangsdynamisierung realisieren. Andernfalls wird nach Ablauf dieses Zeitintervalls eine entsprechende Warnung ausgegeben, die bis zur Durchführung der Zwangsdynamisierung anstehen bleibt. Der Betrieb der Maschine wird durch diese Warnung nicht beeinträchtigt. Ein Selbsttest wird auch bei jeder normalen Aktivierung durchgeführt und das Zeitintervall wird neu gestartet. Je nach Bedienung der Maschine kann somit die Meldung u. U. nie sichtbar werden.

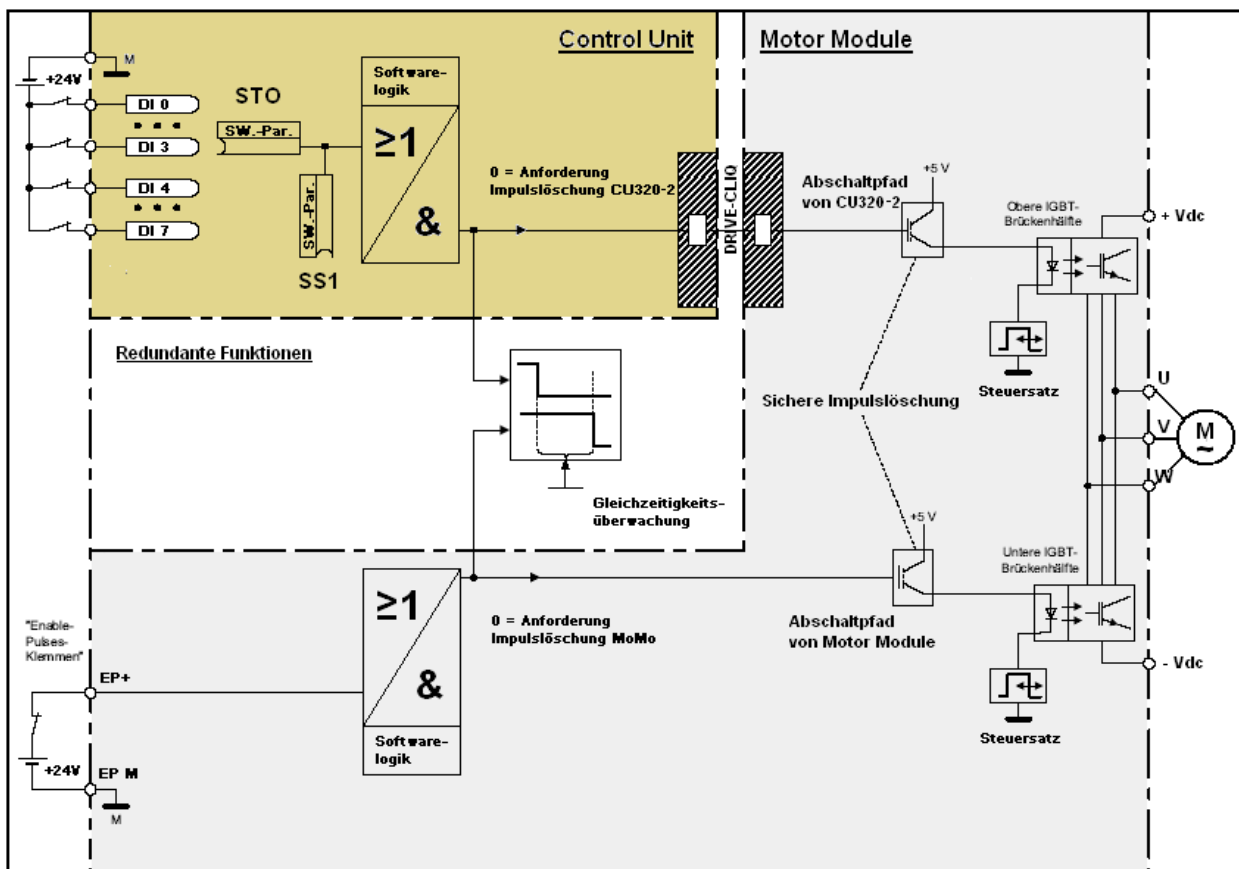
Folgende Randbedingungen sind bei der Nutzung / Verschaltung der Sicherheitsfunktionen zu berücksichtigen:

- Gleichzeitige Aktivierung / Deaktivierung an Control Unit und Leistungsteil.
- Ansteuerung mit DC 24 V.
- Gemäß IEC 61800-5-1 und UL 508 ist an den Steueranschlüssen und Klemmen nur der Anschluss von sicher getrennten Schutzkleinspannungen (PELV) erlaubt.
- Gleichstromversorgungsleitungen sind bis zu einer Leitungslänge von 10 m zulässig.
- Ungeschirmte Signalleitungen sind bis zu einer Leitungslänge von 30 m ohne Zusatzbeschaltung gestattet. Bei größeren Leitungslängen sind geschirmte Leitungen zu verwenden oder es muss eine geeignete Beschaltung zum Überspannungsschutz eingesetzt werden.
- Die Komponenten müssen gegen leitfähige Verschmutzung geschützt werden, z. B. durch Einbau in einen Schaltschrank der Schutzart IP54B oder höher gemäß EN 60529. Unter der Voraussetzung, dass am Aufstellort das Auftreten von leitfähigen Verschmutzungen ausgeschlossen werden kann, ist auch eine geringere Schutzart des Schaltschranks zulässig.

Geräteübergreifende SINAMICS - Projektierung

Projektierungshinweise

In der folgenden Grafik ist die Funktionsweise der beiden Sicherheitsfunktionen dargestellt.



Verschaltung und Funktionsweise der Safety Integrated Basic Functions Safe Torque Off und Safe Stop 1

Die verschiedenen Bauformen bzw. Baugrößen der Leistungsteile besitzen bei SINAMICS-Geräten unterschiedliche Klemmenbezeichnungen für die Eingänge der Sicherheitsfunktionen. Diese sind in folgender Tabelle dargestellt:

Komponente	1. Abschaltpfad	2. Abschaltpfad
Control Unit CU320-2	X122.1..4 / X132.1..4 (auf der CU320-2) Digitaleingang 0 bis 7	(siehe Motor Modules / Power Modules)
S120 Single Motor Modules Booksize (auch S120 Cabinet Modules des Typs Booksize Cabinet Kit)	(siehe CU320-2)	X21.3 und X21.4 (auf dem Motor Module)
S120 Double Motor Modules Booksize	(siehe CU320-2)	X21.3 und X21.4 (für Motoranschluss X1) X22.3 und X22.4 (für Motoranschluss X2) (jeweils auf dem Motor Module)
S120 Single Motor Modules Chassis, S120 Cabinet Modules (ohne Booksize Cabinet Kits), G130, G150, S150	(siehe CU320-2)	X41.1 und X41.2 (auf der CIM-Baugruppe)
S120 Single Motor Modules Chassis flüssigkeitsgekühlt	(siehe CU320-2)	X9.7 und X9.8 (am Motor Module)
S120 Power Module Chassis mit CU310-2	X121.1...4 (auf der CU310-2) Digitaleingang 0 bis 3	X9.7 und X9.8 (am Power Module)

Weitere Informationen zu den Klemmen können den Katalogen und den Gerätehandbüchern entnommen werden.

Anschlüsse für die Safety Integrated Basic Functions STO und SS1 bei den verschiedenen SINAMICS-Geräten

Abnahmetest

Der Maschinenhersteller muss an der Maschine einen Abnahmetest aller freigeschalteten Safety Integrated Funktionen durchführen. Das betrifft auch die Funktionen STO und SS1. Der Abnahmetest muss ein Überschreiten aller eingegebenen Grenzwerte der freigeschalteten Funktion provozieren, um damit deren korrekte Funktion zu prüfen bzw. nachzuweisen.

Der Test jeder Safety Integrated Funktion ist von einer dazu berechtigten Person durchzuführen, im Abnahmeprotokoll zu protokollieren und zu unterzeichnen. Berechtig in obigem Sinn ist eine vom Maschinenhersteller befugte Person, die aufgrund ihrer fachlichen Ausbildung und Kenntnis der Sicherheitsfunktionen den Abnahmetest in angemessener Weise durchführen kann. Das Abnahmeprotokoll muss im Logbuch der Maschine hinterlegt werden.

Zertifikat

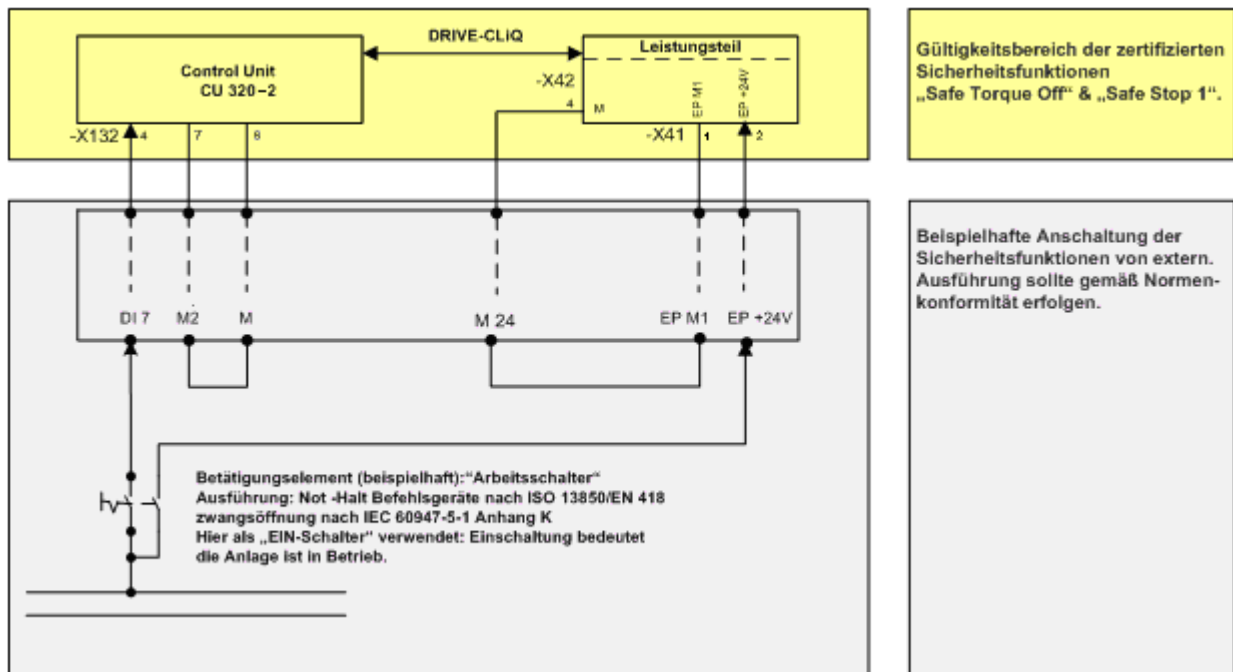
Die Funktionen Safe Torque Off und Safe Stop 1 sind von einem akkreditierten Prüfinstitut zertifiziert gemäß

- Kategorie 3 gemäß DIN EN ISO 13849-1
- Performance Level (PL) d gemäß DIN EN ISO 13849-1
- Safety Integrity Level (SIL) 2 gemäß IEC 61508

Das Zertifikat bezieht sich jeweils auf definierte Hard- und Firmware-Versionen.

Zu beachten ist, dass sich das Zertifikat auf die zum Einbau in Schaltschränke bestimmten Komponenten bezieht, beginnend an den Safety Integrated Eingangsklemmen, und nicht auf schrankinterne Verschaltungen sowie äußere Verschaltungen.

Die folgende Grafik verdeutlicht den Gültigkeitsbereich des Zertifikats.



Gültigkeitsbereich des Zertifikats

Für die Schrankgeräte SINAMICS G150, S150 und S120 Cabinet Modules steht mit der Option K82 eine Möglichkeit zur Verfügung, welche sowohl die Schrankverdrahtungen als auch eine Verschaltung gemäß den zertifizierten Normen beinhaltet. Nähere Informationen können dem Kapitel „Optionenbeschreibungen“, Abschnitt „Option K82“ und dem Funktionshandbuch „SINAMICS G130 / G150 / S120 Chassis / S120 Cabinet Modules / S150 Safety Integrated“ entnommen werden.

Geräteübergreifende SINAMICS - Projektierung

Projektierungshinweise

Gemäß IEC 61508, IEC 62061 und DIN EN ISO 13849-1 müssen für Sicherheitsfunktionen Ausfallwahrscheinlichkeiten in Form eines PFH-Wertes (Probability of Failure per Hour) angegeben werden. Der PFH-Wert einer Sicherheitsfunktion hängt vom Sicherheitskonzept des Antriebgerätes, dessen Hardware-Konfiguration und von den PFH-Werten der weiteren für die Sicherheitsfunktion verwendeten Komponenten ab. Für das Antriebsgerät SINAMICS werden PFH-Werte in Abhängigkeit von der Hardware-Konfiguration (Anzahl der Antriebe, Ansteuerungsart, Anzahl verwendeter Geber, usw.) zur Verfügung gestellt. Es wird dabei keine Unterscheidung zwischen den einzelnen integrierten Sicherheitsfunktionen gemacht.

Eine Liste der zertifizierten Komponenten und Firmware-Versionen sowie die PFH-Werte sind auf Anfrage erhältlich. Diese Informationen können auch dem Safety Evaluation Tool entnommen werden, welches im Internet zur Verfügung steht.

Funktionale Sicherheit

Die Funktion Safe Torque Off verhindert den unerwarteten Anlauf des angeschlossenen Motors aus dem Stillstand bzw. stellt die Momentenlosigkeit eines drehenden Antriebes sicher. Eine drehende Achse verliert damit die Fähigkeit zum Bremsen.

Mit der Funktion STO erfolgt jedoch keine galvanische Trennung vom speisenden Netz. Die Funktion STO ist somit keine Schutzeinrichtung gegen "Elektrischen Schlag".

Für Betriebsunterbrechungen, Wartungs-, Instandsetzungs- und Reinigungsarbeiten an der elektrischen Einrichtung muss diese komplett über den Hauptschalter galvanisch vom Netz getrennt werden.

Mit aktiviertem STO ist bei Asynchronmotoren auch im Falle des gleichzeitigen Auftretens mehrerer Fehler keine drehende Bewegung möglich, weil keine Magnetisierung mehr im Motor vorhanden ist.

Bei Anwendungen mit permanenterregten Synchronmotoren, z. B. 1FT6 oder 1FK6, kann durch die permanent vorhandene Magnetisierung beim gleichzeitigen Auftreten von zwei Fehlern unter bestimmten Randbedingungen eine begrenzte Bewegung auftreten.

Fehlerfall: Gleichzeitiges Durchlegieren von jeweils einem Leistungshalbleiter in der oberen und einem Leistungshalbleiter versetzt in der unteren Wechselrichterbrücke ("Pluszweig" und "Minuszweig").

Maximale Restbewegung:

- Bei rotierenden Synchronmotoren: $\alpha_{\max} = \frac{360^\circ}{\text{Polzahl des Motors}}$ z. B.: 1FT6, 6-poliger Motor; $\alpha_{\max} = 60^\circ$
- Bei Synchron-Linearmotoren entspricht die maximale Bewegung der Polweite.

Zur Abschätzung des Gefährdungspotenzials von kritischen Restbewegungen ist durch den Maschinenbauer eine Sicherheitsbewertung durchzuführen.

Beim Einsatz von permanenterregten Synchronmaschinen, wie z. B. den Torquemotoren SIMOTICS HT Serie HT-direct 1FW4, ist ferner zu beachten, dass bei rotierendem Läufer durch die permanent vorhandene Magnetisierung an den Motoranschlüssen Spannung anliegt. Werden die Motoren passiv angetrieben, so wird selbst bei aktiviertem STO bzw. aktiviertem SS1 im Motor eine Spannung induziert. Für diese Fälle werden separate Schutzeinrichtungen empfohlen.

3.3 Vorladehäufigkeit des Zwischenkreises

3.3.1 Bauform Booksize

Die Vorladehäufigkeit des DC-Zwischenkreises durch ein Line Module der Bauform Booksize ergibt sich aus folgender Formel:

$$\text{Anzahl der Vorladungen innerhalb 8 min} = \frac{\text{max. zulässige Zwischenkreiskapazität} \cdot \text{Einspeisemodul in } \mu\text{F}}{\Sigma \text{ DC - Zwischenkreiskapazität des projektierten Antriebsverbandes in } \mu\text{F}}$$

3.3.2 Bauform Chassis

Bei den Line Modules der Bauform Chassis ist maximal alle 3 Minuten eine vollständige Vorladung des DC-Zwischenkreises zulässig. Diese Begrenzung auf 3 Minuten gilt generell auch für alle anderen Chassis- und Schrankgeräte SINAMICS G und SINAMICS S. (Ausnahme: S120 Basic Line Modules der Baugrößen FB/FBL und GB/GBL, die mit Thyristoren bestückt sind. Hier besteht aufgrund des Vorladeprinzips mit Phasenanschnittsteuerung keine Begrenzung der Vorladehäufigkeit).

Die während der Vorladung des Zwischenkreises auftretenden Ströme sind gerätespezifisch und daher den gerätespezifischen Kapiteln dieses Projektierungshandbuches zu entnehmen.

3.4 Bedienfelder (Operator Panels)

Die Gerätereihe SINAMICS besitzt für die Ausprägungen G130 und G150 sowie S120 (Booksize, Chassis, Cabinet Modules) und S150 zwei Bedienfelder. Für einfache Ansprüche genügt das Basic Operator Panel BOP20. Erhöhte Funktionalität bietet das Komfortbedienfeld AOP30.

3.4.1 Basic Operator Panel (BOP20)

Über das optional erhältliche Basic Operator Panel BOP20, welches auf die Control Unit CU320-2 gesteckt werden kann, lassen sich Fehler quittieren, Parameter einstellen und Diagnose-Informationen auslesen (z. B. Warn- und Störmeldungen).

Das Basic Operator Panel BOP20 hat ein zweizeiliges Anzeigefeld mit Hintergrundbeleuchtung und 6 Tasten.



Tastenbelegung:

- EIN/ AUS
- Funktionen
- Parameter
- Sollwert Höher/ Tiefer

Basic Operator Panel BOP20

Die Stromversorgung des Basic Operator Panels BOP20 und die Kommunikation mit der Control Unit CU320-2 findet über den auf der Rückseite des Basic Operator Panels BOP20 integrierten Stecker statt. Eine räumlich entfernte Installation von der Control Unit CU320-2 über eine Leitungsverbindung ist nicht möglich und auch nicht zulässig.

3.4.2 Advanced Operator Panel (AOP30)

Das Bedienfeld AOP30 ist ein komfortables Ein-/Ausgabegerät. Es verfügt über eine umfangreiche Folientastatur und ein mehrzeiliges Grafik-Display, über welches auch zahlreiche Hilfsfunktionen abgerufen werden können. Im Gegensatz zum BOP20 können mit dem AOP30 neben dem betriebsmäßigen Bedienen auch Anwendungsfälle wie Inbetriebnahme und Diagnose abgedeckt werden.

Geräteübergreifende SINAMICS - Projektierung

Projektierungshinweise

Das Komfortbedienfeld AOP30 gehört zur Standardausstattung der Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS G150 und S150. Für die Umrichter-Einbaugeräte SINAMICS G130 sowie für die modularen Schrankgeräte SINAMICS S120 Cabinet Modules ist es als optionale Systemkomponente verfügbar.

Prinzipiell ist auch der Einsatz mit den Geräten des modularen Systems SINAMICS S120 Chassis möglich. Hier bestehen allerdings gewisse Einschränkungen beim Betrieb mehrerer Antriebe / Achsen an einer Control Unit CU320-2, da an jede Control Unit nur ein Bedienfeld AOP30 angeschlossen werden kann.



Tastenbelegung:

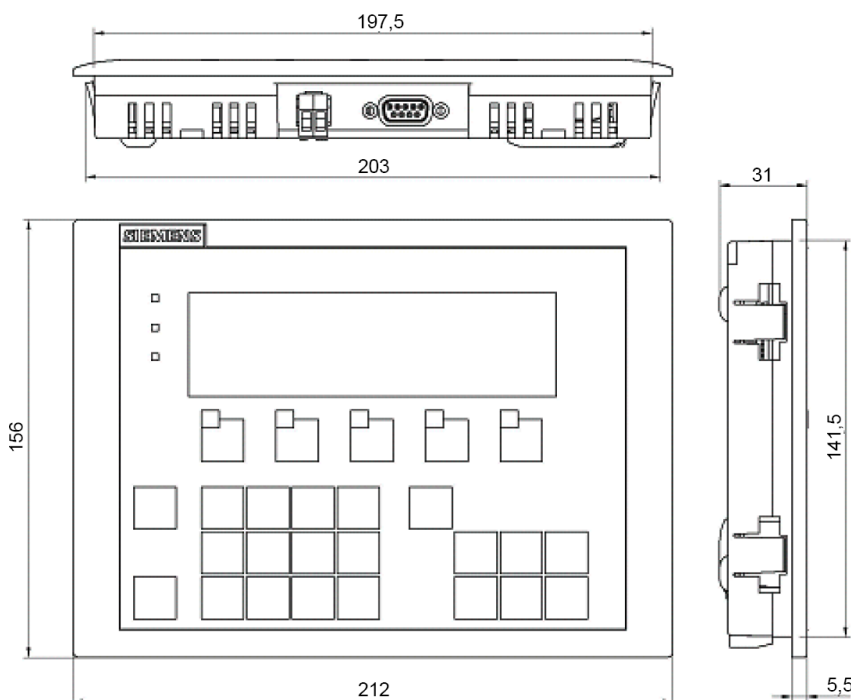
- Funktionen
- Menu
- Bedien- / Parametriersperren
- Ziffernblock
- Local / Remote-Umschaltung
- EIN/ AUS
- Rechts / Links-Umschaltung
- Tippen
- Sollwert Höher / Tiefer

Advanced Operator Panel AOP30

Die Kommunikation erfolgt mittels einer seriellen Schnittstelle über den Stecker X540. Das AOP30 unterstützt die Standards RS232 und RS485. Zur Kommunikation zwischen dem Bedienfeld AOP30 und der Control Unit CU320-2 wird der Standard RS232 genutzt, wobei AOP30 die Funktion des Masters und die CU320-2 die Funktion des Slaves übernimmt. Der Standard RS485 wird zur Kommunikation mit Geräten der Reihe SINAMICS DCM verwendet.

Das AOP30 ist ein Bediengerät mit Grafik-Display und Folientastatur. Es ist geeignet für den Einbau in Schaltschranktüren mit Wandstärken von 2 mm bis 4 mm.

Die Verbindung zwischen dem AOP30 und der Control Unit CU320-2 sollte wegen des verwendeten Standards RS232 maximal 10 m lang sein. Bei größeren Längen ist eine fehlerfreie Kommunikation nicht mehr gewährleistet.



Merkmale

- Display mit grüner Hintergrundbeleuchtung und einer Auflösung von 240 x 64 Pixeln
- Folientastatur mit 26 Tasten
- Anschluss für Stromversorgung DC 24 V (Stecker X524)
- Schnittstelle RS232 / RS485 (Stecker X540)
- Uhrzeit und Datenspeicher durch interne Batteriepufferung
- 4 Leuchtdioden signalisieren den Betriebszustand des Antriebsgerätes:
 - RUN (Betrieb) grün
 - ALARM (Warnung) gelb
 - FAULT (Störung) rot
 - LOCAL / REMOTE grün

Abmessungen des Advanced Operator Panel AOP30

3.5 CompactFlash Cards für die Control Unit CU320-2

Bei den in diesem Projektierungshandbuch beschriebenen Geräten SINAMICS G130, G150, S120 und S150 wird als Steuerungs- und Regelungsbaugruppe die Control Unit CU320-2 eingesetzt.

Die Firmware, eingestellte Parameter und gegebenenfalls vorhandene Lizenzierungsschlüssel befinden sich auf einer CompactFlash Card, die in den dafür vorgesehenen Einsteckplatz auf der Vorderseite der Control Unit CU320-2 gesteckt werden muss.

Abhängig von der Geräte-Ausprägung gibt es vier verschiedene Firmware-Ausprägungen für die CU320-2. Diese Firmware-Ausprägungen sind:

- Firmware für SINAMICS G130
- Firmware für SINAMICS G150
- Firmware für SINAMICS S120
- Firmware für SINAMICS S150

In Kombination mit der Geräteausprägung SINAMICS S120 kann die Control Unit CU320-2 mehrere Motor Modules bzw. mehrere Achsen regeln. Ohne die Firmware-Option Performance-Erweiterung sind maximal 3 Servo-Achsen oder 3 Vektor-Achsen oder 6 U/f-Achsen möglich. Nähere Informationen sind dem Kapitel „Projektierung der SINAMICS S120, Hinweise zu Einbau und Schrankgeräten“ zu entnehmen. Die volle Rechenleistung der Control Unit CU320-2 ist erst mit der Firmware-Option Performance-Erweiterung verfügbar. Damit kann die Control Unit CU320-2 maximal 6 Servo-Achsen oder 6 Vektor-Achsen oder 12 U/f-Achsen regeln. Wird die Performance-Erweiterung benötigt, so ist die CompactFlash Card entsprechend zu bestellen. Die Performance-Erweiterung wird als Lizenz geliefert, die als Lizenzierungsschlüssel werkseitig auf der CompactFlash Card für SINAMICS S120 hinterlegt ist.

In der Artikel-Nr. der CompactFlash Card für die Control Unit CU320-2 sind

- die Firmware-Ausprägung,
- die Firmware-Version und
- die Performance-Erweiterung (nur für SINAMICS S120)

verschlüsselt. Die Artikel-Nr. befindet sich auf dem Aufkleber auf der CompactFlash Card.

Artikel-Nr.:	6SL3054-__ _0_-1■A0 ¹	
Firmware-Ausprägung		
SINAMICS S120	0	
SINAMICS G150	1	
SINAMICS S150	2	
SINAMICS G130	3	
Firmware-Version		
1		B
2		C
3		D
4		E
5		F
.1		B
.2		C
.3		D
.4		E
.5		F
.6		G
.7		H
.8		J
Ohne Performance-Erweiterung		0
Mit Performance - Erweiterung		1
(nur für SINAMICS S120)		

¹ ■ = A für Firmware-Ausprägung SINAMICS S120 mit Firmware-Versionen < 4.3 und für Firmware Ausprägungen SINAMICS G130, G150, S150 mit Firmware-Versionen < 4.4

¹ ■ = B für Firmware-Ausprägung SINAMICS S120 mit Firmware-Versionen ≥ 4.3 und für Firmware Ausprägungen SINAMICS G130, G150, S150 mit Firmware-Versionen ≥ 4.4

Verschlüsselung von Firmware-Ausprägung, Firmware-Version und Performance-Erweiterung in der Artikel-Nr. der CompactFlash Card für die Control Unit CU320-2

Hinweis:

Die Control Unit CU320-2 benötigt zwingend eine CompactFlash Card mit einer Speicherkapazität von 1 GB (ab 4.6 HF3: 2 GB). Die CU320-2 DP benötigt mind. Firmware-Vers. 4.3, die CU320-2 PN mind. Firmware-Vers. 4.4.

Ältere CompactFlash Cards der Control Unit CU320 mit einer Speicherkapazität von 64 MB oder weniger sowie Firmware-Versionen 2.6 oder niedriger können in der Control Unit CU320-2 nicht verwendet werden.

Geräteübergreifende SINAMICS - Projektierung

Projektierungshinweise

3.6 Schaltschranksaufbau und -klimatisierung

Das modulare Konzept der SINAMICS Einbaugeräte erlaubt eine Vielzahl von Gerätekombinationen, so dass die Beschreibung jeder einzelnen Kombination nicht möglich ist. Dieser Abschnitt kann – ähnlich wie das Kapitel „EMV-Aufbauanleitung“ – nur Grundlagen und allgemeingültige Regeln vermitteln, mit deren Hilfe Schaltschränke ausreichend klimatisiert und somit funktions- und betriebssicher aufgebaut werden können.

Zusätzlich ist immer eine ausreichende Raumklimatisierung am Aufstellort sicherzustellen (Leistung der Klimaanlage, erforderlicher Volumenstrom).

Darüber hinaus sind die jeweils vor Ort gültigen Vorschriften und Normen einzuhalten. Auf eine strikte Einhaltung der Angaben in den Sicherheitshinweisen wird hingewiesen. Diese sind den Gerätehandbüchern sowie dem Beipack der gelieferten Komponenten zu entnehmen.

3.6.1 Richtlinien und Normen

Nachfolgend sind die wichtigsten Richtlinien und Normen aufgeführt, die für einen funktions- und betriebssicheren sowie EMV-gerechten Aufbau von SINAMICS Antriebssystemen zu beachten sind.

Europäische Richtlinien

Richtlinie	Beschreibung
2014/35/EU	Niederspannungsrichtlinie (Rechtsvorschriften für elektrische Betriebsmittel)
2014/30/EU	EMV-Richtlinie (Rechtsvorschriften für elektromagnetische Verträglichkeit)
2006/42/EG	Maschinenrichtlinie (Rechtsvorschriften zur Unfallverhütung bei Maschinen)
2011/65/EU	RoHS-Richtlinie (Rechtsvorschriften zur Verwendung gefährlicher Stoffe in Elektrogeräten)

Europäische Normen / Internationale Normen

Norm	Beschreibung
EN 1037 ISO 14118 DIN EN 1037	Sicherheit von Maschinen; Vermeidung von unerwartetem Anlauf
EN ISO 12100-x ISO 12100-x DIN EN ISO 12100-x	Sicherheit von Maschinen; Allgemeine Gestaltungsleitsätze; Teil 1: Grundsätzliche Terminologie, Methodik Teil 2: Technische Leitsätze und Spezifikationen
EN ISO 13849-x ISO 13849-x DIN EN ISO 13849-x	Sicherheit von Maschinen; Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen; Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze Teil 2: Validierung
EN ISO 14121-1 ISO 14121-1 DIN EN ISO 14121-1	Sicherheit von Maschinen – Risikobeurteilung; Teil 1: Leitsätze
EN 55011 CISPR 11 DIN EN 55011 VDE 0875-11	Industrielle, wissenschaftliche und medizinische Hochfrequenzgeräte (ISM-Geräte); Funkstörungen - Grenzwerte und Messverfahren
EN 60146-1-1 IEC 60146-1-1 DIN EN 60146-1-1 VDE 0558-11	Halbleiterstromrichter; Allgemeine Anforderungen und netzgeführte Stromrichter; Teil 1-1: Festlegung der Grundanforderungen
EN 60204-1 IEC 60204-1 DIN EN 60204-1 VDE 0113-1	Elektrische Ausrüstung von Maschinen; Teil 1: Allgemeine Festlegungen
EN 60228 IEC 60228 DIN EN 60228 VDE 0295	Leiter für Kabel und isolierte Leitungen
EN 60269-1 IEC 60269-1 DIN EN 60269-1 VDE 0636-1	Niederspannungssicherungen; Teil 1: Allgemeine Anforderungen
IEC 60287-1 bis -3	Kabel - Berechnung der Strombelastbarkeit Teil 1: Strombelastbarkeit-Gleichungen (100 %-Lastfaktor) und Berechnung der Verluste Teil 2: Thermischer Widerstand Teil 3: Hauptabschnitte für die Betriebsbedingungen

Geräteübergreifende SINAMICS - Projektierung

Projektierungshinweise

Europäische Normen / Internationale Normen (Fortsetzung)

Norm	Beschreibung
HD 60364-x-x IEC 60364-x-x DIN VDE 0100-x-x VDE 0100-x-x	Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V; Teil 200: Begriffe Teil 410: Schutzmaßnahmen, Schutz gegen elektrischen Schlag Teil 420: Schutzmaßnahmen, Schutz gegen thermische Einflüsse Teil 430: Schutz von Kabeln und Leitungen bei Überstrom Teil 450: Schutzmaßnahmen, Schutz gegen Unterspannung Teil 470: Schutzmaßnahmen; Anwendungen der Schutzmaßnahmen Teil 5xx: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel Teil 520: Kabel, Leitungen, Stromschienen Teil 540: Erdung, Schutzleiter, Potenzialausgleichsleiter Teil 560: Elektrische Anlagen für Sicherheitszwecke
EN 60439 / 61439 IEC 60439 / 61439	Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen; Teil 1: Typgeprüfte und partiell typgeprüfte Kombinationen
EN 60529 IEC 60529 DIN EN 60529 VDE 0470-1	Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)
EN 60721-3-x IEC 60721-3-x DIN EN 60721-3-x	Klassifizierung von Umweltbedingungen Teil 3-0: Klassen von Umwelteinflussgrößen und deren Grenzwerte; Einführung Teil 3-1: Klassen von Umwelteinflussgrößen und deren Grenzwerte; Langzeitlagerung Teil 3-2: Klassen von Umwelteinflussgrößen und deren Grenzwerte; Transport Teil 3-3: Klassen von Umwelteinflussgrößen und deren Grenzwerte; Ortsfester Einsatz, wettergeschützt
EN 60947-x-x IEC 60947 -x-x DIN EN 60947-x-x VDE 0660-x	Niederspannungsschaltgeräte
EN 61000-6-x IEC 61000-6-x DIN EN 61000-6-x VDE 0839-6-x	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) Teil 6-1: Fachgrundnorm; Störfestigkeit für Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe Teil 6-2: Fachgrundnormen; Störfestigkeit für Industriebereich Teil 6-3: Fachgrundnormen; Fachgrundnorm Störaussendung für Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe Teil 6-4: Fachgrundnormen; Fachgrundnorm Störaussendung für Industriebereich
EN 61140 IEC 61140 DIN EN 61140 VDE 0140-1	Schutz gegen elektrischen Schlag; Gemeinsame Anforderungen für Anlagen und Betriebsmittel
EN 61800-2 IEC 61800-2 DIN EN 61800-2 VDE 0160-102	Drehzahlveränderbare elektrische Antriebe; Teil 2: Allgemeine Anforderungen – Festlegungen für die Bemessung von Niederspannungs-Wechselstrom-Antriebssystemen mit einstellbarer Frequenz
EN 61800-3 IEC 61800-3 DIN EN 61800-3 VDE 0160-103	Drehzahlveränderbare elektrische Antriebe; Teil 3: EMV- Anforderungen einschließlich spezieller Prüfverfahren
EN 61800-5-x IEC 61800-5-x DIN EN 61800-5-x VDE 0160-105-x	Elektrische Leistungsantriebssysteme mit einstellbarer Drehzahl; Teil 5: Anforderungen an die Sicherheit; Hauptabschnitt 1: Elektrische, thermische und energetische Anforderungen Hauptabschnitt 2: Funktionale Sicherheitsanforderungen
EN 62061 IEC 62061 DIN EN 62061 VDE 0113-50	Sicherheit von Maschinen; Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer, elektronischer und programmierbarer elektronischer Steuerungssysteme

Nordamerikanische Normen

Norm	Beschreibung
UL 508	Industrial Control Equipment
UL 508A	Industrial Control Panels
UL 508C	Power Conversion Equipment
UL 61800-5-1	Adjustable Speed Electrical Power Drive Systems
CSA C22.2 No. 14	Industrial Control Equipment

Geräteübergreifende SINAMICS - Projektierung

Projektierungshinweise

3.6.2 Physikalische Grundlagen

Alle zum Einbau in Schaltschränke bestimmten SINAMICS-Geräte und Systemkomponenten, wie z. B.

- netzseitige Systemkomponenten (Schalter, Schütze, Sicherungen, Netzfilter, Netzdrosseln, usw.),
- SINAMICS Leistungsteile (G130 Power Modules, S120 Line Modules, S120 Motor Modules, usw.),
- SINAMICS Elektronikkomponenten (Control Units, Terminal Modules, Sensor Modules, usw.),
- motorseitige Systemkomponenten (Motordrosseln, du/dt-Filter, Sinusfilter)

erzeugen im Betrieb eine mehr oder weniger große Verlustleistung. Diese Verlustleistung, die den technischen Daten der jeweiligen Kataloge und Betriebsanleitungen zu entnehmen ist, muss aus dem Schaltschrank abgeführt werden, damit sich der Innenraum des Schaltschranks nicht zu stark erwärmt und die Geräte und Systemkomponenten im Rahmen ihrer zulässigen Temperaturen betrieben werden. Der Betrieb innerhalb der zulässigen Temperaturgrenzen ist zwingend erforderlich, um einerseits Störabschaltungen aufgrund zu hoher Erwärmung zu vermeiden und andererseits einer Reduktion der Lebensdauer aufgrund eines zu hohen Temperaturniveaus vorzubeugen.

Bei luftgekühlten SINAMICS-Antrieben, die im Focus dieses und der folgenden Abschnitte stehen, kann die Entwärmung des Schrankes prinzipiell auf unterschiedliche Arten erfolgen:

- Entwärmung durch freie Konvektion.
- Entwärmung durch forcierte Luftkühlung unter Verwendung von Lüftern (Zwangsbelüftung).

Im Folgenden wird auf die beiden Kühlungsarten und ihre Eigenschaften bei luftgekühlten Geräten näher eingegangen. Die Kühlung der flüssigkeitsgekühlten Geräte ist im Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt „Flüssigkeitsgekühlte Geräte SINAMICS S120“ beschrieben.

Entwärmung eines Schaltschranks durch freie Konvektion

Bei der Entwärmung durch freie Konvektion gibt der Schaltschrank seine im Inneren entstehende Verlustleistung allein über seine Oberfläche ab gemäß der Beziehung

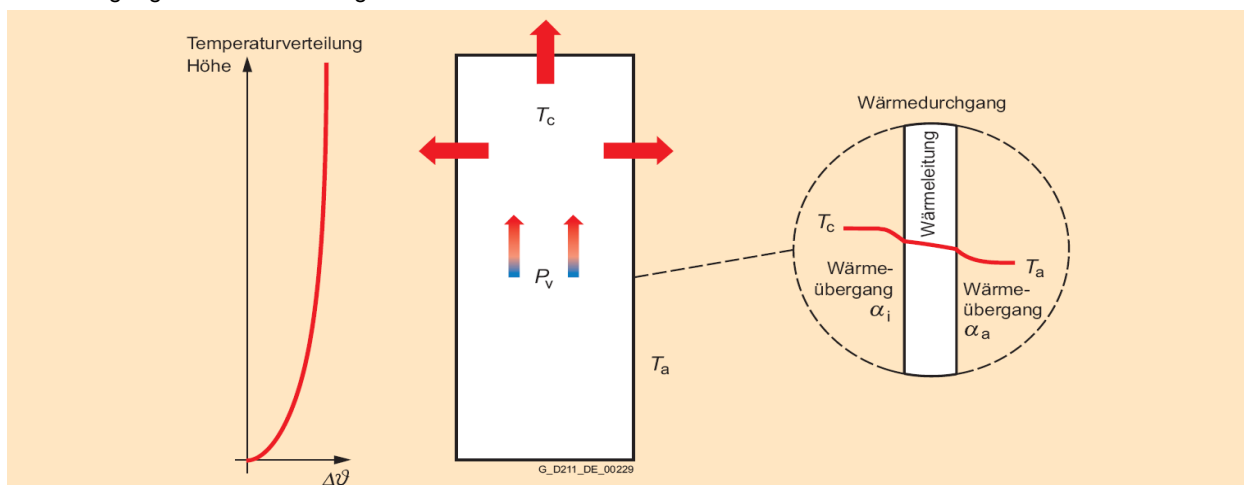
$$P_v = k \cdot A \cdot \Delta \vartheta \cdot$$

Definition und Bedeutung der verwendeten Größen:

- P_v Verlustleistung im Inneren des Schaltschranks
- k Wärmedurchgangskoeffizient für den Wärmedurchgang von innen nach außen.
- A Für den Wärmeübergang zur Außenluft wirksame Schrankoberfläche.
- $\Delta \vartheta$ Temperaturdifferenz zwischen Innentemperatur T_c und Außentemperatur T_a . ($\Delta \vartheta = T_c - T_a$).

Typische Werte für den Wärmedurchgangskoeffizienten bei Schaltschränken aus lackiertem Stahlblech liegen im Bereich $k = 3 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$ bis $k = 5,2 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Der untere Wert gilt für ruhende Luft im Schaltschrank und ruhende Außenluft. Der obere Wert gilt für zirkulierende Luft im Schaltschrank und ruhende Außenluft.

Bei der Berechnung der Verlustleistung P_v sind alle Wärmequellen im Schaltschrank zu berücksichtigen. Außerdem ist die für den Wärmeübergang zur Außenluft wirksame Oberfläche des Schaltschranks in Abhängigkeit von den Aufstellbedingungen zu berücksichtigen.



Entwärmung eines Schaltschranks durch freie Konvektion: Temperaturverteilung im Schrank und Wärmedurchgang

Beispiel zur Ermittlung der durch freie Konvektion abführbaren Verlustleistung P_v eines Schaltschranks:

Ein geschlossener Schaltschrank mit einer Höhe von 2000 mm, einer Breite von 600 mm und einer Tiefe von 600 mm steht als erstes Schrankelement am Anfang einer längeren Schrankreihe, die mit dem Rücken zu einer Wand aufgestellt ist. Die Schrank-Innentemperatur darf 50 °C nicht überschreiten bei einer maximal zu erwartenden Außentemperatur von 30 °C.

Ermittlung der zulässigen Verlustleistung $P_v = k \cdot A \cdot \Delta \vartheta$:

a) Es wird von ruhender Luft innerhalb und außerhalb des Schaltschranks ausgegangen. Damit gilt für den Wärmedurchgangskoeffizienten der Wert $k = 3 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

b) Durch die Wandaufstellung am Anfang einer Schrankreihe stehen als wirksame Schrankoberfläche zur Außenluft nur die Front, eine Seitenwand und das Dach zur Verfügung. Die Rückwand, die Seitenwand zur Schrankreihe sowie der Boden können keine Wärme an die Außenluft abgeben und dürfen daher bei der Berechnung der wirksamen Oberfläche nicht berücksichtigt werden. Unter diesen Randbedingungen ergibt sich die wirksame Oberfläche zu

$$A = 1,2 \text{ m}^2 \text{ (Front)} + 1,2 \text{ m}^2 \text{ (eine Seite)} + 0,36 \text{ m}^2 \text{ (Dach)} = 2,76 \text{ m}^2 .$$

c) Bei einer maximalen Innentemperatur von 50 °C und einer maximalen Außentemperatur von 30 °C ergibt sich eine Temperaturdifferenz von $\Delta \vartheta = 20 \text{ K}$.

Mit den berechneten Werten erhält man schließlich als zulässige Verlustleistung für den Schaltschrank:

$$P_v = k \cdot A \cdot \Delta \vartheta = 3 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K}) \cdot 2,76 \text{ m}^2 \cdot 20 \text{ K} = 166 \text{ W} .$$

Das Beispiel zeigt, dass mit freier Konvektion nur relativ geringe Verlustleistungen von wenigen 100 W aus einem Schaltschrank abgeführt werden können. Das kann ausreichend sein für Schränke, die lediglich Elektronikkomponenten wie z. B. Control Units, Terminal Modules und Sensor Modules enthalten oder für Anschlussschränke, die nur Schalter, Schütze, Sicherungen und Stromschienen enthalten.

Sollen in einen Schaltschrank jedoch Leistungskomponenten wie z. B. G130 Power Modules, S120 Line Modules oder S120 Motor Modules im Leistungsbereich der Bauform Chassis eingebaut werden, die Verlustleistungen von einigen Kilowatt aufweisen, so ist eine Entwärmung des Schaltschranks durch freie Konvektion nicht mehr möglich. In diesem Falle ist eine forcierte Luftkühlung unter Verwendung von Lüftern zwingend erforderlich.

Entwärmung eines Schaltschranks durch forcierte Luftkühlung unter Verwendung von Lüftern

Bei der Entwärmung durch forcierte Luftkühlung wird die im Inneren entstehende Verlustleistung an die durchströmende Kühlluft abgegeben, die sich dadurch erwärmt. Die abführbare Verlustleistung P_v ist sowohl proportional zum Kühlluftstrom, den der Lüfter durch den Schaltschrank befördert, als auch proportional zur Temperaturdifferenz zwischen Zuluft T_a und Abluft T_c .

Zusätzlich gehen Wärmekapazität und Dichte der Kühlluft in die Berechnung ein, die wieder vom Feuchtegehalt und vom Luftdruck abhängig sind.

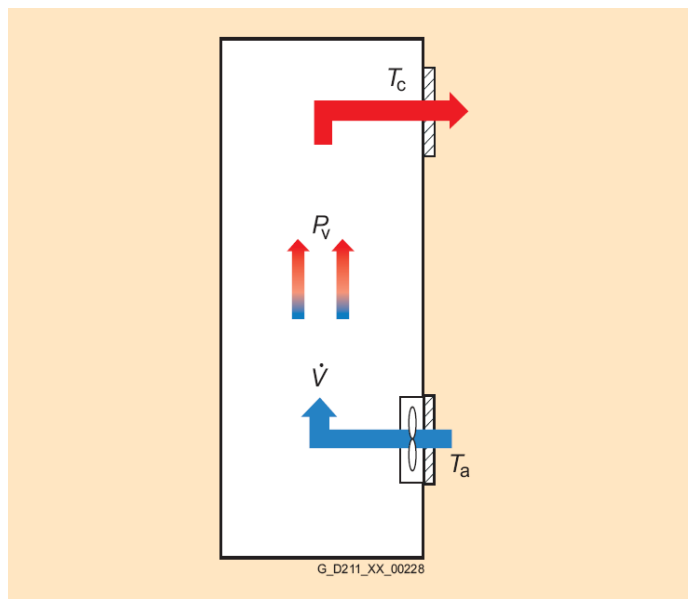
Für die Abschätzung der aus dem Schaltschrank abführbaren Verlustleistung P_v kann für typische Industrieumgebungen und Aufstellhöhen kleiner 2000 m folgende Größengleichung verwendet werden:

$$P_v [W] = 1200 \cdot \dot{V} [m^3/s] \cdot \Delta \vartheta [K]$$

mit

$$\Delta \vartheta = T_c - T_a .$$

Anhand der Gleichung lässt sich leicht abschätzen, dass man mit forcierter Luftkühlung schon bei einer relativ geringen Temperaturdifferenz von ca. 10 K mit einem Kühlluftstrom von ca. 1 m³/s ohne Probleme Verlustleistungen von ca. 12 kW aus dem Schaltschrank abführen kann. Allerdings benötigt der Schrank entsprechend große Lüftungsöffnungen, die den erforderlichen Kühlluftstrom ermöglichen.



Entwärmung eines Schaltschranks durch forcierte Luftkühlung

Anhand dieses Beispiels wird deutlich, dass luftgekühlte SINAMICS Leistungskomponenten wie z. B. G130 Power Modules, S120 Line Modules oder S120 Motor Modules im Leistungsbereich der Bauform Chassis zwingend eine forcierte Luftkühlung benötigen. Daher sind diese Leistungsteile standardmäßig mit Lüftern ausgestattet.

Geräteübergreifende SINAMICS - Projektierung

Projektierungshinweise

3.6.3 Kühlluftbedarf und Öffnungsquerschnitte

Die luftgekühlten Einbaugeräte SINAMICS G130 und die luftgekühlten Einbaugeräte SINAMICS S120 der Bauform Chassis werden durch eingebaute Lüfter forciert gekühlt. Der Kühlluftbedarf der Geräte ist abhängig von Baugröße und Typeleistung bzw. der Verlustleistung der jeweiligen Leistungsteile. Daher sind die Förderleistung und die Anzahl der eingebauten Lüfter je nach Baugröße unterschiedlich. Bei Leistungsteilen, die aus mehreren Powerblöcken bestehen (Baugrößen HX und JX), besitzt jeder Powerblock seinen eigenen Lüfter. Beim Einbau der Geräte in Schaltschränke muss ein ausreichender Kühlluftstrom durch entsprechend gestaltete Zu- und Abluftöffnungen im Schaltschrank sichergestellt werden, indem die Öffnungen einen ausreichenden Querschnitt für den erforderlichen Kühlluftstrom aufweisen.

Zur Einhaltung höherer Schutzarten, wie z. B. IP20 oder größer, ist es erforderlich, die Lüftungsöffnungen im Schrank gitterförmig auszuführen, so dass sich der Gesamtöffnungsquerschnitt aus der Summe vieler einzelner, kleiner Öffnungsquerschnitte zusammensetzt. Damit der Strömungswiderstand und der Druckabfall an diesen gitterförmigen Öffnungen nicht zu groß werden, muss die Querschnittsfläche je Öffnung mindestens in der Größenordnung von etwa 190 mm² liegen (z. B. 7,5 mm x 25 mm oder 9,5 mm x 20 mm). Nur unter diesen Randbedingungen entspricht der effektive Strömungsquerschnitt je Öffnung in etwa dem geometrischen Querschnitt der Öffnung, so dass es zulässig ist, den Gesamtöffnungsquerschnitt als Summe der einzelnen Öffnungsquerschnitte zu betrachten, ohne Reduktionsfaktoren berücksichtigen zu müssen.

Der unten angegebenen Tabelle können die minimal erforderlichen Gesamtöffnungsquerschnitte im Schaltschrank für die Kühlung der einzelnen Geräte entnommen werden. Die in der Tabelle angegebenen Gesamtöffnungsquerschnitte beziehen sich jeweils auf ein Gerät. Werden mehrere Geräte in einen Schaltschrank eingebaut, so vergrößert sich der Gesamtöffnungsquerschnitt entsprechend. Lassen sich die benötigten Öffnungen im Schaltschrank nicht realisieren, so sind die Geräte auf mehrere Schaltschränke zu verteilen, die durch vertikale Trennwände gegeneinander abgeschottet werden müssen.

Luftgekühlte SINAMICS Antriebskomponente	Typeleistung P _N	Kühlluftbedarf [m ³ /s]	Minimaler Öffnungsquerschnitt im Schrank	
			Einlassöffnung unten [m ²]	Auslassöffnung oben [m ²]
SINAMICS S120 Chassis (Luftkühlung)				
Basic Line Modules				
▪ Baugröße FB	200 - 400 kW bei 400 V; 250 - 560 kW bei 690 V	0,17	0,1	0,1
▪ Baugröße GB	560 - 710 kW bei 400 V; 900 - 1100 kW bei 690 V	0,36	0,19	0,19
Smart Line Modules				
▪ Baugröße GX	250 - 355 kW bei 400 V; 450 kW bei 690 V	0,36	0,19	0,19
▪ Baugröße HX	500 kW bei 400 V; 710 kW bei 690 V	0,78	0,28	0,28
▪ Baugröße JX	630 - 800 kW bei 400 V; 1000 - 1400 kW bei 690 V	1,08	0,38	0,38
Active Interface Modules				
▪ Baugröße FI	132 - 160 kW bei 400 V	0,24	0,1	0,1
▪ Baugröße GI	235 - 300 kW bei 400 V	0,47	0,25	0,25
▪ Baugröße HI/ JI	380 - 900 kW bei 400 V; 630 - 1400 kW bei 690 V	0,4	0,2	0,2
Active Line Modules				
▪ Baugröße FX	132 kW bei 400 V 160 kW bei 400 V;	0,17 0,23	0,1 0,1	0,1 0,1
▪ Baugröße GX	235 - 300 kW bei 400 V	0,36	0,19	0,19
▪ Baugröße HX	380 - 500 kW bei 400 V; 630 kW bei 690 V	0,78	0,28	0,28
▪ Baugröße JX	630 - 900 kW bei 400 V; 800 - 1400 kW bei 690 V	1,08	0,38	0,38

Geräteübergreifende SINAMICS - Projektierung

Projektierungshinweise

Luftgekühlte SINAMICS Antriebskomponente	Typeleistung P _n	Kühlluftbedarf [m ³ /s]	Minimaler Öffnungsquerschnitt im Schrank	
			Einlassöffnung unten [m ²]	Auslassöffnung oben [m ²]
Motor Modules				
▪ Baugröße FX	110 kW bei 400 V;	0,17	0,1	0,1
	132 kW bei 400 V;	0,23	0,1	0,1
	75 - 132 kW bei 690 V	0,17	0,1	0,1
▪ Baugröße GX	160 - 250 kW bei 400 V;	0,36	0,19	0,19
	160 - 315 kW bei 690 V			
▪ Baugröße HX	315 - 450 kW bei 400 V;	0,78	0,28	0,28
	400 - 560 kW bei 690 V			
▪ Baugröße JX	560 - 800 kW bei 400 V;	1,08	0,38	0,38
	710 - 1200 kW bei 690 V			
SINAMICS G130				
Power Modules				
▪ Baugröße FX	110 kW bei 400 V;	0,17	0,1	0,1
	132 kW bei 400 V;	0,23	0,1	0,1
	75 - 132 kW bei 690 V	0,17	0,1	0,1
▪ Baugröße GX	160 - 250 kW bei 400 V;	0,36	0,19	0,19
	110 - 200 kW bei 500 V;			
	160 - 315 kW bei 690 V			
▪ Baugröße HX	315 - 450 kW bei 400 V;	0,78	0,28	0,28
	250 - 400 kW bei 500 V;			
	400 - 560 kW bei 690 V			
▪ Baugröße JX	560 kW bei 400 V;	1,48	0,47	0,47
	500 - 560 kW bei 500 V;			
	710 - 800 kW bei 690 V			

Kühlluftbedarf u. erforderliche Schranköffnungsquerschnitte für Einbaugeräte SINAMICS S120 Chassis u. SINAMICS G130

Um einen zuverlässigen, dauerhaften Betrieb der Geräte zu gewährleisten, muss darauf geachtet werden, dass keine unzulässig großen Schmutz- und Staubpartikel eindringen können. Dazu sind den Umgebungsbedingungen angepasste Schutzarten der Schaltschränke durch Verwendung von Drahtgittern oder Filtermatten zu realisieren. Sind Schaltschränke in einer Umgebung aufgestellt, wo feine Stäube oder Öldämpfe auftreten können, sind Feinfiltermatten zu verwenden, um eine Verschmutzung der Geräte zu verhindern.

Für Schutzarten des Schaltschranks bis zu IP43 reicht die Förderleistung der in den Einbaugeräten vorhandenen Lüfter in der Regel aus, um einen ausreichenden Kühlluftstrom durch die Schranköffnungen einschließlich der Drahtgitter oder Filtermatten zu gewährleisten, sofern die in diesem Abschnitt angegebenen Gesamtöffnungsquerschnitte eingehalten werden und die in den folgenden Abschnitten angegebenen Informationen zur Luftführung und Abschottung im Schaltschrank berücksichtigt werden.

Wenn Schutzarten des Schaltschranks größer IP43 durch den Einsatz entsprechend feiner Filtermatten realisiert werden sollen, ist die Förderleistung der eingebauten Lüfter nicht mehr ausreichend. In diesem Fall ist entweder die Leistung der Geräte zu reduzieren oder der Gesamtöffnungsquerschnitt im Schaltschrank zu erhöhen. Alternativ kann eine „aktive“ Dachhaube verwendet werden, d. h. eine Dachhaube, in die zusätzliche Ventilatoren integriert sind, die den Kühlluftdurchsatz durch den Schrank erhöhen. Bei der Auswahl einer „aktiven“ Dachhaube ist auf eine ausreichende Förderleistung der Ventilatoren in der Dachhaube zu achten, damit kein Luftstau im Schaltschrank entstehen kann. Käme es zu einem Luftstau, so würde die Kühlleistung reduziert und es könnte zu einer Überhitzung und damit zu einer Störabschaltung der Geräte kommen. Daher sollte die Förderleistung der zusätzlichen Ventilatoren in der Dachhaube mindestens der Förderleistung der eingebauten Gerätelüfter entsprechen. Die erforderlichen Fördermengen bzw. Kühlluftbedarfe können der oben angegebenen Tabelle entnommen werden.

Sind die zur Erzielung höherer Schutzarten – insbesondere IP54 – eingesetzten Filtermatten stark mit Schmutz zugelegt, verringert sich der Kühlluftstrom durch den erhöhten Strömungswiderstand der verschmutzten Filtermatten. Dies kann zur Überlastung der in den Geräten eingebauten Lüfter führen und hat auf jeden Fall eine Überhitzung und damit eine Störabschaltung der Geräte zur Folge. Um dies zu vermeiden, sind den Verschmutzungsverhältnissen angepasste Wechselintervalle der Filter festzulegen und strikt einzuhalten. Bei dauerhaft stark verschmutzter Umgebungsluft können die Wechselintervalle der Filter sehr kurz werden, wodurch der Wartungsaufwand und damit die Wartungskosten sehr hoch werden können. In diesem Falle sollte flüssigkeitsgekühlten Antriebslösungen mit vollständig geschlossenen Schaltschränken der Vorzug vor luftgekühlten Antriebslösungen gegeben werden.

Geräteübergreifende SINAMICS - Projektierung

Projektierungshinweise

3.6.4 Einzuhaltende Freiräume

Luftgekühlte SINAMICS-Geräte der Bauform Chassis werden mit eingebauten Lüftern forciert gekühlt, um einen ausreichenden Kühlluftstrom zur Entwärmung der Leistungsteile zu gewährleisten.

Beim Einbau der Chassis in Schaltschränke oder andere Umhausungen müssen daher ausreichende Öffnungen für die Kühlluftzufuhr und für die Kühlluftabfuhr vorgesehen werden. Schaltschränke sind deshalb mit geeigneten Luftein- und Austrittsöffnungen auszustatten wie im vorausgehenden Abschnitt im Detail beschrieben.

Außerdem sind innerhalb des Schaltschranks oder der Umhausung ausreichende Freiräume für eine ordnungsgemäße Luftführung erforderlich, damit die kalte Zuluft ungehindert zum Chassis hin und die erwärmte Abluft vom Chassis weg strömen kann.

Zur optimalen Kühlung der luftgekühlten Geräte der Bauform Chassis sind alle Komponenten dieser Geräte mit besonders hoher Verlustleistung und entsprechend hoher Erwärmung (Leistungsbauelemente von Gleich- und Wechselrichter) auf Kühlkörpern angeordnet, die von einem Kühlluftstrom durchströmt werden. Dieser Kühlluftstrom wird durch die im Chassis eingebauten Lüfter erzeugt und durchströmt die Geräte senkrecht von unten nach oben, wodurch sich die Kühlluft erwärmt und dadurch die Komponenten kühlt. Durch den beschriebenen Aufbau der Leistungsteile und die Anordnung der Lüfter wird die Kühlluft immer unten angesaugt, im Gerät erwärmt und oben wieder ausgeblasen. Daher muss stets sichergestellt werden, dass unten genügend kalte Kühlluft ins Chassis eintreten und oben genügend erwärmte Kühlluft wieder aus dem Chassis austreten kann.

Zur ordnungsgemäßen Kühlung der Geräte der Bauform Chassis müssen daher beim Einbau in Schaltschränke Freiräume vor den Chassis sowie unterhalb und oberhalb der Chassis für die Kühlluftführung vorgesehen werden. Diese Freiräume bzw. Abstände sind für die verschiedenen Chassis-Ausführungen in der folgenden Tabelle angegeben. Sie sind als Mindestwerte zu verstehen und zwingend einzuhalten. Die Abstände beziehen sich stets auf die Außenkanten der Chassis-Geräte.

Komponente	Baugröße	Abstand vorn ¹⁾ [mm]	Abstand oben [mm]	Abstand unten [mm]
S120 Chassis				
Basic Line Modules	FB, GB	40	250	150
Smart Line Modules	GX, HX, JX	40	250	150
Active Interface Modules	FI	40	250	150
Active Interface Modules	GI	50	250	150
Active Interface Modules	HI, JI	40	250	0
Active Line Modules	FX, GX, HX, JX	40	250	150
Motor Modules	FX, GX, HX, JX	40	250	150
G130				
Power Modules	FX	40	250	150
Power Modules	GX	50	250	150
Power Modules	HX, JX	40	250	150

¹⁾ Die Abstände gelten für den Bereich der Lüftungsschlitze in der Frontabdeckung.

Einzuhaltende Freiräume bzw. Abstände zur ordnungsgemäßen Belüftung der Geräte der Bauform Chassis

Innerhalb der Freiräume darf nichts angeordnet werden, was den Kühlluftstrom zum Chassis hin und vom Chassis weg signifikant behindern könnte.

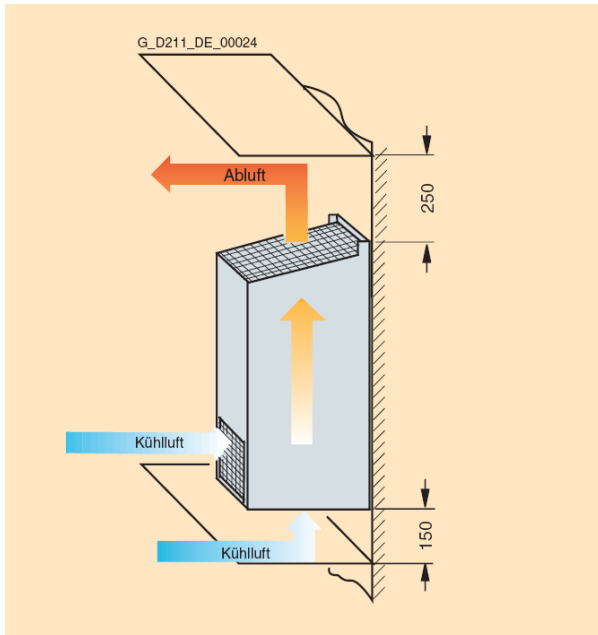
Insbesondere ist dafür Sorge zu tragen, dass keine ungünstig angeordneten elektrischen Leitungen bzw. Verschienenungen die Luftein- und Austrittsöffnungen der Chassis unmittelbar verdecken oder den Querschnitt für den Kühlluftstrom nennenswert einengen.

Auch Schutzabdeckungen innerhalb des Schaltschranks dürfen die Luftzufuhr zum Chassis und die Luftabfuhr vom Chassis nicht behindern. Gegebenenfalls sind die Schutzabdeckungen mit entsprechend gestalteten, gitterförmigen Öffnungen zu versehen.

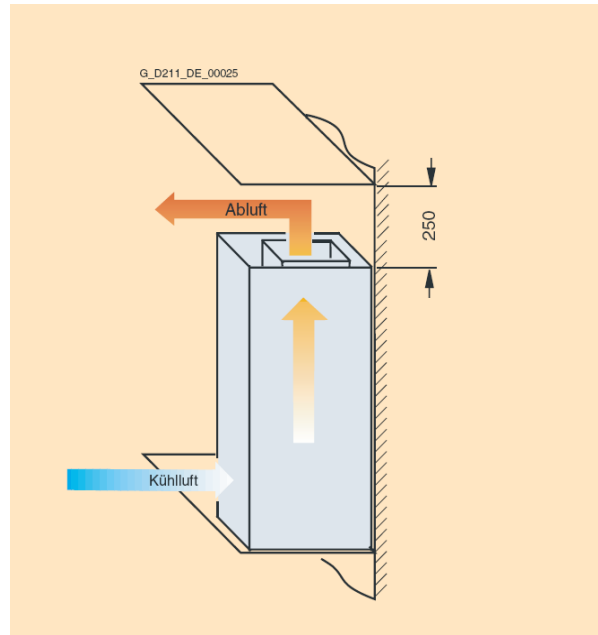
Weitergehende Informationen können den entsprechenden Gerätehandbüchern entnommen werden.

Die folgenden Skizzen verdeutlichen die in der oben angegebenen Tabelle enthaltenen Informationen.

Belüftung der Leistungsteile SINAMICS S120 Bauform Chassis: Active Interface Modules

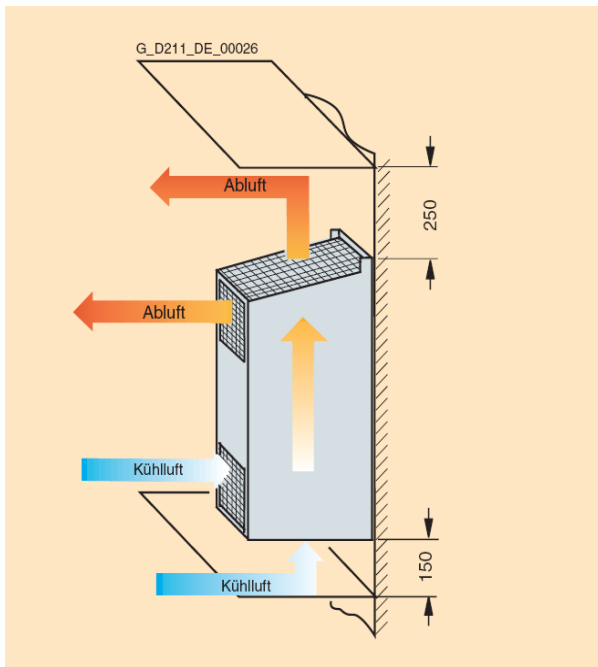


Erforderliche Lüftungsfreiräume für:
- S120 Active Interface Modules, Baugrößen FI und GI

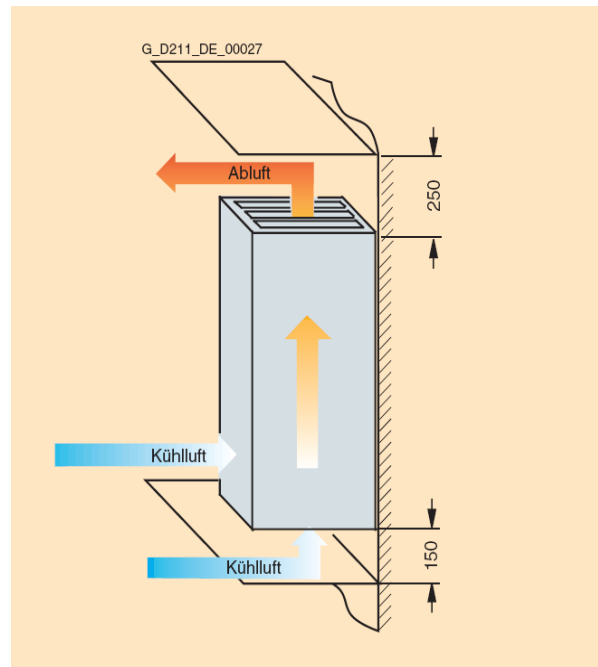


Erforderliche Lüftungsfreiräume für:
- S120 Active Interface Modules, Baugrößen HI und JI

Belüftung der Leistungsteile SINAMICS S120 Bauform Chassis und SINAMICS G130



Erforderliche Lüftungsfreiräume für:
- S120 Smart Line Modules, Baugröße GX,
- S120 Active Line Modules, Baugrößen FX und GX,
- S120 Motor Modules, Baugrößen FX und GX,
- G130 Power Modules, Baugrößen FX und GX



Erforderliche Lüftungsfreiräume für:
- S120 Basic Line Modules, Baugrößen FB und GB,
- S120 Smart Line Modules, Baugrößen HX und JX,
- S120 Active Line Modules, Baugrößen HX und JX,
- S120 Motor Modules, Baugrößen HX und JX,
- G130 Power Modules Baugrößen HX und JX

3.6.5 Erforderliche Abschottungsmaßnahmen

Abschottungen im Schaltschrank sind erforderlich, um schrankinterne Luftkurzschlüsse, d. h. unerwünschte Luftzirkulationen innerhalb des Schaltschranks, zu vermeiden. Diese können die Kühlung der im Schrank eingebauten Komponenten verschlechtern und zu einer Überhitzung der Geräte und damit zu einer Störabschaltung führen.

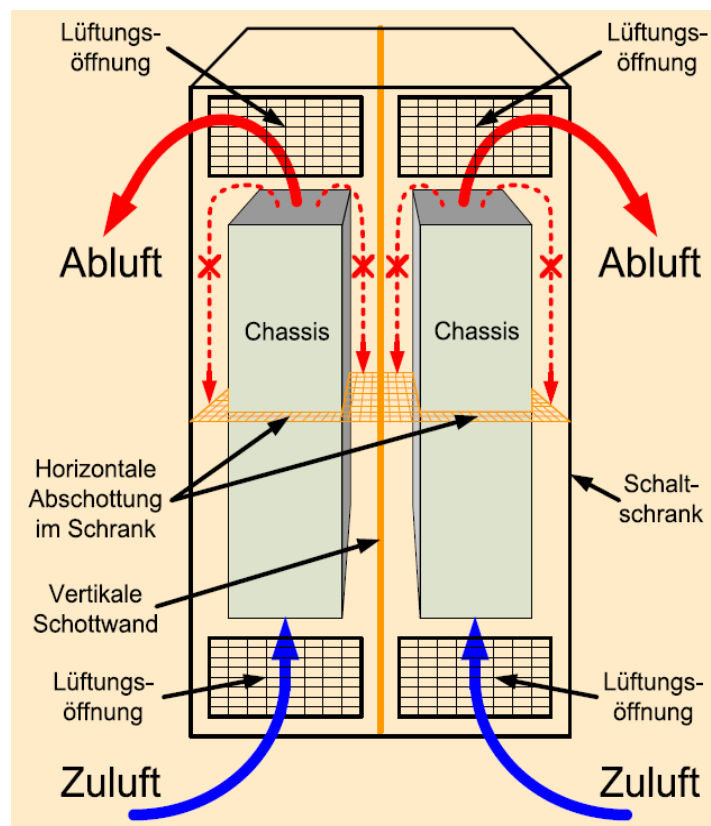
Die in den luftgekühlten Einbaugeräten SINAMICS S120 Bauform Chassis u. die in den luftgekühlten Einbaugeräten SINAMICS G130 vorhandenen Lüfter erzeugen im Chassis einen Kühlluftstrom von unten nach oben. Dadurch entsteht im unteren Schrankbereich ein Unterdruck und im oberen Schrankbereich ein Überdruck. Der Unterdruck im unteren Schrankbereich sorgt dafür, dass kalte Zuluft aus der Umgebung des Schrankes über die unteren Lüftungsöffnungen in den Schrank hinein gesaugt wird. Diese kalte Zuluft strömt durch das Chassis nach oben und wird dabei erwärmt. Der im oberen Schrankbereich entstehende Überdruck sorgt dafür, dass die erwärmte Abluft über die oberen Lüftungsöffnungen im Schrank wieder in die Umgebung des Schrankes ausgeblasen wird.

Optimale Kühlverhältnisse liegen immer dann vor, wenn die gesamte, unten vom Schrank angesaugte, kalte Zuluft nach dem Durchströmen des Chassis den Schrank oben als erwärmte Abluft wieder verlässt.

Diese Verhältnisse lassen sich nur durch entsprechende Abschottungen im Schrank erreichen. Die Abschottungen im Schrank müssen dafür sorgen, dass innerhalb des Schrankes kein Luftkurzschluss entstehen kann, d. h. dass die erwärmte Luft im oberen Schrankbereich nicht innerhalb des Schrankes nach unten zurückströmen kann. Die nebenstehende Abbildung verdeutlicht die Strömungsverhältnisse im Schrank bei Verwendung geeigneter horizontaler und vertikaler Abschottungsmaßnahmen.

Ohne diese Maßnahmen könnte aufgrund der Druckverhältnisse im Schrank ein größerer Teil der erwärmten Luft innerhalb des Schrankes von oben an den Seiten und an der Front des eingebauten Chassis nach unten strömen, so dass das Chassis unten bereits warme Luft zur Kühlung ansaugen würde. Hierdurch könnten sich die Kühlungsverhältnisse deutlich verschlechtern und zu einer Überhitzung der Geräte führen.

Als Abschottungen können geeignet geformte Bleche oder Kunststoffteile verwendet werden, wie in der Abbildung gezeigt. Die Abschottung muss sowohl am Chassis rundum eng anliegen als auch an den Seitenwänden sowie der Tür des Schrankes. Sie muss zudem so gestaltet sein, dass der oben aus dem Chassis austretende Luftstrom nicht in die Schrankholme gedrückt wird, sondern um diese herum gelenkt wird.



Kühlluftführung im Schrank / erforderliche Abschottungsmaßnahmen

Bei Schaltschränken der Schutzart IP20 und vor allem bei Schaltschränken mit höheren Schutzarten sind Abschottungsmaßnahmen zwingend erforderlich, weil mit zunehmender Schutzart des Schrankes durch die verwendeten Gitter bzw. Filter der Strömungswiderstand durch die Öffnungen des Schrankes immer größer wird und somit die Gefahr von internen Luftkurzschlüssen immer mehr ansteigt.

Werden – wie in der Abbildung dargestellt – in einem Schaltschrank mehrere Chassis gleicher Baugröße montiert, die jeweils etwa gleiche Strömungsverhältnisse aufweisen, so ist es in der Regel ausreichend, durch horizontale Abschottungen im Schrank dafür zu sorgen, dass keine Luftströmung im Schrank von oben nach unten erfolgen kann.

Werden dagegen in einem Schaltschrank mehrere Chassis stark unterschiedlicher Baugröße montiert, die sehr unterschiedliche Strömungsverhältnisse aufweisen, so sind die einzelnen Chassis zusätzlich zur horizontalen Abschottung durch vertikale Schottwände gegeneinander abzuschotten. Anderenfalls kann es vorkommen, dass Chassis kleinerer Baugröße mit entsprechend geringer Lüfterleistung nicht mehr in der Lage sind, einen ausreichenden Kühlluftstrom zu erzeugen, weil der durch die Chassis größerer Leistung erzeugte Überdruck im oberen Bereich des Schrankes zu groß wird.

3.6.6 Verhinderung von Betauung beim Einsatz von Klimageräten und Klimaanlage

Einsatz von Klimageräten zur Schaltschrankkühlung

Beim Einsatz von Klimageräten zur Kühlung der Innenluft von SINAMICS Schrankgeräten ist zu beachten, dass durch das Abkühlen der Luft im Klimagerät die relative Luftfeuchtigkeit der vom Klimagerät ausgeblasenen Luft ansteigt und gegebenenfalls die Taupunkttemperatur unterschreiten kann. Die Taupunkttemperatur ist die Temperatur, bei der die in der Luft enthaltene Feuchtigkeit kondensiert. Das bei der Kondensation entstehende Wasser kann Korrosion und elektrische Schäden wie z. B. Überschläge im Leistungsteil der im Schrank eingebauten Geräte verursachen, was im Worst Case einen Totalschaden der Geräte zur Folge haben kann. Daher muss eine Kondensation in den Geräten absolut zwingend vermieden werden.

Die folgende Tabelle gibt die Taupunkttemperatur in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur T und der relativen Luftfeuchtigkeit Φ für einen Atmosphärendruck von 100 kPa (1 bar) an, was einer Aufstellhöhe von 0 bis ca. 500 m über NN entspricht. Da die Taupunkttemperatur mit abnehmendem Druck sinkt, liegen die Werte der Taupunkttemperatur bei größeren Aufstellhöhen unter den angegebenen Tabellenwerten. Somit liegt man stets auf der sicheren Seite, wenn man der Projektierung grundsätzlich die Tabellenwerte für die Aufstellhöhe Null zugrundelegt.

Umgebungs- temperatur T	Relative Luftfeuchtigkeit Φ										
	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	85 %	90 %	95 %	100 %
10 °C	< 0 °C	< 0 °C	< 0 °C	0,2 °C	2,7 °C	4,8 °C	6,7 °C	7,6 °C	8,4 °C	9,2 °C	10,0 °C
20 °C	< 0 °C	2,0 °C	6,0 °C	9,3 °C	12,0 °C	14,3 °C	16,4 °C	17,4 °C	18,3 °C	19,1 °C	20,0 °C
25 °C	0,6 °C	6,3 °C	10,5 °C	13,8 °C	16,7 °C	19,1 °C	21,2 °C	22,2 °C	23,2 °C	24,1 °C	24,9 °C
30 °C	4,7 °C	10,5 °C	14,9 °C	18,4 °C	21,3 °C	23,8 °C	26,1 °C	27,1 °C	28,1 °C	29,0 °C	29,9 °C
35 °C	8,7 °C	14,8 °C	19,3 °C	22,9 °C	26,0 °C	28,6 °C	30,9 °C	32,0 °C	33,0 °C	34,0 °C	34,9 °C
40 °C	12,8 °C	19,1 °C	23,7 °C	27,5 °C	30,6 °C	33,4 °C	35,8 °C	36,9 °C	37,9 °C	38,9 °C	39,9 °C
45 °C	16,8 °C	23,3 °C	28,2 °C	32,0 °C	35,3 °C	38,1 °C	40,6 °C	41,8 °C	42,9 °C	43,9 °C	44,9 °C
50 °C	20,8 °C	27,5 °C	32,6 °C	36,6 °C	40,0 °C	42,9 °C	45,5 °C	46,6 °C	47,8 °C	48,9 °C	49,9 °C

Taupunkttemperatur in Abhängigkeit von der Umgebungstemp. T und der relativen Luftfeuchtigkeit Φ bei Aufstellhöhe Null

Gemäß Tabelle kann bei hohen relativen Luftfeuchtigkeiten schon eine geringe Abkühlung der Luft im Klimagerät zur Betauung führen. Daher ist beim Einsatz von Klimageräten entweder durch Luftleitbleche oder einen Mindestabstand von ca. 200 mm zwischen der Ausströmöffnung des Klimagerätes und den eingebauten Geräten sicherzustellen, dass sich die aus dem Klimagerät ausgeblasene kalte feuchte Luft ausreichend mit warmer trockener Schrankluft mischen kann, bevor die Luft in die eingebauten Geräte eintritt. Durch ausreichendes Mischen mit warmer trockener Schrankluft sinkt die relative Luftfeuchtigkeit wieder auf unkritische Werte.

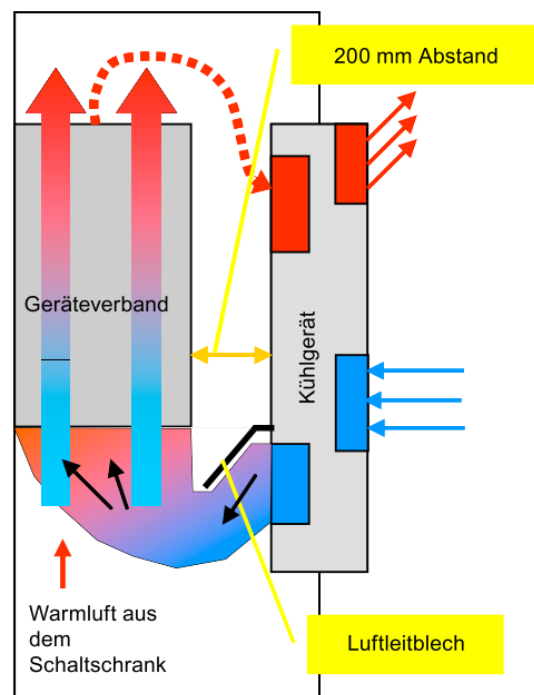
Kondensatabfuhr

Nach dem Schließen der Türen des Schrankgerätes und dem Anlauf des Klimagerätes fällt Kondensat an. Der Kondensatanfall erhöht sich bei Undichtigkeiten des Schaltschranks oder bei offenen Schaltschranktüren. Dieses Kondensat muss ohne Verletzung der Schutzart nach IEC 60529 aus dem Schaltschrank abgeführt werden.

Es wird empfohlen, Klimageräte bei offenen Türen durch Türkontaktschalter stillzusetzen.

Besonders beim Aufbau des Klimagerätes auf dem Schaltschrankdach ist sicherzustellen, dass das Kondensat nicht in die Geräte hineintropfen kann.

Kondensat ist entweder aufzufangen oder zu verdampfen.



Richtige Luftführung vermeidet Betauung in den Geräten

Geräteübergreifende SINAMICS - Projektierung

Projektierungshinweise

Einstellung der Temperatur des Klimagerätes

Es wird dringend empfohlen, die Soll-Temperatur des Klimagerätes nicht zu niedrig einzustellen. Zu niedrige Werte der Innentemperatur des Schaltschranks bewirken einen übermäßigen Verschleiß des Klimagerätes, sehr hohen Kondensatanfall, unnötigen Energieverbrauch und eine hohe relative Luftfeuchtigkeit mit der Gefahr von Betauung, die den Ausfall der im Schrank eingebauten Geräte mit sich bringen kann.

Bei einer zu großen Differenz zwischen der Innentemperatur des Schaltschranks und der Außentemperatur besteht zudem beim Öffnen des Schaltschranks die Gefahr von Betauung.

Aus diesen Gründen sollte die Soll-Temperatur des Klimagerätes abhängig von der maximal zu erwartenden relativen Luftfeuchtigkeit am Aufstellort eingestellt werden, und zwar nicht zu niedrig. Bei relativen Luftfeuchtigkeiten bis zu 60 % sollte die Soll-Temperatur etwa 10°C niedriger liegen als die zulässige Umgebungstemperatur der eingebauten Geräte, und bei relativen Luftfeuchtigkeiten bis zu 90 % sollte die Soll-Temperatur nur noch etwa 5°C niedriger liegen. Zusätzlich sollte bei Klimageräten mit Zweipunktreglern die Schalt-Hysterese auch nur ganz wenige °C betragen. Bei einer zulässigen Umgebungstemperatur der SINAMICS Einbaugeräte von 40°C (ohne Strom-Derating) empfiehlt sich daher die Einstellung des Klimagerätes auf etwa 30°C. Die Schalt-Hysterese sollte möglichst im Bereich von ca. 3° bis 5°C liegen.

Einsatz von Klimaanlage zu Raumklimatisierung

Für Klimaanlage, welche für die Kühlung des Raumes sorgen, in dem die SINAMICS Schrankgeräte aufgestellt sind, gelten sinngemäß dieselben Aussagen. Wegen der Gefahr der Betauung sollte die Raumtemperatur nicht zu niedrig eingestellt werden und die Ausströmöffnungen der Klimaanlage sollten die kalte feuchte Luft nicht unmittelbar an die Einlassöffnungen der Schrankgeräte leiten, damit sich die kalte feuchte Luft der Klimaanlage zunächst mit der etwas wärmeren trockeneren Raumluft mischen kann, bevor sie an die Einlassöffnungen der Schrankgeräte gelangt. Hinsichtlich der Soll-Temperatur der Klimaanlage in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchtigkeit und hinsichtlich der Schalt-Hysterese des Zweipunktreglers gelten dieselben Aussagen wie oben für Klimageräte beschrieben.

3.7 Montagevorrichtungen für Powerblöcke und Leistungsteile

Montagevorrichtung zum Wechsel von Powerblöcken luftgekühlter Leistungsteile der Bauform Chassis

Zum Austausch von Powerblöcken bei luftgekühlten Einbau- und Schrankgeräten ist eine Montagevorrichtung erhältlich. Der Ein- und Ausbau der Powerblöcke wird hierdurch wesentlich erleichtert.

Die Montagevorrichtung wird vor dem zu wechselnden Powerblock platziert und am Rahmen des Leistungsteiles befestigt. Über die vorhandenen Teleskopschienen kann die Montagevorrichtung an die jeweilige Einbauhöhe angepasst werden. Nach Lösen der mechanischen und elektrischen Verbindungen kann der Powerblock aus dem Leistungsteil herausgezogen werden. Hierbei wird der Powerblock durch die Führungsschienen geführt und gestützt.



Montagevorrichtung zum Wechsel von Powerblöcken luftgekühlter Leistungsteile der Bauform Chassis



Montagevorrichtung für flüssigkeitsgekühlte und wassergekühlte Leistungsteile

Montagevorrichtung für flüssigkeitsgekühlte und wassergekühlte Leistungsteile

Zum Austausch von flüssigkeitsgekühlten und wassergekühlten Leistungsteilen ist ebenfalls eine Montagevorrichtung erhältlich.

Die Montagevorrichtung dient dem Ein- und Ausbau von flüssigkeitsgekühlten und wassergekühlten Power Modules, Line Modules und Motor Modules in einen bzw. aus einem Schaltschrank. Die Montagevorrichtung kann eingesetzt werden, wenn die Leistungsteile im Schaltschrank auf Trageschienen montiert sind, die an der Vorderseite zwei Gewinde M6 im senkrechten Abstand von 20 mm zur Befestigung der Montagevorrichtung besitzen. Mittels der Teleskopschienen kann die Montagevorrichtung an die jeweilige Einbauhöhe und die Breite des Leistungsteils angepasst werden. Nach dem Lösen der mechanischen und elektrischen Verbindungen und der Kühlmittelanschlüsse kann das Leistungsteil aus dem Schaltschrank herausgezogen werden. Das Leistungsteil wird dabei durch die Führungsschienen der Montagevorrichtung geführt und gestützt. Das Leistungsteil muss mit Hilfe von Kranösen und einer Hebevorrichtung durch einen Kran, ein Dreibein oder ähnliches gegen Kippen gesichert werden.

3.8 Ersatz der Umrichterreihe SIMOVERT P und SIMOVERT A durch SINAMICS

3.8.1 Allgemeines

Die Umrichter der Reihen SIMOVERT P und SIMOVERT A, die bis etwa 1995 produziert wurden, werden zunehmend durch neue Umrichter der Reihe SINAMICS ersetzt, weil sie das Ende ihrer wirtschaftlichen Lebensdauer erreicht haben und die Ersatzteilversorgung immer problematischer wird.

Die von den Umrichtern gespeisten Motoren der Reihen 1LA6, 1LA8 und 1LA1 werden jedoch häufig nicht gleichzeitig mit den Umrichtern erneuert.

Da die Umrichter der Reihe SINAMICS – im Gegensatz zu den alten Umrichterreihe – im motorseitigen Wechselrichter mit modernen, schnell schaltenden IGBTs ausgerüstet sind, ergibt sich nach der Umrüstung für die alten Motoren 1LA6, 1LA8 und 1LA1

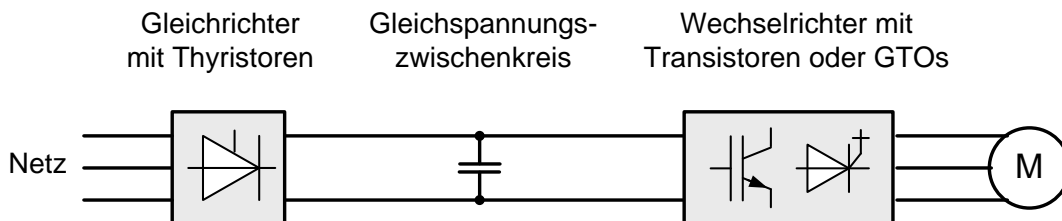
- eine höhere Spannungsbelastung an der Motorwicklung,
- eine höhere Belastung der Motorlager durch Lagerströme.

Daher sind bei der Kombination von SINAMICS-Umrichtern mit alten Motoren der Reihen 1LA6, 1LA8 und 1LA1 einige Punkte zu beachten, damit die Motoren durch den Umrichterbetrieb mit SINAMICS nicht geschädigt werden.

3.8.2 Ersatz von Umrichtern der Reihe SIMOVERT P 6SE35/36 und 6SC36/37 durch SINAMICS

Eigenschaften der SIMOVERT P-Umrichter

Die Umrichter der Reihe SIMOVERT P sind – wie die Umrichter der Reihe SINAMICS - Pulsumrichter mit einem Gleichspannungszwischenkreis. Der motorseitige Wechselrichter ist bei den Geräten 6SE35/36 für Netzanschlussspannungen ≤ 500 V mit Transistoren bestückt und bei den Geräten 6SC36/37 für Netzanschlussspannungen von 600 V – 690 V mit GTOs, d. h. mit abschaltbaren Thyristoren.



Antrieb mit Gleichspannungszwischenkreis-Umrichter SIMOVERT P 6SE35/36 bzw. 6SC36/37

Die Spannungssteilheiten und Pulsfrequenzen bei den Umrichtern der Reihe SIMOVERT P liegen relativ niedrig:

- Transistorumrichter 6SE35/36: $du/dt = 1 \text{ kV}/\mu\text{s} - 3 \text{ kV}/\mu\text{s}$, Pulsfrequenz $f_P = 1 \text{ kHz}$
- GTO-Umrichter 6SC36/37: $du/dt \approx 200 \text{ V}/\mu\text{s}$, Pulsfrequenz $f_P = 500 \text{ Hz}$

Damit ist die Spannungsbelastung an der Motorwicklung sowie die Belastung der Motorlager mit Lagerströmen bei Antrieben mit SIMOVERT P-Umrichtern deutlich geringer als beim Einsatz von SINAMICS-Umrichtern mit IGBTs im Wechselrichter.

Eigenschaften der an den SIMOVERT P-Umrichtern betriebenen Motoren 1LA6, 1LA8 und 1LA1

- Die Motoren besitzen entweder normale Läuferausführungen oder streuungsreiche Sonderläuferausführungen für SIMOVERT P: Bei der Motorenreihe 1LA6 ab Baugröße 315L, bei der Motorenreihe 1LA8 erkennbar an der Buchstabenfolge „PS“ in der Artikelnummer, und bei der Motorenreihe 1LA1 generell.
- Das Isoliersystem bei der Motorenreihe 1LA6 ist mit der heutigen Standardisolierung vergleichbar. Dies gilt auch für die Motorenreihe 1LA8, da bei dieser Motorenreihe die Sonderisolierung für Umrichterbetrieb bei 690 V erst zusammen mit der Umrichterreihe SIMOVERT MASTERDRIVES eingeführt wurde. Das Isoliersystem bei der Motorenreihe 1LA1 ist mit der heutigen Sonderisolierung für Umrichterbetrieb bei 690 V vergleichbar.
- Die Motoren der Reihe 1LA6 besitzen kein isoliertes Lager auf der NDE-Seite. Dies gilt in der Regel auch für die Motoren der Reihe 1LA8, da bei dieser Motorenreihe isolierte NDE-Lager für Umrichterbetrieb erst zusammen mit der Umrichterreihe SIMOVERT MASTERDRIVES eingeführt wurden. Die Motoren der Reihe 1LA1 sind aufgrund der Baugröße mit einem isolierten Lager auf der NDE-Seite ausgerüstet.

Geräteübergreifende SINAMICS - Projektierung

Projektierungshinweise

Ersatz von SIMOVERT P-Umrichtern durch SINAMICS

Da sowohl die Umrichter der Reihe SIMOVERT P als auch die Umrichter der Reihe SINAMICS als Spannungszwischenkreis-Umrichter ausgeführt sind und die zugehörigen Motoren entweder normale oder relativ streuungsreiche Läuferausführungen besitzen, ist ein Ersatz von SIMOVERT P durch SINAMICS grundsätzlich problemlos möglich. Dabei sind jedoch folgende Aspekte zu beachten:

- SIMOVERT P-Umrichter gibt es als Standardausführung für 1Q-Betrieb und als NGP-Ausführung für 4Q-Betrieb. Dies ist zu beachten, damit der SINAMICS-Umrichter in der richtigen Ausführung für 1Q- oder 4Q-Betrieb gewählt wird.
- Im oberen Leistungsbereich der Motoren 1LA8 und im Leistungsbereich der Motoren 1LA1 kommen in der Regel Umrichter-Parallelschaltungen zum Einsatz. Da die älteren Motoren 1LA8 und die Motoren 1LA1 für den Betrieb am SIMOVERT P-Umrichter keine getrennten Wicklungssysteme besitzen, ist dieses bei der Auswahl der entsprechenden SINAMICS-Umrichter-Parallelschaltungen zu berücksichtigen. Details hierzu, wie z. B. erforderliche Mindestleitungslängen zum Motor oder aber der Einsatz von Motordrosseln bzw. -filtern, sind im Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt „Umrichter-Parallelschaltungen“ beschrieben.
- SIMOVERT P-Umrichter werden mit niedrigeren Pulsfrequenzen betrieben als SINAMICS-Umrichter. Daher ergibt sich beim Ersatz von SIMOVERT P durch SINAMICS eine geringfügige Reduktion der umrichterbedingten Zusatzverluste im Motor sowie der umrichterbedingten Motorgeräusche.

Beachtet werden müssen außerdem die potentiellen Problempunkte bezüglich der Motoren:

- Spannungsbelastung an der Motorwicklung,
- Belastung der Motorlager durch Lagerströme.

Hierfür existieren grundsätzlich Lösungen. So können Motordrosseln oder Motorfilter am Ausgang des SINAMICS-Umrichters eingesetzt werden oder der Motor kann in Service-Werkstätten mit einem isolierten Lager ausgerüstet werden.

1. Empfohlene Maßnahmen beim Ersatz von Transistor-Umrichtern 6SE35/36 für Netzanschlussspannungen ≤ 500 V

1.1 Betrieb an Motoren 1LA6 und 1LA8:

- Einsatz einer Motordrossel am SINAMICS-Umrichter zur Reduktion der Spannungsteilheit du/dt und Nachrüstung eines isolierten Lagers auf der NDE-Seite des Motors ¹⁾
oder
- Einsatz eines du/dt -Filters plus VPL oder eines du/dt -Filters compact plus VPL am SINAMICS-Umrichter und keine Änderungen am Motor

1.2 Betrieb an Motoren 1LA1:

- Keine Maßnahmen erforderlich

2. Empfohlene Maßnahmen beim Ersatz von GTO-Umrichtern 6SC36/37 für Netzanschlussspannungen 600 V-690 V

2.1 Betrieb an Motoren 1LA6 und 1LA8:

- Einsatz eines du/dt -Filters plus VPL oder eines du/dt -Filters compact plus VPL am SINAMICS-Umrichter und keine Änderungen am Motor

2.2 Betrieb an Motoren 1LA1:

- Keine Maßnahmen erforderlich

¹⁾ **Achtung!** Wenn der Motor, der mit einem isolierten NDE-Lager nachgerüstet wird, einen Drehzahlgeber besitzt, ist dieser ebenfalls zu isolieren oder durch einen Drehzahlgeber mit isolierten Lagern zu ersetzen. Auch die Schirmauflage der Geberleitung darf nicht zu einer Überbrückung der Lagerisolation führen.

3.8.3 Ersatz von Umrichtern der Reihe SIMOVERT A durch SINAMICS

Eigenschaften der SIMOVERT A-Umrichter

Die Geräte der Reihe SIMOVERT A sind Umrichter mit einem Stromzwischenkreis und daher ohne zusätzliche Maßnahmen grundsätzlich für 4Q-Betrieb geeignet. Sowohl der Gleichrichter als auch der motorseitige Wechselrichter sind bei den Geräten der Reihe SIMOVERT A mit normalen Thyristoren bestückt.



Antrieb mit Gleichstromzwischenkreis-Umrichter SIMOVERT A

Die Spannungssteilheiten am Wechselrichterausgang liegen ganz erheblich niedriger als bei Pulsurichtern mit IGBTs. Damit ist die Spannungsbelastung an der Motorwicklung sowie die Belastung der Motorlager mit Lagerströmen extrem gering.

Da Netz- und Motorströme bei Antrieben mit Stromzwischenkreis-Umrichtern sehr hohe Oberschwingungsanteile enthalten, sind größere Leistungen sowohl netzseitig als auch motorseitig oft 12-pulsig ausgeführt. Der netzseitige und der motorseitige Stromrichter bestehen in diesem Fall aus einer 12-pulsigen Parallelschaltung. Der Motor ist 6-phasig ausgeführt mit zwei galvanisch getrennten, 3-phasigen Wicklungen, die eine gegenseitige Phasenverschiebung von 30 °el. aufweisen.

Eigenschaften der an den SIMOVERT A-Umrichtern betriebenen Motoren 1LA6, 1LA8 und 1LA1

- Die Motoren besitzen entweder normale Läuferausführungen oder **streuungsarme** Sonderläuferausführungen für SIMOVERT A: Bei der Motorenreihe 1LA6 ab Baugröße 315L, bei der Motorenreihe 1LA8 erkennbar an der Buchstabenfolge „QS“ oder „QT“ in der Artikelnummer, und bei der Motorenreihe 1LA1 generell.
- Die Motoren der Reihe 1LA1 können eine 3-phasige Wicklungsausführung (für 6-pulsigen Betrieb am SIMOVERT A) aufweisen, oder eine 6-phasige Wicklungsausführung mit zwei getrennten, 3-phasigen Wicklungen mit einem Phasenversatz von 30 °el. (für 12-pulsigen Betrieb am SIMOVERT A).
- Das Isoliersystem bei der Motorenreihe 1LA6 ist mit der heutigen Standardisolierung vergleichbar. Dies gilt auch für die Motorenreihe 1LA8, da bei dieser Motorenreihe die Sonderisolierung für Umrichterbetrieb bei 690 V erst zusammen mit der Umrichterreihe SIMOVERT MASTERDRIVES eingeführt wurde. Das Isoliersystem bei der Motorenreihe 1LA1 ist mit der heutigen Sonderisolierung für Umrichterbetrieb bei 690 V vergleichbar.
- Die Motoren der Reihe 1LA6 besitzen kein isoliertes Lager auf der NDE-Seite. Dies gilt in der Regel auch für die Motoren der Reihe 1LA8, da bei dieser Motorenreihe isolierte NDE-Lager für Umrichterbetrieb erst zusammen mit der Umrichterreihe SIMOVERT MASTERDRIVES eingeführt wurden. Die Motoren der Reihe 1LA1 sind aufgrund der Baugröße mit einem isolierten Lager auf der NDE-Seite ausgerüstet.

Ersatz von SIMOVERT A-Umrichtern durch SINAMICS

Ein Ersatz von Stromzwischenkreis-Umrichtern der Reihe SIMOVERT A durch Spannungszwischenkreis-Umrichter der Reihe SINAMICS ist nicht immer möglich, daher muss die vorhandene Antriebskonstellation genau geprüft werden, und zwar aus folgenden Gründen:

Geräteübergreifende SINAMICS - Projektierung

Projektierungshinweise

- Die Sonderausführungen der Motoren für SIMOVERT A (Motorenreihe 1LA6 ab Baugröße 315L, Motorenreihe 1LA8 mit der Buchstabenfolge „QS“ oder „QT“ in der Artikelnummer, und Motorenreihe 1LA1 generell) sind streuungsarm ausgeführt, während Pulsumrichter mit Spannungszwischenkreis wie SINAMICS streuungsreiche Motoren benötigen. Werden streuungsarme Motoren an SINAMICS-Umrichtern betrieben, so kann sich im Motorstrom ein höherer Stromrippel mit deutlich höheren Stromspitzen einstellen. Dies führt einerseits zu einer höheren Motorerwärmung durch erhöhte Zusatzverluste und birgt andererseits die Gefahr von Überstromabschaltungen bei dynamischen Lastspitzen. Daher sollte der Ersatz von SIMOVERT A durch SINAMICS bei Motoren mit Sonderausführungen für SIMOVERT A gut überlegt sein. Er sollte nur dann in Erwägung gezogen werden, wenn der Motor noch thermische Reserven in der Größenordnung von ca. 5 % bis 10 % aufweist und der Antrieb ohne ausgeprägte Lastspitzen betrieben wird. Sind dagegen Motoren 1LA6 bis Baugröße 315M oder Motoren 1LA8 in der Grundausführung vorhanden, so ergeben sich unkritische Werte von Stromrippel und Stromspitzen im Motorstrom.
- Motoren der Reihe 1LA1 können 3-phasig (für 6-pulsigen Betrieb) oder 6-phasig (für 12-pulsigen Betrieb) ausgeführt sein, wobei die 6-phasige Ausführung einen Phasenversatz von 30 °el. zwischen den Wicklungssystemen aufweist. Derartige 6-phasige Motoren können bis Firmware-Version 4.5 nicht an SINAMICS betrieben werden, auch nicht an Umrichter-Parallelschaltungen. Ab Firmware-Version 4.6 sind um 30° phasenverschobene Wicklungs-systeme unter bestimmten Randbedingungen prinzipiell möglich. Nähere Informationen auf Anfrage.
- SIMOVERT A-Umrichter sind ohne zusätzliche Maßnahmen grundsätzlich für 4Q-Betrieb geeignet. Beim Ersatz durch SINAMICS muss daher geklärt werden, ob in der vorhandenen Anwendung der generatorische Betrieb genutzt wird, damit der SINAMICS-Umrichter in der richtigen Ausführung für 1Q- oder 4Q-Betrieb ausgewählt werden kann.
- Aufgrund ihres Verfahrens der Pulsweitenmodulation erzeugen Pulsumrichter wie SINAMICS am Motor höhere Geräusche als SIMOVERT A-Umrichter. Deshalb muss beim Ersatz von SIMOVERT A durch SINAMICS mit einer Erhöhung der Motorgeräusche um ca. 5 dB(A) – 7 dB(A) gegenüber dem Betrieb mit SIMOVERT A gerechnet werden.

Beachtet werden müssen außerdem die potentiellen Problempunkte bezüglich der Motoren:

- Spannungsbelastung an der Motorwicklung,
- Belastung der Motorlager durch Lagerströme.

Hierfür existieren grundsätzlich Lösungen. So können Motordrosseln oder Motorfilter am Ausgang des SINAMICS-Umrichters eingesetzt werden oder der Motor kann in Service-Werkstätten mit einem isolierten Lager ausgerüstet werden.

1. Empfohlene Maßnahmen beim Ersatz von SIMOVERT A-Umrichtern für Netzanschlussspannung 500 V

1.1 Betrieb an Motoren 1LA6 und 1LA8:

- Einsatz einer Motordrossel am SINAMICS-Umrichter zur Reduktion der Spannungsteilheit du/dt und Nachrüstung eines isolierten Lagers auf der NDE-Seite des Motors ¹⁾
oder
- Einsatz eines du/dt -Filters plus VPL oder eines du/dt -Filters compact plus VPL am SINAMICS-Umrichter und keine Änderungen am Motor

1.2 Betrieb an Motoren 1LA1 mit 3-phasiger Wicklung (für 6-pulsigen Betrieb):

- Keine Maßnahmen erforderlich

2. Empfohlene Maßnahmen beim Ersatz von SIMOVERT A-Umrichtern für Netzanschlussspannung 690 V

2.1 Betrieb an Motoren 1LA6 und 1LA8:

- Einsatz eines du/dt -Filters plus VPL oder eines du/dt -Filters compact plus VPL am SINAMICS-Umrichter und keine Änderungen am Motor

2.2 Betrieb an Motoren 1LA1 mit 3-phasiger Wicklung (für 6-pulsigen Betrieb):

- Keine Maßnahmen erforderlich

¹⁾ **Achtung!** Wenn der Motor, der mit einem isolierten NDE-Lager nachgerüstet wird, einen Drehzahlgeber besitzt, ist dieser ebenfalls zu isolieren oder durch einen Drehzahlgeber mit isolierten Lagern zu ersetzen. Auch die Schirmauflage der Geberleitung darf nicht zu einer Überbrückung der Lagerisolation führen.

4 Projektierung der Umrichter-Einbaugeräte SINAMICS G130

4.1 Allgemeine Hinweise

Umrichter-Einbaugeräte SINAMICS G130 sind AC/AC-Umrichter für Einzelantriebe mittlerer bis großer Leistung, die in Verbindung mit den zugehörigen Systemkomponenten sehr flexibel in kundenspezifische Schaltschränke oder direkt in die Maschine eingebaut werden können.

Sie sind für Anwendungen mit eher geringen bis mittleren Ansprüchen an die Regelungsqualität konzipiert und besitzen einen einfachen 6-pulsigen Gleichrichter ohne die Möglichkeit zur Netzzurückspeisung.

Der motorseitige Wechselrichter ist vorzugsweise für den Betrieb von Asynchronmotoren mit geberloser Vektorregelung konzipiert. Optional ist auch ein Betrieb von Asynchronmotoren mit Inkrementalgebern möglich.

SINAMICS G130 stehen für folgende Netzanschlussspannungen und Leistungen zur Verfügung:

Netzanschlussspannung	Umrichtertypleistung
3AC 380 V – 480 V	110 kW – 560 kW bei 400 V
3AC 500 V – 600 V	110 kW – 560 kW bei 500 V
3AC 660 V – 690 V	75 kW – 800 kW bei 690 V

Netzanschlussspannungen und Leistungsbereiche der Einbaugeräte SINAMICS G130

SINAMICS G130 Einbaugeräte bestehen aus den beiden eigenständigen Komponenten

- Power Module
- Control Unit CU320-2

Das Power Module enthält die folgenden Komponenten:

- Den 6-pulsigen Einspeisegleichrichter für 1Q-Betrieb,
- die Kondensatoren des Spannungszwischenkreises,
- den motorseitigen Wechselrichter in IGBT-Technik,
- die zugehörige Ansteuer- und Überwachungselektronik (Control Interface Module CIM),
- die Vorladung für den Zwischenkreis,
- den Lüfter mit der zugehörigen Spannungsversorgung.

Der Aufbau von Power Module und Control Unit kann als Einheit oder räumlich getrennt voneinander erfolgen. Bei den Power Modules kleinerer Leistung (Baugröße FX und GX) kann die Control Unit außen an der linken Seitenwand befestigt werden, bei den Power Modules größerer Leistung (Baugröße HX und JX) ist der Einbau in den Power Modules selbst möglich.

Den Power Modules liegen die DRIVE-CLiQ Leitung zur Kommunikation mit der Control Unit und das Kabel für die 24 V-Versorgung der Control Unit bei. Hierbei wird der Einbau der Control Unit seitlich am oder im Power Module vorausgesetzt. Bei räumlich getrenntem Aufbau sind die Leitung und das Kabel entsprechend der erforderlichen Länge separat zu bestellen.

Die Control Unit ist im Kit bestellbar, wodurch der Bestellaufwand reduziert wird. Dieses Kit besteht aus der Control Unit CU320-2, der CompactFlash Card mit der Firmware für SINAMICS G130 sowie einer Gerätedokumentations-CD. Es sind zwei Varianten des Kits verfügbar:

- Control Unit Kit mit CU320-2 DP (PROFIBUS)
- Control Unit Kit mit CU320-2 PN (PROFINET)

Vordefinierte Schnittstellen über PROFIBUS (Control Unit CU320-2 DP), PROFINET (Control Unit CU320-2 PN) oder Klemmenleiste erleichtern die Inbetriebnahme und Steuerung des Antriebes. Die Schnittstellen der Control Unit CU320-2 können durch Zusatzbaugruppen ergänzt werden. Hierzu stehen das in den Option Slot steckbare Terminal Board TB30 und / oder maximal zwei auf Hutschienen montierbare Terminal Modules TM31 zur Verfügung.

Für die 24 V-Versorgung der Control Unit empfiehlt es sich, die interne Hilfsstromversorgung des Power Modules zu verwenden, siehe Abschnitt „Einbindung der verschiedenen Verbraucher in die 24 V-Versorgung“.

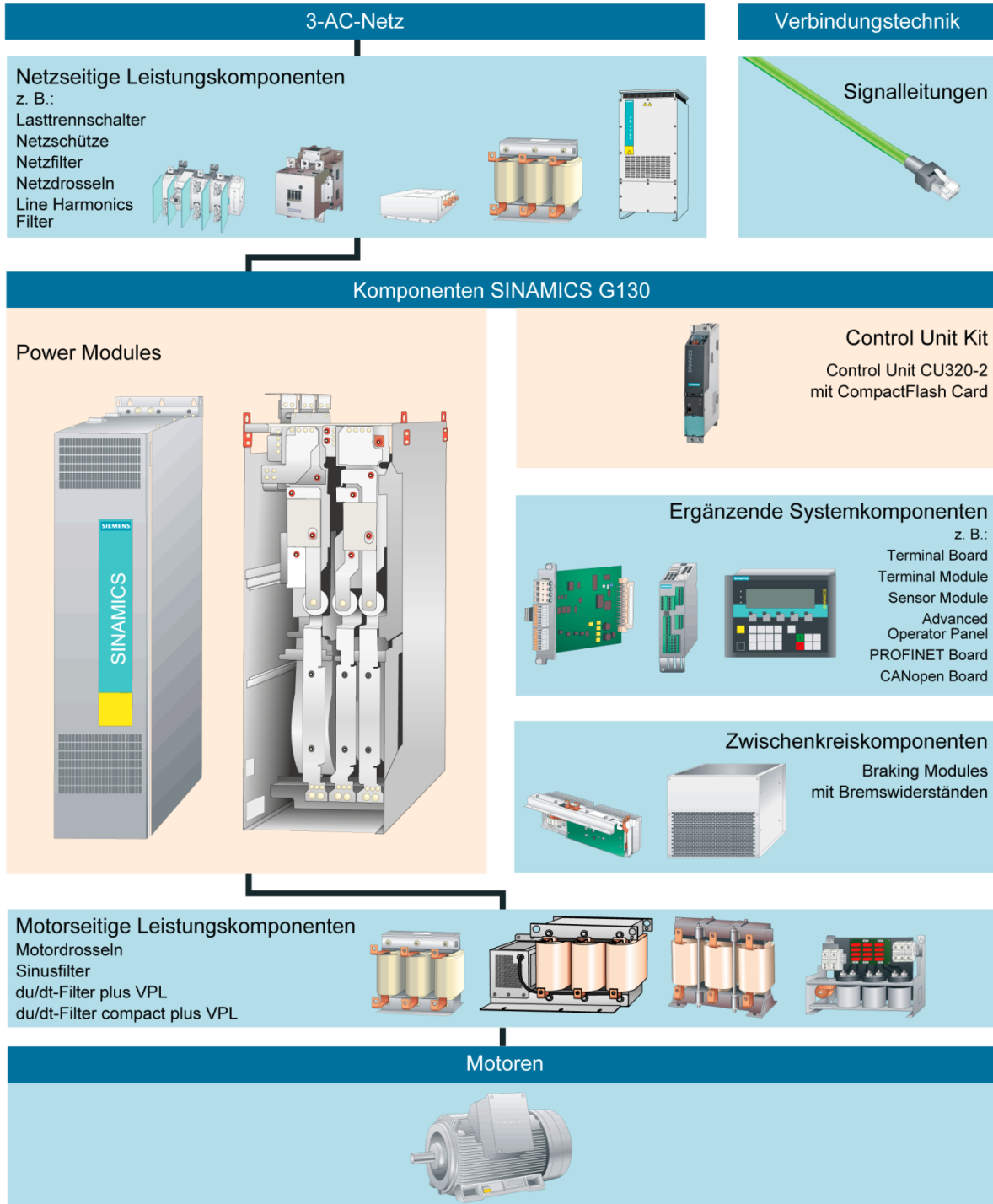
Sind zur Kommunikation des Antriebes weitere Kundenschnittstellen nötig, so ist gegebenenfalls eine externe 24 V-Versorgung vorzusehen.

Durch eine Vielzahl von elektrischen Zusatzkomponenten, wie z. B. Netzsicherungen, Netzdrosseln, Bremseinheiten, Motordrosseln und Motorfilter lässt sich das Antriebssystem optimal an die jeweiligen Anforderungen anpassen.

SINAMICS G130

Projektierungshinweise

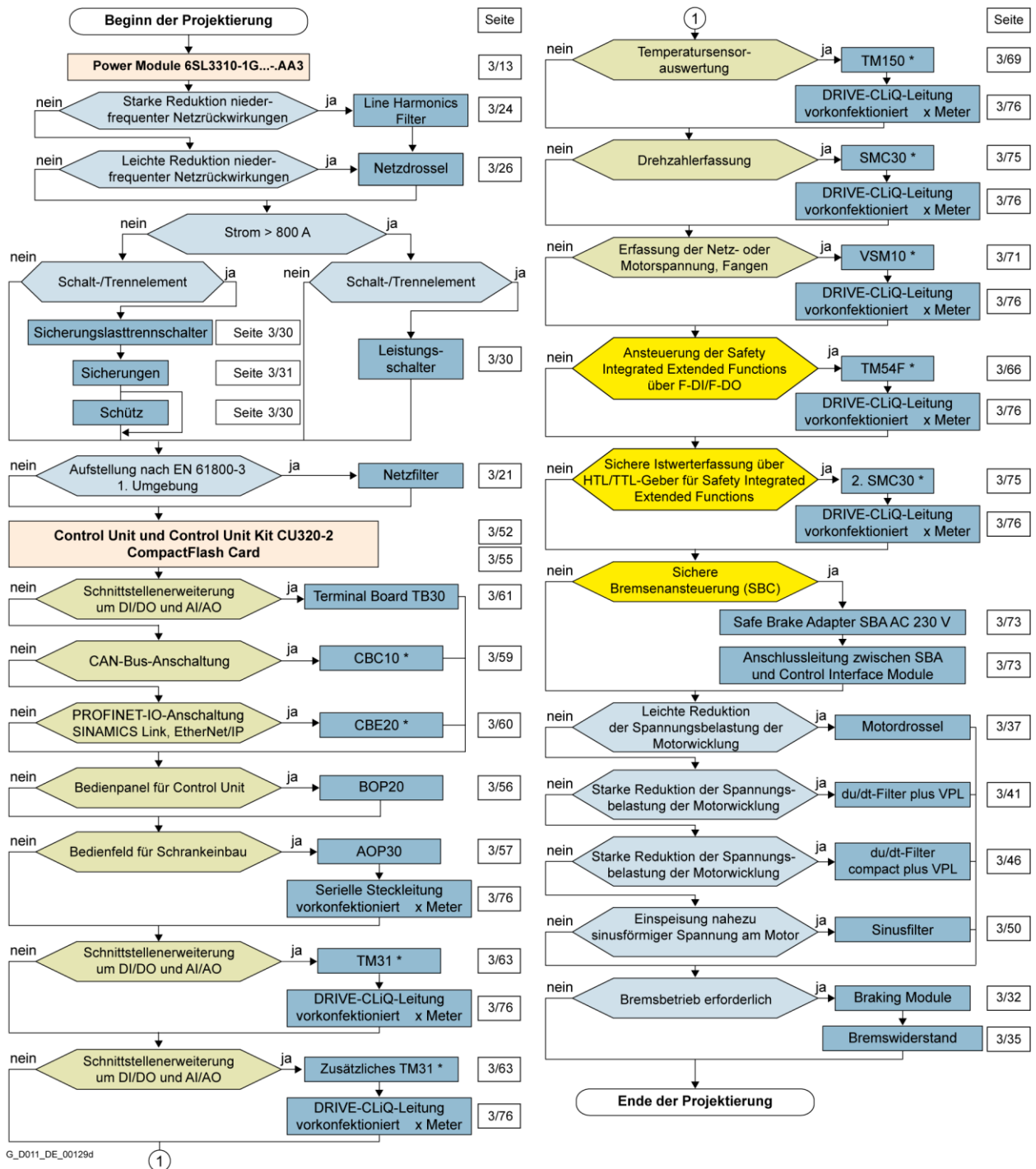
Aufbau und Systemkomponenten



G_D011_DE_00163b

Aufbau und Systemkomponenten der Umrichter-Einbaugeräte SINAMICS G130

Projektierungsablauf für ein Antriebssystem mit Umrichter-Einbaugeräten SINAMICS G130



Q_D011_DE_00129d

Hinweis:

Bei den mit * gekennzeichneten Komponenten muss der Einsatz einer externen 24-V-Versorgung geprüft werden.

Flussdiagramm zur Auswahl der Komponenten eines Antriebssystems mit Umrichter-Einbaugeräten SINAMICS G130

4.2 Bemessungsdaten für Antriebe mit geringer Anforderung an die Regelungsperformance

Anwendungsschwerpunkte

Umrichter-Einbaugeräte SINAMICS G130 sind schwerpunktmäßig für Anwendungen mit eher geringen bis mittleren Anforderungen an die Dynamik und die Genauigkeit der Regelung konzipiert und werden in der Regel mit einer geberlosen Vektorregelung betrieben. Sowohl Asynchronmotoren als auch permanenterregte Synchronmotoren können so geberlos betrieben werden.

Für regelungstechnisch höherwertige Anwendungen, die weniger eine hohe Dynamik als eine hohe Genauigkeit der Regelung erfordern, können Umrichter-Einbaugeräte SINAMICS G130 auch mit einer Drehzahlgeberschnittstelle SMC30 ausgestattet werden, die den Betrieb von Asynchronmotoren mit Inkrementalgebern TTL / HTL ermöglicht.

SINAMICS G130 besitzen grundsätzlich keine Möglichkeit zur Netzzurückspeisung. Für Anwendungen, in denen kurzzeitig generatorische Betriebszustände auftreten können, ist entweder der $V_{dc\ max}$ -Regler zu aktivieren oder es sind Bremsseinheiten einzusetzen.

Netzanschlussspannungen

Umrichter-Einbaugeräte SINAMICS G130 stehen für die folgenden Netzanschlussspannungen zur Verfügung:

- 3AC 380 V – 480 V
- 3AC 500 V – 600 V
- 3AC 660 V – 690 V

Die dauerhaft zulässige Spannungstoleranz beträgt $\pm 10\%$, kurzzeitig sind -15% zulässig ($< 1\ min$). Es ist zu beachten, dass bei Netzunterspannung im Rahmen der angegebenen Toleranzen die verfügbare Ausgangsleistung entsprechend reduziert ist, wenn keine Reserven hinsichtlich des Ausgangsstromes vorhanden sind.

Ausnutzbare Ausgangsströme

Die in den Auswahl- und Bestelldaten angegebenen Ausgangsströme können im gesamten Ausgangsfrequenz- bzw. Drehzahlbereich genutzt werden. Beim Betrieb mit niedrigen Ausgangsfrequenzen $< 10\ Hz$ und gleichzeitig hohen Ausgangsströmen $> 75\%$ des Bemessungsstromes I_N sind zeitliche Einschränkungen zu berücksichtigen, die abhängig von der jeweiligen Anwendung sind. Diese sind im Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt „Wechselastfestigkeit der IGBT-Module und Leistungsteile“ beschrieben.

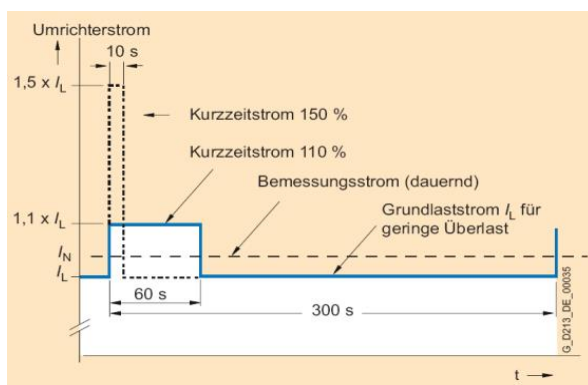
Der angegebene Bemessungs-Ausgangsstrom ist der maximale, thermisch dauerhaft zulässige Ausgangsstrom. Bei Ausnutzung dieses Stromes bieten die Geräte keine Überlastreserven.

Überlastfähigkeit, Lastspieldefinitionen

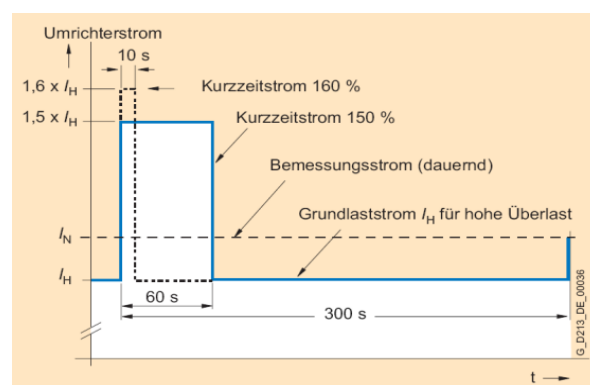
Besteht die Notwendigkeit Losbrechmomente zu überwinden oder treten größere Stoßlasten auf, so ist dies bei der Projektierung zu berücksichtigen. In diesem Falle ist dem Betrieb ein Grundlaststrom zugrunde zu legen, der niedriger ist, als der Bemessungs-Ausgangsstrom. Dafür stehen dann entsprechende Überlastreserven zur Verfügung. Im Folgenden sind die Lastspieldefinitionen für Betrieb mit geringer Überlast und mit hoher Überlast angegeben.

- Dem Grundlaststrom I_L für geringe Überlast liegt das Lastspiel 110% für $60\ s$ bzw. 150% für $10\ s$ zugrunde.
- Dem Grundlaststrom I_H für hohe Überlast liegt das Lastspiel 150% für $60\ s$ bzw. 160% für $10\ s$ zugrunde.

Die Überlasten gelten unter der Voraussetzung, dass der Umrichter vor und nach der Überlast mit seinem Grundlaststrom betrieben wird, wobei eine Lastspieldauer von $300\ s$ zugrunde gelegt ist.



Lastspieldefinition für geringe Überlast



Lastspieldefinition für hohe Überlast

Überlast- und Übertemperaturschutz

Die Umrichter-Einbaugeräte SINAMICS G130 verfügen über einen wirkungsvollen Überlast- und Übertemperaturschutz, der die Umrichter vor thermischer Überlastung schützt.

An verschiedenen Stellen im Umrichter (Zuluft, Regelungselektronik, Gleichrichter Kühlkörper, Wechselrichter Kühlkörper) werden die Temperaturen mit Sensoren gemessen und in das so genannte "Thermische Modell" eingespeist. Dieses errechnet laufend die Temperatur an den kritischen Punkten der Leistungsbaulemente. Somit kann der Umrichter vor thermischer Überlastung, sei es durch zu hohe Ströme oder durch zu hohe Umgebungstemperaturen wirkungsvoll geschützt werden. Zusätzlich wird die Auslastung des motorseitigen Wechselrichters durch die so genannte I²t-Erfassung kontrolliert. Wird die Auslastung des Wechselrichters oder die Temperatur an irgendeinem Punkt des Umrichters zu hoch, so reagiert der Umrichter mit der über Parameter in der Firmware einstellbaren Überlastreaktion. Hier kann ausgewählt werden, ob der Umrichter im Überlastfall die Ausgangsfrequenz und den Ausgangsstrom oder die Pulsfrequenz reduzieren soll. Eine sofortige Abschaltung ist ebenfalls parametrierbar.

Maximale Ausgangsfrequenz

Bei den Einbaugeräten SINAMICS G130 ist aufgrund der werkseitig eingestellten Pulsfrequenz von $f_{\text{Puls}} = 1,25 \text{ kHz}$ (Stromreglertakt = 400 μs) bzw. $f_{\text{Puls}} = 2,00 \text{ kHz}$ (Stromreglertakt = 250 μs) die maximale Ausgangsfrequenz auf ca. 100 Hz bzw. ca. 160 Hz begrenzt. Höhere Ausgangsfrequenzen lassen sich nur durch die Erhöhung der Pulsfrequenz erreichen. Da mit erhöhter Pulsfrequenz die Schaltverluste im motorseitigen IGBT-Wechselrichter zunehmen, muss der Ausgangsstrom entsprechend reduziert werden.

Zulässiger Ausgangsstrom und maximale Ausgangsfrequenz als Funktion der Pulsfrequenz

Die folgende Tabelle gibt die Bemessungs-Ausgangsströme der Umrichter SINAMICS G130 mit werkseitig eingestellter Pulsfrequenz sowie die Strom-Derating-Faktoren (zulässige Ausgangsströme bezogen auf den Bemessungs-Ausgangsstrom) bei höheren Pulsfrequenzen an.

Die zu den orange markierten Feldern zugehörigen Pulsfrequenzen können ohne Änderung des werkseitig eingestellten Stromreglertaktes durch einfache Parameteränderung – auch während des Betriebs – angewählt werden. Die zu den grau markierten Feldern zugehörigen Pulsfrequenzen erfordern eine Änderung des werkseitig eingestellten Stromreglertaktes und können daher nur bei der Inbetriebnahme angewählt werden. Die Zuordnung zwischen Stromreglertakten und möglichen Pulsfrequenzen ist dem Listenhandbuch (Parameterliste) zu entnehmen.

Unter bestimmten Randbedingungen (Netzspannung im unteren Bereich des zulässigen Weitspannungsbereiches, geringe Umgebungstemperatur, eingeschränkter Drehzahlbereich) kann das Strom-Derating bis zu Pulsfrequenzen, die der doppelten Werkseinstellung entsprechen, teilweise oder sogar vollständig vermieden werden. Nähere Angaben hierzu sind im Abschnitt „Betrieb der Umrichter mit erhöhter Pulsfrequenz“ zu finden.

Typeleistung bei 400 / 500 / 690 V	Bemessungs- Ausgangsstrom bzw. Strom-Derating-Faktor bei Pulsfrequenz		Strom-Derating-Faktor bei Pulsfrequenz				
	1,25 kHz	2,0 kHz	2,5 kHz	4,0 kHz	5,0 kHz	7,5 kHz	8,0 kHz
3AC 380 V – 480 V							
110 kW		210 A	95 %	82 %	74 %	54 %	50 %
132 kW		260 A	95 %	83 %	74 %	54 %	50 %
160 kW		310 A	97 %	88 %	78 %	54 %	50 %
200 kW		380 A	96 %	87 %	77 %	54 %	50 %
250 kW		490 A	94 %	78 %	71 %	53 %	50 %
315 kW	605 A	83 %	72 %	64 %	60 %	40 %	
400 kW	745 A	83 %	72 %	64 %	60 %	40 %	
450 kW	840 A	87 %	79 %	64 %	55 %	40 %	
560 kW	985 A	92 %	87 %	70 %	60 %	50 %	

SINAMICS G130: Zulässiger Ausgangsstrom (Strom-Derating-Faktor) als Funktion der Pulsfrequenz

SINAMICS G130

Projektierungshinweise

Typeleistung bei 400 / 500 / 690 V	Bemessungs- Ausgangsstrom bzw. Strom-Derating-Faktor bei Pulsfrequenz		Strom-Derating-Faktor bei Pulsfrequenz						
			1,25 kHz	2,0 kHz	2,5 kHz	4,0 kHz	5,0 kHz	7,5 kHz	8,0 kHz
			3AC 500 V – 600 V						
110 kW	175 A	92 %	87 %	70 %	60 %	40 %			
132 kW	215 A	92 %	87 %	70 %	60 %	40 %			
160 kW	260 A	92 %	88 %	71 %	60 %	40 %			
200 kW	330 A	89 %	82 %	65 %	55 %	40 %			
250 kW	410 A	89 %	82 %	65 %	55 %	35 %			
315 kW	465 A	92 %	87 %	67 %	55 %	35 %			
400 kW	575 A	91 %	85 %	64 %	50 %	35 %			
500 kW	735 A	87 %	79 %	64 %	55 %	25 %			
560 kW	810 A	83 %	72 %	61 %	55 %	35 %			
3AC 660 V – 690 V									
75 kW	85 A	93 %	89 %	71 %	60 %	40 %			
90 kW	100 A	92 %	88 %	71 %	60 %	40 %			
110 kW	120 A	92 %	88 %	71 %	60 %	40 %			
132 kW	150 A	90 %	84 %	66 %	55 %	35 %			
160 kW	175 A	92 %	87 %	70 %	60 %	40 %			
200 kW	215 A	92 %	87 %	70 %	60 %	40 %			
250 kW	260 A	92 %	88 %	71 %	60 %	40 %			
315 kW	330 A	89 %	82 %	65 %	55 %	40 %			
400 kW	410 A	89 %	82 %	65 %	55 %	35 %			
450 kW	465 A	92 %	87 %	67 %	55 %	35 %			
560 kW	575 A	91 %	85 %	64 %	50 %	35 %			
710 kW	735 A	87 %	79 %	64 %	55 %	25 %			
800 kW	810 A	83 %	72 %	61 %	55 %	35 %			

SINAMICS G130: Zulässiger Ausgangsstrom (Strom-Derating-Faktor) als Funktion der Pulsfrequenz (Fortsetzung)

Pulsfrequenz	Maximal erreichbare Ausgangsfrequenz (abgerundete Zahlenwerte)
1,25 kHz	100 Hz
2,00 kHz	160 Hz
2,50 kHz	200 Hz
≥ 4,00 kHz	300 Hz

Maximal erreichbare Ausgangsfrequenz als Funktion der Pulsfrequenz mit werkseitig eingestellten Stromreglertakten

Zulässiger Ausgangsstrom als Funktion der Umgebungstemperatur

Die Umrichter SINAMICS G130 sowie die zugehörigen Systemkomponenten sind für eine Umgebungstemperatur von 40 °C und Aufstellhöhen bis zu 2000 m über NN bemessen. Werden die Umrichter SINAMICS G130 bei höheren Umgebungstemperaturen als 40 °C betrieben, so muss der Ausgangsstrom reduziert werden. Höhere Umgebungstemperaturen als 55 °C sind für die Einbaugeräte SINAMICS G130 nicht zulässig. Die folgende Tabelle gibt den zulässigen Ausgangsstrom in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur an.

Aufstellhöhe über NN m	Strom-Derating-Faktor bei einer Umgebungstemperatur (Zulufttemperatur) von							
	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C	40 °C	45 °C	50 °C	55 °C
0 ... 2000	100 %				93,3 %	86,7 %	80,0 %	

Strom-Derating-Faktoren in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur (Zulufttemperatur) für Umrichter SINAMICS G130

Aufstellhöhen größer 2000 m bis 5000 m über NN

Die Umrichter SINAMICS G130 sowie die zugehörigen Systemkomponenten sind für Aufstellhöhen bis 2000 m über NN und eine Umgebungstemperatur von 40 °C bemessen. Sollen die Umrichter SINAMICS G130 in Aufstellhöhen größer 2000 m über NN betrieben werden, so ist zu berücksichtigen, dass mit zunehmender Aufstellhöhe der Luftdruck und damit die Dichte der Luft abnimmt. Durch die geringere Luftdichte sinkt sowohl die Kühlwirkung als auch das Isolationsvermögen der Luft.

Aufstellhöhen größer 2000 m bis 5000 m lassen sich erreichen, wenn die folgenden zwei Maßnahmen angewendet werden.

1. Maßnahme: Reduktion der Umgebungstemperatur und des Ausgangsstromes

Wegen der verminderten Kühlwirkung muss einerseits die Umgebungstemperatur reduziert werden und andererseits die Verlustwärme im Umrichter durch die Reduktion des Ausgangsstromes verringert werden, wobei niedrigere Umgebungstemperaturen als 40 °C zur Kompensation gegengerechnet werden können. Die folgende Tabelle gibt die zulässigen Ausgangsströme für die Einbaugeräte SINAMICS G130 in Abhängigkeit von Aufstellhöhe und Umgebungstemperatur an. Die zulässige Kompensation zwischen Aufstellhöhe und Umgebungstemperaturen kleiner 40 °C (Zulufttemperatur am Lufteintritt der Power Modules) ist in den angegebenen Werten berücksichtigt. Die Werte gelten unter der Voraussetzung, dass der in den technischen Daten angegebene Kühlluftstrom durch den Schaltschrankaufbau und die Schrankaufstellung gewährleistet ist. Nähere Informationen können dem Kapitel „Geräteübergreifende SINAMICS-Projektierung“, Abschnitt „Schaltschrankaufbau und -klimatisierung“ entnommen werden.

Aufstellhöhe über NN m	Strom-Derating-Faktor bei einer Umgebungstemperatur (Zulufttemperatur) von								
	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C	40 °C	45 °C	50 °C	55 °C	
0 ... 2000						93,3 %	86,7 %	80,0 %	
2001 ... 2500					96,3 %				
2501 ... 3000		100 %			98,7 %				
3001 ... 3500									unzulässiger Bereich
3501 ... 4000			96,3 %						
4001 ... 4500		97,5 %							
4501 ... 5000	98,2 %								

Strom-Derating-Faktoren in Abhängigkeit von Aufstellhöhe und Umgebungstemperatur (Zulufttemp.) für SINAMICS G130

2. Maßnahme: Einsatz eines Trenntransformators zur Reduktion transienter Überspannungen gemäß IEC 61800-5-1

Durch den Trenntransformator, der in nahezu allen Anwendungsfällen ohnehin zur Speisung der SINAMICS-Geräte eingesetzt wird, wird die Überspannungskategorie III, für die die Geräte ausgelegt sind, auf die Überspannungskategorie II reduziert. Dadurch werden die Anforderungen an das Isolationsvermögen der Luft geringer. Ein zusätzliches Spannungs-Derating (Reduktion der Eingangsspannung) ist nicht erforderlich, wenn die folgenden Randbedingungen eingehalten werden:

- Der Trenntransformator muss aus einem Niederspannungsnetz oder einem Mittelspannungsnetz gespeist werden und darf nicht direkt aus einem Hochspannungsnetz versorgt werden.
- Der Trenntransformator darf einen oder mehrere Umrichter versorgen.
- Die Leitungen zwischen dem Trenntransformator und dem Umrichter bzw. den Umrichtern müssen so verlegt sein, dass ein direkter Blitzeinschlag ausgeschlossen ist, d. h. es dürfen keine Freileitungen verwendet werden.
- Die folgenden Netzformen sind zulässig:
 - TN-Netze mit geerdetem Sternpunkt (kein geerdeter Außenleiter).
 - IT-Netze (der Betrieb mit einem Erdschluss muss auf möglichst kurze Zeit beschränkt werden).

Die beschriebenen Maßnahmen sind zulässig für alle Umrichter SINAMICS G130 in allen Spannungsebenen (3AC 380 V – 480 V / 3AC 500 V – 600 V / 3AC 660 V – 690 V).

SINAMICS G130

Projektierungshinweise

Regelungsperformance SINAMICS G130 bei Pulsfrequenz 2,0 kHz, Drehmomentregelung

	Servo Control	Vector Control		Hinweise
Asynchronmotor (Standard und Transnorm)	SINAMICS G130 sind für Servo Control nicht vorgesehen	SIMOTICS FD/ 1LE1/1LE5 ohne Geber	SIMOTICS FD/ 1LE1/1LE5 mit Inkrementalgeber 1024 S/R	
Reglertakt		250 µs	250 µs	
Gesamte Anregelzeit (ohne Verzugszeit)		2,5 ms	1,6 ms	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10, mit Geber ab 50 U/min bis Bemessungsdrehzahl
Kennkreisfrequenz (-3 dB)		200 Hz	300 Hz	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10. Die Dynamik wird durch eine Geber-rückführung begünstigt.
Drehmoment-Welligkeit		2,5 % von M_N	2,0 % von M_N	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:20, mit Geber ab 20 U/min bis Bemessungsdrehzahl
Drehmoment-Genauigkeit		±3,0 % von M_N	±3,0 % von M_N	Messwert über 3 s gemittelt. Mit Motoridentifikation und Reibkompensation; Temperatureinflüsse über KTY / PT1000 u. Massenmodell kompensiert. Im Drehmoment-Arbeitsbereich bis ± M_N . Im Feldschwächbereich zusätzlich ca. ±2,5 % ungenauer. Drehzahl-Arbeitsbereich 1:50 bezogen auf Bemessungsdrehzahl.

Regelungsperformance SINAMICS G130 bei Pulsfrequenz 2,0 kHz, Drehzahlregelung

	Servo Control	Vector Control		Hinweise
Asynchronmotor (Standard und Transnorm)	SINAMICS G130 sind für Servo Control nicht vorgesehen	SIMOTICS FD/ 1LE1/1LE5 ohne Geber	SIMOTICS FD/ 1LE1/1LE5 mit Inkrementalgeber 1024 S/R	
Reglertakt		250 µs	250 µs	
Gesamte Anregelzeit (ohne Verzugszeit)		20 ms	12 ms	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10, mit Geber ab 50 U/min bis Bemessungsdrehzahl
Kennkreisfrequenz (-3 dB)		35 Hz	60 Hz	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10. Die Dynamik wird durch eine Geber-rückführung begünstigt.
Drehzahl-Welligkeit		siehe Hinweis	siehe Hinweis	Wird im Wesentlichen bestimmt durch das Gesamt-Massenträgheitsmoment, die Drehmomentwelligkeit und vor allem durch den Aufbau der Mechanik. Die Angabe eines allgemeingültigen Wertes ist deshalb nicht möglich.
Drehzahl-Genauigkeit		0,05 x f_{Schlupf}	< 0,001 % von n_N	Ohne Geber: Wird im Wesentlichen bestimmt durch die Genauigkeit d. Modell-berechnung des drehmomentbildenden Stromes u. die Genauigkeit des Nennschlupfes des Asynchronmotors gemäß Tabelle „Typische Schlupfwerte“ (siehe unt.). Bei Drehzahl-Arbeitsbereich 1:50 und bei aktivierter Temperatureauswertung.

Typische Schlupfwerte für Standard- und Transnorm-Asynchronmotoren

Motorleistung	Schlupfwerte		Hinweis
< 1 kW	6,0 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 90 U/min	Die Kompakt-Asynchronmotoren SIMOTICS M 1PH8 sind den Standard-Asynchronmotoren bezüglich der Schlupfwerte sehr ähnlich
< 10 kW	3,0 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 45 U/min	
< 30 kW	2,0 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 30 U/min	
< 100 kW	1,0 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 15 U/min	
> 500 kW	0,5 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 7,5 U/min	

Regelungsperformance SINAMICS G130 bei Pulsfrequenz 1,25 kHz, Drehmomentregelung

	Servo Control	Vector Control		Hinweise
Asynchronmotor (Standard und Transnorm)	SINAMICS G130 sind für Servo Control nicht vorgesehen	SIMOTICS FD/ 1LE1/1LE5 ohne Geber	SIMOTICS FD/ 1LE1/1LE5 mit Inkrementalgeber 1024 S/R	
Reglertakt		400 µs	400 µs	
Gesamte Anregelzeit (ohne Verzugszeit)		4,0 ms	2,5 ms	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10, mit Geber ab 50 U/min bis Bemessungsdrehzahl
Kennkreisfrequenz (-3 dB)		125 Hz	185 Hz	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10. Die Dynamik wird durch eine Geber-rückführung begünstigt.
Drehmoment-Welligkeit		3,0 % von M_N	2,5 % von M_N	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:20, mit Geber ab 20 U/min bis Bemessungsdrehzahl
Drehmoment-Genauigkeit		±3,0 % von M_N	±3,0 % von M_N	Messwert über 3 s gemittelt. Mit Motoridentifikation und Reibkompensation; Temperatureinflüsse über KTY / PT1000 u. Massenmodell kompensiert. Im Drehmoment-Arbeitsbereich bis ± M_N . Im Feldschwäcbereich zusätzlich ca. ±2,5 % ungenauer. Drehzahl-Arbeitsbereich 1:50 bezogen auf Bemessungsdrehzahl.

Regelungsperformance SINAMICS G130 bei Pulsfrequenz 1,25 kHz, Drehzahlregelung

	Servo Control	Vector Control		Hinweise
Asynchronmotor (Standard und Transnorm)	SINAMICS G130 sind für Servo Control nicht vorgesehen	SIMOTICS FD/ 1LE1/1LE5 ohne Geber	SIMOTICS FD/ 1LE1/1LE5 mit Inkrementalgeber 1024 S/R	
Reglertakt		400 µs	400 µs	
Gesamte Anregelzeit (ohne Verzugszeit)		32 ms	20 ms	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10, mit Geber ab 50 U/min bis Bemessungsdrehzahl
Kennkreisfrequenz (-3 dB)		22 Hz	38 Hz	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10. Die Dynamik wird durch eine Geber-rückführung begünstigt.
Drehzahl-Welligkeit		siehe Hinweis	siehe Hinweis	Wird im Wesentlichen bestimmt durch das Gesamt-Massenträgheitsmoment, die Drehmomentwelligkeit und vor allem durch den Aufbau der Mechanik. Die Angabe eines allgemeingültigen Wertes ist deshalb nicht möglich.
Drehzahl-Genauigkeit		0,05 x f_{Schlupf}	< 0,001 % von n_N	Ohne Geber: Wird im Wesentlichen bestimmt durch die Genauigkeit d. Modellberechnung des drehmomentbildenden Stromes u. die Genauigkeit des Nennschlupfes des Asynchronmotors gemäß Tabelle „Typische Schlupfwerte“ (siehe unt.). Bei Drehzahl-Arbeitsbereich 1:50 und bei aktivierter Temperaturewertung.

Typische Schlupfwerte für Standard- und Transnorm-Asynchronmotoren

Motorleistung	Schlupfwerte		Hinweis
< 1 kW	6,0 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 90 U/min	Die Kompakt-Asynchronmotoren SIMOTICS M 1PH8 sind den Standard-Asynchronmotoren bezüglich der Schlupfwerte sehr ähnlich
< 10 kW	3,0 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 45 U/min	
< 30 kW	2,0 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 30 U/min	
< 100 kW	1,0 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 15 U/min	
> 500 kW	0,5 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 7,5 U/min	

4.3 Anschlussplan des Power Modules

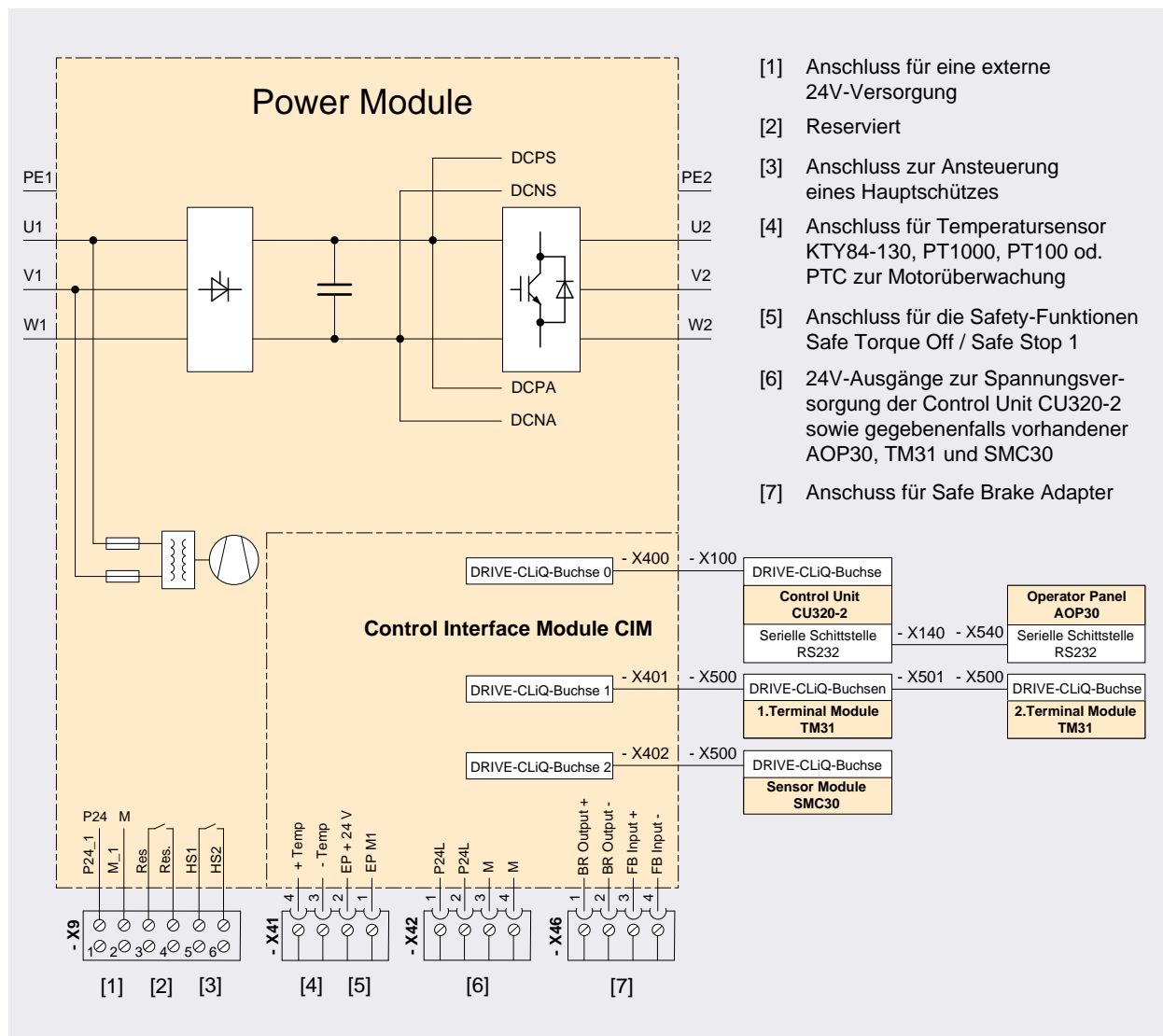
Die folgende Übersicht zeigt die Leistungs- und Signalschnittstellen des Power Modules SINAMICS G130.

Leistungsanschlüsse

- Netzanschluss: U1, V1, W1, PE1
- Motoranschluss: U2, V2, W2, PE2
- Zwischenkreisanschluss für optionale Bremsseinheit: DCPA, DCNA
- Zwischenkreisanschluss für optionales du/dt-Filter plus VPL oder du/dt-Filter compact plus VPL: DCPS, DCNS

Signalanschlüsse und Hilfsversorgung 24 V

- Siehe Anschlussplan



Anschlussplan für Leistungs- und Signalanschlüsse des Power Modules SINAMICS G130

4.4 Einbindung der verschiedenen Verbraucher in die 24 V-Versorgung

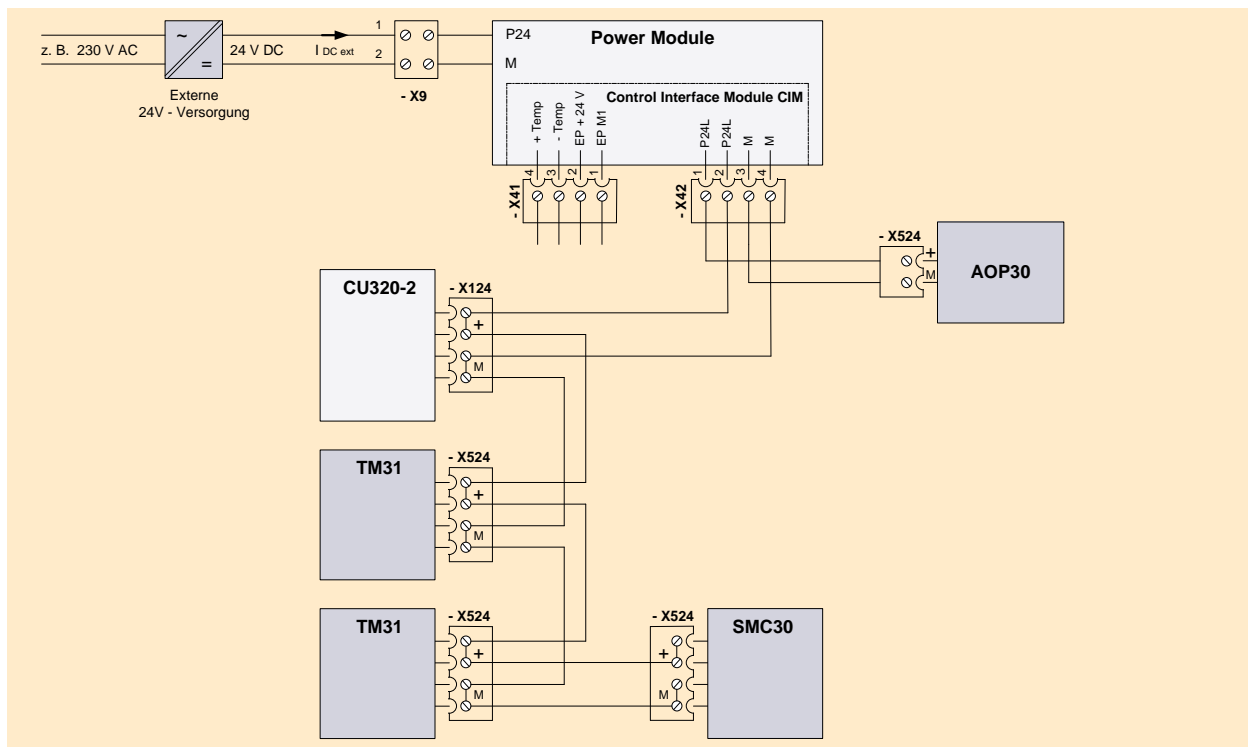
Ein Einbaugerät SINAMICS G130 besteht aus dem Power Module und einer Control Unit CU320-2, die mit 24 V versorgt werden muss. Gegebenenfalls sind neben der Control Unit noch ein Bedienfeld AOP30 und/oder ein bzw. maximal zwei Terminal Modules TM31 zur Erweiterung der digitalen und analogen Ein-/Ausgänge mit 24 V zu versorgen. Beim Betrieb eines Motors mit Inkrementalgeber TTL/HTL muss zusätzlich das Sensor Module SMC30 versorgt werden.

Die folgende Skizze zeigt die Einbindung der möglichen Verbraucher in die 24 V-Versorgung des Power Modules.

Hinweis:

Der geräte-interne 24 V-Elektronikstromkreis ist als PELV-Stromkreis ausgeführt (Funktionskleinspannung mit sicherer Trennung).

- Es besteht sichere Trennung gegenüber anderen Stromkreisen, insbesondere gegenüber dem Leistungsstromkreis.
- Der Minuspol M des 24 V-Elektronikstromkreises ist innerhalb der Elektronikbaugruppen geerdet und kann nicht von Erde getrennt werden.



Einbindung der verschiedenen Verbraucher in die 24 V-Versorgung des Power Modules SINAMICS G130

Die interne 24 V-Hilfsstromversorgung des Power Modules (Spannungsbereich 20,4 V ... 28,8 V) wird aus dem Zwischenkreis des Leistungsteils gespeist und liefert – ohne Anschluss einer externen 24 V-Versorgung an der Klemme X9 – einen Ausgangsstrom von insgesamt maximal 2,5 A an den Anschlüssen der Klemme X42.

Der Strombedarf der an X42 anschließbaren Komponenten / Baugruppen ist der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Komponente / Baugruppe		Strombedarf
Control Unit	CU320-2	1000 mA ohne Berücksichtigung der Belegung des Slot-Einbauplatzes und der Digitalausgänge. (Jeder Digitalausgang kann bis zu maximal 500 mA belastet werden – je nach angeschl. Last).
Operator Panel	AOP30	100 mA ohne Hintergrundbeleuchtung bzw. 200 mA mit Hintergrundbeleuchtung.
Terminal Module	TM31	200 mA ohne Berücksichtigung der Digitalausgänge. (Jeder Digitalausgang kann bis zu maximal 100 mA belastet werden – je nach angeschl. Last).
Sensor Module	SMC30	200 mA ohne Berücksichtigung des Strombedarfs des angeschlossenen Gebers.

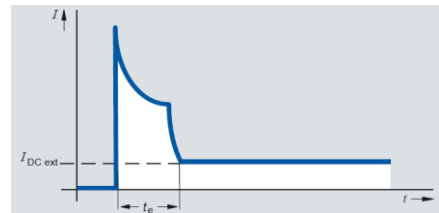
Strombedarf der an die 24 V-Hilfsstromversorgung des Power Modules anschließbaren Komponenten / Baugruppen

Liegt der Strombedarf der an die Klemmen des Steckers X42 angeschlossenen Verbraucher inkl. der Belastungen der Digitalausgänge über dem zulässigen Wert von 2,5 A, so muss eine externe 24 V-Versorgung an der Klemme X9 angeschlossen werden (z. B. SITOP-Power), welche den Strom $I_{DC\ ext}$ der gesamten Hilfsversorgung zu liefern vermag. Dies kann z. B. dann der Fall sein, wenn neben der Control Unit CU320-2 und dem Bedienfeld APO30 zwei Terminal Moduls TM31 eingesetzt werden, deren Digitalausgänge stark belastet sind und zusätzlich ein Sensor Module SMC30 zur Auswertung eines Inkrementalgebers vorhanden ist.

Eine externe 24 V-Versorgung ist ebenfalls vorzusehen, wenn die interne Hilfsstromversorgung aktiv bleiben soll, auch wenn das Leistungsteil vom Netz getrennt ist und die Speisung der Hilfsstromversorgung aus dem Zwischenkreis nicht mehr erfolgt. Dies kann z. B. dann der Fall sein, wenn ein Hauptschalter oder ein Hauptschütz verwendet wird und die Kommunikation mit dem Umrichter auch bei geöffnetem Hauptschalter bzw. Hauptschütz erhalten bleiben soll.

Beim Einsatz einer externen 24 V-Versorgung an der Klemme X9 ist zu beachten, dass beim Einschalten der externen 24 V-Versorgung die Kondensatoren in der Elektronikversorgung des angeschlossenen Power Modules geladen werden müssen. Die 24 V-Versorgung hat also zunächst eine Stromspitze zum Aufladen dieser Kondensatoren bereitzustellen, die ein Vielfaches des gemäß Tabelle berechneten Stroms $I_{DC\ ext}$ betragen kann. Diese Stromspitze ist auch beim Einbau von Sicherungselementen, z.B. Leitungsschutzschaltern, zu beachten (Auslösecharakteristik C o. D). Die Stromspitze fließt über eine Zeit t_e von wenigen 100ms.

Der Scheitelwert wird durch die Impedanz der externen 24 V-Versorgung bzw. deren elektronisch begrenzten Maximalstrom bestimmt.



Typischer Verlauf des Einschaltstroms der externen 24 V-Versorgung

4.5 Werksmäßige Vorbelegung der Kundenschnittstelle bei SINAMICS G130

Zur Erleichterung der Projektierung der Kundenschnittstelle und der Inbetriebnahme stehen die folgenden Werkseinstellungen zur Verfügung. Darüber hinaus ist auch jederzeit eine freie Belegung der Schnittstellen möglich.

- Der Umrichter wird über die standardmäßig vorhandene PROFIBUS-Schnittstelle (CU320-2 DP) oder die standardmäßig vorhandene PROFINET-Schnittstelle (CU320-2 PN) angesteuert. Zur Einbindung externer Warn- und Störmeldungen sowie Steuersignale werden die digitalen Ein- / Ausgänge der Control Unit benutzt.

Klemmenleiste auf der Control Unit CU320-2		
X122	Werksmäßige Vorbelegung	Bemerkung
DI0	frei	
DI1	frei	
DI2	frei	
DI3	Störung quittieren	
DI16	frei	
DI17	frei	
M1		
M		
DI/ <u>DO8</u>	Wechselrichter Freigabe (Betrieb)	
DI/ <u>DO9</u>	keine Störung	
M		
DI/ <u>DO10</u>	P24	als Ausgang vorbelegt
DI/ <u>DO11</u>	Externe Warnung ¹⁾	Low aktiv
M		
X132		
DI4	AUS 2 ¹⁾	
DI5	AUS 3 ¹⁾	Rücklauf an der Schnellhaltrampe, nur in Verbindung mit dem Braking Module relevant.
DI6	Externe Störung ¹⁾	
DI7	frei	
DI20	frei	
DI21	frei	
M2		
M		
DI/ <u>DO12</u>	Quittierung Fehlermeldung Braking Module	Ausgang wird in Verbindung mit dem Braking Module genutzt (vorbelegt).
DI/ <u>DO13</u>	P24	als Ausgang vorbelegt
M		
DI/ <u>DO14</u>	P24	als Ausgang vorbelegt
DI/ <u>DO15</u>	P24	als Ausgang vorbelegt
M		

Bei den bidirektionalen Ein- / Ausgängen sind die Vorbelegungen durch die unterstrichene Darstellung gekennzeichnet.

¹⁾ Wenn diese Eingänge nicht benutzt werden ist hier eine Brücke einzulegen

SINAMICS G130

Projektierungshinweise

2. Der Umrichter wird ausschließlich über die standardmäßig vorhandenen digitalen Ein- / Ausgänge der Control Unit angesteuert.

Klemmenleiste auf der Control Unit CU320-2		
X122	Werksmäßige Vorbelegung	Bemerkung
DI0	EIN/AUS 1	
DI1	Sollwert höher / FSW 0	Ob Betrieb über digitales Motorpoti oder Festsollwertvorgabe kann in der Firmware parametrieren werden.
DI2	Sollwert tiefer / FSW 1	
DI3	Störung quittieren	
DI16	frei	
DI17	frei	
M1		
M		
<u>DI/DO8</u>	Wechselrichter Freigabe (Betrieb)	
<u>DI/DO9</u>	keine Störung	
M		
<u>DI/DO10</u>	P24	als Ausgang vorbelegt
<u>DI/DO11</u>	Externe Warnung ¹⁾	Low aktiv
M		
X132		
DI4	AUS 2 ¹⁾	sofortige Impulssperre, Motor trudelt aus
DI5	AUS 3 ¹⁾	Rücklauf an der Schnellhaltrampe, nur in Verbindung mit dem Braking Module relevant
DI6	Externe Störung 1 ¹⁾	
DI7	frei	
DI20	frei	
DI21	frei	
M2		
M		
<u>DI/DO12</u>	Quittierung Fehlermeldung Braking Module	Ausgang wird in Verbindung mit dem Braking Module genutzt (reserviert)
<u>DI/DO13</u>	P24	als Ausgang vorbelegt
M		
<u>DI/DO14</u>	P24	als Ausgang vorbelegt
<u>DI/DO15</u>	P24	als Ausgang vorbelegt
M		

Bei den bidirektionalen Ein- / Ausgängen sind die Vorbelegungen durch die unterstrichene Darstellung gekennzeichnet.

¹⁾ Wenn diese Eingänge nicht benutzt werden ist hier eine Brücke einzulegen

3. Der Umrichter wird über die standardmäßig vorhandene PROFIBUS-Schnittstelle (CU320-2 DP) oder die standardmäßig vorhandene PROFINET-Schnittstelle (CU320-2 PN) angesteuert. Zur Einbindung externer Warn- und Störmeldungen sowie Steuersignale werden die digitalen Ein- / Ausgänge der Control Unit benutzt und zusätzlich die optionale Kundenschnittstelle TM31 eingesetzt.

Klemmenleiste auf der Control Unit CU320-2		
X122	Werksmäßige Vorbelegung	Bemerkung
DI0	frei	
DI1	frei	
DI2	frei	
DI3	frei	
DI16	frei	
DI17	frei	
M1		
M		
<u>DI/DO8</u>	frei	als Ausgang vorbelegt
<u>DI/DO9</u>	frei	als Ausgang vorbelegt
M		
<u>DI/DO10</u>	frei	als Ausgang vorbelegt
<u>DI/DO11</u>	frei	als Ausgang vorbelegt
M		
X132		
DI4	frei	
DI5	frei	
DI6	frei	
DI7	frei	
DI20	frei	
DI21	frei	
M2		
M		
<u>DI/DO12</u>	Quittierung Fehlermeldung Braking Module	Ausgang wird in Verbindung mit dem Braking Module genutzt (reserviert)
<u>DI/DO13</u>	frei	als Ausgang vorbelegt
M		
<u>DI/DO14</u>	frei	als Ausgang vorbelegt
<u>DI/DO15</u>	frei	als Ausgang vorbelegt
M		

Bei den bidirektionalen Ein- / Ausgängen sind die Vorbelegungen durch die unterstrichene Darstellung gekennzeichnet.

Belegung des TM31 siehe nächste Seite

SINAMICS G130

Projektierungshinweise

Klemmenleiste auf dem Terminal Module TM31		
	Werksmäßige Vorbelegung	Bemerkung
X520	Optokopplereingänge gewurzelt	
DI0	frei	
DI1	frei	
DI2	frei	
DI3	Störung quittieren	
X530	Optokopplereingänge gewurzelt	
DI4	AUS 2 ¹⁾	sofortige Impulssperre, Motor trudelt aus
DI5	AUS 3 ¹⁾	Rücklauf an der Schnellhaltrampe, nur in Verbindung mit dem Braking Module relevant
DI6	Externe Störung ¹⁾	
DI7	frei	
X541	Bidirektionale Ein-/Ausgänge	
DI/DO8	Meldung Einschaltbereit	
DI/DO9	frei	als Eingang vorbelegt
DI/DO10	frei	als Eingang vorbelegt
DI/DO11	Externe Warnung ¹⁾	als Eingang vorbelegt
X542	Relaisausgänge (Wechsler)	
DO0	Wechselrichter Freigabe (Betrieb)	
DO1	Rückmeldung Umrichter keine Störung	
X521	Analogeingänge differenzial	
AI0+	frei	
AI0-		
AI1+	frei	
AI1-		
X522	Analogausgänge	
AO 0V+		Die Ausgänge sind werksmäßig auf 0 bis 10 V eingestellt
AO 0-	Analogausgang Drehzahlwert	
AO 0C+		
AO 1V+		Die Ausgänge sind werksmäßig auf 0 bis 10 V eingestellt
AO 1-	Analogausgang Motorstromwert	
AO 1C+		
X522	Thermistorschutz	
+Temp		Eingang für einen Temperaturfühler KTY84 bzw. PT1000 bzw. PTC-Kaltleiter
- Temp		

Bei den bidirektionalen Ein- /Ausgängen sind die Vorbelegungen durch die unterstrichene Darstellung gekennzeichnet.

¹⁾ Wenn diese Eingänge nicht benutzt werden ist hier eine Brücke einzulegen

4. Der Umrichter wird ausschließlich über die digitalen Ein- / Ausgänge bzw. analogen Ein- / Ausgänge der optionalen Kundenschnittstelle TM31 angesteuert.

Klemmenleiste auf der Control Unit CU320-2		
X122	Werksmäßige Vorbelegung	Bemerkung
DI0	frei	
DI1	frei	
DI2	frei	
DI3	frei	
DI16	frei	
DI17	frei	
M1		
M		
<u>DI/DO8</u>	frei	als Ausgang vorbelegt
<u>DI/DO9</u>	frei	als Ausgang vorbelegt
M		
<u>DI/DO10</u>	frei	als Ausgang vorbelegt
<u>DI/DO11</u>	frei	als Ausgang vorbelegt
M		
X132		
DI4	frei	
DI5	frei	
DI6	frei	
DI7	frei	
DI20	frei	
DI21	frei	
M2		
M		
<u>DI/DO12</u>	Quittierung Fehlermeldung Braking Module	Ausgang wird in Verbindung mit Braking Module genutzt (reserviert).
<u>DI/DO13</u>	frei	als Ausgang vorbelegt
M		
<u>DI/DO14</u>	frei	als Ausgang vorbelegt
<u>DI/DO15</u>	frei	als Ausgang vorbelegt
M		

Bei den bidirektionalen Ein- / Ausgängen sind die Vorbelegungen durch die unterstrichene Darstellung gekennzeichnet.

Klemmenleiste auf dem Terminal Module TM31		
	Werksmäßige Vorbelegung	Bemerkung
X520	Optokopplereingänge gewurzelt	
DI0	EIN/AUS 1	
DI1	Sollwert höher / FSW 0	Ob Betrieb über digitales Motorpoti oder Festsollwertvorgabe kann in der Firmware parametrieren werden
DI2	Sollwert tiefer / FSW 1	
DI3	Störung quittieren	
X530	Optokopplereingänge gewurzelt	
DI4	AUS 2 ¹⁾	sofortige Impulssperre, Motor trudelt aus
DI5	AUS 3 ¹⁾	Rücklauf an der Schnellhaltrampe, nur in Verbindung mit dem Braking Module relevant
DI6	Externe Störung ¹⁾	
DI7		

¹⁾ Wenn diese Eingänge nicht benutzt werden, ist hier eine Brücke einzulegen

Klemmenleiste auf dem Terminal Module TM31		
	Werksmäßige Vorbelegung	Bemerkung
X541	Bidirektionale Ein- / Ausgänge	
DI/DO8	Meldung Einschaltbereit	
DI/DO9	frei	als Eingang vorbelegt
DI/DO10	frei	als Eingang vorbelegt
DI/DO11	Externe Warnung ¹⁾	als Eingang vorbelegt
X542	Relaisausgänge (Wechsler)	
DO 0	Wechselrichter Freigabe (Betrieb)	
DO 1	Rückmeldung Umrichter keine Störung	
X521	Analogeingänge differenzial	
AI0+	Analogeingang zur Drehzahlsollwertvorgabe	Die Eingänge sind werksmäßig auf 10 V eingestellt
AI0-		
AI1+	Analogeingang reserviert	Die Eingänge sind werksmäßig auf 10 V eingestellt
AI1-		
X522	Analogausgänge	
AO 0V+		Die Ausgänge sind werksmäßig auf 0-10 V eingestellt
AO 0-	Analogausgang Drehzahlistwert	
AO 0C+		
AO 1V+		Die Ausgänge sind werksmäßig auf 0-10 V eingestellt
AO 1-	Analogausgang Motorstromistwert	
AO 1C+		
X522	Thermistorschutz	
+Temp		Eingang für einen Temperaturfühler KTY84 bzw. PT1000
-Temp		bzw. PTC-Kaltleiter

Bei bidirektionalen Ein- / Ausgängen sind Vorbelegungen durch die unterstrichene Darstellung gekennzeichnet.

Hinweis:

Werden an die analogen Ein- und Ausgänge des Terminal Modules TM31 Leitungen mit mehr als ca. 3-4 m Länge angeschlossen, so sind aus Gründen der Elektromagnetischen Verträglichkeit Trennverstärker zu verwenden. Trennverstärker sorgen für eine galvanische Entkopplung zwischen der Signalquelle und der Signalecke, so dass ggf. vorhandene Unterschiede im Bezugspotenzial der Geräteelektronik und der übergeordneten Steuerung nicht zu Ausgleichsströmen über die analogen Signalleitungen führen können. Hierdurch lassen sich Störeinkopplungen in die analoge Signalübertragung minimieren und störteste analoge Übertragungsstrecken auch bei größeren Leitungslängen realisieren. Weitere Informationen zum EMV-gerechten Aufbau sind dem Kapitel „EMV-Aufbaurichtlinie“ zu entnehmen.

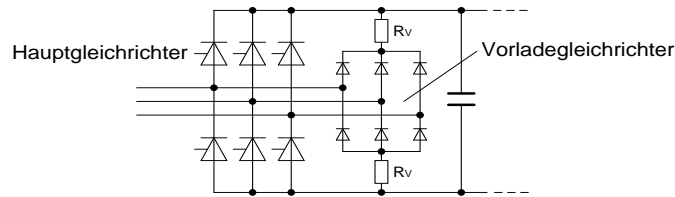
- Der Umrichter wird ausschließlich über das optionale AOP 30 angesteuert bzw. bedient. Die digitalen Ein- / Ausgänge der CU320-2 oder TM31 werden hierbei nicht benutzt.

4.6 Leitungsquerschnitte und Anschlüsse der Einbaugeräte SINAMICS G130

Die maximal anschließbaren Kabelquerschnitte für den Netz- und Motoranschluss sind den technischen Daten im Katalog D 11 zu entnehmen, die empfohlenen Kabelquerschnitte sind identisch mit denen der Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS G150 und können dem Kapitel „Projektierung der Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS G150“, Abschnitt „Leitungsquerschnitte und Anschlüsse der Schrankgeräte SINAMICS G150“ entnommen werden.

4.7 Vorladung des Zwischenkreises und Vorladeströme

Bei den Umrichter-Einbaugeräten SINAMICS G130 ist dem mit Thyristoren bestückten Hauptgleichrichter ein kleiner mit Dioden bestückter Vorladegleichrichter parallelgeschaltet. Wenn diese Anordnung netzseitig an Spannung gelegt wird, lädt sich der Zwischenkreis über den Vorladegleichrichter und die zugehörigen Vorladewiderstände auf. Der Hauptgleichrichter ist während dieser Zeit gesperrt, d. h. die Thyristoren werden nicht angesteuert. Sobald der Zwischenkreis aufgeladen ist, werden die Thyristoren des Hauptgleichrichters angesteuert, und zwar so, dass die Thyristoren zum frühest möglichen Zeitpunkt zünden. Somit verhält sich der Thyristorgleichrichter im Betrieb quasi wie ein Diodengleichrichter. Der betriebsmäßige Strom fließt praktisch vollständig über den Hauptgleichrichter, da er hier einen wesentlich geringeren Widerstand vorfindet als über den parallelgeschalteten Vorladegleichrichter mit seinen Vorladewiderständen.



Vorladung bei Umrichter-Einbaugeräten SINAMICS G130 über einen separaten Vorladegleichrichter u. Vorladewiderstände

Aufgrund des Vorladeprinzips über ohmsche Widerstände R_v erfolgt die Vorladung verlustbehaftet, wobei die Vorladewiderstände thermisch so ausgelegt sind, dass sie den Zwischenkreis ihres Umrichters G130 vorladen können, ohne überlastet zu werden. Zusätzliche Zwischenkreiskapazitäten können nicht vorgeladen werden. Daher ist es nicht gestattet, an den Zwischenkreis eines Umrichters SINAMICS G130 noch weitere S120 Motor Modules anzuschließen oder mehrere Umrichter G130 am Zwischenkreis miteinander zu verbinden.

In der folgenden Tabelle sind die zu Beginn der Vorladung auftretenden Netzströme als Effektivwerte für Netzanschlussspannungen 400 / 500 / 690 V angegeben. Bei abweichenden Netzanschlussspannungen sind die Werte proportional zur Netzspannung umzurechnen.

Die angegebenen Vorladeströme klingen nach einer e-Funktion ab, bis die Vorladung nach typischerweise 1 - 2 s abgeschlossen ist. Aufgrund der Erwärmung der Vorladewiderstände während der Vorladung ist maximal alle 3 Minuten eine vollständige Vorladung des DC-Zwischenkreises zulässig.

Typleistung G130 bei 400 / 500 / 690 V	Bemessungs- Ausgangsstrom	Zu Beginn der Vorladung des Zwischenkreises auftretender Netzstrom (Anfangs-Effektivwert) bei 400 / 500 / 690 V
3AC 380 V – 480 V		
110 kW	210 A	5 A
132 kW	260 A	6 A
160 kW	310 A	6 A
200 kW	380 A	8 A
250 kW	490 A	13 A
315 kW	605 A	13 A
400 kW	745 A	13 A
450 kW	840 A	13 A
560 kW	985 A	17 A
3AC 500 V – 600 V		
110 kW	175 A	4 A
132 kW	215 A	5 A
160 kW	260 A	5 A
200 kW	330 A	8 A
250 kW	410 A	10 A
315 kW	465 A	10 A
400 kW	575 A	13 A
500 kW	735 A	15 A
560 kW	810 A	15 A
3AC 660 V – 690 V		
75 kW	85 A	4 A
90 kW	100 A	4 A
110 kW	120 A	4 A
132 kW	150 A	4 A
160 kW	175 A	5 A
200 kW	215 A	7 A
250 kW	260 A	7 A
315 kW	330 A	11 A
400 kW	410 A	15 A
450 kW	465 A	15 A
560 kW	575 A	17 A
710 kW	735 A	21 A
800 kW	810 A	21 A

Umrichter-Einbaugeräte SINAMICS G130: Zu Beginn der Vorladung auftretende Netzströme (Anfangs-Effektivwerte)

4.8 Netzseitige Komponenten

4.8.1 Netzsicherungen

Zum Schutz des Umrichters werden die Doppelfunktionssicherungen (3NE1...) für den Leitungs- und Halbleiterschutz empfohlen. Diese sind speziell auf die Belange der zu schützenden Halbleiter des Eingangsgleichrichters (Thyristoren) angepasst und haben folgende Eigenschaften:

- Superflink,
- auf das Grenzstromintegral des Halbleiters (Thyristors) abgestimmt,
- geringe Lichtbogenspannung,
- gute Strombegrenzung.

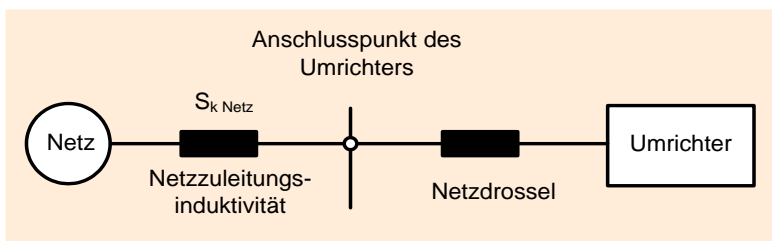
4.8.2 Netzdrossel

Eine Netzdrossel ist immer dann erforderlich,

- wenn Umrichter an ein Netz mit hoher Netzkurzschlussleistung, d. h. mit niedriger Netzzuleitungsinduktivität angeschlossen werden,
- wenn mehrere Umrichter an einen gemeinsamen Netzanschlusspunkt PCC angeschlossen werden,
- wenn Umrichter mit Netzfiltern zur Funk-Entstörung ausgerüstet werden,
- wenn Umrichter mit Line Harmonics Filtern (LHF) zur Reduktion der Netzurückwirkungen ausgerüstet werden.

Die Netzdrossel glättet den vom Umrichter aufgenommenen Strom und reduziert somit die Oberschwingungsanteile im Netzstrom. Hierdurch werden Gleichrichter und Zwischenkreiskondensatoren des Umrichters thermisch entlastet. Außerdem werden die Netzurückwirkungen reduziert, d. h. sowohl die Oberschwingungsströme als auch die Oberschwingungsspannungen im speisenden Netz werden verringert.

Will man auf den Einsatz von Netzdrosseln verzichten, so muss die Netzzuleitungsinduktivität entsprechend groß bzw. die bezogene Kurzschlussleistung RSC *) genügend klein sein.



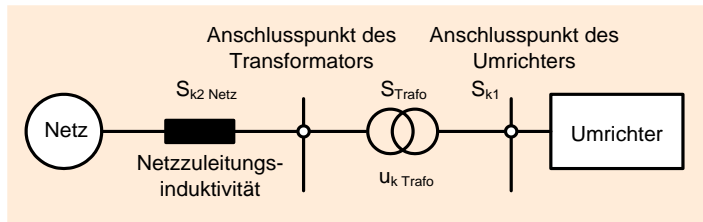
Für die Umrichter-Einbaugeräte SINAMICS G130 gelten folgende Werte:

Umrichtertypleistung SINAMICS G130	Netzdrossel kann entfallen bei RSC	Netzdrossel ist erforderlich bei RSC
< 200 kW	≤ 43	> 43
200 kW – 500 kW	≤ 33	> 33
> 500 kW	≤ 20	> 20

Da in der Praxis oft nicht bekannt ist, an welcher Netzkonfiguration einzelne Umrichter betrieben werden, d. h. welche Netzkurzschlussleistung an der Anschlussstelle des Umrichters vorliegt, wird empfohlen, dem Umrichter im Zweifelsfall stets eine Netzdrossel vorzuschalten.

*) RSC = Relative Short-Circuit Power gemäß EN 60146-1-1:
Verhältnis der Kurzschlussleistung $S_{K\text{ Netz}}$ des Netzes zur Bemessungsscheinleistung (Grundscheinleistung) $S_{\text{Umrichter}}$ des Umrichters an seinem Anschlusspunkt

Auf die Netzdrossel kann nur verzichtet werden, wenn die in der o. a. Tabelle angeführten Werte für die bezogene Kurzschlussleistung RSC unterschritten werden. Dieses ist z. B. dann der Fall, wenn der Umrichter über einen in der Leistung angepassten Transformator an das Netz angeschlossen ist und keine weiteren der o. a. Gründe den Einsatz einer Netzdrossel erforderlich machen.



In diesem Fall ergibt sich die Netzkurzschlussleistung S_{k1} am Anschlusspunkt des Umrichters näherungsweise zu

$$S_{k1} = \frac{S_{Trafo}}{u_{kTrafo} + \frac{S_{Trafo}}{S_{k2Netz}}}$$

Formelzeichen	Bedeutung
---------------	-----------

S_{Trafo}	Bemessungsscheinleistung des Transformators
$U_k Trafo$	bezogene Kurzschlussspannung des Transformators
$S_{k2 Netz}$	Kurzschlussleistung der übergeordneten Spannungsebene

Netzdrosseln sind immer zwingend erforderlich, wenn mehrere Umrichter an einen gemeinsamen Netzanschlusspunkt angeschlossen werden. Sie dienen neben der Glättung des Netzstromes auch zur netzseitigen Entkopplung der Gleichrichter. Diese Entkopplung ist die Voraussetzung für eine einwandfreie Funktion der Gleichrichterschaltung. Aus diesem Grunde muss jeder Umrichter mit einer eigenen Netzdrossel versehen werden und es ist nicht erlaubt, mehreren Umrichtern eine gemeinsame Netzdrossel zuzuordnen.

Ebenfalls zwingend erforderlich ist der Einsatz einer Netzdrossel, wenn der Umrichter mit einem Netzfilter zur Funk-Entstörung oder mit einem Line Harmonics Filter (LHF) zur Reduktion der Netzurückwirkungen ausgerüstet werden soll, weil die genannten Filter ohne die Netzdrossel nicht ihre volle Filterwirkung erreichen (gilt nicht für Line Harmonics Filter LHF compact).

4.8.3 Line Harmonics Filter

Line Harmonics Filter reduzieren die niederfrequenten Netzurückwirkungen der Umrichter auf Pegel, die sonst nur mit 12-pulsigen Gleichrichterschaltungen erreicht werden. Damit lassen sich die sehr strengen Grenzwerte der Norm IEEE 519:2014 einhalten unter der Voraussetzung: Relative Kurzschlussleistung des Netzes $u_k \leq 5\%$ bzw. relative Kurzschlussleistung des Netzes $RSC \geq 20$.

Weitere Informationen über die Funktionsweise und die zu beachtenden Randbedingungen sind dem Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt „Line Harmonics Filter (LHF und LHF compact)“ zu entnehmen.

4.8.4 Netzfilter

Die Umrichter-Einbaugeräte SINAMICS G130 besitzen standardmäßig ein integriertes Netzfilter zur Begrenzung der leitungsgebundenen Störaussendung gemäß EMV-Produktnorm IEC 61800-3, Kategorie C3, bis zu Motorleitungslängen von 100 m (Einsatz im industriellen Bereich bzw. in der Zweiten Umgebung).

Mit dem als Systemkomponente erhältlichen, zusätzlichen Netzfilter sind die Umrichter bis zu Motorleitungslängen von 100 m für den Einsatz gemäß EMV-Produktnorm IEC 61800-3, Kategorie C2, geeignet.

Unabdingbare Voraussetzung für die Einhaltung der Grenzwerte gemäß den o. g. Kategorien ist die Einhaltung der vorgeschriebenen Installationshinweise, da die Netzfilter nur bei fachgerechter Installation des Antriebes hinsichtlich Erdung und Schirmung ordnungsgemäß funktionieren.

Der Einsatz der Netzfilter darf nur beim Betrieb der Umrichter an geerdeten Netzen (TN- oder TT-Netze mit geerdetem Sternpunkt) erfolgen. Beim Betrieb an ungeerdeten Netzen (IT-Netzen) ist das standardmäßig eingebaute Netzfilter vom PE-Potenzial zu trennen, indem der entsprechende Metallbügel bei der Inbetriebnahme entfernt wird (siehe Betriebsanleitung). Ein Einsatz der als Systemkomponente erhältlichen, zusätzlichen Netzfilter zur Einhaltung der Grenzwerte gemäß EMV-Produktnorm IEC 61800-3, Kategorie C2 ist in ungeerdeten Netzen nicht möglich.

Weiterführende Details sind im Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt „Netzfilter“ sowie im Kapitel „EMV-Aufbaurichtlinie“ beschrieben.

4.9 Komponenten am Zwischenkreis

4.9.1 Bremseinheiten

Die Umrichter-Einbaugeräte SINAMICS G130 sind nicht rückspeisefähig. Daher werden Bremseinheiten benötigt, wenn gelegentlich und für kurze Zeit generatorische Energie anfällt, z. B. beim Abbremsen des Antriebes (Not-Halt). Die Bremseinheiten bestehen aus einem Braking Module und einem extern aufzustellenden Bremswiderstand, der an das Braking Module angeschlossen wird und die anfallende Bremsenergie in Wärme umsetzt.

Für die Umrichter-Einbaugeräte SINAMICS G130 stehen Braking Modules mit einer Dauerbremsleistung von 25 kW (P_{20} -Leistung 100 kW) und 50 kW (P_{20} -Leistung 200 kW) zur Verfügung. Die Zuordnung der Bremsleistungen zu den Typleistungen der Umrichter ist der unten stehenden Tabelle zu entnehmen. Die Braking Modules enthalten die Leistungselektronik und die zugehörige Ansteuerung. Sie sind zum Einbau in die Powerblöcke der G130 Power Modules vorgesehen. Ihre Kühlung erfolgt über den Abluftstrom der Power Modules. Die Braking Modules werden an den Zwischenkreis des Power Modules angeschlossen und arbeiten hinsichtlich der Versorgungsspannung, die dem Zwischenkreis entnommen wird, und hinsichtlich der Regelung völlig autark. Zur Erzielung höherer Bremsleistungen besteht bei Umrichtern, die aus mehreren Powerblöcken aufgebaut sind, die Möglichkeit, mehrere Braking Modules parallel zu betreiben. Bei Umrichtern der Baugröße HX können 2 Braking Modules, bei Umrichter der Baugröße JX 3 Braking Modules eingesetzt werden. Jedem Braking Module ist immer ein eigener Bremswiderstand zugeordnet.

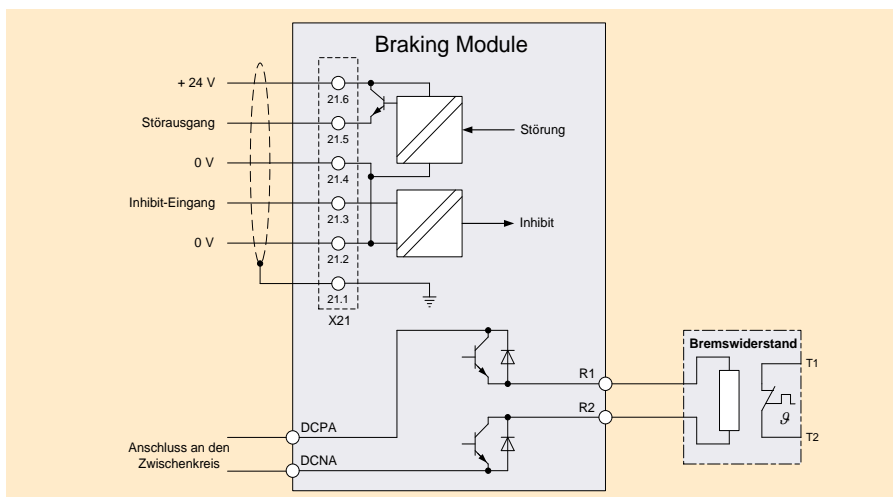
Werden die Bremseinheiten bei Umgebungstemperaturen $> 40\text{ °C}$ und Aufstellhöhen $> 2000\text{ m}$ eingesetzt, so gelten auch hier die bei den Power Modules angeführten Reduktionsfaktoren für Strom und Leistung.

Zur Überwachung ist im Bremswiderstand ein Thermokontakt eingebaut, welcher in die Warn- bzw. Abschaltkette des Umrichters eingebunden werden kann.

Die maximal zulässige Leitungslänge zwischen Braking Module und Bremswiderstand beträgt 100 m.

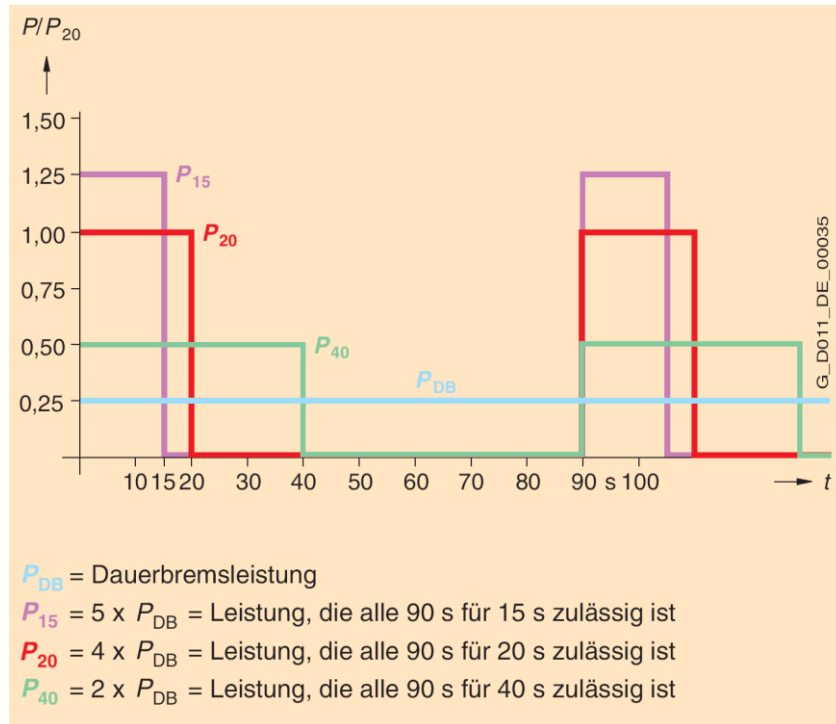
Einbaugeräte SINAMICS G130	zugehörige Braking Modules			Spitzenleistung P_{15}	Brems- widerstand R_B	Max. Strom
	Bemessungs- leistung (Dauer- Bremsleistung) P_{DB}	Leistung P_{40}	Leistung P_{20}			
Typleistung						
3AC 380 V – 480 V						
110 kW – 132 kW	25 kW	50 kW	100 kW	125 kW	$4,4\ \Omega \pm 7,5\ \%$	189 A
160 kW – 560 kW	50 kW	100 kW	200 kW	250 kW	$2,2\ \Omega \pm 7,5\ \%$	378 A
3AC 500 V – 600 V						
110 kW – 560 kW	50 kW	100 kW	200 kW	250 kW	$3,4\ \Omega \pm 7,5\ \%$	306 A
3AC 660 V – 690 V						
75 kW – 132 kW	25 kW	50 kW	100 kW	125 kW	$9,8\ \Omega \pm 7,5\ \%$	127 A
160 kW – 800 kW	50 kW	100 kW	200 kW	250 kW	$4,9\ \Omega \pm 7,5\ \%$	255 A

Verfügbare Braking Modules und Bremswiderstände für die Einbaugeräte SINAMICS G130. Die Leistungsangaben gelten für die werkseitig eingestellten Ansprechschwellen



Anschluss von Braking Module und Bremswiderstand bei Einbaugeräten SINAMICS G130

Das folgende Diagramm zeigt die Leistungsdefinitionen und die zulässigen Lastspiele für die Braking Modules und die zugehörigen Bremswiderstände. Die Angaben gelten für die werkseitig eingestellten Ansprechschwellen.



Leistungsdefinitionen und Lastspiele für Braking Modules und Bremswiderstände

Ermittlung der erforderlichen Braking Modules und Bremswiderstände

Im Folgenden wird die Vorgehensweise zur Berechnung der erforderlichen Dauerleistung der Bremseinheit erläutert.

1. Ermittlung des Mittelwertes der Bremsleistung P_{mittel}

Zunächst ist der Mittelwert der Bremsleistung P_{mittel} aus dem vorgegebenen Lastspiel zu bestimmen.

- Für periodische Lastspiele mit einer Lastspieldauer $T \leq 90$ s ist der Mittelwert der Bremsleistung P_{mittel} über die gesamte Lastspieldauer T zu bestimmen.
- Für periodische Lastspiele mit einer Lastspieldauer $T > 90$ s bzw. für sporadische Bremsvorgänge ist der Mittelwert der Bremsleistung P_{mittel} in jenem Zeitabschnitt zu bestimmen, in dem der größte Mittelwert auftritt. Als Zeitbasis für die Mittelwertberechnung ist eine Periodendauer von 90 s anzusetzen.

Aus dem Mittelwert der Bremsleistung P_{mittel} ergibt sich die erforderliche Dauerleistung der Bremseinheit P_{DB} zu

$$P_{DB} \geq 1,125 \cdot P_{\text{mittel}} .$$

Hinweis:

Der Faktor $1,125 = 1 / 0,888$ berücksichtigt, dass aufgrund der thermischen Zeitkonstanten die zulässige mittlere Leistung bei Lastspielen – wie z. B. dem P_{20} -Lastspiel oder dem P_{40} -Lastspiel – nur 88,8 % der zulässigen Leistung im Dauerbetrieb beträgt.

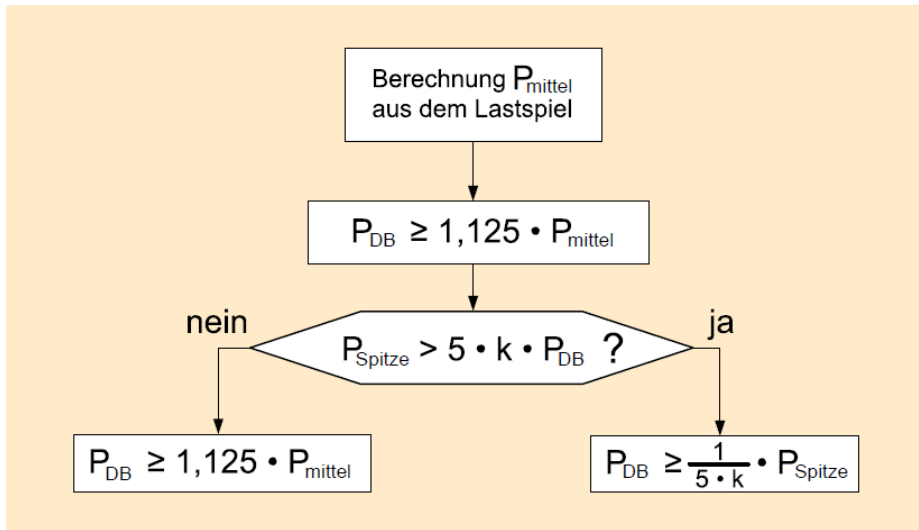
2. Überprüfung der erforderlichen Spitzenbremsleistung P_{Spitze}

Bei der Auswahl der Bremseinheiten ist neben dem Mittelwert der Bremsleistung P_{mittel} auch die erforderliche Spitzenbremsleistung P_{Spitze} zu berücksichtigen. Es muss daher überprüft werden, ob die Bremseinheit mit der unter Punkt 1. ermittelten Dauerbremsleistung P_{DB} auch die während des vorgegebenen Lastspiels geforderte Spitzenbremsleistung P_{Spitze} aufzubringen vermag. Ist das nicht der Fall, so ist die erforderliche Dauerbremsleistung P_{DB} entsprechend der erforderlichen Spitzenbremsleistung zu erhöhen.

SINAMICS G130

Projektierungshinweise

Das folgende Ablaufdiagramm zeigt die Vorgehensweise.



Ablaufdiagramm zur Ermittlung der erforderlichen Braking Modules und Bremswiderstände

Zur Reduzierung der Spannungsbeanspruchung des Motors und des Umrichters kann beim Betrieb mit niedrigen Netzanschlussspannungen (380 V – 400 V bzw. 500 V bzw. 660 V) in den jeweiligen Netzanschlussspannungsbereichen die Ansprechschwelle der Bremsseinheit und damit die beim Bremsen auftretende Zwischenkreisspannung U_{zk} herabgesetzt werden. Damit geht allerdings auch die erzielbare Spitzenleistung wegen $P_{Spitze} \sim (U_{zk})^2 / R$ mit dem Reduktionsfaktor $k = (\text{untere Ansprechschwelle} / \text{obere Ansprechschwelle})^2$ zurück.

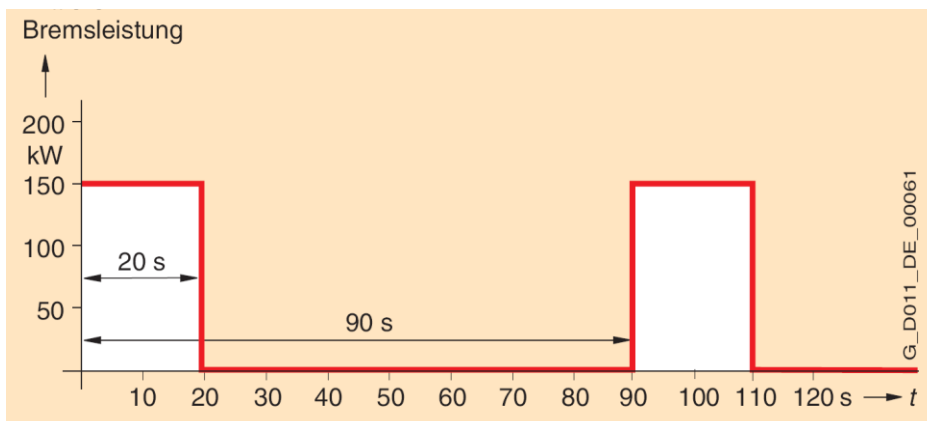
Werkseitig eingestellt ist jeweils die obere Ansprechschwelle. Die einstellbaren Ansprechschwellen und die zugehörigen Reduktionsfaktoren k sind der Tabelle zu entnehmen.

Netzanschlussspannung	Ansprechschwelle U_{zk} mit zugehörigem Reduktionsfaktor k
3AC 380 V – 480 V	774 V ($k = 1$) bzw. 673 V ($k = 0,756$)
3AC 500 V – 600 V	967 V ($k = 1$) bzw. 841 V ($k = 0,756$)
3AC 660 V – 690 V	1158 V ($k = 1$) bzw. 1070 V ($k = 0,853$)

Ansprechschwellen der Braking Modules und zugehörige Reduktionsfaktoren k

Berechnungsbeispiel:

Für ein Umrichter-Einbaugerät SINAMICS G130 mit einer Typeleistung von 450 kW bei 400 V ist zu berechnen, ob die für das Power Module zur Verfügung stehende Bremsseinheit mit einer Dauerleistung $P_{DB} = 50$ kW bzw. $P_{20} = 200$ kW für den folgenden Anwendungsfall geeignet ist. Das Diagramm zeigt den zeitlichen Verlauf der anfallenden Bremsleistung.



1. Der Mittelwert der Bremsleistung errechnet sich zu:

$$P_{\text{mittel}} = [(150 \text{ kW} \cdot 20 \text{ s}) + (0 \text{ kW} \cdot 70 \text{ s})] / 90 \text{ s}$$

$$= 33,33 \text{ kW}$$

Die erforderliche Dauerleistung der Bremseinheit muss größer als $1,125 \cdot P_{\text{mittel}}$ sein. Damit ergibt sich:

$$P_{\text{DB}} \geq 1,125 \cdot 33,33 \text{ kW}$$

$$\geq 37,5 \text{ kW}$$

- 2a. Überprüfung der erforderlichen Spitzenleistung bei werkseitig eingestellter, oberer Ansprechschwelle $U_{\text{zk}} = 774 \text{ V}$ entsprechend $k = 1$:

$$P_{\text{Spitze}} > 5 \cdot k \cdot P_{\text{DB}} \text{ ?}$$

$$150 \text{ kW} > 5 \cdot 1 \cdot 37,5 \text{ kW} \text{ ?}$$

$$> 187,5 \text{ kW} \text{ ?}$$

Die Bedingung ist nicht erfüllt, d. h., die erforderliche Spitzenleistung von 150 kW ist nicht größer, als die von der Bremseinheit mit einer Dauerleistung von 37,5 kW lieferbare Spitzenleistung von 187,5 kW. Damit ist der Mittelwert der Bremsleistung das ausschlaggebende Kriterium zur Festlegung des Braking Modules und des Bremswiderstandes.

Somit ist eine Bremseinheit mit einer Dauerleistung

$$P_{\text{DB}} \geq 1,125 \cdot P_{\text{mittel}}$$

$$\geq 37,5 \text{ kW}$$

erforderlich. Die für das Power Module verfügbare Bremseinheit mit $P_{\text{DB}} = 50 \text{ kW}$ bzw. $P_{20} = 200 \text{ kW}$ ist also für den Anwendungsfall geeignet.

- 2b. Überprüfung der erforderlichen Spitzenleistung bei herabgesetzter, unterer Ansprechschwelle $U_{\text{zk}} = 673 \text{ V}$ entsprechend $k = 0,756$:

$$P_{\text{Spitze}} > 5 \cdot 0,756 \cdot P_{\text{DB}} \text{ ?}$$

$$150 \text{ kW} > 5 \cdot 0,756 \cdot 37,5 \text{ kW} \text{ ?}$$

$$> 141,75 \text{ kW} \text{ ?}$$

Die Bedingung ist erfüllt, d. h., die erforderliche Spitzenleistung von 150 kW ist größer, als die von der Bremseinheit mit einer Dauerleistung von 37,5 kW lieferbare Spitzenleistung von 141,75 kW. Damit ist der Spitzenwert der Bremsleistung das ausschlaggebende Kriterium zur Festlegung des Braking Modules und des Bremswiderstandes.

Somit ist eine Bremseinheit mit einer Dauerleistung

$$P_{\text{DB}} \geq [1 / (5 \cdot k)] \cdot P_{\text{Spitze}}$$

$$\geq [1 / (5 \cdot 0,756)] \cdot 150 \text{ kW}$$

$$\geq 39,68 \text{ kW}$$

erforderlich. Die für das Power Module verfügbare Bremseinheit mit $P_{\text{DB}} = 50 \text{ kW}$ bzw. $P_{20} = 200 \text{ kW}$ ist also für den Anwendungsfall geeignet.

4.10 Lastseitige Komponenten und Leitungen

4.10.1 Motordrosseln

Durch das schnelle Schalten des IGBT-Umrichters ergeben sich hohe Spannungsanstiege du/dt am Umrichter Ausgang. Diese führen beim Einsatz langer Motorleitungen zu einer zusätzlichen Strombelastung des Umrichters durch kapazitive Umladeströme und begrenzen dadurch die anschließbaren Leitungslängen.

Außerdem wird durch die hohen Spannungsanstiege, sowie die von diesen hervorgerufenen Spannungsspitzen an den Motoranschlüssen, die elektrische Wicklungsbelastung der Motoren gegenüber dem direkten Netzbetrieb erhöht. Die Motordrosseln reduzieren die kapazitiven Umladeströme in den Motorzuleitungen und begrenzen in Abhängigkeit von der Motorleitungslänge den Spannungsanstieg du/dt an den Motoranschlüssen.

Eine ausführliche Beschreibung ist im Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt "Motordrossel" zu finden.

4.10.2 du/dt -Filter plus VPL und du/dt -Filter compact plus VPL

Das du/dt -Filter plus VPL sowie das du/dt -Filter compact plus VPL setzen sich aus zwei Komponenten zusammen, der du/dt -Drossel und dem Spannungsbegrenzungsnetzwerk (Voltage Peak Limiter), welches die Spannungsspitzen abschneidet und die Energie zurück in den Zwischenkreis speist.

Die du/dt -Filter plus VPL und die du/dt -Filter compact plus VPL sind für Motoren mit unbekannter bzw. nicht ausreichender Spannungsfestigkeit des Isoliersystems einzusetzen. Standard- und Transnorm-Asynchronmotoren von Siemens benötigen sie – je nach Motorenreihe – in der Regel erst bei Anschlussspannungen $> 460\text{ V}$ bzw. $> 500\text{ V}$, sofern motorseitig keine Sonderisolierung für Umrichterbetrieb eingesetzt wird. Nähere Informationen enthält das Kapitel „Motoren“.

Die du/dt -Filter plus VPL begrenzen die Spannungsanstiegsgeschwindigkeit auf Werte $< 500\text{ V}/\mu\text{s}$ und die typischen Spannungsspitzen am Motor auf folgende Werte:

- \hat{U}_{LL} (typisch) $< 1000\text{ V}$ für $U_{\text{Netz}} < 575\text{ V}$
- \hat{U}_{LL} (typisch) $< 1250\text{ V}$ für $660\text{ V} < U_{\text{Netz}} < 690\text{ V}$

Die du/dt -Filter compact plus VPL begrenzen die Spannungsanstiegsgeschwindigkeit auf Werte $< 1600\text{ V}/\mu\text{s}$ und die typischen Spannungsspitzen am Motor auf folgende Werte:

- \hat{U}_{LL} (typisch) $< 1150\text{ V}$ für $U_{\text{Netz}} < 575\text{ V}$
- \hat{U}_{LL} (typisch) $< 1400\text{ V}$ für $660\text{ V} < U_{\text{Netz}} < 690\text{ V}$

Eine ausführliche Beschreibung ist im Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt " du/dt -Filter plus VPL und du/dt -Filter compact plus VPL" zu finden.

4.10.3 Sinusfilter

Sinusfilter sind LC-Tiefpassfilter und stellen die aufwändigste Filterlösung dar. Sie reduzieren die Spannungssteilheiten du/dt und die Spitzenspannungen \hat{U}_{LL} noch wesentlich mehr als du/dt -Filter, aber der Betrieb mit Sinusfilter bringt deutliche Einschränkungen mit sich hinsichtlich der einstellbaren Pulsfrequenz sowie der Spannungs- und Stromausnutzung des motorseitigen Wechselrichters (Spannungs- und Strom-Derating).

Eine ausführliche Beschreibung sowie die Derating-Daten sind im Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt "Sinusfilter" zu finden.

4.10.4 Maximal anschließbare Motorleitungslängen

Die Tabelle gibt die maximal anschließbaren Motorleitungslängen an. Die Werte gelten sowohl für die in der Tabelle empfohlenen als auch für alle anderen üblichen Motorleitungen.

SINAMICS G130		Maximal zulässige Motorleitungslänge	
Netzanschlussspannung	Typeleistung bei 400 / 500 / 690 V	Geschirmte Leitung z. B. Protodur NYCWY	Ungeschirmte Leitung z. B. Protodur NYY
Ohne Drossel und ohne Filter			
3AC 380 V – 480 V	110 kW – 560 kW	300 m	450 m
3AC 500 V – 600 V	110 kW – 560 kW	300 m	450 m
3AC 660 V – 690 V	75 kW – 800 kW	300 m	450 m

Zulässige Motorleitungslängen für SINAMICS G130

SINAMICS G130 Netzanschluss- spannung		Typeleistung bei 400 / 500 / 690 V	Maximal zulässige Motorleitungslänge	
			Geschirmte Leitung z. B. Protodur NYCWY	Ungeschirmte Leitung z. B. Protodur NYY
Mit einer Motordrossel				
3AC 380 V – 480 V	110 kW – 560 kW	300 m	450 m	
3AC 500 V – 600 V	110 kW – 560 kW	300 m	450 m	
3AC 660 V – 690 V	75 kW – 800 kW	300 m	450 m	
Mit du/dt-Filter plus VPL				
3AC 380 V – 480 V	110 kW – 560 kW	300 m	450 m	
3AC 500 V – 600 V	110 kW – 560 kW	300 m	450 m	
3AC 660 V – 690 V	75 kW – 800 kW	300 m	450 m	
Mit du/dt-Filter compact plus VPL				
3AC 380 V – 480 V	110 kW – 560 kW	100 m	150 m	
3AC 500 V – 600 V	110 kW – 560 kW	100 m	150 m	
3AC 660 V – 690 V	75 kW – 800 kW	100 m	150 m	
Mit Sinusfilter				
3AC 380 V – 480 V	110 kW – 250 kW	300 m	450 m	
3AC 500 V – 600 V	110 kW – 132 kW	300 m	450 m	

Zulässige Motorleitungslängen für SINAMICS G130 (Fortsetzung)

Durch die Reihenschaltung von zwei Motordrosseln lassen sich die zulässigen Leitungslängen noch weiter erhöhen auf 450 m bei geschirmten Leitungen und auf 675 m bei ungeschirmten Leitungen.

5 Projektierung der Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS G150

5.1 Allgemeine Hinweise

Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS G150 sind komplett anschlussfertige AC/AC-Umrichter großer Leistung im Standardschaltschrank. Mit einem umfangreichen Paket elektrischer und mechanischer Optionen lassen sie sich leicht an die jeweiligen Anforderungen anpassen.

Sie sind für Anwendungen mit eher geringen bis mittleren Ansprüchen an die Regelungsqualität konzipiert und besitzen einen einfachen 6-pulsigen Gleichrichter ohne die Möglichkeit zur NetZRückspeisung.

Der motorseitige Wechselrichter ist vorzugsweise für den Betrieb von Asynchronmotoren mit geberloser Vektorregelung konzipiert. Optional ist auch ein Betrieb von Asynchronmotoren mit Inkrementalgebern möglich.

SINAMICS G150 stehen für folgende Netzanschlussspannungen und Leistungen zur Verfügung:

Netzanschlussspannung	Umrichtertypleistung Einfachsaltung	Umrichtertypleistung Parallelsaltung (nur in Ausführung A)
3AC 380 V – 480 V	110 kW – 560 kW bei 400 V	630 kW – 900 kW bei 400 V
3AC 500 V – 600 V	110 kW – 560 kW bei 500 V	630 kW – 1000 kW bei 500 V
3AC 660 V – 690 V	75 kW – 800 kW bei 690 V	1000 kW – 2700 kW bei 690 V

Netzanschlussspannungen und Leistungsbereiche der Schrankgeräte SINAMICS G150

Die Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS G150 stehen in zwei Ausführungen zur Verfügung:

- Ausführung A
bietet die Möglichkeit zum Einbau aller verfügbaren Netzanschlusskomponenten wie z. B. Netzsicherungen, Hauptschalter, Hauptschutz, Leistungsschalter, Netzfilter oder motorseitigen Komponenten sowie zusätzlicher Überwachungsgeräte. Diese Ausführung steht zusätzlich mit parallelgeschalteten Leistungsteilen zur Verfügung.
- Ausführung C
mit besonders platzoptimiertem Aufbau ohne netzseitige Komponenten. Diese Ausführung kann z. B. eingesetzt werden, wenn die erforderlichen Netzanschlusskomponenten in einer anlagenseitig vorhandenen, zentralen Niederspannungsverteilung (MCC) eingebaut sind.

Die Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS G150 sind in Schrankbreiten ab 400 mm in Rastermaßschritten von 200 mm lieferbar.

Sie werden im Standard in der Schutzart IP20 ausgeführt und sind optional auch in den Schutzarten IP21, IP23, IP43 und IP54 erhältlich.

Zum Bedienen und Beobachten sowie zur Inbetriebnahme enthalten Schrankgeräte SINAMICS G150 standardmäßig das Komfort-Bedienfeld AOP30 in der Schranktür.

Als Kundenschnittstelle steht an der standardmäßig eingesetzten Control Unit CU320-2 DP eine PROFIBUS-Schnittstelle zur Verfügung. Wird anstelle der standardmäßig eingesetzten Control Unit CU320-2 DP eine CU320-2 PN eingesetzt (Option K95), so steht anstelle der PROFIBUS-Schnittstelle eine PROFINET-Schnittstelle zur Verfügung.

Digitale Ein- und Ausgänge sind standardmäßig auf der Control Unit CU320-2 vorhanden. Optional kann das Terminal Board TB30 im Slot der CU320-2 eingesetzt werden (Option G62) und / oder maximal zwei Terminal Modules TM31 (Optionen G60 / G61). Diese Optionen stellen zusätzliche digitale und analoge Ein- / Ausgänge zur Verfügung.

5.2 Bemessungsdaten für Antriebe mit geringer Anforderung an die Regelungsperformance

Anwendungsschwerpunkte

Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS G150 sind schwerpunktmäßig für Anwendungen mit eher geringen bis mittleren Anforderungen an die Dynamik und die Genauigkeit der Regelung konzipiert und werden in der Regel mit einer geberlosen Vektorregelung betrieben. Sowohl Asynchronmotoren als auch permanenterregte Synchronmotoren können so geberlos betrieben werden.

Für regelungstechnisch höherwertige Anwendungen, die weniger eine hohe Dynamik als eine hohe Genauigkeit der Regelung erfordern, können Schrankgeräte SINAMICS G150 auch mit einer Drehzahlgeberschnittstelle SMC30 ausgestattet werden, die den Betrieb von Asynchronmotoren mit Inkrementalgebern TTL / HTL ermöglicht (Option K50).

SINAMICS G150 besitzen grundsätzlich keine Möglichkeit zur NetZRückspeisung. Für Anwendungen, in denen kurzzeitig generatorische Betriebszustände auftreten können, ist entweder der $V_{dc\ max}$ -Regler zu aktivieren oder es sind Bremsenheiten einzusetzen (Optionen L61 bzw. L62).

Netzanschlussspannungen

Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS G150 stehen für die folgenden Netzanschlussspannungen zur Verfügung:

- 3AC 380 V – 480 V
- 3AC 500 V – 600 V
- 3AC 660 V – 690 V

Die dauerhaft zulässige Spannungstoleranz beträgt $\pm 10\%$, kurzzeitig sind -15% zulässig ($< 1\text{ min}$). Es ist zu beachten, dass bei Netzunterspannung im Rahmen der angegebenen Toleranzen die verfügbare Ausgangsleistung entsprechend reduziert ist, wenn keine Reserven hinsichtlich des Ausgangsstromes vorhanden sind.

Ausnutzbare Ausgangsströme

Die in den Auswahl- und Bestelldaten angegebenen Ausgangsströme können im gesamten Ausgangsfrequenz- bzw. Drehzahlbereich genutzt werden. Beim Betrieb mit niedrigen Ausgangsfrequenzen $< 10\text{ Hz}$ und gleichzeitig hohen Ausgangsströmen $> 75\%$ des Bemessungsstromes I_N sind zeitliche Einschränkungen zu berücksichtigen, die abhängig von der jeweiligen Anwendung sind. Diese sind im Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt „Wechselastfestigkeit der IGBT-Module und Leistungsteile“ beschrieben.

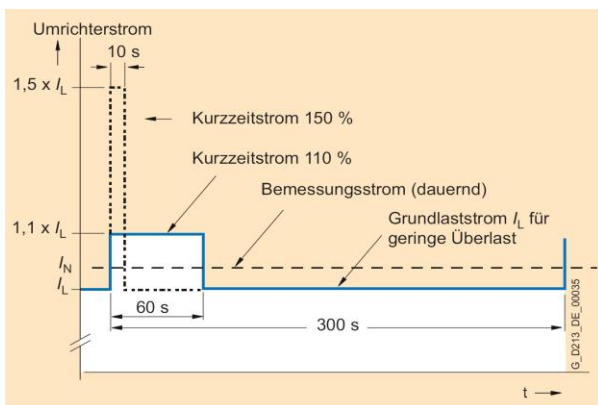
Der angegebene Bemessungs-Ausgangsstrom ist der maximale, thermisch dauerhaft zulässige Ausgangsstrom. Bei Ausnutzung dieses Stromes bieten die Geräte keine Überlastreserven.

Überlastfähigkeit, Lastspieldefinitionen

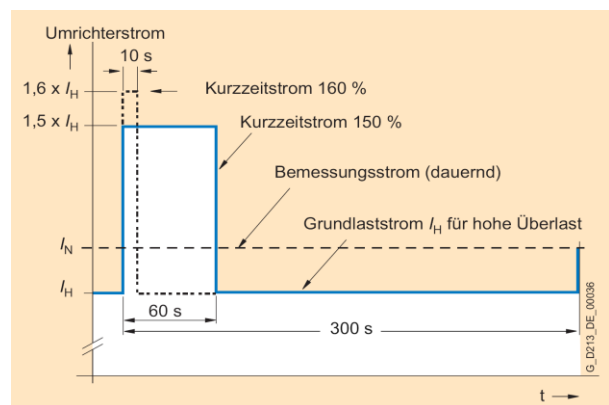
Besteht die Notwendigkeit Losbrechmomente zu überwinden oder treten größere Stoßlasten auf, so ist dies bei der Projektierung zu berücksichtigen. In diesem Falle ist dem Betrieb ein Grundlaststrom zugrunde zu legen, der niedriger ist, als der Bemessungs-Ausgangsstrom. Dafür stehen dann Überlastreserven zur Verfügung. Im Folgenden sind die Lastspieldefinitionen für Betrieb mit geringer Überlast und mit hoher Überlast angegeben.

- Dem Grundlaststrom I_L für geringe Überlast liegt das Lastspiel 110% für 60 s bzw. 150% für 10 s zugrunde.
- Dem Grundlaststrom I_H für hohe Überlast liegt das Lastspiel 150% für 60 s bzw. 160% für 10 s zugrunde.

Die Überlasten gelten unter der Voraussetzung, dass der Umrichter vor und nach der Überlast mit seinem Grundlaststrom betrieben wird, wobei eine Lastspieldauer von 300 s zugrunde gelegt ist.



Lastspieldefinition für geringe Überlast



Lastspieldefinition für hohe Überlast

Überlast- und Übertemperaturschutz

Die Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS G150 verfügen über einen wirkungsvollen Überlast- und Übertemperaturschutz, der die Umrichter vor thermischer Überlastung schützt.

An verschiedenen Stellen im Umrichter (Zuluft, Regelungselektronik, Gleichrichter Kühlkörper, Wechselrichter Kühlkörper) werden die Temperaturen mit Sensoren gemessen und in das so genannte "Thermische Modell" eingespeist. Dieses errechnet laufend die Temperatur an den kritischen Punkten der Leistungsbaulemente. Somit kann der Umrichter vor thermischer Überlastung, sei es durch zu hohe Ströme oder durch zu hohe Umgebungstemperaturen wirkungsvoll geschützt werden. Zusätzlich wird die Auslastung des motorseitigen Wechselrichters durch die so genannte I^2t -Erfassung kontrolliert. Wird die Auslastung des Wechselrichters oder die Temperatur an irgendeinem Punkt des Umrichters zu hoch, so reagiert der Umrichter mit der über Parameter in der Firmware einstellbaren Überlastreaktion. Hier kann ausgewählt werden, ob der Umrichter im Überlastfall die Ausgangsfrequenz und den Ausgangsstrom oder die Pulsfrequenz reduzieren soll. Eine sofortige Abschaltung ist ebenfalls parametrierbar.

SINAMICS G150

Projektierungshinweise

Maximale Ausgangsfrequenz

Bei den Schrankgeräten SINAMICS G150 ist aufgrund der werkseitig eingestellten Pulsfrequenz von $f_{\text{Puls}} = 1,25 \text{ kHz}$ (Stromreglertakt = $400 \mu\text{s}$) bzw. $f_{\text{Puls}} = 2,00 \text{ kHz}$ (Stromreglertakt = $250 \mu\text{s}$) die maximale Ausgangsfrequenz auf ca. 100 Hz bzw. ca. 160 Hz begrenzt. Höhere Ausgangsfrequenzen lassen sich nur durch die Erhöhung der Pulsfrequenz erreichen. Da mit erhöhter Pulsfrequenz die Schaltverluste im motorseitigen IGBT-Wechselrichter zunehmen, muss der Ausgangsstrom entsprechend reduziert werden.

Zulässiger Ausgangsstrom und maximale Ausgangsfrequenz als Funktion der Pulsfrequenz

Die folgende Tabelle gibt die Bemessungs-Ausgangsströme der Umrichter SINAMICS G150 mit werkseitig eingestellter Pulsfrequenz sowie die Strom-Derating-Faktoren (zulässige Ausgangsströme bezogen auf den Bemessungs-Ausgangsstrom) bei höheren Pulsfrequenzen an.

Die zu den orange markierten Feldern zugehörigen Pulsfrequenzen können ohne Änderung des werkseitig eingestellten Stromreglertaktes durch einfache Parameteränderung – auch während des Betriebs – angewählt werden. Die zu den grau markierten Feldern zugehörigen Pulsfrequenzen erfordern eine Änderung des werkseitig eingestellten Stromreglertaktes und können daher nur bei der Inbetriebnahme angewählt werden. Die Zuordnung zwischen Stromreglertakten und möglichen Pulsfrequenzen ist dem Listenhandbuch (Parameterliste) zu entnehmen.

Unter bestimmten Randbedingungen (Netzspannung im unteren Bereich des zulässigen Weitspannungsbereiches, geringe Umgebungstemperatur, eingeschränkter Drehzahlbereich) kann das Strom-Derating bis zu Pulsfrequenzen, die der doppelten Werkseinstellung entsprechen, teilweise oder sogar vollständig vermieden werden. Nähere Angaben hierzu sind im Abschnitt „Betrieb der Umrichter mit erhöhter Pulsfrequenz“ zu finden.

Typeleistung bei 400 / 500 / 690 V	Bemessungs-Ausgangsstrom bzw. Strom-Derating-Faktor bei Pulsfrequenz		Strom-Derating-Faktor bei Pulsfrequenz				
	1,25 kHz	2,0 kHz	2,5 kHz	4,0 kHz	5,0 kHz	7,5 kHz	8,0 kHz
3AC 380 V – 480 V							
110 kW		210 A	95 %	82 %	74 %	54 %	50 %
132 kW		260 A	95 %	83 %	74 %	54 %	50 %
160 kW		310 A	97 %	88 %	78 %	54 %	50 %
200 kW		380 A	96 %	87 %	77 %	54 %	50 %
250 kW		490 A	94 %	78 %	71 %	53 %	50 %
315 kW	605 A	83 %	72 %	64 %	60 %	40 %	
400 kW	745 A	83 %	72 %	64 %	60 %	40 %	
450 kW	840 A	87 %	79 %	64 %	55 %	40 %	
560 kW	985 A	92 %	87 %	70 %	60 %	50 %	
630 kW	1120 A ¹⁾	83 %	72 %	64 %	60 %	40 %	
710 kW	1380 A ¹⁾	83 %	72 %	64 %	60 %	40 %	
900 kW	1560 A ¹⁾	87 %	79 %	64 %	55 %	40 %	
3AC 500 V – 600 V							
110 kW	175 A	92 %	87 %	70 %	60 %	40 %	
132 kW	215 A	92 %	87 %	70 %	60 %	40 %	
160 kW	260 A	92 %	88 %	71 %	60 %	40 %	
200 kW	330 A	89 %	82 %	65 %	55 %	40 %	
250 kW	410 A	89 %	82 %	65 %	55 %	35 %	
315 kW	465 A	92 %	87 %	67 %	55 %	35 %	
400 kW	575 A	91 %	85 %	64 %	50 %	35 %	
500 kW	735 A	87 %	79 %	64 %	55 %	25 %	
560 kW	810 A	83 %	72 %	61 %	55 %	35 %	
630 kW	860 A ¹⁾	92 %	87 %	67 %	55 %	35 %	
710 kW	1070 A ¹⁾	91 %	85 %	64 %	50 %	35 %	
1000 kW	1360 A ¹⁾	87 %	79 %	64 %	55 %	25 %	

¹⁾ G150-Parallelschaltung / die angegebenen Ströme stellen den Summenstrom aller Teilwechselrichter dar

SINAMICS G150: Zulässiger Ausgangsstrom (Strom-Derating-Faktor) als Funktion der Pulsfrequenz

Typeleistung bei 400 / 500 / 690 V	Bemessungs- Ausgangsstrom bzw. Strom-Derating-Faktor bei Pulsfrequenz		Strom-Derating-Faktor				
			bei Pulsfrequenz				
			1,25 kHz	2,0 kHz	2,5 kHz	4,0 kHz	5,0 kHz
3AC 660 V – 690 V							
75 kW	85 A	93 %	89 %	71 %	60 %	40 %	
90 kW	100 A	92 %	88 %	71 %	60 %	40 %	
110 kW	120 A	92 %	88 %	71 %	60 %	40 %	
132 kW	150 A	90 %	84 %	66 %	55 %	35 %	
160 kW	175 A	92 %	87 %	70 %	60 %	40 %	
200 kW	215 A	92 %	87 %	70 %	60 %	40 %	
250 kW	260 A	92 %	88 %	71 %	60 %	40 %	
315 kW	330 A	89 %	82 %	65 %	55 %	40 %	
400 kW	410 A	89 %	82 %	65 %	55 %	35 %	
450 kW	465 A	92 %	87 %	67 %	55 %	35 %	
560 kW	575 A	91 %	85 %	64 %	50 %	35 %	
710 kW	735 A	87 %	79 %	64 %	55 %	25 %	
800 kW	810 A	83 %	72 %	61 %	55 %	35 %	
1000 kW	1070 A ¹⁾	91 %	85 %	64 %	50 %	35 %	
1350 kW	1360 A ¹⁾	87 %	79 %	64 %	55 %	25 %	
1500 kW	1500 A ¹⁾	83 %	72 %	61 %	55 %	35 %	
1750 kW	1729 A ¹⁾	92 %	87 %	67 %	55 %	33 %	
1950 kW	1948 A ¹⁾	91 %	86 %	64 %	50 %	30 %	
2150 kW	2158 A ¹⁾	87 %	79 %	55 %	40 %	25 %	
2400 kW	2413 A ¹⁾	87 %	79 %	55 %	40 %	25 %	
2700 kW	2752 A ¹⁾	91 %	86 %	64 %	50 %	30 %	

¹⁾ G150-Parallelschaltung / die angegebenen Ströme stellen den Summenstrom aller Teilwechselrichter dar

SINAMICS G150: Zulässiger Ausgangsstrom (Strom-Derating-Faktor) als Funktion der Pulsfrequenz (Fortsetzung)

Pulsfrequenz	Maximal erreichbare Ausgangsfrequenz (abgerundete Zahlenwerte)
1,25 kHz	100 Hz
2,00 kHz	160 Hz
2,50 kHz	200 Hz
≥ 4,00 kHz	300 Hz

Maximal erreichbare Ausgangsfrequenz als Funktion der Pulsfrequenz mit werkseitig eingestellten Stromreglertakten

Zulässiger Ausgangsstrom als Funktion der Umgebungstemperatur

Die Umrichter SINAMICS G150 sowie die zugehörigen Systemkomponenten sind für eine Umgebungstemperatur von 40 °C und Aufstellhöhen bis zu 2000 m über NN bemessen. Werden die Umrichter SINAMICS G150 bei höheren Umgebungstemperaturen als 40 °C betrieben, so muss der Ausgangsstrom reduziert werden. Höhere Umgebungstemperaturen als 50 °C sind für die Schrankgeräte G150 nicht zulässig. Die folgenden Tabellen geben den zulässigen Ausgangsstrom in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur für die verschiedenen Schutzarten an.

Aufstellhöhe über NN m	Strom-Derating-Faktor bei einer Umgebungstemperatur (Zulufttemperatur) von						
	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C	40 °C	45 °C	50 °C
0 ... 2000	100 %					93,3 %	86,7 %

Strom-Derating-Faktoren in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur (Zulufttemperatur) für Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS G150 in den **Schutzarten IP20, IP21, IP23 und IP43**

Aufstellhöhe über NN m	Strom-Derating-Faktor bei einer Umgebungstemperatur (Zulufttemperatur) von						
	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C	40 °C	45 °C	50 °C
0 ... 2000	100 %				93,3 %	86,7 %	80,0 %

Strom-Derating-Faktoren in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur (Zulufttemperatur) für Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS G150 in der **Schutzart IP54**

Aufstellhöhen größer 2000 m bis 5000 m über NN

Die Umrichter SINAMICS G150 sowie die zugehörigen Systemkomponenten sind für Aufstellhöhen bis 2000 m über NN und eine Umgebungstemperatur von 40 °C bemessen. Sollen die Umrichter SINAMICS G150 in Aufstellhöhen größer 2000 m über NN betrieben werden, so ist zu berücksichtigen, dass mit zunehmender Aufstellhöhe der Luftdruck und damit die Dichte der Luft abnimmt. Durch die geringere Luftdichte sinkt sowohl die Kühlwirkung als auch das Isolationsvermögen der Luft.

Aufstellhöhen größer 2000 m bis 5000 m lassen sich erreichen, wenn die folgenden zwei Maßnahmen angewendet werden.

1. Maßnahme: Reduktion der Umgebungstemperatur und des Ausgangsstromes

Wegen der verminderten Kühlwirkung muss einerseits die Umgebungstemperatur reduziert werden und andererseits die Verlustwärme im Umrichter durch die Reduktion des Ausgangsstromes verringert werden, wobei niedrigere Umgebungstemperaturen als 40 °C zur Kompensation gegengerechnet werden können. Die folgenden Tabellen geben die zulässigen Ausgangsströme für die Schrankgeräte SINAMICS G150 in Abhängigkeit von Aufstellhöhe und Umgebungstemperatur für die verschiedenen Schutzarten an. Die zulässige Kompensation zwischen Aufstellhöhe und Umgebungstemperaturen kleiner 40 °C (Zulufttemperatur am Lufteintritt des Schrankgerätes) ist in den angegebenen Werten berücksichtigt. Die Werte gelten unter der Voraussetzung, dass der in den technischen Daten angegebene Kühlstrom durch die Schrankaufstellung gewährleistet ist.

Aufstellhöhe über NN m	Strom-Derating-Faktor bei einer Umgebungstemperatur (Zulufttemperatur) von						
	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C	40 °C	45 °C	50 °C
0 ... 2000						93,3 %	86,7 %
2001 ... 2500					96,3 %		
2501 ... 3000		100 %		98,7 %			
3001 ... 3500							
3501 ... 4000			96,3 %				unzulässiger Bereich
4001 ... 4500		97,5 %					
4501 ... 5000	98,2 %						

Strom-Derating-Faktoren in Abhängigkeit von Aufstellhöhe und Umgebungstemperatur (Zulufttemperatur) für Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS G150 in den **Schutzarten IP20, IP21, IP23 und IP43**

Aufstellhöhe über NN m	Strom-Derating-Faktor bei einer Umgebungstemperatur (Zulufttemperatur) von						
	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C	40 °C	45 °C	50 °C
0 ... 2000					93,3 %	86,7 %	80,0 %
2001 ... 2500		100 %		96,3 %	89,8 %		
2501 ... 3000				98,7 %	92,5 %		
3001 ... 3500				94,7 %			
3501 ... 4000		96,3 %	90,7 %				unzulässiger Bereich
4001 ... 4500	97,5 %	92,1 %					
4501 ... 5000	93,0 %						

Strom-Derating-Faktoren in Abhängigkeit von Aufstellhöhe und Umgebungstemperatur (Zulufttemperatur) für Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS G150 in der **Schutzart IP54**

2. Maßnahme: Einsatz eines Trenntransformators zur Reduktion transients Überspannungen gemäß IEC 61800-5-1

Durch den Trenntransformator, der in nahezu allen Anwendungsfällen ohnehin zur Speisung der SINAMICS-Geräte eingesetzt wird, wird die Überspannungskategorie III, für die die Geräte ausgelegt sind, auf die Überspannungskategorie II reduziert. Dadurch werden die Anforderungen an das Isolationsvermögen der Luft geringer. Ein zusätzliches Spannungs-Derating (Reduktion der Eingangsspannung) ist nicht erforderlich, wenn die folgenden Randbedingungen eingehalten werden:

- Der Trenntransformator muss aus einem Niederspannungsnetz oder einem Mittelspannungsnetz gespeist werden und darf nicht direkt aus einem Hochspannungsnetz versorgt werden.
- Der Trenntransformator darf einen oder mehrere Umrichter versorgen.
- Die Leitungen zwischen dem Trenntransformator und dem Umrichter bzw. den Umrichtern müssen so verlegt sein, dass ein direkter Blitzeinschlag ausgeschlossen ist, d. h. es dürfen keine Freileitungen verwendet werden.
- Die folgenden Netzformen sind zulässig:
 - TN-Netze mit geerdetem Sternpunkt (kein geerdeter Außenleiter).
 - IT-Netze (der Betrieb mit einem Erdschluss muss auf möglichst kurze Zeit beschränkt werden).

Die beschriebenen Maßnahmen sind zulässig für alle Umrichter SINAMICS G150 in allen Spannungsebenen (3AC 380 V – 480 V / 3AC 500 V – 600 V / 3AC 660 V – 690 V).

Regelungsperformance SINAMICS G150 bei Pulsfrequenz 2,0 kHz, Drehmomentregelung

	Servo Control	Vector Control		Hinweise
Asynchronmotor (Standard und Transnorm)	SINAMICS G150 sind für Servo Control nicht vorgesehen	SIMOTICS FD/ 1LE1/1LE5 ohne Geber	SIMOTICS FD/ 1LE1/1LE5 mit Inkrementalgeber 1024 S/R	
Reglertakt		250 μ s	250 μ s	
Gesamte Anregelzeit (ohne Verzugszeit)		2,5 ms	1,6 ms	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10, mit Geber ab 50 U/min bis Bemessungsdrehzahl
Kennkreisfrequenz (-3 dB)		200 Hz	300 Hz	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10. Die Dynamik wird durch eine Geber-rückführung begünstigt.
Drehmoment-Welligkeit		2,5 % von M_N	2,0 % von M_N	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:20, mit Geber ab 20 U/min bis Bemessungsdrehzahl
Drehmoment-Genauigkeit		$\pm 3,0$ % von M_N	$\pm 3,0$ % von M_N	Messwert über 3 s gemittelt. Mit Motoridentifikation und Reib-kompensation; Temperatureinflüsse über KTY / PT1000 u. Massenmodell kompensiert. Im Drehmoment-Arbeitsbereich bis $\pm M_N$. Im Feldschwächbereich zusätzlich ca. $\pm 2,5$ % ungenauer. Drehzahl-Arbeitsbereich 1:50 bezogen auf Bemessungsdrehzahl.

Regelungsperformance SINAMICS G150 bei Pulsfrequenz 2,0 kHz, Drehzahlregelung

	Servo Control	Vector Control		Hinweise
Asynchronmotor (Standard und Transnorm)	SINAMICS G150 sind für Servo Control nicht vorgesehen	SIMOTICS FD/ 1LE1/1LE5 ohne Geber	SIMOTICS FD/ 1LE1/1LE5 mit Inkrementalgeber 1024 S/R	
Reglertakt		250 μ s	250 μ s	
Gesamte Anregelzeit (ohne Verzugszeit)		20 ms	12 ms	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10, mit Geber ab 50 U/min bis Bemessungsdrehzahl
Kennkreisfrequenz (-3 dB)		35 Hz	60 Hz	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10. Die Dynamik wird durch eine Geber-rückführung begünstigt.
Drehzahl-Welligkeit		siehe Hinweis	siehe Hinweis	Wird im Wesentlichen bestimmt durch das Gesamt-Massenträgheitsmoment, die Drehmomentwelligkeit und vor allem durch den Aufbau d. Mechanik. Die Angabe eines allgemeingültigen Wertes ist deshalb nicht möglich.
Drehzahl-Genauigkeit		$0,05 \times f_{\text{Schlupf}}$	$< 0,001$ % von n_N	Ohne Geber: Wird im Wesentlichen bestimmt durch die Genauigkeit d. Modellberechnung des drehmomentbildenden Stromes u. die Genauigkeit des Nennschlupfes des Asynchronmotors gemäß Tabelle „Typische Schlupfwerte“ (siehe unt.). Bei Drehzahl-Arbeitsbereich 1:50 und bei aktivierter Temperatureauswertung.

Typische Schlupfwerte für Standard- und Transnorm-Asynchronmotoren

Motorleistung	Schlupfwerte		Hinweis
< 1 kW	6,0 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 90 U/min	Die Kompakt-Asynchronmotoren SIMOTICS M 1PH8 sind den Standard-Asynchronmotoren bezüglich der Schlupfwerte sehr ähnlich
< 10 kW	3,0 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 45 U/min	
< 30 kW	2,0 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 30 U/min	
< 100 kW	1,0 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 15 U/min	
> 500 kW	0,5 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 7,5 U/min	

SINAMICS G150

Projektierungshinweise

Regelungsperformance SINAMICS G150 bei Pulsfrequenz 1,25 kHz, Drehmomentregelung

	Servo Control	Vector Control		Hinweise
Asynchronmotor (Standard und Transnorm)	SINAMICS G150 sind für Servo Control nicht vorgesehen	SIMOTICS FD/ 1LE1/1LE5 ohne Geber	SIMOTICS FD/ 1LE1/1LE5 mit Inkrementalgeber 1024 S/R	
Reglertakt		400 μ s	400 μ s	
Gesamte Anregelzeit (ohne Verzugszeit)		4,0 ms	2,5 ms	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10, mit Geber ab 50 U/min bis Bemessungsdrehzahl
Kennkreisfrequenz (-3 dB)		125 Hz	185 Hz	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10. Die Dynamik wird durch eine Geber-rückführung begünstigt.
Drehmoment-Welligkeit		3,0 % von M_N	2,5 % von M_N	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:20, mit Geber ab 20 U/min bis Bemessungsdrehzahl
Drehmoment-Genauigkeit		$\pm 3,0$ % von M_N	$\pm 3,0$ % von M_N	Messwert über 3 s gemittelt. Mit Motoridentifikation und Reibkompensation; Temperatureinflüsse über KTY / PT1000 u. Massenmodell kompensiert. Im Drehmoment-Arbeitsbereich bis $\pm M_N$. Im Feldschwächbereich zusätzlich ca. $\pm 2,5$ % ungenauer. Drehzahl-Arbeitsbereich 1:50 bezogen auf Bemessungsdrehzahl.

Regelungsperformance SINAMICS G150 bei Pulsfrequenz 1,25 kHz, Drehzahlregelung

	Servo Control	Vector Control		Hinweise
Asynchronmotor (Standard und Transnorm)	SINAMICS G150 sind für Servo Control nicht vorgesehen	SIMOTICS FD/ 1LE1/1LE5 ohne Geber	SIMOTICS FD/ 1LE1/1LE5 mit Inkrementalgeber 1024 S/R	
Reglertakt		400 μ s	400 μ s	
Gesamte Anregelzeit (ohne Verzugszeit)		32 ms	20 ms	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10, mit Geber ab 50 U/min bis Bemessungsdrehzahl
Kennkreisfrequenz (-3 dB)		22 Hz	38 Hz	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10. Die Dynamik wird durch eine Geber-rückführung begünstigt.
Drehzahl-Welligkeit		siehe Hinweis	siehe Hinweis	Wird im Wesentlichen bestimmt durch das Gesamt-Massenträgheitsmoment, die Drehmomentwelligkeit und vor allem durch den Aufbau d. Mechanik. Die Angabe eines allgemeingültigen Wertes ist deshalb nicht möglich.
Drehzahl-Genauigkeit		$0,05 \times f_{\text{Schlupf}}$	$< 0,001$ % von n_N	Ohne Geber: Wird im Wesentlichen bestimmt durch die Genauigkeit d. Modellberechnung des drehmomentbildenden Stromes u. die Genauigkeit des Nennschlupfes des Asynchronmotors gemäß Tabelle „Typische Schlupfwerte“ (siehe unt.). Bei Drehzahl-Arbeitsbereich 1:50 und bei aktivierter Temperatureauswertung.

Typische Schlupfwerte für Standard- und Transnorm-Asynchronmotoren

Motorleistung	Schlupfwerte		Hinweis
< 1 kW	6,0 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 90 U/min	Die Kompakt-Asynchronmotoren SIMOTICS M 1PH8 sind den Standard-Asynchronmotoren bezüglich der Schlupfwerte sehr ähnlich
< 10 kW	3,0 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 45 U/min	
< 30 kW	2,0 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 30 U/min	
< 100 kW	1,0 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 15 U/min	
> 500 kW	0,5 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 7,5 U/min	

5.3 Werksmäßige Vorbelegung der Kundenschnittstelle bei SINAMICS G150 mit TM31

Zur Erleichterung der Projektierung der optionalen Kundenschnittstelle auf dem TM31 (Option G60) sowie der Inbetriebnahme steht folgende Werkseinstellung zur Verfügung. Darüber hinaus ist jederzeit eine freie Belegung der Schnittstellen möglich.

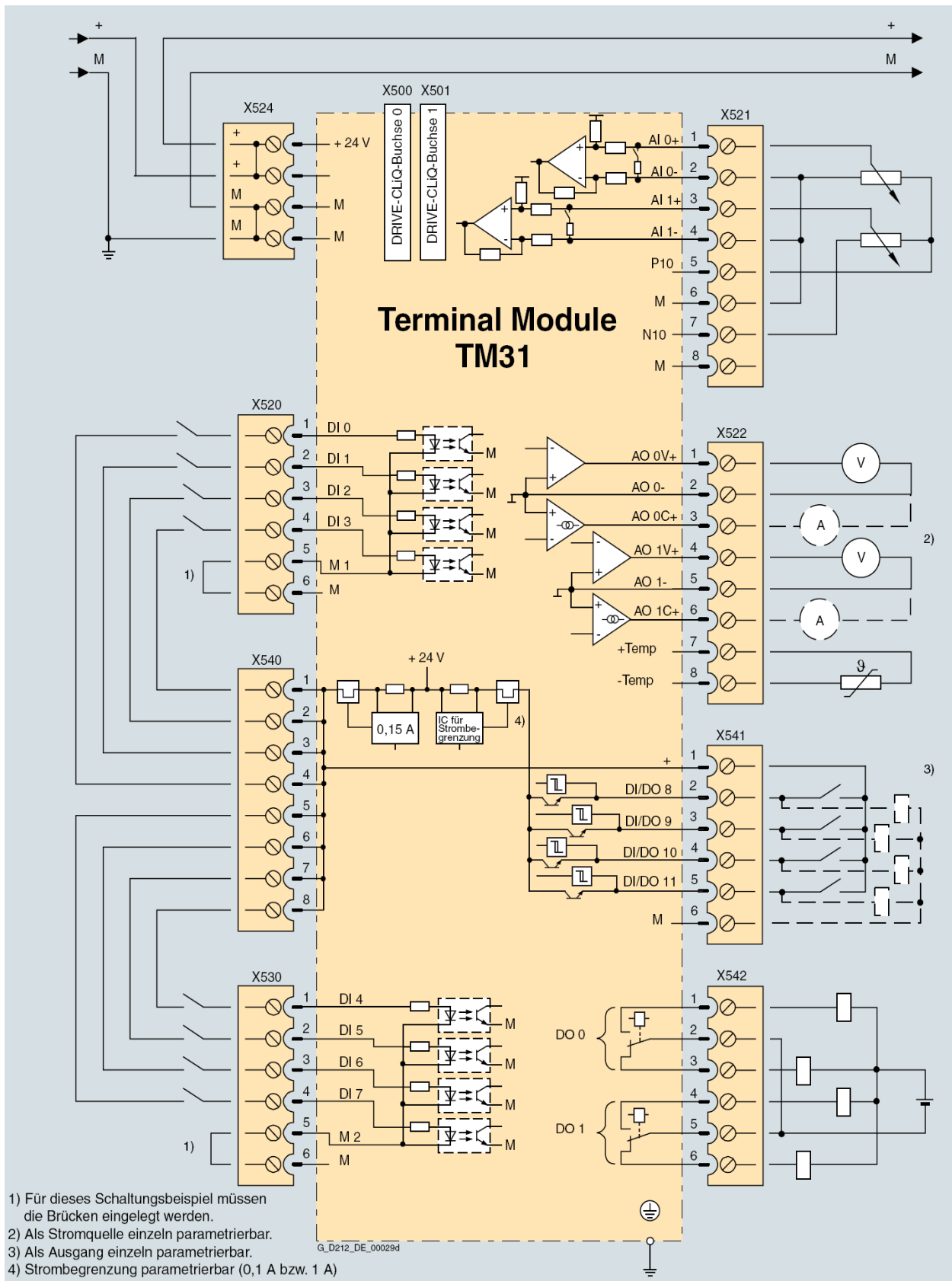
Klemmenleiste auf dem Terminal Module TM31		
	Werksmäßige Vorbelegung	Bemerkung
X520	Optokopplereingänge gewurzelt	
DI0	EIN/AUS 1	
DI1	Sollwert höher / FSW 0	Ob Betrieb über digitales Motorpoti oder Festsollwertvorgabe, kann in der Firmware parametrieren werden
DI2	Sollwert tiefer / FSW 1	
DI3	Störung quittieren	
X530	Optokopplereingänge gewurzelt	
DI4	Wechselrichterfreigabe ¹⁾	Umrichter steht in Stand-by und wartet auf die Freigabe
DI5	AUS 3 ¹⁾	Rücklauf an der Schnellhaltrampe, nur in Verbindung mit dem Braking Module relevant
DI6	Externe Störung ¹⁾	
DI7		
X541	Bidirektionale Ein- / Ausgänge	
DI/DO8	Meldung Einschaltbereit	
DI/DO9	frei	als Eingang vorbelegt
DI/DO10	frei	als Eingang vorbelegt
DI/DO11	frei	als Eingang vorbelegt
X542	Relaisausgänge (Wechsler)	
DO 0	Wechselrichter Freigabe (Betrieb)	
DO 1	Rückmeldung Umrichter keine Störung	
X521	Analogeingänge differenzial	
AI0+	Analogeingang zur Drehzahlsollwertvorgabe	Die Eingänge sind werksmäßig auf 0 - 20 mA eingestellt
AI0-		
AI1+	Analogeingang reserviert	Die Eingänge sind werksmäßig auf 0 - 20 mA eingestellt
AI1-		
X522	Analogausgänge	
AO 0V+		Die Ausgänge sind werksmäßig auf 0 - 20 mA eingestellt
AO 0-	Analogausgang Drehzahlwert	
AO 0C+		
AO 1V+		Die Ausgänge sind werksmäßig auf 0 - 20 mA eingestellt
AO 1-	Analogausgang Motorstromwert	
AO 1C+		
X522	Thermistorschutz	
+Temp		Eingang für einen Temperaturfühler KTY84 bzw. PT1000 bzw. PTC-Kaltleiter
-Temp		

Bei bidirektionalen Ein- / Ausgängen sind die Vorbelegungen durch die unterstrichene Darstellung gekennzeichnet.

Hinweis:

Werden an die analogen Ein- und Ausgänge des Terminal Modules TM31 Leitungen mit mehr als ca. 3 - 4 m Länge angeschlossen, so sind aus Gründen der Elektromagnetischen Verträglichkeit Trennverstärker zu verwenden. Trennverstärker sorgen für eine galvanische Entkopplung zwischen der Signalquelle und der Signalsenke, so dass ggf. vorhandene Unterschiede im Bezugspotenzial der Geräteelektronik und der übergeordneten Steuerung nicht zu Ausgleichsströmen über die analogen Signalleitungen führen können. Hierdurch lassen sich Störeinkopplungen in die analoge Signalübertragung minimieren und störfeste analoge Übertragungsstrecken auch bei größeren Leitungslängen realisieren. Weitere Informationen zum EMV-gerechten Aufbau sind dem Kapitel „EMV-Aufbaurichtlinie“ zu entnehmen.

¹⁾ Wenn diese Eingänge nicht benutzt werden, ist hier eine Brücke einzulegen



Anschlussbeispiel für die optionale Kundenklemmenleiste auf dem Terminal Module TM31 (Option G60)

5.4 Leitungsquerschnitte und Anschlüsse der Schrankgeräte SINAMICS G150

5.4.1 Empfohlene und maximal anschließbare Kabelquerschnitte für Netz- u. Motoranschluss

Die nachfolgenden Tabellen zeigen die empfohlenen bzw. maximal anschließbaren netz- und motorseitigen Leitungsanschlüsse für Einfachschaltung (Ausführung A und Ausführung C) sowie Parallelschaltung (Ausführung A). Die empfohlenen Querschnitte basieren auf den im Katalog D 11 angegebenen Sicherungen. Sie gelten für waagrecht in Luft verlegte 3-Leiter-Kabel aus Kupfer mit PVC-Isolierung und einer zulässigen Leitertemperatur von 70 °C (z. B. Protodur NYY oder NYCWY) bei einer Umgebungstemperatur von 40 °C sowie Einzelverlegung. Bei abweichenden Bedingungen (Kabelverlegung, Kabelhäufung, Umgebungstemperatur) sind die entsprechenden Korrekturfaktoren gemäß IEC 60364-5-52 zu berücksichtigen.

Bei der Verwendung von Aluminiumkabeln sind die in den Tabellen angegebenen, empfohlenen Querschnitte um den Faktor 1,3 zu vergrößern. Dies kann entweder durch die Erhöhung des Leiterquerschnitts oder durch die Erhöhung der Anzahl der parallelen Leitungen erfolgen. Dabei ist zu beachten, dass die maximal zulässigen Leitungsquerschnitte am Umrichter nicht überschritten werden u. die Anschließbarkeit am Motoranschlusskasten gewährleistet ist.

Einfachschaltung G150 Ausführung A

Leistung [kW]	Umrichter SINAMICS G150 Ausführung A Typ 6SL3710-...	Gewicht (Standard- ausf.) [kg]	Netzanschluss			Motoranschluss			Schrankerdung	
			Empfohlener Querschnitt ¹⁾ IEC [mm ²]	Maximaler Leitungs- querschnitt IEC [mm ²]	Befesti- gungs- schraube M12 (Anzahl Bohrun- gen)	Empfohlener Querschnitt ¹⁾ IEC [mm ²]	Maximaler Leitungs- querschnitt IEC [mm ²]	Befesti- gungs- schraube M12 (Anzahl Bohrun- gen)	Befesti- gungs- schraube M12 (Anzahl Bohrun- gen)	Bemer- kung
3AC 380 V – 480 V										
110	1GE32-1AA3	320	2x70	4x240	(2)	2x50	2x150	(2)	(2)	
132	1GE32-6AA3	320	2x95	4x240	(2)	2x70	2x150	(2)	(2)	
160	1GE33-1AA3	390	2x120	4x240	(2)	2x95	2x150	(2)	(2)	
200	1GE33-8AA3	480	2x120	4x240	(2)	2x95	2x150	(2)	(2)	
250	1GE35-0AA3	480	2x185	4x240	(2)	2x150	2x240	(2)	(2)	
315	1GE36-1AA3	860	2x240	4x240	(2)	2x185	4x240	(2)	(2)	
400	1GE37-5AA3	865	3x185	4x240	(2)	2x240	4x240	(2)	(10)	Schiene
450	1GE38-4AA3	1075	4x150	8x240	(4)	3x185	4x240	(2)	(16)	Schiene
560	1GE41-0AA3	1360	4x185	8x240	(4)	4x185	6x240	(3)	(18)	Schiene
3AC 500 V – 600 V										
110	1GF31-8AA3	390	120	4x240	(2)	95	2x150	(2)	(2)	
132	1GF32-2AA3	390	2x70	4x240	(2)	120	2x150	(2)	(2)	
160	1GF32-6AA3	390	2x95	4x240	(2)	2x70	2x185	(2)	(2)	
200	1GF33-3AA3	390	2x120	4x240	(2)	2x95	2x240	(2)	(2)	
250	1GF34-1AA3	860	2x185	4x240	(2)	2x120	4x240	(2)	(2)	
315	1GF34-7AA3	860	2x185	4x240	(2)	2x150	4x240	(2)	(2)	
400	1GF35-8AA3	865	2x240	4x240	(2)	2x185	4x240	(2)	(2)	
500	1GF37-4AA3	1320	3x185	8x240	(4)	2x240	6x240	(3)	(18)	Schiene
560	1GF38-1AA3	1360	4x150	8x240	(4)	3x185	6x240	(3)	(18)	Schiene
3AC 660 V – 690 V										
75	1GH28-5AA3	320	50	4x240	(2)	35	2x70	(2)	(2)	
90	1GH31-0AA3	320	50	4x240	(2)	50	2x150	(2)	(2)	
110	1GH31-2AA3	320	70	4x240	(2)	70	2x150	(2)	(2)	
132	1GH31-5AA3	320	95	4x240	(2)	70	2x150	(2)	(2)	
160	1GH31-8AA3	390	120	4x240	(2)	95	2x150	(2)	(2)	
200	1GH32-2AA3	390	2x70	4x240	(2)	120	2x150	(2)	(2)	
250	1GH32-6AA3	390	2x95	4x240	(2)	2x70	2x185	(2)	(2)	
315	1GH33-3AA3	390	2x120	4x240	(2)	2x95	2x240	(2)	(2)	
400	1GH34-1AA3	860	2x185	4x240	(2)	2x120	4x240	(2)	(2)	
450	1GH34-7AA3	860	2x185	4x240	(2)	2x150	4x240	(2)	(2)	
560	1GH35-8AA3	860	2x240	4x240	(2)	2x185	4x240	(2)	(2)	
710	1GH37-4AA3	1320	3x185	8x240	(4)	3x150	6x240	(3)	(18)	Schiene
800	1GH38-1AA3	1360	4x150	8x240	(4)	3x185	6x240	(3)	(18)	Schiene

SINAMICS G150

Projektiertungshinweise

Einfachschtaltung G150 Ausführung C

Leistung	Umrichter SINAMICS G150 Ausführung C Typ	Gewicht (Standard- ausf.) [kg]	Netzanschluss			Motoranschluss			Schränkerdung	
			Empfohlener Querschnitt ¹⁾ IEC [mm ²]	Maximaler Leitungs- querschnitt IEC [mm ²]	Befesti- gungs- schraube M12 (Anzahl Bohrun- gen)	Empfohlener Querschnitt ¹⁾ IEC [mm ²]	Maximaler Leitungs- querschnitt IEC [mm ²]	Befesti- gungs- schraube M12 (Anzahl Bohrun- gen)	Befesti- gungs- schraube M12 (Anzahl Bohrun- gen)	Bemer- kung

3AC 380 V – 480 V

110	1GE32-1CA3	225	2x70	2x240	(1)	2x50	2x150	(1)	(2)	
132	1GE32-6CA3	225	2x95	2x240	(1)	2x70	2x150	(1)	(2)	
160	1GE33-1CA3	300	2x120	2x240	(1)	2x95	2x150	(1)	(2)	
200	1GE33-8CA3	300	2x120	2x240	(1)	2x95	2x150	(1)	(2)	
250	1GE35-0CA3	300	2x185	2x240	(1)	2x150	2x240	(1)	(2)	
315	1GE36-1CA3	670	2x240	4x240	(2)	2x185	4x240	(2)	(2)	
400	1GE37-5CA3	670	3x185	4x240	(2)	2x240	4x240	(2)	(8)	Schiene
450	1GE38-4CA3	670	4x150	8x240	(4)	3x185	4x240	(2)	(8)	Schiene
560	1GE41-0CA3	980	4x185	8x240	(4)	4x185	6x240	(3)	(10)	Schiene

3AC 500 V – 600 V

110	1GF31-8CA3	300	120	2x240	(1)	95	2x150	(1)	(2)	
132	1GF32-2CA3	300	2x70	2x240	(1)	120	2x150	(1)	(2)	
160	1GF32-6CA3	300	2x95	2x240	(1)	2x70	2x185	(1)	(2)	
200	1GF33-3CA3	300	2x120	2x240	(1)	2x95	2x240	(1)	(2)	
250	1GF34-1CA3	670	2x185	4x240	(2)	2x120	4x240	(2)	(2)	
315	1GF34-7CA3	670	2x185	4x240	(2)	2x150	4x240	(2)	(2)	
400	1GF35-8CA3	670	2x240	4x240	(2)	2x185	4x240	(2)	(2)	
500	1GF37-4CA3	940	3x185	8x240	(4)	2x240	6x240	(3)	(18)	Schiene
560	1GF38-1CA3	980	4x150	8x240	(4)	3x185	6x240	(3)	(18)	Schiene

3AC 660 V – 690 V

75	1GH28-5CA3	225	50	2x240	(1)	35	2x70	(1)	(2)	
90	1GH31-0CA3	225	50	2x240	(1)	50	2x150	(1)	(2)	
110	1GH31-2CA3	225	70	2x240	(1)	70	2x150	(1)	(2)	
132	1GH31-5CA3	225	95	2x240	(1)	70	2x150	(1)	(2)	
160	1GH31-8CA3	300	120	2x240	(1)	95	2x150	(1)	(2)	
200	1GH32-2CA3	300	2x70	2x240	(1)	120	2x150	(1)	(2)	
250	1GH32-6CA3	300	2x95	2x240	(1)	2x70	2x185	(1)	(2)	
315	1GH33-3CA3	300	2x120	2x240	(1)	2x95	2x240	(1)	(2)	
400	1GH34-1CA3	670	2x185	4x240	(2)	2x120	4x240	(2)	(2)	
450	1GH34-7CA3	670	2x185	4x240	(2)	2x150	4x240	(2)	(2)	
560	1GH35-8CA3	670	2x240	4x240	(2)	2x185	4x240	(2)	(2)	
710	1GH37-4CA3	940	3x185	8x240	(4)	3x150	6x240	(3)	(18)	Schiene
800	1GH38-1CA3	980	4x150	8x240	(4)	3x185	6x240	(3)	(18)	Schiene

- 1) Die Empfehlungen für den nordamerikanischen Markt in AWG oder MCM sind den entsprechenden Normen NEC (National Electrical Code) bzw. CEC (Canadian Electrical Code) zu entnehmen.

Parallelschaltung

Leistung [kW]	Umrichter SINAMICS G150 Ausführung A Typ 6SL3710-...	Gewicht (Standardausf.) [kg]	Netzanschluss			Motoranschluss			Schränkerdung	
			Empfohlener Querschnitt ¹⁾ IEC [mm ²]	Maximaler Leitungs- querschnitt IEC [mm ²]	Befestigungs- schraube M12 (Anzahl Bohrungen)	Empfohlener Querschnitt ¹⁾ IEC [mm ²]	Maximaler Leitungs- querschnitt IEC [mm ²]	Befestigungs- schraube M12 (Anzahl Bohrungen)	Befestigungs- schraube M12 (Anzahl Bohrungen)	Bemerkung
3AC 380 V – 480 V										
630	2GE41-1AA3	1700	2x240	4x240	(2)	2x185	4x240	(2)	(2)	
710	2GE41-4AA3	1710	3x185	4x240	(2)	2x240	4x240	(2)	(10)	Schiene
900	2GE41-6AA3	2130	4x150	8x240	(4)	2x240	4x240	(2)	(16)	Schiene
3AC 500 V – 600 V										
630	2GF38-6AA3	1700	2x185	4x240	(2)	2x150	4x240	(2)	(2)	
710	2GF41-1AA3	1700	2x240	4x240	(2)	2x185	4x240	(2)	(2)	
1000	2GF41-4AA3	2620	3x185	8x240	(4)	2x240	6x240	(3)	(18)	Schiene
3AC 660 V – 690 V										
1000	2GH41-1AA3	1700	2x240	4x240	(2)	2x185	4x240	(2)	(2)	
1350	2GH41-4AA3	2620	3x185	8x240	(4)	3x150	6x240	(3)	(18)	Schiene
1500	2GH41-5AA3	2700	4x150	8x240	(4)	3x185	6x240	(3)	(18)	Schiene
1750	2GH41-8EA3	3010	4x150	8x240	(4)	3x185	6x240	(3)	(18)	Schiene
1950	2GH42-0EA3	3010	4x185	8x240	(4)	3x240	6x240	(3)	(18)	Schiene
2150	2GH42-2EA3	3070	4x185	8x240	(4)	3x240	6x240	(3)	(18)	Schiene
2400	2GH42-4EA3	3860	4x240	8x240	(4)	4x185	6x240	(3)	(18)	Schiene
2700	2GH42-7EA3	4580	4x240	8x240	(4)	3x185	6x240	(3)	(18)	Schiene

¹⁾ Die Empfehlungen für den nordamerikanischen Markt in AWG oder MCM sind den entsprechenden Normen NEC (National Electrical Code) bzw. CEC (Canadian Electrical Code) zu entnehmen.

Hinweis:

Bei den Parallelschaltungen SINAMICS G150 beziehen sich die empfohlenen und maximalen Anschlussquerschnitte jeweils auf **einen der zwei Teilgleichrichter bzw. einen der zwei Teilwechselrichter**.

Ausnahme: Bei der Parallelschaltung mit der Typleistung 2700 kW beziehen sich die empfohlenen und maximalen Anschlussquerschnitte **jeweils auf einen der zwei Teilgleichrichter und einen der drei Teilwechselrichter**.

5.4.2 Erforderliche Kabelquerschnitte für Netz- und Motoranschluss

Für den Netzanschluss können in der Regel ungeschirmte Kabel verwendet werden, wobei möglichst 3- oder 4-Leiter-Drehstromkabel zu verwenden sind. Für die Verbindung zwischen Umrichter und Motor wird dagegen grundsätzlich empfohlen, geschirmte, bei größeren Leistungen möglichst symmetrische 3-Leiter-Drehstromkabel zu verwenden und gegebenenfalls mehrere dieser Kabel parallel zu schalten. Dies hat im Wesentlichen zwei Gründe:

- Nur damit lässt sich die hohe Schutzart IP55 am Motoranschlusskasten problemlos erreichen, da die Kabelzuführung in den Anschlusskasten über Verschraubungen erfolgt und die Anzahl der Verschraubungen durch die Geometrie des Anschlusskastens begrenzt ist. Einzelkabel sind dafür weniger geeignet.
- Bei symmetrischen 3-Leiter-Drehstromkabeln ist die Summendurchflutung über den Kabelaußendurchmesser gleich Null und sie können problemlos in metallisch leitenden Kabelkanälen oder Kabelpritschen verlegt werden, ohne dass nennenswerte Ströme in den metallisch leitenden Verbindungen induziert werden (Erd- bzw. Ableitströme). Die Gefahr von induzierten Ableitströmen und damit von erhöhten Kabelmantelverlusten ist bei 1-Leiterkabeln wesentlich höher.

Der erforderliche Kabelquerschnitt richtet sich nach der Stromstärke, die im Kabel übertragen wird. Die zulässige Strombelastung von Kabeln ist z. B. in IEC 60364-5-52 festgelegt. Sie richtet sich zum einen nach den Umgebungsbedingungen wie der Temperatur und zum anderen nach der Art der Verlegung. Es ist zu berücksichtigen, ob Einzelverlegung der Kabel mit relativ guter Kühlung vorliegt, oder ob mehrere Kabel gemeinsam verlegt sind, die sehr viel schlechter belüftet sind und sich daher gegenseitig stärker aufheizen können. Hierbei wird auf die entsprechenden Korrekturfaktoren für diese Randbedingungen in IEC 60364-5-52 verwiesen. Für 3-Leiter-Kabel aus Kupfer und Aluminium mit PVC-Isolierung und einer zulässigen Leitertemperatur von 70 °C (z. B. Protodur NYY oder NYCWY) sowie einer Umgebungstemperatur von 40 °C können die Querschnitte nach folgender Tabelle zugrunde gelegt werden, die auf IEC 60364-5-52 basiert.

Querschnitt 3-Leiter-Kabel [mm ²]	Kupferkabel		Aluminiumkabel	
	Einzelverlegung [A]	mehrere Kabel nebeneinander liegend ¹⁾ [A]	Einzelverlegung [A]	mehrere Kabel nebeneinander liegend ¹⁾ [A]
3 x 2,5	22	17	17	13
3 x 4,0	30	23	23	18
3 x 6,0	37	29	29	22
3 x 10	52	41	40	31
3 x 16	70	54	53	41
3 x 25	88	69	68	53
3 x 35	110	86	84	65
3 x 50	133	104	102	79
3 x 70	171	133	131	102
3 x 95	207	162	159	124
3 x 120	240	187	184	144
3 x 150	278	216	213	166
3 x 185	317	247	244	190
3 x 240	374	292	287	224

¹⁾ Maximal 9 Kabel unmittelbar nebeneinander waagrecht auf einer Kabeltrasse liegend

Strombelastbarkeit von 3-Leiter-Kabeln aus Kupfer und Aluminium mit PVC-Isolierung und einer maximal zulässigen Leitertemperatur von 70 °C bei einer Umgebungstemperatur von 40 °C gemäß IEC 60364-5-52

Bei höheren Stromstärken müssen Kabel parallelgeschaltet werden.

Hinweis:

Die Empfehlungen für den nordamerikanischen Markt in AWG oder MCM sind den entsprechenden Normen NEC (National Electrical Code) bzw. CEC (Canadian Electrical Code) zu entnehmen.

5.4.3 Erdung und Schutzleiterquerschnitt

Der Schutzleiter ist mit Rücksicht auf folgende Aufgaben zu dimensionieren:

- Im Erdschlussfall dürfen keine unzulässig hohen – durch Spannungsabfälle des Erdschlussstroms auf dem Schutzleiter verursachten – Berührungsspannungen auftreten (< AC 50 V bzw. < DC 120 V, IEC 61 800-5-1, IEC 60 364, IEC 60 543).
- Der bei Erdschluss im Schutzleiter fließende Erdschlussstrom darf den Schutzleiter nicht unzulässig belasten.
- Ist es im Fehlerfall möglich, dass Dauerströme über den Schutzleiter fließen können, so ist der Schutzleiterquerschnitt für diesen Dauerstrom zu bemessen.
- Der Schutzleiterquerschnitt ist entsprechend EN 60 204-1, EN 60 439-1, IEC 60 364 auszuwählen.

Querschnitt Außenleiter mm ²	Mindestquerschnitt externer Schutzleiter mm ²
bis 16	mindestens Außenleiterquerschnitt
16 bis 35	16
ab 35	mindestens halber Außenleiterquerschnitt

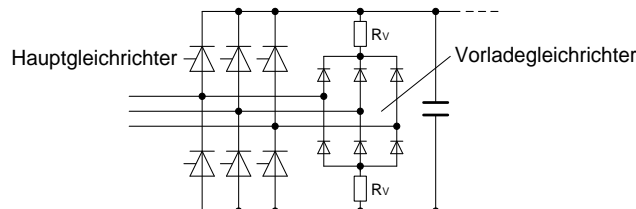
Hinweis:

Die Empfehlungen für den nordamerikanischen Markt in AWG oder MCM sind den entsprechenden Normen NEC (National Electrical Code) bzw. CEC (Canadian Electrical Code) zu entnehmen.

- Schaltanlage und Motoren sind meistens mit einem lokalen Erder separat geerdet. Bei dieser Konstellation fließt im Erdschlussfall der Erdschlussstrom über die parallelen Erdverbindungen und teilt sich auf. Trotz der nach obiger Tabelle verwendeten, relativ geringen Schutzleiterquerschnitte treten bei dieser Erdung dann keine unzulässigen Berührspannungen auf.
Aus den Erfahrungen mit unterschiedlichen Erdungskonstellationen, empfehlen wir jedoch, die Erdleitung vom Motor direkt zum Umrichter zurückzuführen. Aus EMV-Gründen und um Lagerströme zu vermeiden, sollte bei größeren Leistungen symmetrisch aufgebauten 3-Leiter-Drehstromkabeln der Vorzug vor 4-Leiterkabeln gegeben werden. Der Schutz- bzw. PE-Leiter muss bei 3-Leiterkabeln getrennt verlegt oder im Motorkabel symmetrisch angeordnet werden. Die Symmetrie des PE-Leiters wird durch einen Leiter erreicht, der alle Außenleiter umgibt oder durch ein Kabel mit symmetrischer Anordnung der drei Außenleiter und drei Erdleiter. Nähere Angaben hierzu sind im Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“ in den Abschnitten "Lagerströme durch steile Spannungsflanken am Motor" und "Netzfilter" zu finden sowie im Kapitel „EMV-Aufbaurichtlinie“.
- Die Umrichter begrenzen durch ihre schnelle Regelung den Laststrom (Motor- und Erdschlussstrom) auf einen Effektivwert entsprechend dem Bemessungsstrom. Aufgrund dieser Sachlage empfehlen wir, den Schutzleiterquerschnitt für die Erdung des Schaltschranks generell wie den Außenleiterquerschnitt auszuführen.

5.5 Vorladung des Zwischenkreises und Vorladeströme

Bei den Umrichter-Schrankgeräten SINAMICS G150 ist dem mit Thyristoren bestückten Hauptgleichrichter ein kleiner mit Dioden bestückter Vorladegleichrichter parallelgeschaltet. Wenn diese Anordnung netzseitig an Spannung gelegt wird, lädt sich der Zwischenkreis über den Vorladegleichrichter und die zugehörigen Vorladewiderstände auf. Der Hauptgleichrichter ist während dieser Zeit gesperrt, d. h. die Thyristoren werden nicht angesteuert. Sobald der Zwischenkreis aufgeladen ist, werden die Thyristoren des Hauptgleichrichters angesteuert, und zwar so, dass die Thyristoren zum frühest möglichen Zeitpunkt zünden. Somit verhält sich der Thyristorgleichrichter im Betrieb quasi wie ein Diodengleichrichter. Der betriebsmäßige Strom fließt praktisch vollständig über den Hauptgleichrichter, da er hier einen wesentlich geringeren Widerstand vorfindet als über den parallelgeschalteten Vorladegleichrichter mit seinen Vorladewiderständen.



Vorladung bei Schrankgeräten SINAMICS G150 über einen separaten Vorladegleichrichter u. Vorladewiderstände

Aufgrund des Vorladeprinzips über ohmsche Widerstände R_v erfolgt die Vorladung verlustbehaftet, wobei die Vorladewiderstände thermisch so ausgelegt sind, dass sie den Zwischenkreis ihres Umrichters G150 vorladen können, ohne überlastet zu werden. Zusätzliche Zwischenkreiskapazitäten können nicht vorgeladen werden. Daher ist es nicht gestattet, an den Zwischenkreis eines Umrichters SINAMICS G150 noch weitere S120 Motor Modules anzuschließen oder mehrere einzelne Umrichter G150 am Zwischenkreis miteinander zu verbinden.

Eine Ausnahme bilden die Parallelschaltungen SINAMICS G150:

- Typleistungen ≤ 1500 kW besitzen zwei Gleichrichter, die nach dem oben beschriebenen Prinzip aufgebaut sind. Die beiden Teilumrichter werden wie beschrieben vorgeladen. Die Zwischenkreise der Teilumrichter sind miteinander verbunden.
- Typleistungen von 1750 kW bis 2150 kW besitzen zwei Gleichrichter, die wie S120 Basic Line Modules aufgebaut und mit Thyristoren bestückt sind. Die Vorladung erfolgt durch Phasenanschnittsteuerung der Thyristoren. Die Zwischenkreise der Teilumrichter sind miteinander verbunden.
- Typleistungen von 2400 kW bis 2700 kW besitzen zwei Gleichrichter, die wie S120 Basic Line Modules aufgebaut und mit Dioden bestückt sind. Die Vorladung erfolgt durch Vorladeschütze mit Widerständen. Die Zwischenkreise der Teilumrichter sind miteinander verbunden.

Nähere Informationen zu Aufbau und Funktionsweise der SINAMICS G150 Parallelschaltungen sowie deren Vorladeschaltungen sind im Abschnitt „Parallelschaltungen SINAMICS G150“ zu finden.

In der folgenden Tabelle sind die zu Beginn der Vorladung auftretenden Netzströme als Effektivwerte für Netzanschlussspannungen 400 V / 500 V / 690 V angegeben. Bei abweichenden Netzanschlussspannungen sind die Werte proportional zur Netzspannung umzurechnen.

SINAMICS G150

Projektierungshinweise

Die angegebenen Vorladeströme klingen nach einer e-Funktion ab, bis die Vorladung nach typischerweise 1 - 2 s abgeschlossen ist. Aufgrund der Erwärmung der Vorladewiderstände während der Vorladung ist maximal alle 3 Minuten eine vollständige Vorladung des DC-Zwischenkreises zulässig.

Typeleistung G150 bei 400 / 500 / 690 V	Bemessungs- Ausgangsstrom	Zu Beginn der Vorladung des Zwischenkreises auftretender Netzstrom (Anfangs-Effektivwert) bei 400 / 500 / 690 V
3AC 380 V – 480 V		
110 kW	210 A	5 A
132 kW	260 A	6 A
160 kW	310 A	6 A
200 kW	380 A	8 A
250 kW	490 A	13 A
315 kW	605 A	13 A
400 kW	745 A	13 A
450 kW	840 A	13 A
560 kW	985 A	17 A
630 kW ¹⁾	1120 A	13 A ¹⁾
710 kW ¹⁾	1380 A	13 A ¹⁾
900 kW ¹⁾	1560 A	13 A ¹⁾
3AC 500 V – 600 V		
110 kW	175 A	4 A
132 kW	215 A	5 A
160 kW	260 A	5 A
200 kW	330 A	8 A
250 kW	410 A	10 A
315 kW	465 A	10 A
400 kW	575 A	13 A
500 kW	735 A	15 A
560 kW	810 A	15 A
630 kW ¹⁾	860 A	10 A ¹⁾
710 kW ¹⁾	1070 A	13 A ¹⁾
1000 kW ¹⁾	1360 A	15 A ¹⁾
3AC 660 V – 690 V		
75 kW	85 A	4 A
90 kW	100 A	4 A
110 kW	120 A	4 A
132 kW	150 A	4 A
160 kW	175 A	5 A
200 kW	215 A	7 A
250 kW	260 A	7 A
315 kW	330 A	11 A
400 kW	410 A	15 A
450 kW	465 A	15 A
560 kW	575 A	17 A
710 kW	735 A	21 A
800 kW	810 A	21 A
1000 kW ¹⁾	1070 A	17 A ¹⁾
1350 kW ¹⁾	1360 A	21 A ¹⁾
1500 kW ¹⁾	1500 A	21 A ¹⁾
1750 kW ¹⁾	1729 A	142 A ¹⁾
1950 kW ¹⁾	1948 A	142 A ¹⁾
2150 kW ¹⁾	2158 A	165 A ¹⁾
2400 kW ¹⁾	2413 A	172 A ¹⁾
2700 kW ¹⁾	2752 A	172 A ¹⁾

¹⁾ G150-Parallelschaltung / die angegebenen Vorladeströme stellen den Teil-Vorladestrom eines der beiden Teilgleichrichter dar

Schrankgeräte SINAMICS G150: Zu Beginn der Vorladung auftretende Netzströme (Anfangs-Effektivwerte)

5.6 Netzseitige Komponenten

5.6.1 Netzsicherungen

Zum Schutz des Umrichters werden die Doppelfunktionssicherungen (3NE1...) für den Leitungs- und Halbleiterschutz empfohlen. Diese sind speziell auf die Belange der zu schützenden Halbleiter des Eingangsgleichrichters (Thyristoren) angepasst und haben folgende Eigenschaften:

- Superflink,
- auf das Grenzstromintegral des Halbleiters (Thyristors) abgestimmt,
- geringe Lichtbogenspannung,
- gute Strombegrenzung.

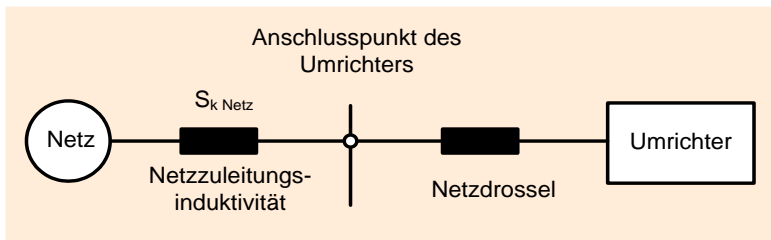
5.6.2 Netzdrossel

Eine Netzdrossel ist immer dann erforderlich,

- wenn Umrichter an ein Netz mit hoher Kurzschlussleistung, d. h. mit niedriger Netzzuleitungsinduktivität angeschlossen werden,
- wenn mehrere Umrichter an einen gemeinsamen Netzanschlusspunkt angeschlossen werden,
- wenn Umrichter mit Netzfiltern zur Funk-Entstörung ausgerüstet werden,
- wenn Umrichter mit Line Harmonics Filtern (LHF) zur Reduktion der Netzurückwirkungen ausgestattet werden, (gilt nicht für Line Harmonics Filter LHF compact),
- wenn Parallelumrichter in 6-pulsigem Betrieb an einen Zweiwicklungstransformator arbeiten.

Die Netzdrossel glättet den vom Umrichter aufgenommenen Strom und reduziert somit die Oberschwingungsanteile im Netzstrom. Hierdurch werden Gleichrichter und Zwischenkreiskondensatoren des Umrichters thermisch entlastet. Außerdem werden die Netzurückwirkungen reduziert, d. h., sowohl die Oberschwingungsströme als auch die Oberschwingungsspannungen im speisenden Netz werden verringert.

Will man auf den Einsatz von Netzdrosseln verzichten, so muss die Netzzuleitungsinduktivität entsprechend groß bzw. die bezogene Kurzschlussleistung RSC ^{*)} genügend klein sein.



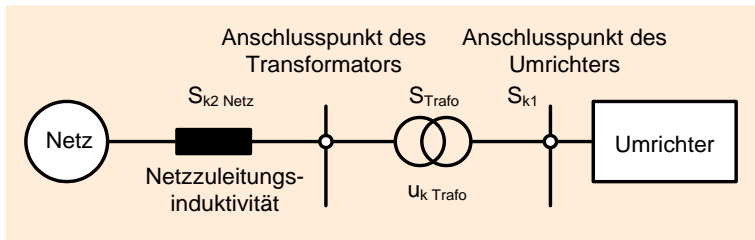
Für die Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS G150 gelten folgende Werte:

Umrichtertypleistung SINAMICS G150	Netzdrossel kann entfallen bei RSC	Netzdrossel ist erforderlich bei RSC
< 200 kW	≤ 43 → Option L22	> 43 → Standard
200 kW – 500 kW	≤ 33 → Option L22	> 33 → Standard
> 500 kW	≤ 20 → Standard	> 20 → Option L23

Da in der Praxis oft nicht bekannt ist, an welcher Netzkonfiguration einzelne Umrichter betrieben werden, d. h. welche Netz Kurzschlussleistung an der Anschlussstelle des Umrichters vorliegt, wird empfohlen, dem Umrichter im Zweifelsfall stets eine Netzdrossel vorzuschalten. Aus diesem Grund sind die Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS G150 bis zu einer Leistung von 500 kW standardmäßig immer mit einer Netzdrossel mit $u_k = 2\%$ ausgerüstet.

^{*)} RSC = Relative Short-Circuit Power gemäß EN 60146-1-1:
Verhältnis der Kurzschlussleistung $S_{K\text{ Netz}}$ des Netzes zur Bemessungscheinleistung (Grundscheinleistung) $S_{\text{Umrichter}}$ des Umrichters an seinem Anschlusspunkt

Auf die Netzdrossel kann nur verzichtet werden (Option L22), wenn die in der o. a. Tabelle angeführten Werte für die bezogene Kurzschlussleistung RSC unterschritten werden. Dieses ist z. B. dann der Fall, wenn der Umrichter über einen in der Leistung angepassten Transformator an das Netz angeschlossen ist und keine weiteren der o. a. Gründe den Einsatz einer Netzdrossel erforderlich machen.



In diesem Fall ergibt sich die Netzkurzschlussleistung S_{k1} am Anschlusspunkt des Umrichters näherungsweise zu

$$S_{k1} = \frac{S_{\text{Trafo}}}{u_{k \text{ Trafo}} + \frac{S_{\text{Trafo}}}{S_{k2 \text{ Netz}}}}$$

Formelzeichen	Bedeutung
---------------	-----------

S_{Trafo}	Bemessungsscheinleistung des Transformators
$u_{k \text{ Trafo}}$	bezogene Kurzschlussleistung des Transformators
$S_{k2 \text{ Netz}}$	Kurzschlussleistung der übergeordneten Spannungsebene

Da Umrichter größerer Leistung vorzugsweise mit Rücksicht auf die Netzurückwirkungen über Transformatoren an Mittelspannungsnetze angeschlossen werden, enthalten alle Schrankgeräte über 500 kW standardmäßig keine Netzdrosseln. Eine Netzdrossel (Option L23) ist nur dann erforderlich, wenn bei Schrankgeräten > 500 kW das Verhältnis $RSC > 20$ ist.

Netzdrosseln sind immer zwingend erforderlich, wenn mehrere Umrichter an einen gemeinsamen Netzanschlusspunkt angeschlossen werden. Sie dienen neben der Glättung des Netzstromes auch zur netzseitigen Entkopplung der Gleichrichter. Diese Entkopplung ist die Voraussetzung für eine einwandfreie Funktion der Gleichrichterschaltung. Aus diesem Grunde muss jeder Umrichter mit einer eigenen Netzdrossel versehen werden und es ist nicht erlaubt, mehreren Umrichtern eine gemeinsame Netzdrossel zuzuordnen.

Ebenfalls zwingend erforderlich ist der Einsatz einer Netzdrossel, wenn der Umrichter mit einem Netzfilter zur Funk-Entstörung (Option L00) oder mit einem Line Harmonics Filter (LHF) zur Reduktion der Netzurückwirkungen ausgerüstet werden soll, weil die genannten Filter ohne die Netzdrossel nicht ihre volle Filterwirkung erreichen (gilt nicht für Line Harmonics Filter LHF compact (Option L01)).

Eine weitere Konstellation, die den Einsatz von Netzdrosseln erforderlich macht, ist der Parallelbetrieb von Umrichtern, bei dem die parallelgeschalteten Gleichrichter an einen gemeinsamen Netzeinspeisepunkt angeschlossen sind. Dies ist bei der Parallelschaltung G150 der Fall, wenn eine 6-pulsige Anordnung vorliegt. Daher ist in diesem Fall die Option L23 erforderlich. Die Netzdrosseln symmetrieren die Stromaufteilung und sorgen dafür, dass kein Gleichrichter durch zu große Unsymmetrien überlastet wird.

5.6.3 Line Harmonics Filter

Line Harmonics Filter reduzieren die niederfrequenten Netzurückwirkungen der Umrichter auf Pegel, die sonst nur mit 12-pulsigen Gleichrichterschaltungen erreicht werden. Damit lassen sich die sehr strengen Grenzwerte der Norm IEC 61800-3, Kategorie C3, bis zu Motorleitungslängen von 100 m (Einsatz im industriellen Bereich bzw. in der Zweiten Umgebung).

Weitere Informationen über die Funktionsweise und die zu beachtenden Randbedingungen sind dem Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt „Line Harmonics Filter (LHF und LHF compact)“ zu entnehmen.

5.6.4 Netzfilter

Die Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS G150 besitzen standardmäßig ein integriertes Netzfilter zur Begrenzung der leitungsgebundenen Störaussendung gemäß EMV-Produktnorm IEC 61800-3, Kategorie C3, bis zu Motorleitungslängen von 100 m (Einsatz im industriellen Bereich bzw. in der Zweiten Umgebung).

Mit dem optional erhältlichen, zusätzlichen Netzfilter (Option L00) sind die Umrichter bis zu Motorleitungslängen von 100 m für den Einsatz gemäß EMV-Produktnorm IEC 61800-3, Kategorie C2, geeignet.

Unabdingbare Voraussetzung für die Einhaltung der Grenzwerte gemäß den o. g. Kategorien ist die Einhaltung der vorgeschriebenen Installationshinweise, da die Netzfilter nur bei fachgerechter Installation des Antriebes hinsichtlich Erdung und Schirmung ordnungsgemäß funktionieren. Details hierzu sind im Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt "Netzfilter" sowie im Kapitel „EMV-Aufbaurichtlinie“ beschrieben.

Der Einsatz der Netzfilter darf nur beim Betrieb der Umrichter an geerdeten Netzen (TN- oder TT-Netze mit geerdetem Sternpunkt) erfolgen. Beim Betrieb an ungeerdeten Netzen (IT-Netzen) ist das standardmäßig eingebaute Netzfilter vom PE-Potenzial zu trennen, indem der entsprechende Metallbügel bei der Inbetriebnahme entfernt wird (siehe Betriebsanleitung). Ein Einsatz der optional erhältlichen, zusätzlichen Netzfilter (Option L00) zur Einhaltung der Grenzwerte gemäß EMV-Produktnorm IEC 61800-3, Kategorie C2 ist in ungeerdeten Netzen nicht möglich.

5.7 Komponenten am Zwischenkreis

5.7.1 Bremsseinheiten

Die Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS G150 sind nicht rückspeisefähig. Daher werden Bremsseinheiten benötigt, wenn gelegentlich und für kurze Zeit generatorische Energie anfällt, z. B. beim Abbremsen des Antriebes (Not-Halt). Die Bremsseinheiten bestehen aus einem Braking Module und einem extern aufzustellenden Bremswiderstand, der die anfallende Bremsenergie in Wärme umsetzt.

Für die Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS G150 stehen Bremsseinheiten als Option L61 mit einer Dauerbremsleistung von 25 kW (P_{20} -Leistung 100 kW) und als Option L62 mit einer Dauerbremsleistung von 50 kW (P_{20} -Leistung 200 kW) zur Verfügung. Die Zuordnung der Bremsleistungen zu den Typleistungen der Umrichter ist der unten stehenden Tabelle zu entnehmen. Die Braking Modules enthalten die Leistungselektronik und die zugehörige Ansteuerung. Sie sind zum Einbau in die Powerblöcke der G150 Schrankgeräte konzipiert. Ihre Kühlung erfolgt über den Abluftstrom der Leistungsteile. Die Braking Modules sind an den Zwischenkreis angeschlossen und arbeiten hinsichtlich der Versorgungsspannung, die dem Zwischenkreis entnommen wird, und hinsichtlich der Regelung völlig autark. Zur Erzielung höherer Bremsleistungen besteht bei Umrichtern, die aus mehreren Powerblöcken aufgebaut sind, die Möglichkeit, mehrere Braking Modules parallel zu betreiben. Bei Umrichtern der Baugröße HX können 2 Braking Modules, bei Umrichter der Baugröße JX 3 Braking Modules eingesetzt werden. Das 2. bzw. 3. Braking Module ist keine Standardoption und steht daher nur auf Anfrage zur Verfügung. Jedem Braking Module ist immer ein eigener Bremswiderstand zugeordnet.

Bei Umrichtern mit parallelgeschalteten Leistungsteilen kann in jeden Teilumrichter ein Braking Module eingebaut werden. Die Option L62 ist in diesem Fall zweimal zu bestellen. Auch hier besteht die Möglichkeit, je Teilumrichter mehrere Braking Modules parallel zu betreiben. Das jeweilige 2. bzw. 3. Braking Module ist keine Standardoption und steht daher nur auf Anfrage zur Verfügung. Jedem Braking Module ist grundsätzlich immer ein eigener Bremswiderstand zugeordnet.

Werden die Bremsseinheiten bei Umgebungstemperaturen > 40 °C und Aufstellhöhen > 2000 m eingesetzt, so gelten auch hier die bei den Schrankgeräten SINAMICS G150 angeführten Reduktionsfaktoren für Strom und Leistung in Abhängigkeit von der jeweiligen Schutzart der Schränke.

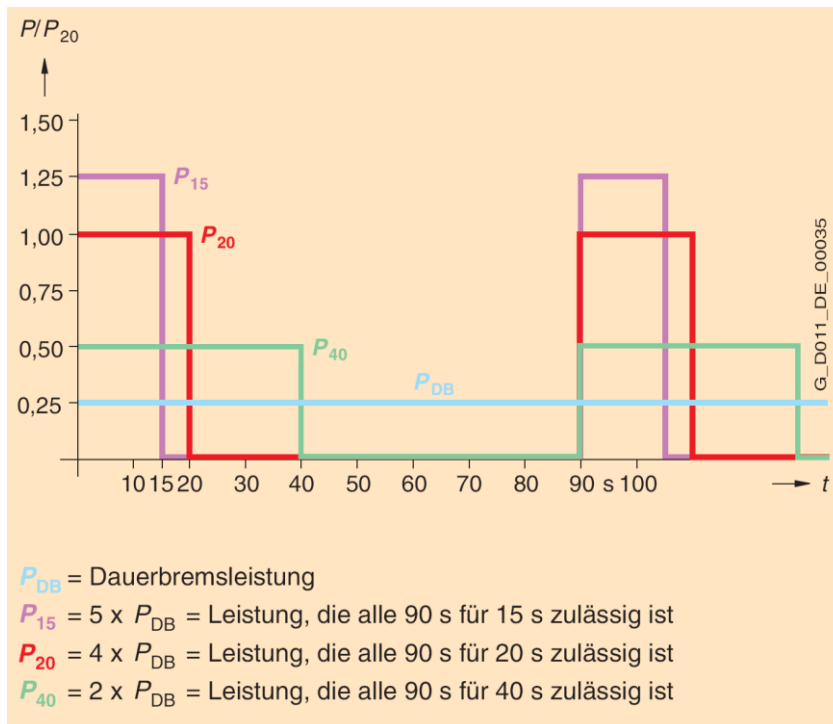
Zur Überwachung ist im Bremswiderstand ein Thermokontakt eingebaut, welcher in die Warn- bzw. Abschaltkette des Umrichters eingebunden werden kann.

Die maximal zulässige Leitungslänge zwischen dem Braking Module im Umrichter und dem Bremswiderstand beträgt 100 m.

Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS G150	zugehörige Braking Modules			Spitzenleistung P_{15}	Bremswiderstand R_B	Max. Strom
	Bemessungsleistung (Dauerbremsleistung) P_{DB}	Leistung P_{40}	Leistung P_{20}			
Typeleistung						
3AC 380 V – 480 V						
110 kW – 132 kW	25 kW (Option L61)	50 kW	100 kW	125 kW	4,4 Ω ±7,5 %	189 A
160 kW – 900 kW	50 kW (Option L62)	100 kW	200 kW	250 kW	2,2 Ω ±7,5 %	378 A
3AC 500 V – 600 V						
110 kW – 1000 kW	50 kW (Option L62)	100 kW	200 kW	250 kW	3,4 Ω ±7,5 %	306 A
3AC 660 V – 690 V						
75 kW – 132 kW	25 kW (Option L61)	50 kW	100 kW	125 kW	9,8 Ω ±7,5 %	127 A
160 kW – 2700 kW	50 kW (Option L62)	100 kW	200 kW	250 kW	4,9 Ω ±7,5 %	255 A

Verfügbare Braking Modules und Bremswiderstände für die Schrankgeräte SINAMICS G150. Die Leistungsangaben gelten für die werkseitig eingestellten oberen Ansprechschwellen

Das folgende Diagramm zeigt die Leistungsdefinitionen und die zulässigen Lastspiele für die Braking Modules und die zugehörigen Bremswiderstände. Die Angaben gelten für die werkseitig eingestellten Ansprechschwellen.



Leistungsdefinitionen und Lastspiele für Braking Modules und Bremswiderstände

Ermittlung der erforderlichen Braking Modules und und Bremswiderstände

Im Folgenden wird die Vorgehensweise zur Berechnung der erforderlichen Dauerleistung der Bremseinheit erläutert.

1. Ermittlung des Mittelwertes der Bremsleistung P_{mittel}

Zunächst ist der Mittelwert der Bremsleistung P_{mittel} aus dem vorgegebenen Lastspiel zu bestimmen.

- Für periodische Lastspiele mit einer Lastspieldauer $T \leq 90$ s ist der Mittelwert der Bremsleistung P_{mittel} über die gesamte Lastspieldauer T zu bestimmen.
- Für periodische Lastspiele mit einer Lastspieldauer $T > 90$ s bzw. für sporadische Bremsvorgänge ist der Mittelwert der Bremsleistung P_{mittel} in jenem Zeitabschnitt zu bestimmen, in dem der größte Mittelwert auftritt. Als Zeitbasis für die Mittelwertberechnung ist eine Periodendauer von 90 s anzusetzen.

Aus dem Mittelwert der Bremsleistung P_{mittel} ergibt sich die erforderliche Dauerleistung der Bremseinheit P_{DB} zu

$$P_{DB} \geq 1,125 \cdot P_{mittel} .$$

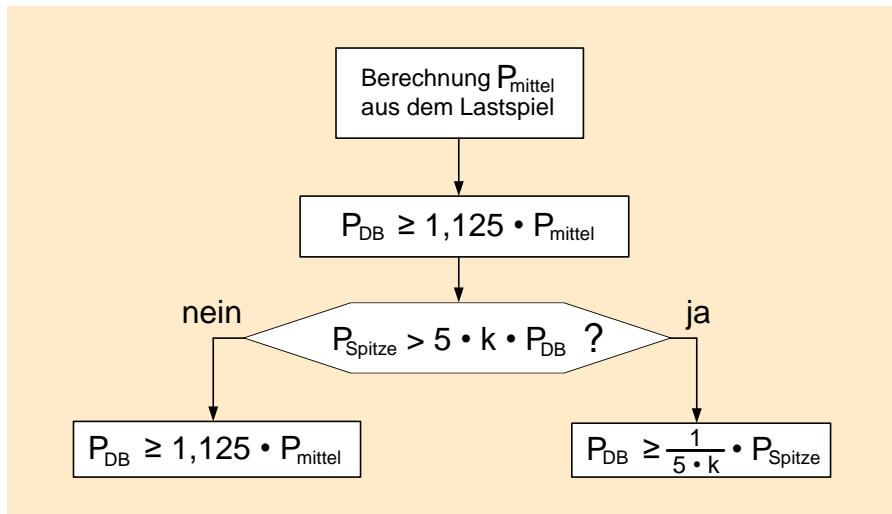
Hinweis:

Der Faktor $1,125 = 1 / 0,888$ berücksichtigt, dass aufgrund der thermischen Zeitkonstanten die zulässige mittlere Leistung bei Lastspielen – wie z. B. dem P_{20} -Lastspiel oder dem P_{40} -Lastspiel – nur 88,8 % der zulässigen Leistung im Dauerbetrieb beträgt.

2. Überprüfung der erforderlichen Spitzenbremsleistung P_{Spitze}

Bei der Auswahl der Bremseinheiten ist neben dem Mittelwert der Bremsleistung P_{mittel} auch die erforderliche Spitzenbremsleistung P_{Spitze} zu berücksichtigen. Es muss daher überprüft werden, ob die Bremseinheit mit der unter Punkt 1. ermittelten Dauerbremsleistung P_{DB} auch die während des vorgegebenen Lastspiels geforderte Spitzenbremsleistung P_{Spitze} aufzubringen vermag. Ist das nicht der Fall, so ist die erforderliche Dauerbremsleistung P_{DB} entsprechend der erforderlichen Spitzenbremsleistung zu erhöhen.

Das folgende Ablaufdiagramm zeigt die Vorgehensweise.



Ablaufdiagramm zur Ermittlung der erforderlichen Braking Modules und Bremswiderstände

Zur Reduzierung der Spannungsbeanspruchung des Motors und des Umrichters kann beim Betrieb mit niedrigen Netzanschlussspannungen (380 V – 400 V bzw. 500 V bzw. 660 V) in den jeweiligen Netzanschlussspannungsbereichen die Ansprechschwelle der Bremseinheit und damit die beim Bremsen auftretende Zwischenkreisspannung U_{ZK} herabgesetzt werden. Damit geht allerdings auch die erzielbare Spitzenleistung wegen $P_{Spitze} \sim (U_{ZK})^2 / R$ mit dem Reduktionsfaktor $k = (\text{untere Ansprechschwelle} / \text{obere Ansprechschwelle})^2$ zurück.

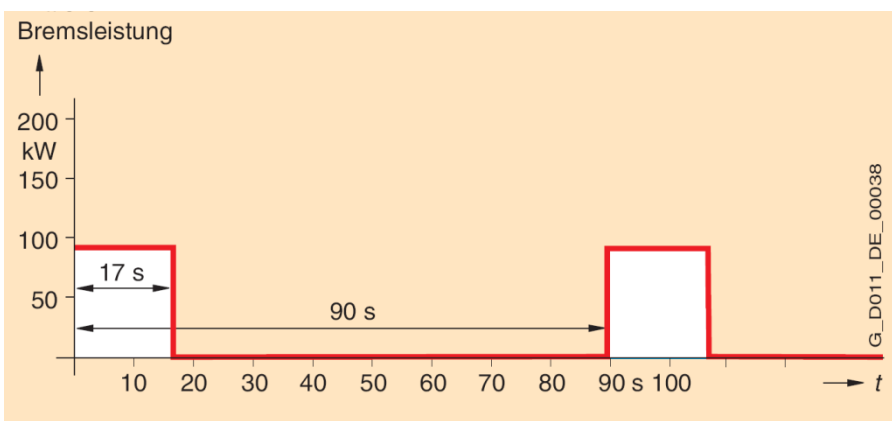
Werkseitig eingestellt ist jeweils die obere Ansprechschwelle. Die einstellbaren Ansprechschwellen und die zugehörigen Reduktionsfaktoren k sind der Tabelle zu entnehmen.

Netzanschlussspannung	Ansprechschwelle U_{ZK} mit zugehörigem Reduktionsfaktor k
3AC 380 V – 480 V	774 V ($k = 1$) bzw. 673 V ($k = 0,756$)
3AC 500 V – 600 V	967 V ($k = 1$) bzw. 841 V ($k = 0,756$)
3AC 660 V – 690 V	1158 V ($k = 1$) bzw. 1070 V ($k = 0,853$)

Ansprechschwellen der Braking Modules und zugehörige Reduktionsfaktoren k

Berechnungsbeispiel:

Für ein Umrichter-Schrankgerät SINAMICS G150 mit einer Typeleistung von 132 kW bei 400 V ist zu berechnen, ob die für das Gerät zur Verfügung stehende Bremseinheit mit einer Dauerleistung $P_{DB} = 25$ kW bzw. $P_{20} = 100$ kW für den folgenden Anwendungsfall geeignet ist. Das Diagramm zeigt den zeitlichen Verlauf der anfallenden Bremsleistung.



1. Der Mittelwert der Bremsleistung errechnet sich zu:

$$\begin{aligned} P_{\text{mittel}} &= [(90 \text{ kW} \cdot 17 \text{ s}) + (0 \text{ kW} \cdot 73 \text{ s})] / 90 \text{ s} \\ &= 17,0 \text{ kW} \end{aligned}$$

Die erforderliche Dauerleistung der Bremseinheit muss größer als $1,125 \cdot P_{\text{mittel}}$ sein. Damit ergibt sich:

$$\begin{aligned} P_{\text{DB}} &\geq 1,125 \cdot 17,0 \text{ kW} \\ &\geq 19,13 \text{ kW} \end{aligned}$$

- 2a. Überprüfung der erforderlichen Spitzenleistung bei werkseitig eingestellter, oberer Ansprechschwelle $U_{\text{ZK}} = 774 \text{ V}$ entsprechend $k = 1$:

$$\begin{aligned} P_{\text{Spitze}} &> 5 \cdot k \cdot P_{\text{DB}} \text{ ?} \\ 90 \text{ kW} &> 5 \cdot 1 \cdot 19,13 \text{ kW} \text{ ?} \\ &> 96,65 \text{ kW} \text{ ?} \end{aligned}$$

Die Bedingung ist nicht erfüllt, d. h., die erforderliche Spitzenleistung von 90 kW ist nicht größer, als die von der Bremseinheit mit einer Dauerleistung von 19,13 kW lieferbare Spitzenleistung von 96,65 kW. Damit ist der Mittelwert der Bremsleistung das ausschlaggebende Kriterium zur Festlegung des Braking Modules und des Bremswiderstandes.

Somit ist eine Bremseinheit mit einer Dauerleistung

$$\begin{aligned} P_{\text{DB}} &\geq 1,125 \cdot P_{\text{mittel}} \\ &\geq 19,13 \text{ kW} \end{aligned}$$

erforderlich. Die für das Schrankgerät verfügbare Bremseinheit mit $P_{\text{DB}} = 25 \text{ kW}$ bzw. $P_{20} = 100 \text{ kW}$ ist also für den Anwendungsfall geeignet.

- 2b. Überprüfung der erforderlichen Spitzenleistung bei herabgesetzter, unterer Ansprechschwelle $U_{\text{ZK}} = 673 \text{ V}$ entsprechend $k = 0,756$:

$$\begin{aligned} P_{\text{Spitze}} &> 5 \cdot 0,756 \cdot P_{\text{DB}} \text{ ?} \\ 90 \text{ kW} &> 5 \cdot 0,756 \cdot 19,13 \text{ kW} \text{ ?} \\ &> 72,3 \text{ kW} \text{ ?} \end{aligned}$$

Die Bedingung ist erfüllt, d. h., die erforderliche Spitzenleistung von 90 kW ist größer, als die von der Bremseinheit mit einer Dauerleistung von 19,13 kW lieferbare Spitzenleistung von 72,3 kW. Damit ist der Spitzenwert der Bremsleistung das ausschlaggebende Kriterium zur Festlegung des Braking Modules und des Bremswiderstandes.

Somit ist eine Bremseinheit mit einer Dauerleistung

$$\begin{aligned} P_{\text{DB}} &\geq [1 / (5 \cdot k)] \cdot P_{\text{Spitze}} \\ &\geq [1 / (5 \cdot 0,756)] \cdot 90 \text{ kW} \\ &\geq 23,8 \text{ kW} \end{aligned}$$

erforderlich. Die für das Schrankgerät verfügbare Bremseinheit mit $P_{\text{DB}} = 25 \text{ kW}$ bzw. $P_{20} = 100 \text{ kW}$ ist also für den Anwendungsfall geeignet.

5.8 Lastseitige Komponenten und Leitungen

5.8.1 Motordrosseln

Durch das schnelle Schalten des IGBT-Umrichters ergeben sich hohe Spannungsanstiege du/dt am Umrichter Ausgang. Diese führen beim Einsatz langer Motorleitungen zu einer zusätzlichen Strombelastung des Umrichters durch kapazitive Umladeströme und begrenzen dadurch die anschließbaren Leitungslängen.

Außerdem wird durch die hohen Spannungsanstiege, sowie die von diesen hervorgerufenen Spannungsspitzen an den Motoranschlüssen, die elektrische Wicklungsbelastung der Motoren gegenüber dem direkten Netzbetrieb erhöht. Die Motordrosseln (Option L08) reduzieren die kapazitiven Umladeströme in den Motorzuleitungen und begrenzen in Abhängigkeit von der Motorleitungslänge den Spannungsanstieg du/dt an den Motoranschlüssen.

Eine ausführliche Beschreibung ist im Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt "Motordrossel" zu finden.

5.8.2 du/dt -Filter plus VPL und du/dt -Filter compact plus VPL

Das du/dt -Filter plus VPL (Option L10) sowie das du/dt -Filter compact plus VPL (Option L07) setzen sich aus zwei Komponenten zusammen, der du/dt -Drossel und dem Spannungsbegrenzungsnetzwerk (**V**oltage **P**eak **L**imiter), welches die Spannungsspitzen abschneidet und die Energie zurück in den Zwischenkreis speist.

Die du/dt -Filter plus VPL und die du/dt -Filter compact plus VPL sind für Motoren mit unbekannter bzw. nicht ausreichender Spannungsfestigkeit des Isoliersystems einzusetzen. Standard- und Transnorm-Asynchronmotoren von Siemens benötigen sie – je nach Motorenreihe – in der Regel erst bei Anschlussspannungen > 460 V bzw. > 500 V, sofern motorseitig keine Sonderisolierung für Umrichterbetrieb eingesetzt wird. Nähere Informationen enthält das Kapitel „Motoren“.

Die du/dt -Filter plus VPL begrenzen die Spannungsanstiegsgeschwindigkeit auf Werte < 500 V/ μ s und die typischen Spannungsspitzen am Motor auf folgende Werte:

- \hat{U}_{LL} (typisch) < 1000 V für $U_{Netz} < 575$ V
- \hat{U}_{LL} (typisch) < 1250 V für 660 V $< U_{Netz} < 690$ V

Die du/dt -Filter compact plus VPL begrenzen die Spannungsanstiegsgeschwindigkeit auf Werte < 1600 V/ μ s und die typischen Spannungsspitzen am Motor auf folgende Werte:

- \hat{U}_{LL} (typisch) < 1150 V für $U_{Netz} < 575$ V
- \hat{U}_{LL} (typisch) < 1400 V für 660 V $< U_{Netz} < 690$ V

Eine ausführliche Beschreibung ist im Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt " du/dt -Filter plus VPL und du/dt -Filter compact plus VPL" zu finden.

5.8.3 Sinusfilter

Sinusfilter (Option L15) sind LC-Tiefpassfilter und stellen die aufwändigste Filterlösung dar. Sie reduzieren die Spannungssteilheiten du/dt und die Spitzenspannungen \hat{U}_{LL} noch wesentlich mehr als du/dt -Filter, aber der Betrieb mit Sinusfilter bringt deutliche Einschränkungen mit sich hinsichtlich der einstellbaren Pulsfrequenz sowie der Spannungs- und Stromausnutzung des motorseitigen Wechselrichters (Spannungs- und Strom-Derating).

Eine ausführliche Beschreibung sowie die Derating-Daten sind im Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt "Sinusfilter" zu finden.

SINAMICS G150

Projektierungshinweise

5.8.4 Maximal anschließbare Motorleitungslängen

Die Tabellen geben die maximal anschließbaren Motorleitungslängen an. Die Werte gelten sowohl für die in den Tabellen empfohlenen als auch für alle anderen üblichen Motorleitungen.

SINAMICS G150 Netzanschluss- spannung	Typeleistung bei 400 / 500 / 690 V	Maximal zulässige Motorleitungslänge	
		Geschirmte Leitung z. B. Protodur NYCWY	Ungeschirmte Leitung z. B. Protodur NYY
Ohne Drossel und ohne Filter			
3AC 380 V – 480 V	110 kW – 900 kW	300 m	450 m
3AC 500 V – 600 V	110 kW – 1000 kW	300 m	450 m
3AC 660 V – 690 V	75 kW – 2700 kW	300 m	450 m
Mit einer Motordrossel (Option L08)			
3AC 380 V – 480 V	110 kW – 900 kW	300 m	450 m
3AC 500 V – 600 V	110 kW – 1000 kW	300 m	450 m
3AC 660 V – 690 V	75 kW – 2700 kW	300 m	450 m
Mit du/dt-Filter plus VPL (Option L10)			
3AC 380 V – 480 V	110 kW – 900 kW	300 m	450 m
3AC 500 V – 600 V	110 kW – 1000 kW	300 m	450 m
3AC 660 V – 690 V	75 kW – 2700 kW	300 m	450 m
Mit du/dt-Filter compact plus VPL (Option L07)			
3AC 380 V – 480 V	110 kW – 900 kW	100 m	150 m
3AC 500 V – 600 V	110 kW – 1000 kW	100 m	150 m
3AC 660 V – 690 V	75 kW – 2700 kW	100 m	150 m
Mit Sinusfilter (Option L15)			
3AC 380 V – 480 V	110 kW – 250 kW	300 m	450 m
3AC 500 V – 600 V	110 kW – 132 kW	300 m	450 m

Zulässige Motorleitungslängen für SINAMICS G150

Durch die Reihenschaltung von zwei Motordrosseln lassen sich die zulässigen Leitungslängen noch weiter erhöhen auf 450 m bei geschirmten Leitungen und auf 675 m bei ungeschirmten Leitungen. Für die Parallelschaltungen SINAMICS G150 mit Typeleistungen von 1750 kW bis 2700 kW gelten für zwei Motordrosseln die folgenden Werte: 525 m für geschirmte Leitungen und 787 m für ungeschirmte Leitungen.

Eine zweite Motordrossel ist keine Standardoption und erfordert u. U. einen Zusatzschrank. Daher ist eine zweite Motordrossel nur auf Anfrage erhältlich.

5.9 Parallelschaltungen SINAMICS G150 (Leistungserweiterung SINAMICS G150)

Die Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS G150 sind im oberen Leistungsbereich als Parallelschaltung ausgeführt. Sie basieren konstruktiv entweder auf zwei Umrichter-Schrankgeräten SINAMICS G150 kleinerer Leistung oder auf zwei Basic Line Modules und zwei oder drei Motor Modules.

Aufgrund des konstruktiven Aufbauprinzips sind folgende Komponenten jeweils mehrfach vorhanden:

- Netzanschlüsse
- Hauptschütze bzw. Leistungsschalter
- Leistungsteilkomponenten
- Motoranschlüsse

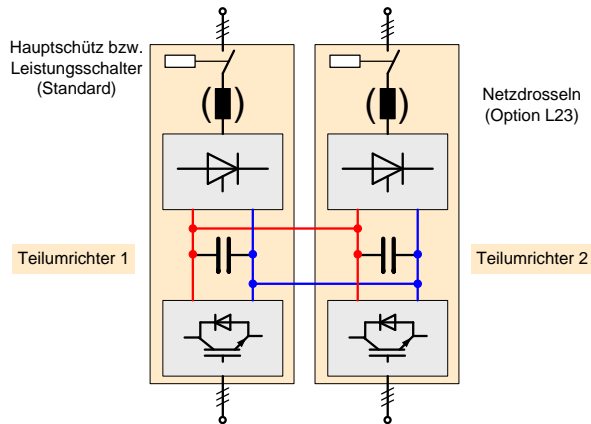
Nur einmal je Parallelschaltung vorhanden sind:

- Control Unit CU 320-2
- Bedienfeld AOP30
- Optionale Kundenschnittstellen TM31 (Optionen G60 bzw. G61) oder TB30 (Option G62) mit digitalen und analogen Ein- und Ausgängen

Die folgende Übersicht zeigt die drei Ausführungsvarianten der Parallelschaltungen SINAMICS G150.

Parallelschaltungen SINAMICS G150 mit Tyleistungen ≤ 1500 kW

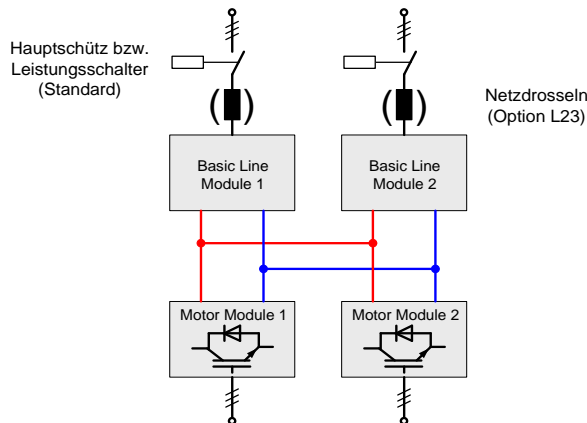
Diese Geräte basieren konstruktiv auf zwei Umrichter-Schrankgeräten SINAMICS G150.



Aufbau der Parallelschaltungen SINAMICS G150 mit Tyleistungen ≤ 1500 kW

Parallelschaltungen SINAMICS G150 mit Tyleistungen 1750 kW – 2400 kW

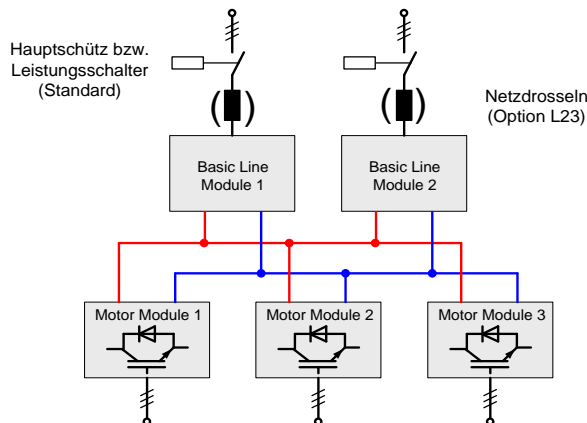
Diese Geräte basieren konstruktiv auf zwei SINAMICS Basic Line Modules und zwei SINAMICS Motor Modules.



Aufbau der Parallelschaltungen SINAMICS G150 mit Tyleistungen 1750 kW – 2400 kW

Parallelschaltung SINAMICS G150 mit Tyleistung 2700 kW

Diese Geräte basieren konstruktiv auf zwei SINAMICS Basic Line Modules und drei SINAMICS Motor Modules.



Aufbau der Parallelschaltung SINAMICS G150 mit Tyleistung 2700 kW

SINAMICS G150

Projektierungshinweise

Hinweis:

Im Gegensatz zu den S120 Line Modules und den S120 Motor Modules des modularen Systems SINAMICS S120 (Chassis und Cabinet Modules), bei denen bis zu vier gleiche Einzel-Modules zu einer Parallelschaltung zusammengestellt werden können, ist die Parallelschaltung G150 ein komplett anschlussfertiges Umrichter-Schrankgerät, das konstruktiv aus zwei Umrichter-Schrankgeräten SINAMICS G150 kleinerer Leistung oder aus zwei Basic Line Modules und zwei oder drei Motor Modules besteht. Die Bestellung erfolgt als Einheit unter einer Artikelnummer. Die in den Katalogen und den Tabellen dieses Projektierungshandbuchs angegebenen technischen Daten beziehen sich daher auf die komplette Parallelschaltung G150 und beinhalten bereits das bei Parallelschaltungen von Leistungsteilen erforderliche Strom- und Leistungs-Derating der Einzelkomponenten von 7,5 %. Aufgrund der großen Länge erfolgt die Lieferung in Transporteinheiten.

Die folgende Tabelle zeigt das Leistungsspektrum der Parallelschaltungen SINAMICS G150. In der letzten Spalte der Tabelle ist – rein informativ – angegeben, auf welchen Einzelkomponenten die jeweilige Parallelschaltung basiert.

Bemessungs- Ausgangsstrom [A]	Geringe Überlast		Hohe Überlast		Artikelnummer	Das Parallelgerät basiert auf den folgenden Einzelkomponenten
	P _L [kW]	Grundlast- strom I _L [A]	P _H [kW]	Grundlast- strom I _H [A]		
Netzanschlussspannung 380 V – 480 V						
1120	630	1092	500	850	6SL3710-2GE41-1AA3	2 x G150 / 315 kW / 605 A
1380	710	1340	560	1054	6SL3710-2GE41-4AA3	2 x G150 / 400 kW / 745 A
1560	900	1516	710	1294	6SL3710-2GE41-6AA3	2 x G150 / 450 kW / 840 A
Netzanschlussspannung 500 V – 600 V						
860	630	836	560	770	6SL3710-2GF38-6AA3	2 x G150 / 315 kW / 465 A
1070	710	1036	630	950	6SL3710-2GF41-1AA3	2 x G150 / 400 kW / 575 A
1360	1000	1314	800	1216	6SL3710-2GF41-4AA3	2 x G150 / 500 kW / 735 A
Netzanschlussspannung 660 V – 690 V						
1070	1000	1036	900	950	6SL3710-2GH41-1AA3	2 x G150 / 560 kW / 575 A
1360	1350	1314	1200	1216	6SL3710-2GH41-4AA3	2 x G150 / 710 kW / 735 A
1500	1500	1462	1350	1340	6SL3710-2GH41-5AA3	2 x G150 / 800 kW / 810 A
1729	1750	1720	1500	1547	6SL3710-2GH41-8EA3	2 x BLM / 1100 kW + 2 x MoMo / 900 kW / 910 A
1948	1950	1940	1750	1742	6SL3710-2GH42-0EA3	2 x BLM / 1100 kW + 2 x MoMo / 1000 kW / 1025 A
2158	2150	2150	1950	1930	6SL3710-2GH42-2EA3	2 x BLM / 1100 kW + 2 x MoMo / 1200 kW / 1270 A
2413	2400	2390	2150	2158	6SL3710-2GH42-4EA3	2 x BLM / 1500 kW + 2 x MoMo / 1200 kW / 1270 A
2752	2700	2685	2400	2463	6SL3710-2GH42-7EA3	2 x BLM / 1500 kW + 3 x MoMo / 1000 kW / 1025 A

Leistungsspektrum der Parallelschaltungen SINAMICS G150

Da alle Parallelschaltungen SINAMICS G150 eingangsseitig stets aus zwei identischen Gleichrichtern bestehen, ist netzseitig sowohl ein 6-pulsiger als auch ein 12-pulsiger Betrieb möglich. Bei 12-pulsigem Betrieb sind die Netzurückwirkungen gegenüber dem 6-pulsigen Betrieb deutlich reduziert (siehe Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt „Netzurückwirkungen“).

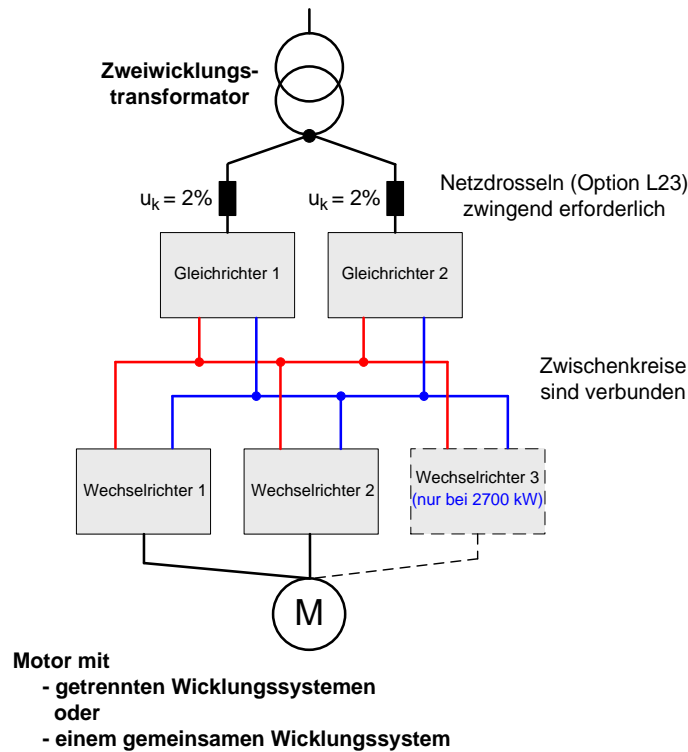
Netzseitig sind abhängig von der Betriebsweise der Parallelschaltung (6- oder 12-pulsig) unterschiedliche Entkopplungsmaßnahmen zu beachten.

Motorseitig sind abhängig vom Wicklungssystem des Motors (getrennt oder gemeinsam) und der Anzahl der Wechselrichter der Parallelschaltung G150 (zwei oder drei) ebenfalls verschiedene Entkopplungsmaßnahmen zu berücksichtigen.

Im Folgenden wird daher näher auf die beim Betrieb von Parallelschaltungen G150 netz- und motorseitig zu berücksichtigenden Randbedingungen eingegangen.

5.9.1 6-pulsiger Betrieb von Parallelschaltungen SINAMICS G150

Bei 6-pulsigem Betrieb werden beide Gleichrichter an dieselbe Sekundärwicklung eines Zweiwicklungstransformators bzw. an einen gemeinsamen Einspeisepunkt angeschlossen, wie in der folgenden Skizze dargestellt.



6-pulsiger Betrieb von Parallelschaltungen SINAMICS G150

Bei der Parallelschaltung SINAMICS G150 ist ein ordnungsgemäßer 6-pulsiger Betrieb unter folgenden Randbedingungen gewährleistet:

- Die Zwischenkreise sind miteinander verbunden.
- Es können sowohl Motoren mit galvanisch getrennten Wicklungssystemen als auch Motoren mit einem gemeinsamen Wicklungssystem angeschlossen werden.

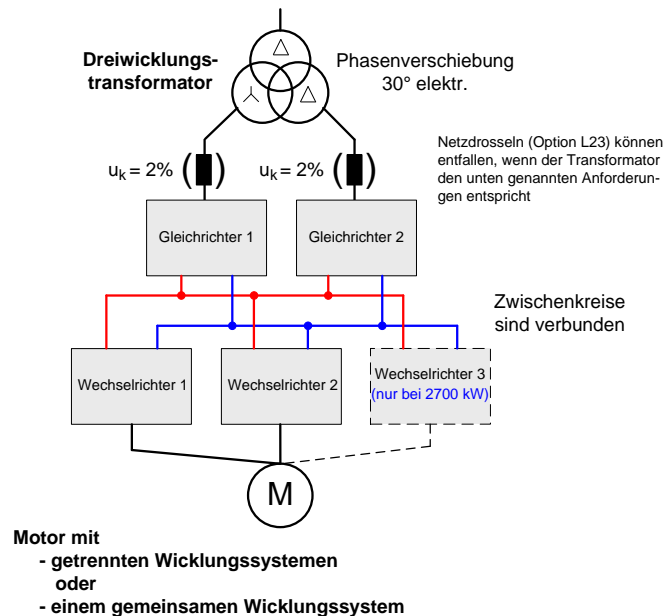
Da netzseitig keine Stromausgleichsregelung vorhanden ist, muss die Symmetrierung der netzseitigen Ströme durch folgende Maßnahmen sichergestellt werden:

- Einsatz von Netzdröseln mit einer bezogenen Kurzschlussspannung von $u_k = 2\%$ (Option L23). Ein Weglassen der Netzdröseln ist nicht zulässig.
Ausnahme: Bei Parallelschaltungen mit integriertem Line Harmonics Filter compact (Option L01) übernehmen die Filter die Entkopplung, so dass zusätzliche Netzdröseln automatisch entfallen.
- Verwendung einer symmetrischen Leistungsverkabelung zwischen dem Einspeisepunkt und den beiden Gleichrichtern (Kabel des gleichen Typs mit gleichem Querschnitt und gleicher Länge).

Die motorseitig einzuhaltenden Randbedingungen und Einschränkungen sind auf der übernächsten Seite im Abschnitt „Betrieb von Motoren mit getrennten Wicklungssystemen und gemeinsamen Wicklungssystem“ beschrieben.

5.9.2 12-pulsiger Betrieb von Parallelschaltungen SINAMICS G150

Bei 12-pulsigem Betrieb werden beide Gleichrichter an je eine Sekundärwicklung eines Dreiwicklungstransformators angeschlossen, wie in der folgenden Skizze dargestellt.



12-pulsiger Betrieb von Parallelschaltungen SINAMICS G150

Bei der Parallelschaltung SINAMICS G150 ist ein ordnungsgemäßer 12-pulsiger Betrieb unter folgenden Randbedingungen gewährleistet:

- Die Zwischenkreise sind miteinander verbunden.
- Es können sowohl Motoren mit galvanisch getrennten Wicklungssystemen als auch Motoren mit einem gemeinsamen Wicklungssystem angeschlossen werden.

Da netzseitig keine Stromausgleichsregelung vorhanden ist, muss die Symmetrierung der Ströme durch die folgenden Anforderungen an den Dreiwicklungstransformator, die Leistungsverkabelung und gegebenenfalls Netzdrosseln, sowie an das speisende Netz sichergestellt werden. Ferner dürfen keine zusätzlichen Lasten an nur eine der beiden Niederspannungswicklungen angeschlossen werden, weil dies eine symmetrische Belastung beider Niederspannungswicklungen verhindern würde. Außerdem sollte der Anschluss mehrerer 12-pulsiger Parallelschaltungen SINAMICS G150 an einen Dreiwicklungstransformator vermieden werden, insbesondere bei Typleistungen von 1750 kW bis 2150 kW, bei denen mit Thyristoren bestückte Basic Line Modules zum Einsatz kommen, die den Zwischenkreis durch Phasenanschnittsteuerung vorladen.

Anforderungen an den Dreiwicklungstransformator, die Leistungsverkabelung und die Netzdrosseln

- Symmetrischer Aufbau des Dreiwicklungstransformators, empf. Schaltgruppen Dy5d0 oder Dy11d0.
- Bezogene Kurzschlussspannung des Dreiwicklungstransformators $u_k \geq 4\%$.
- Differenz der bezogenen Kurzschlussspannungen der Sekundärwicklungen $\Delta u_k \leq 5\%$.
- Differenz der Leerlaufspannungen der Sekundärwicklungen $\Delta U \leq 0,5\%$.
- Verwendung einer symmetrischen Leistungsverkabelung zwischen Transformator und den beiden Gleichrichtern (Kabel gleichen Typs mit gleichem Querschnitt und gleicher Länge).
- Gegebenenfalls Einsatz von Netzdrosseln mit einer bezogenen Kurzschlussspannung $u_k = 2\%$.

Die relativ hohen Anforderungen an den Dreiwicklungstransformator können am besten durch die Verwendung eines Doppelstocktransformators erfüllt werden. Beim Einsatz anderer Ausführungsformen von Dreiwicklungstransformatoren empfiehlt sich der Einsatz von Netzdrosseln. Alternative Lösungen zur Erzeugung einer Phasenverschiebung von 30°, wie z. B. zwei separate Transformatoren mit unterschiedlichen Schaltgruppen, sollten nur dann eingesetzt werden, wenn die Transformatoren – mit Ausnahme der verschiedenen Schaltgruppen – praktisch identisch sind, d. h. wenn beide Transformatoren vom selben Hersteller stammen.

Da der Dreiwicklungstransformator eine Stern- und eine Dreieckwicklung besitzt, und die Dreieckwicklung keinen Sternpunkt aufweist, den man sinnvoll erden könnte, werden 12-pulsig betriebene Parallelschaltungen SINAMICS G150 an zwei ungeerdete Sekundärwicklungen und somit an ein IT-Netz angeschlossen. Aus diesem Grunde sind Parallelschaltungen G150 bei 12-pulsigem Betrieb mit der Option L87 / Isolationswächter auszurüsten.

Anforderungen an das speisende Netz

Neben den Anforderungen an den Dreiwicklungstransformator, die Leistungsverkabelung und die Netzdröseln bestehen auch Anforderungen an das speisende Netz hinsichtlich der am Anschlusspunkt des Dreiwicklungstransformators bereits vorhandenen Spannungsüberschwingungen. Denn zu hohe Spannungsüberschwingungen können abhängig von ihrer Phasenlage zur Grundschwingung zu unerwünschten Verzerrungen des Zeitverlaufes der Spannungen der beiden Unterspannungswicklungen führen, was eine stark unsymmetrische Strombelastung des Transformators und der Parallelschaltung SINAMICS G150 zur Folge haben kann. Am kritischsten ist eine stark ausgeprägte 5. Spannungsüberschwingung, und auch eine stark ausgeprägte 7. Spannungsüberschwingung kann prinzipiell noch gewisse negative Auswirkungen haben. Höhere Spannungsüberschwingungen haben dagegen keinen signifikanten Einfluss mehr. Stark ausgeprägte 5. und 7. Oberschwingungen können zum Beispiel durch 6-pulsige Verbraucher großer Leistung (DC-Motoren, Direktumrichter) verursacht werden, die von der gleichen Mittelspannungsschiene versorgt werden.

Aus diesem Grunde ist folgendes hinsichtlich der am Anschlusspunkt des Dreiwicklungstransformators vorhandenen 5. Spannungsüberschwingung zu beachten.

- 5. Spannungsüberschwingung am Anschlusspunkt des Transformators $\leq 2\%$:
12-Puls-Betrieb ist möglich. Die für 12-Puls-Betrieb vorgeschriebene Strom-Reserve von 7,5 %, welche in den Bemessungsdaten der Parallelschaltung SINAMICS G150 bereits enthalten ist, deckt alle möglichen Stromunsymmetrien ab, die durch Toleranzen des Transformators, der Verkabelung und der Netzdröseln sowie durch Netzspannungsüberschwingungen hervorgerufen werden.
- 5. Spannungsüberschwingung am Anschlusspunkt des Transformators $> 2\%$:
12-Puls-Betrieb ist bei diesen Netzverhältnissen aufgrund sehr hoher, möglicher Unsymmetrien nicht mehr ohne weiteres möglich. Denn zum einen ist die für 12-Puls-Betrieb vorgeschriebene Strom-Reserve von 7,5 %, welche in den Bemessungsdaten der Parallelschaltung SINAMICS G150 bereits enthalten ist, nicht mehr ausreichend, um eine Überlastung des Transformators und der Parallelschaltung SINAMICS G150 sicher zu verhindern, und zum anderen kann sich bei hoher Stromunsymmetrie die gewünschte Auslöschung der Stromüberschwingungen mit den Ordnungszahlen $h = 5, 7, 17, 19, 29, 31, \dots$ auf der Oberspannungsseite des Transformators nicht mehr einstellen.

Liegt am Anschlusspunkt des Dreiwicklungstransformators eine zu hohe Spannungsbelastung mit der 5. Oberschwingung $> 2\%$ vor, so sind folgende Vorgehensweisen möglich:

- Verbesserung der Oberschwingungsbelastung im speisenden Netz unter Einsatz einer Oberschwingungskompensationsanlage (5. Oberschwingung $< 2\%$)
- Beibehaltung der hohen Oberschwingungsbelastung im speisenden Netz (5. Oberschwingung $> 2\%$) und Einsatz einer 12-pulsigen Parallelschaltung SINAMICS G150 unter folgenden Randbedingungen:
 - o Durchführung einer Netzanalyse im Vorfeld zur Ermittlung des vorhandenen Oberschwingungsspektrums der Spannung, insbesondere der 5. Oberschwingung
 - o Bestimmung des erforderlichen Strom-Deratings von bis zu 35 % in Abhängigkeit von den Ergebnissen der Netzanalyse und entsprechende Überdimensionierung des Transformators und der Parallelschaltung SINAMICS G150 um bis zu 50 %
 - o Akzeptanz der nicht mehr vollständigen Kompensation der Stromüberschwingungen mit den Ordnungszahlen $h = 5, 7, 17, 19, 29, 31, \dots$
- Einsatz eines Umrichters mit aktiver Einspeisung / Active Infeed mit Zweiwicklungstransformator

Die motorseitig einzuhaltenden Randbedingungen und Einschränkungen sind auf der nächsten Seite im Abschnitt „Betrieb von Motoren mit getrennten Wicklungssystemen und gemeinsamen Wicklungssystem“ beschrieben.

5.9.3 Betrieb von Motoren mit getrennten Wicklungssystemen u. gemeins. Wicklungssystem

Der Motor kann sowohl mit galvanisch getrennten Wicklungssystemen als auch mit einem gemeinsamen Wicklungssystem ausgestattet sein. Die Art des Wicklungssystems legt in Kombination mit der Anzahl der Wechselrichter der Parallelschaltung G150 fest, welche Entkopplungsmaßnahmen an den Ausgängen der parallelgeschalteten Wechselrichter bzw. Motor Modules des G150 erforderlich sind.

Im Folgenden wird näher auf die beiden Varianten

- Motor mit galvanisch getrennten Wicklungssystemen,
- Motor mit einem gemeinsamen Wicklungssystem

eingegangen.

Betrieb von Parallelschaltungen G150 mit Motoren mit galvanisch getrennten Wicklungssystemen

Motoren im Leistungsbereich der Parallelschaltungen G150 besitzen in der Regel mehrere parallele Wicklungen. Werden diese parallelen Wicklungen nicht innerhalb des Motors zusammengeschaltet, sondern getrennt auf den bzw. die Anschlusskästen des Motors geführt, so erhält man einen Motor mit getrennt zugänglichen Wicklungssystemen. Viele Antriebskonfigurationen lassen sich so gestalten, dass jedes Wicklungssystem des Motors von genau einem der parallelgeschalteten Wechselrichter bzw. Motor Modules des G150 gespeist wird. Es gibt aber auch Konfigurationen, in denen eine derartige Zuordnung nicht möglich ist. Beide Varianten sind zulässig und werden im Folgenden beschrieben.

1. Die Anzahl der getrennten Wicklungssysteme entspricht **genau** der Anzahl der Wechselrichter des G150

Die Symmetrierung der motorseitigen Ströme muss hier lediglich sichergestellt werden durch:

- Verwendung einer symmetrischen Leistungsverkabelung zwischen den Wechselrichtern und dem Motor (Kabel gleichen Typs mit gleichem Querschnitt und gleicher Länge).

Diese Anordnung bietet aufgrund der vollständigen galvanischen Trennung der Systeme den Vorteil, dass keine Entkopplungsmaßnahmen am Umrichter Ausgang erforderlich sind, um mögliche Kreisströme zwischen den parallelgeschalteten Wechselrichtern zu begrenzen (keine Mindestleitungslängen und keine Motordrosseln bzw. -filter erforderlich), so dass die bestmögliche Stromsymmetrierung erreicht wird.

Die motorseitigen Wechselrichter können sowohl die Raumzeigermodulation als auch die Flankenmodulation nutzen. Durch die Flankenmodulation kann als maximale Ausgangsspannung nahezu der Wert der Eingangsspannung erreicht werden (97 %). (Details sind im Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“ in den Abschnitten „Maximal erreichbare Ausgangsspannung mit Raumzeigermodulation RZM“ und „Maximal erreichbare Ausgangsspannung mit Flankenmodulation FLM“ zu finden).

Trotz der oben genannten Maßnahmen zur Stromsymmetrierung kann eine absolut symmetrische Stromaufteilung nicht erreicht werden, so dass bei der Parallelschaltung SINAMICS G150 die Ströme der Teilgleichrichter bzw. der Teilwechselrichter gegenüber den entsprechenden Einzelkomponenten um 7,5 % reduziert sind. Dieser Reduktionsfaktor ist bei den Stromangaben im Katalog D 11 und in der Übersichtstabelle einige Seiten vorher bereits enthalten.

Bei der Inbetriebnahme ist der Parameter p7003 = 1 zu setzen (Mehrere getrennte Wicklungssysteme).

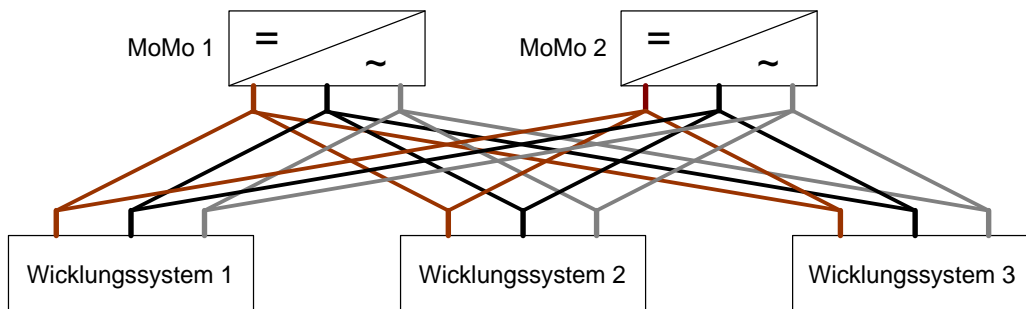
2. Die Anzahl der getrennten Wicklungssysteme entspricht **nicht genau** der Anzahl der Wechselrichter des G150

Die mögliche Anzahl von getrennten Wicklungssystemen im Motor hängt von der Polzahl des Motors ab. Die Werte in Klammern sind zwar theoretisch möglich, jedoch in der Regel aus Platzgründen nicht realisierbar.

Polzahl des Motors	Mögliche Anzahl getrennter Wicklungssysteme
2	2
4	2, 4
6	2, 3, (6)
8	2, 4, (8)

Mögliche Anzahl getrennter Wicklungssysteme in Abhängigkeit von der Polzahl

Damit ist es nicht immer möglich, jedem der parallelgeschalteten Wechselrichter bzw. Motor Modules des G150 ein eigenes Wicklungssystem des Motors zuzuordnen. Gemischte Zuordnungen von galvanisch getrennten Wicklungssystemen sind aber ebenfalls möglich – wie im folgenden Beispiel anhand eines Motors mit drei Wicklungssystemen und eines Umrichters G150 mit zwei Wechselrichtern bzw. Motor Modules dargestellt.



Motor mit drei galvanisch getrennten Wicklungssystemen und Umrichter G150 mit zwei Motor Modules

Die Symmetrierung der motorseitigen Ströme muss dann sichergestellt werden durch:

- Stromausgleichsregelung in den motorseitigen Wechselrichtern.
- Verwendung einer symmetrischen Leistungsverkabelung zwischen den beiden Wechselrichtern und dem Motor (Kabel gleichen Typs mit gleichem Querschnitt und gleicher Länge).
- Entkopplungsmaßnahmen an den Wechselrichterausgängen.

Diese Variante bietet – ähnlich wie bei Motoren mit einem gemeinsamen Wicklungssystem – gegenüber der zuerst beschriebenen den Nachteil, dass Entkopplungsmaßnahmen am Umrichterausgang erforderlich sind, um mögliche Kreisströme zwischen den parallel geschalteten Wechselrichtern zu begrenzen, wodurch die Stromsymmetrierung zwischen den parallelgeschalteten Wechselrichtern geringfügig schlechter wird.

Eine hinreichende Entkopplung der Wechselrichterausgänge kann entweder durch die Einhaltung der vorgeschriebenen Mindestleitungslängen zwischen Wechselrichterausgängen und Motor oder alternativ durch den Einsatz von Motordrosseln an den Wechselrichterausgängen (Option L08) erfolgen. Bei Verwendung von du/dt-Filtern plus VPL (Option L10) oder du/dt-Filtern compact plus VPL (Option L07) ist eine hinreichende Entkopplung automatisch gegeben. Die erforderlichen Motorleitungslängen für die Parallelschaltungen SINAMICS G150 sind der Tabelle im nächsten Abschnitt zu entnehmen.

Die motorseitigen Wechselrichter können sowohl die Raumzeigermodulation als auch die Flankenmodulation nutzen. Durch die Flankenmodulation kann als maximale Ausgangsspannung nahezu der Wert der Eingangsspannung erreicht werden (97 %). (Details sind im Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“ in den Abschnitten „Maximal erreichbare Ausgangsspannung mit Raumzeigermodulation RZM“ und „Maximal erreichbare Ausgangsspannung mit Flankenmodulation FLM“ zu finden).

Trotz der oben genannten Maßnahmen zur Stromsymmetrierung kann eine absolut symmetrische Stromaufteilung nicht erreicht werden, so dass bei der Parallelschaltung SINAMICS G150 die Ströme der Teilgleichrichter bzw. der Teilwechselrichter gegenüber den entsprechenden Einzelkomponenten um 7,5 % reduziert sind. Dieser Reduktionsfaktor ist bei den Stromangaben im Katalog D 11 und in der Übersichtstabelle einige Seiten vorher bereits enthalten.

Bei der Inbetriebnahme ist der Parameter p7003 = 0 zu setzen (Einwicklungssystem).

Betrieb von Parallelschaltungen G150 mit Motoren mit einem gemeinsamen Wicklungssystem

Die Symmetrierung der motorseitigen Ströme muss sichergestellt werden durch:

- Stromausgleichsregelung in den motorseitigen Wechselrichtern.
- Verwendung einer symmetrischen Leistungsverkabelung zwischen den Wechselrichtern und dem Motor (Kabel gleichen Typs mit gleichem Querschnitt und gleicher Länge).
- Entkopplungsmaßnahmen an den Wechselrichterausgängen.

Eine hinreichende Entkopplung der Wechselrichterausgänge kann entweder durch die Einhaltung der vorgeschriebenen Mindestleitungslängen zwischen Wechselrichterausgängen und Motor oder alternativ durch den Einsatz von Motordrosseln an den Wechselrichterausgängen (Option L08) erfolgen. Bei Verwendung von du/dt-Filtern plus VPL (Option L10) oder du/dt-Filtern compact plus VPL (Option L07) ist eine hinreichende Entkopplung automatisch gegeben.

SINAMICS G150

Projektierungshinweise

Die folgende Tabelle gibt die minimal erforderlichen Motorleitungslängen für die Parallelschaltungen SINAMICS G150 an, wobei unter der angegebenen Länge die Entfernung zwischen Umrichteranschluss und Motoranschlusskasten entlang der Motorleitung zu verstehen ist.

Typeleistung [kW]	Umrichter-Schrankgerät SINAMICS G150 [Artikelnummer]	Minimale Motorleitungslänge ¹⁾ [m]
3AC 380 V bis 480 V		
630	6SL3710-2GE41-1AA3	13
710	6SL3710-2GE41-4AA3	10
900	6SL3710-2GE41-6AA3	9
3AC 500 V bis 600 V		
630	6SL3710-2GF38-6AA3	18
710	6SL3710-2GF41-1AA3	15
1000	6SL3710-2GF41-4AA3	13
3AC 660 V bis 690 V		
1000	6SL3710-2GH41-1AA3	20
1350	6SL3710-2GH41-4AA3	18
1500	6SL3710-2GH41-5AA3	15
1750	6SL3710-2GH41-8EA3	12
1950	6SL3710-2GH42-0EA3	10
2150	6SL3710-2GH42-2EA3	8
2400	6SL3710-2GH42-4EA3	8
2700	6SL3710-2GH42-7EA3	8

¹⁾ zulässige Toleranz: -20 %

Minimal erforderliche Motorleitungslängen für Parallelschaltungen SINAMICS G150

Die motorseitigen Wechselrichter können sowohl die Raumzeigermodulation als auch die Flankenmodulation nutzen. Durch die Flankenmodulation kann als maximale Ausgangsspannung nahezu der Wert der Eingangsspannung erreicht werden (97 %). (Details sind im Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“ in den Abschnitten „Maximal erreichbare Ausgangsspannung mit Raumzeigermodulation RZM“ und „Maximal erreichbare Ausgangsspannung mit Flankenmodulation FLM“ zu finden).

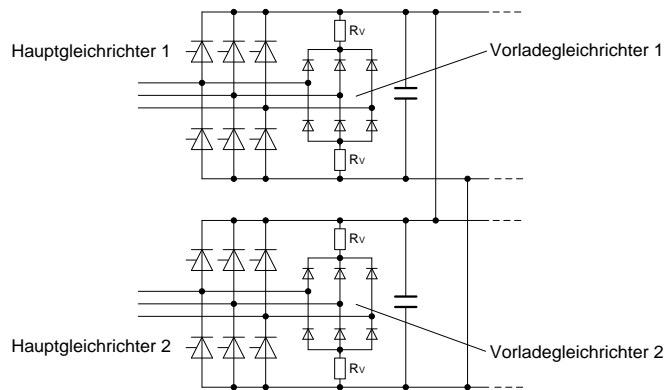
Trotz der oben genannten Maßnahmen zur Stromsymmetrierung kann eine absolut symmetrische Stromaufteilung nicht erreicht werden, so dass bei der Parallelschaltung SINAMICS G150 die Ströme der Teilgleichrichter bzw. der Teilwechselrichter gegenüber den entsprechenden Einzelkomponenten um 7,5 % reduziert sind. Dieser Reduktionsfaktor ist bei den Stromangaben im Katalog D 11 und in der Übersichtstabelle einige Seiten vorher bereits enthalten.

Bei der Inbetriebnahme ist der Parameter p7003 = 0 zu setzen (Einwicklungssystem).

5.9.4 Besonderheiten bei der Vorladung von Parallelschaltungen SINAMICS G150

Parallelschaltungen SINAMICS G150 mit Typeleistungen ≤ 1500 kW

Bei diesen Parallelschaltungen SINAMICS G150 besitzt jeder der beiden Teilumrichter einen mit Thyristoren bestückten Hauptgleichrichter und einen kleinen mit Dioden bestückten Vorladegleichrichter, der parallel zum jeweiligen Hauptgleichrichter geschaltet ist. Wenn beide Teilumrichter gleichzeitig an die Netzspannung gelegt werden, laden sich die Zwischenkreise über die beiden Vorladegleichrichter und die zugehörigen Vorladewiderstände auf. Die Hauptgleichrichter sind während dieser Zeit gesperrt, d. h. die Thyristoren werden nicht angesteuert. Sobald die Zwischenkreise aufgeladen sind, werden die Thyristoren der Hauptgleichrichter angesteuert, und zwar so, dass die Thyristoren zum frühest möglichen Zeitpunkt zünden. Somit verhalten sich die Thyristorgleichrichter im Betrieb quasi wie Diodengleichrichter. Der betriebsmäßige Strom fließt praktisch vollständig über die Hauptgleichrichter, da er hier einen wesentlich geringeren Widerstand vorfindet als über die parallelgeschalteten Vorladegleichrichter mit ihren Vorladewiderständen.



Vorladung der Zwischenkreise bei Parallelschaltungen SINAMICS G150 mit Tyleistungen ≤ 1500 kW

Weil die Zwischenkreise der beiden Teilumrichter miteinander verbunden sind, erfordert das beschriebene Vorladeprinzip zwingend das gleichzeitige Zuschalten der beiden Teilumrichter ans Netz. Anderenfalls müssten Vorladegleichrichter und Vorladewiderstände des zuerst zugeschalteten Teilumrichters den gesamten Zwischenkreis vorladen. Hierfür sind diese Bauelemente thermisch nicht ausgelegt und würden daher überlastet oder zerstört werden.

Um ein gleichzeitiges Zuschalten beider Teilumrichter sicher zu gewährleisten, müssen diese Parallelschaltungen G150 daher zwingend über ein Hauptschütz bzw. einen Leistungsschalter verfügen. Daher sind diese in den Parallelschaltungen SINAMICS G150 als Standard vorhanden. Nur damit kann die umrichter-interne Ablaufsteuerung über das gleichzeitige Ansteuern der Hauptschütze bzw. der Leistungsschalter eine korrekte Vorladung sicherstellen.

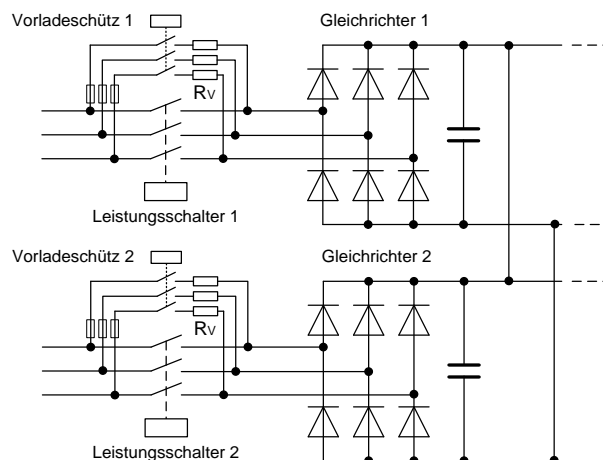
Parallelschaltungen SINAMICS G150 mit Tyleistungen 1750 kW – 2150 kW

Diese Parallelschaltungen SINAMICS G150 besitzen zwei Gleichrichter, die wie die mit Thyristoren bestückten S120 Basic Line Modules aufgebaut sind. Die Vorladung des Zwischenkreises erfolgt über die Gleichrichterthyristoren durch Verändern des Steuerwinkels (Phasenanschnittsteuerung). Der Steuerwinkel wird dabei innerhalb ca. 1 s kontinuierlich bis zur Vollaussteuerung erhöht.

Dieses Vorladeprinzip erfordert prinzipiell nicht zwingend den Einsatz von Leistungsschaltern. Aus Gründen der Durchgängigkeit innerhalb der Parallelschaltungen SINAMICS G150 sind zwei Leistungsschalter auch bei diesen Parallelschaltungen als Standard vorhanden.

Parallelschaltungen SINAMICS G150 mit Tyleistungen 2400 kW – 2700 kW

Diese Parallelschaltungen SINAMICS G150 besitzen zwei Gleichrichter, die wie die mit Dioden bestückten S120 Basic Line Modules der Baugröße GD aufgebaut sind. Die Vorladung erfolgt verlustbehaftet über Widerstände. Zur Vorladung des Zwischenkreises werden die beiden Gleichrichter netzseitig über Vorladeschütze und Vorladewiderstände mit dem speisenden Netz verbunden. Nach beendeter Vorladung werden die Hauptschütze geschlossen und die Vorladeschütze wieder geöffnet.



Vorladung des Zwischenkreises bei Parallelschaltungen SINAMICS G150 mit Tyleistungen 2400 kW – 2700 kW

Dieses Vorladeprinzip erfordert zwingend zwei Leistungsschalter. Daher sind diese in den Parallelschaltungen SINAMICS G150 als Standard vorhanden.

SINAMICS G150

Projektierungshinweise

Übersicht über die bei Parallelschaltungen SINAMICS G150 als Standard vorhandenen Schaltelemente

In der folgenden Tabelle sind die in den jeweiligen Parallelschaltungen SINAMICS G150 standardmäßig vorhandenen, netzseitigen Schaltelemente angegeben.

Typeleistung [kW]	Umrichter-Schrankgerät SINAMICS G150 [Artikelnummer]	Standardmäßig vorhandene Schaltelemente
3AC 380 V bis 480 V		
630	6SL3710-2GE41-1AA3	Hauptschütze
710	6SL3710-2GE41-4AA3	Hauptschütze
900	6SL3710-2GE41-6AA3	Leistungsschalter
3AC 500 V bis 600 V		
630	6SL3710-2GF38-6AA3	Hauptschütze
710	6SL3710-2GF41-1AA3	Hauptschütze
1000	6SL3710-2GF41-4AA3	Hauptschütze
3AC 660 V bis 690 V		
1000	6SL3710-2GH41-1AA3	Hauptschütze
1350	6SL3710-2GH41-4AA3	Hauptschütze
1500	6SL3710-2GH41-5AA3	Leistungsschalter
1750	6SL3710-2GH41-8EA3	Leistungsschalter
1950	6SL3710-2GH42-0EA3	Leistungsschalter
2150	6SL3710-2GH42-2EA3	Leistungsschalter
2400	6SL3710-2GH42-4EA3	Leistungsschalter
2700	6SL3710-2GH42-7EA3	Leistungsschalter

Bei Parallelschaltungen SINAMICS G150 standardmäßig vorhandene Schaltelemente

5.9.5 Übersicht zu Parallelschaltungen SINAMICS G150

Nachfolgend ist eine Kurzübersicht der zulässigen Transformator-Umrichter-Motor-Kombinationen für Parallelschaltungen SINAMICS G150 zusammengestellt.

6-pulsige Ausführung am Netz	6-pulsige Ausführung am Netz	12-pulsige Ausführung am Netz	12-pulsige Ausführung am Netz
Netzdrosseln zwingend erforderlich;	Netzdrosseln zwingend erforderlich;	Entkopplung durch Dreiwicklungstransformator;	Entkopplung durch Dreiwicklungstransformator;
symmetrische Leistungsverkabelung	symmetrische Leistungsverkabelung	symmetrische Leistungsverkabelung	symmetrische Leistungsverkabelung
Zwischenkreise der parallelgeschalteten Leistungsteile sind miteinander verbunden.	Zwischenkreise der parallelgeschalteten Leistungsteile sind miteinander verbunden.	Zwischenkreise der parallelgeschalteten Leistungsteile sind miteinander verbunden.	Zwischenkreise der parallelgeschalteten Leistungsteile sind miteinander verbunden.
Drehstrommotor mit getrennten Wicklungen ausgeführt	Drehstrommotor mit einer gemeinsamen Wicklung ausgeführt	Drehstrommotor mit getrennten Wicklungen ausgeführt	Drehstrommotor mit einer gemeinsamen Wicklung ausgeführt
Keine Entkopplungsmaßnahmen am Umrichter Ausgang erforderlich, wenn die Anzahl der Wicklungssysteme genau der Anzahl der Wechselrichter entspricht. <u>Anderenfalls:</u> Mindestleitungslänge beachten oder ggfs. Motordrosseln bzw. -filter einsetzen. Symmetrische Leistungsverkabelung beachten	Die Ausgänge der parallelgeschalteten Wechselrichter führen auf einen Motor mit einer gemeinsamen Wicklung. Mindestleitungslänge beachten oder ggfs. Motordrosseln bzw. -filter einsetzen. Symmetrische Leistungsverkabelung beachten	Keine Entkopplungsmaßnahmen am Umrichter Ausgang erforderlich, wenn die Anzahl der Wicklungssysteme genau der Anzahl der Wechselrichter entspricht. <u>Anderenfalls:</u> Mindestleitungslänge beachten oder ggfs. Motordrosseln bzw. -filter einsetzen. Symmetrische Leistungsverkabelung beachten	Die Ausgänge der parallelgeschalteten Wechselrichter führen auf einen Motor mit einer gemeinsamen Wicklung. Mindestleitungslänge beachten oder ggfs. Motordrosseln bzw. -filter einsetzen. Symmetrische Leistungsverkabelung beachten
Regelung RZM + FLM	Regelung RZM + FLM	Regelung RZM + FLM	Regelung RZM + FLM
Maximale Ausgangsspannung 97 %	Maximale Ausgangsspannung 97 %	Maximale Ausgangsspannung 97 %	Maximale Ausgangsspannung 97 %

Kurzübersicht zu den Parallelschaltungen SINAMICS G150 mit Control Interface Module CIM und Control Unit CU320-2 mit Firmware 4.3 oder höher

6 Projektierung der SINAMICS S120, Hinweise zu Einbau- und Schrankgeräten

6.1 Allgemeines

Im folgenden Kapitel sind Informationen über die Komponenten des modularen Antriebssystems SINAMICS S120 zu finden. Diese sind beim Aufbau eines Antriebssystems zu beachten, um ein ordnungsgemäßes Zusammenspiel der einzelnen Antriebskomponenten zu gewährleisten.

Informationen zu den einzelnen Komponenten sind auch über die Online-Hilfe des Projektierungs-Tools „SIZER for Siemens Drives“ zu erhalten.

6.1.1 Zuordnungstabelle

Einige der in diesem Kapitel behandelten Themen sind für das modulare Antriebssystem SINAMICS S120 allgemeingültig, andere gelten gerätespezifisch in Abhängigkeit von den Bauformen SINAMICS S120 Booksize, Chassis und Cabinet Modules.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Zuordnung.

Thema	Gültig für:		
	Einbaugeräte S120 Booksize	Einbaugeräte S120 Chassis	Schrankgerätereihe S120 Cabinet Modules
Regelungstechnische Eigenschaften	X	X	X
Bemessungsdaten, zulässige Ausgangsströme, maximale Ausgangsfrequenzen		X	X
DRIVE-CLiQ			
- Grundlagen	X	X	X
- Festlegung der Komponentenverdrahtung	X	X	X
- Im Lieferumfang enthaltene DRIVE-CLiQ-Leitungen		X	
- Leitungsverlegung		X	
Vorladung des Zwischenkreises und Vorladeströme		X	X
Überprüfung der maximalen Zwischenkreiskapazität	X	X	X
Anschluss von Motor Modules an eine DC-Schiene		X	
Braking Module / Externer Bremswiderstand		X	X
Maximal anschließbare Motorleitungslängen	X	X	X
Überprüfung der Summenleitungslänge	X	X	X
Parallelschaltung von Motor Modules zur Leistungserhöhung		X	X

Gültigkeit der behandelten Themen für die verschiedenen Bauformen des modularen Antriebssystems SINAMICS S120

6.2 Regelungstechnische Eigenschaften

6.2.1 Leistungsmerkmale der Control Unit CU320-2

Im Folgenden werden die Leistungsmerkmale der Regelungsbaugruppe CU320-2 beschrieben, die bei den Geräten SINAMICS S120 eingesetzt wird, die in diesem Projektierungshandbuch beschrieben sind.

Die Control Unit CU320-2 besitzt eine objektorientierte Standard-Firmware für die Geräte des modularen Systems SINAMICS S120. Diese unterstützt alle gängigen Steuerungs- und Regelungsarten von der einfachen U/f-Steuerung über die universelle Vektorregelung bis hin zur hochdynamischen Servoregelung.

Als konfigurierbare Antriebsregelungen (Antriebsobjekte) stehen zur Verfügung:

- Infeed Control, die Regelung für die aktive Netzeinspeisung Active Infeed
- Vector Control, die universelle Standard-Regelung für Asynchron- und Synchronmotorenantriebe
- Servo Control, die Regelung für anspruchsvolle, hochdynamische Antriebe

Alle gängigen U/f-Steuerungsarten sind im Antriebsobjekt des Typs Vector hinterlegt und stehen für einfache Antriebe im Leistungsbereich bis zu wenigen 100 kW sowie für Gruppenantriebe (mehrere Motoren an einem Motor Module) zur Verfügung. Die Regelungsausprägungen Vector Control (Antriebsobjekte des Typs Vector) und Servo Control (Antriebsobjekte des Typs Servo) basieren auf dem Prinzip der feldorientierten Regelung.

Leistungsmerkmale der Control Unit CU320-2 mit Firmware 4.3 oder höher für SINAMICS S120

Merkmale	Servo Control	Vector Control	U/f-Steuerung	Hinweise
Typische Anwendung	<ul style="list-style-type: none"> Antriebe mit hochdynamischer Bewegungsführung Winkelgleichlauf mit taktischem PROFIBUS / PROFINET in Verbindung mit SIMOTION Einsatz bei Werkzeugmaschinen und taktgesteuerten Produktionsmaschinen 	<ul style="list-style-type: none"> Drehzahlgeregelte Antriebe mit hoher Drehzahl- und Drehmomentkonstanz im allgemeinen Maschinenbau besonders geeignet für Asynchronmotoren 	<ul style="list-style-type: none"> Antriebe mit geringen Anforderungen an Dynamik und Genauigkeit Gruppenantriebe mit hohem Gleichlauf, wie z. B. bei Textilmaschinen mit SIEMOSYN-Motoren 	Ein Mischbetrieb von Servo- und Vector-Control auf einer CU320-2 ist nicht möglich. Mischbetrieb ist für die U/f-Steuerungsarten möglich. Deshalb sind die U/f-Steuerungsarten nur einmal, im Antriebsobjekt Vector, hinterlegt. Die im Antriebsobjekt Servo hinterlegte U/f-Kennlinie ist stark vereinfacht und vor allem für Diagnosezwecke vorgesehen.
Dynamik	Sehr hoch	Hoch	Niedrig	Höchste Dynamik mit den Synchronmotoren 1FK7 High Dynamic und Servo Control.
Regelungsarten mit Geber	Lageregelung / Drehzahlregelung / Drehmomentregelung	Lageregelung / Drehzahlregelung / Drehmomentregelung	Keine	Standard für Bewegungsführung ist SIMOTION D mit Servo Control.
Regelungsarten ohne Geber	Drehzahlregelung	Drehzahlregelung / Drehmomentregelung	Alle U/f-Steuerungsarten	Bei Servo nur für Asynchronmotoren. Bei U/f-Steuerung kann über anwählbare Schlupfkompensation die Drehzahl konstant gehalten werden.
Asynchronmotor	Ja	Ja	Ja	Für SIEMOSYN-Motoren wird U/f-Steuerung (Textil) empfohlen.
Synchronmotor	Ja	Nein	Nein	
Torquemotor	Ja	Ja	Nein	
Linearmotor	Ja	Nein	Nein	
Zulässiger Bereich Motorbemessungsstrom zu Bemessungsstrom Motor Module	1:1 bis 1:4	1,3:1 bis 1:4	1:1 bis 1:12	Volle Regelungsgüte bei Servo- und Vector-Control bis 1:4. Von 1:4 bis 1:8 zunehmend Einschränkungen bezüglich Drehmomentgenauigkeit und Rundlaufverhalten. Bei < 1:8 ist U/f-Steuerung zu empf.
Maximale Anzahl parallelgeschalteter Motoren pro Motor Module	4	8	Prinzipiell unbegrenzt	Die Parallelschaltung gleicher Motoren ist nur für Asynchronmotoren möglich. Bei U/f-Steuerung können die Motoren unterschiedliche Leistungen haben.
Sollwertauflösung Lageregler	31 bit + Vorzeichen	31 bit + Vorzeichen	–	
Sollwertauflösung Drehzahl / Frequenz	31 bit + Vorzeichen	31 bit + Vorzeichen	0,001 Hz	
Sollwertauflösung Drehmoment	31 bit + Vorzeichen	31 bit + Vorzeichen	–	
Maximale Ausgangsfrequenz (abgerundete Zahlenwerte)				
<ul style="list-style-type: none"> bei Stromreglertakt / Pulsfrequenz 	550 Hz / 650 Hz ¹ bei 125 µs / 4 kHz	300 Hz bei 250 µs / 4 kHz	300 Hz bei 250 µs / 4 kHz	¹ Nur mit der Lizenz „Hohe Ausgangsfrequenz“ auf der CF-Card
<ul style="list-style-type: none"> bei Stromreglertakt / Pulsfrequenz (Chassis Baugröße FX und GX) 	300 Hz bei 250 µs / 2 kHz	160 Hz bei 250 µs / 2 kHz	160 Hz bei 250 µs / 2 kHz	Bei Synchronmotoren Grenzspannung (2 kV) und Einsatz von VPM-Modul beachten.
<ul style="list-style-type: none"> bei Stromreglertakt / Pulsfrequenz (Chassis Baugröße HX und JX) 	300 Hz bei 250 µs / 2 kHz	100 Hz bei 400 µs / 1,25 kHz	100 Hz bei 400 µs / 1,25 kHz	
Maximale Feldschwächung				
<ul style="list-style-type: none"> bei Asynchronmotoren 	5-fach	5-fach	4-fach	Bei Servo ist mit Geber und entsprechendem Sondermotoren Feldschwächung bis zum 16-fachen der Feldschwächeinsatzdrehzahl möglich.
<ul style="list-style-type: none"> bei Synchronmotoren 	2-fach	2-fach	–	Diese Werte beziehen sich auf die Synchronmotoren 1FT7 / 1FK7. Bei Fremdmotoren Grenzspannung (kE-Faktor) beachten.

6.2.2 Regelungseigenschaften / Begriffsdefinitionen

Kriterien zur Beurteilung der Regelungsqualität	Definition und Erläuterung
Anregelzeit	Die Anregelzeit ist die Zeit zwischen der sprungförmigen Änderung des Sollwertes und dem erstmaligen Erreichen des Einschwingtoleranzbandes (2 %) um den Sollwert durch den Istwert. Die Verzugszeit ist die Zeit zwischen der sprungförmigen Änderung des Sollwertes und dem Beginn des Istwertanstieges. Die Verzugszeit ist u. a. durch Einlese-, Verarbeitungs- und Ausgabezyklen der digitalen Regelung bedingt. Sofern die Verzugszeit einen nennenswerten Anteil an der Anregelzeit annimmt, muss diese eigens ausgewiesen werden.
Kennkreisfrequenz -3 dB	Die Grenzfrequenz ist ein Maß für die Dynamik einer Regelung. Bei der Ermittlung wird ein reiner Sinus-Sollwert vorgegeben; es darf kein Teil des Regelkreises in die Begrenzung gehen. Im eingeschwungenen Zustand wird der Istwert gemessen und das Verhältnis der Amplituden von Istwert und Sollwert festgehalten. „-3-dB-Grenzfrequenz“: Frequenz bei der der Betrag des Istwertes erstmals um 3 dB (auf 71 %) abfällt. Die Regelung kann Frequenzen bis zu diesem Wert noch stabil beherrschen.
Welligkeit	Die Welligkeit ist der dem Mittelwert (Nutzsignal) überlagerte unerwünschte Verlauf des Istwertes. Bei Drehmomenten spricht man auch von Pendelmomenten. Typische Pendelmomente entstehen durch Nutraaster des Motors, durch begrenzte Auflösung des Gebers, oder durch die begrenzte Auflösung der Spannungsstellung des IGBT-Leistungsteils. Die Welligkeit im Drehmoment zeigt sich indirekt proportional zur Massenträgheit des Antriebs in der Drehzahlwelligkeit wieder.
Genauigkeit	Die Genauigkeit beschreibt, wie hoch der Istwert dem vorgegeben Sollwert im Mittel, wiederholbar, und unter Nennbedingungen abweicht. Die Abweichung des Istwertes vom Sollwert wird durch interne Ungenauigkeiten der Mess- und Regelungseinrichtung verursacht. Externe Störgrößen, wie z. B. Temperatur oder Drehzahl werden in die Genauigkeit nicht einbezogen. Die Regelung und Steuerung sollte hinsichtlich der betroffenen Größe optimiert sein.

Definition der wichtigsten Kriterien zur Beurteilung der Regelungsqualität

6.2.3 Regelungseigenschaften der Control Unit CU320-2

Bauform Booksize, Pulsfrequenz 4 kHz, Drehmomentregelung

	Servo Control		Vector Control		Hinweise
Synchronmotor	1FK7 mit Resolver R14DQ	1FT7			<p>Der Betrieb von Synchronmotoren 1FK7/1FT7 ist für die Betriebsart Vector Control nicht vorgesehen.</p> <p>Bei Drehzahl-Arbeitsbereich ab 50 U/min für Resolver.</p> <p>Die Dynamik wird hier vor allem durch das Gebersystem bestimmt.</p> <p>Bei Drehzahl-Arbeitsbereich von 20 U/min bis Bemessungsdrehzahl. Bei Absolutwertgeber ≤ 1 U/min ist eine Welligkeit < 1 % möglich. Nicht möglich mit Resolver.</p> <p>Messwert über 3 s gemittelt. Mit Motoridentifikation und Reibkompensation. Im Drehmoment-Arbeitsbereich bis $\pm M_0$. Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10 bis Bemessungsdrehzahl. Achtung: Externe Einflüsse wie z. B. die Motortemperatur können eine zusätzliche Langzeitgenauigkeit (Konstanz) von ca. $\pm 2,5$ % verursachen. In Feldschwächung ca. ± 1 % ungenauer.</p>
Reglertakt	125 μ s	125 μ s			
Gesamte Anregelzeit (ohne Verzugszeit)	0,7 ms	0,5 ms			
Kennkreisfrequenz -3 dB	650 Hz	900 Hz			
Drehmoment-Welligkeit	3 % von M_0	0,6 % von M_0			
Drehmoment-Genauigkeit	$\pm 1,5$ % von M_0	$\pm 1,5$ % von M_0			
Asynchronmotor	1PH7/1PH8 ohne Geber	1PH7/1PH8 mit Inkrementalgeber 1024 S/R	1PH7/1PH8 ohne Geber	1PH7/1PH8 mit Inkrementalgeber 1024 S/R	
Reglertakt	125 μ s	125 μ s	250 μ s	250 μ s	
Gesamte Anregelzeit (ohne Verzugszeit)	–	0,8 ms	2 ms	1,2 ms	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10, mit Geber ab 50 U/min bis Bemessungsdrehzahl.
Kennkreisfrequenz -3 dB	–	600 Hz	250 Hz	400 Hz	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10. Die Dynamik wird durch eine Geber-rückführung begünstigt.
Drehmoment-Welligkeit	–	1,5 % von M_N	2 % von M_N	2 % von M_N	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:20, mit Geber ab 20 U/min bis Bemessungsdrehzahl.
Drehmoment-Genauigkeit	–	$\pm 3,5$ % von M_N	± 2 % von M_N	$\pm 1,5$ % von M_N	Messwert über 3 s gemittelt. Mit Motoridentifikation und Reibkompensation; Temperatureinflüsse über KTY / PT1000 u. Massenmodell kompensiert. Im Drehmoment-Arbeitsbereich bis $\pm M_N$. In Feldschwächung zusätzlich ca. $\pm 2,5$ % ungenauer. Servo: Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10 bezogen auf Bemessungsdrehzahl. Vector: Drehzahl-Arbeitsbereich 1:50 bezogen auf Bemessungsdrehzahl.

SINAMICS S120

Projektierungshinweise

Bauform Booksize, Pulsfrequenz 4 kHz, Drehzahlregelung

Servo Control			Vector Control		Hinweise
Synchronmotor	1FK7 mit Resolver R14DQ	1FT7	Der Betrieb von Synchronmotoren 1FK7/1FT7 ist für die Betriebsart Vector Control nicht vorgesehen.		
Reglertakt	125 µs	125 µs			
Gesamte Anregelzeit (ohne Verzugszeit)	3,5 ms	2,3 ms			Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10, mit Geber ab 50 U/min bis Bemessungsdrehzahl.
Kennkreisfrequenz -3 dB	140 Hz	250 Hz			Die Dynamik wird hier vor allem durch das Gebersystem bestimmt.
Drehzahl-Welligkeit	siehe Hinweis	siehe Hinweis			Wird im Wesentlichen bestimmt durch das Gesamtträgheitsmoment, die Drehmomentwelligkeit und vor allem vom Aufbau der Mechanik. Die Angabe eines allgemeingültigen Wertes ist deshalb nicht möglich.
Drehzahl-Genauigkeit	≤ 0,001 % von n_N	≤ 0,001 % von n_N			Wird im Wesentlichen bestimmt durch die umrichterinterne Auflösung der Regeldifferenz und der Geberauswertung. Diese wird bei SINAMICS auf 32-bit-Basis durchgeführt.
Asynchronmotor	1PH7/1PH8 ohne Geber	1PH7/1PH8 mit Inkrementalgeber 1024 S/R	1PH7/1PH8 ohne Geber	1PH7/1PH8 mit Inkrementalgeber 1024 S/R	
Reglertakt	125 µs	125 µs	250 µs	250 µs	
Gesamte Anregelzeit (ohne Verzugszeit)	12 ms	5 ms	20 ms	10 ms	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10, mit Geber ab 50 U/min bis Bemessungsdrehzahl.
Kennkreisfrequenz -3 dB	40 Hz	120 Hz	50 Hz	80 Hz	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10. Die Dynamik wird durch eine Geber-rückführung begünstigt. Servo mit Geber ist etwas günstiger als Vector mit Geber, da der Drehzahl-reglertakt bei Servo schneller ist.
Drehzahl-Welligkeit	siehe Hinweis	siehe Hinweis	siehe Hinweis	siehe Hinweis	Wird im Wesentlichen bestimmt durch das Gesamtträgheitsmoment, die Drehmomentwelligkeit und vor allem vom Aufbau der Mechanik. Die Angabe eines allgemeingültigen Wertes ist deshalb nicht möglich.
Drehzahl-Genauigkeit	$0,1 \times f_{\text{Schlupf}}$	≤ 0,001 % von n_N	$0,05 \times f_{\text{Schlupf}}$	≤ 0,001 % von n_N	Ohne Geber: Wird im Wesentlichen bestimmt durch die Genauigkeit der Modellberechnung des drehmomentbildenden Stromes und des Nennschlupfes des Asynchronmotors (siehe Tabelle „Typische Schlupfwerte“). Bei Drehzahl-Arbeitsbereich 1:50 (Vector) bzw. 1:10 (Servo) und bei aktivierter Temperaturewertung.

Typische Schlupfwerte für Standard- und Transnorm-Asynchronmotoren

Motorleistung	Schlupfwerte		Hinweis
< 1 kW	6,0 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 90 U/min	Die Kompakt-Asynchronmotoren SIMOTICS M 1PH8 sind den Standard-Asynchronmotoren bezüglich der Schlupfwerte sehr ähnlich
< 10 kW	3,0 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 45 U/min	
< 30 kW	2,0 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 30 U/min	
< 100 kW	1,0 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 15 U/min	
> 500 kW	0,5 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 7,5 U/min	

Bauform Booksize, Pulsfrequenz 4,0 kHz, Drehmomentregelung

Servo Control	Vector Control		Hinweise
Asynchronmotor (Standard)	1LE1 ohne Geber	1LE1 mit Inkrementalgeber 1024 S/R	
Reglertakt	250 µs	250 µs	
Gesamte Anregelzeit (ohne Verzugszeit)	2,5 ms	1,6 ms	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10, mit Geber ab 50 U/min bis Bemessungsdrehzahl
Kennkreisfrequenz (-3 dB)	200 Hz	300 Hz	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10. Die Dynamik wird durch eine Geber-rückführung begünstigt.
Drehmoment-Welligkeit	2,5 % von M_N	2,0 % von M_N	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:20, mit Geber ab 20 U/min bis Bemessungsdrehzahl
Drehmoment-Genauigkeit	±4,0 % von M_N	±4,0 % von M_N	Messwert über 3 s gemittelt. Mit Motoridentifikation und Reibkompensation; Temperatureinflüsse über KTY / PT1000 u. Massenmodell kompensiert. Im Drehmoment-Arbeitsbereich bis ± M_N . Im Feldschwächbereich zusätzlich ca. ±2,5 % ungenauer. Drehzahl-Arbeitsbereich 1:50 bezogen auf Bemessungsdrehzahl.

Bauform Booksize, Pulsfrequenz 4,0 kHz, Drehzahlregelung

Servo Control	Vector Control		Hinweise
Asynchronmotor (Standard)	1LE1 ohne Geber	1LE1 mit Inkrementalgeber 1024 S/R	
Reglertakt	250 µs	250 µs	
Gesamte Anregelzeit (ohne Verzugszeit)	20 ms	12 ms	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10, mit Geber ab 50 U/min bis Bemessungsdrehzahl
Kennkreisfrequenz (-3 dB)	35 Hz	60 Hz	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10. Die Dynamik wird durch eine Geber-rückführung begünstigt.
Drehzahl-Welligkeit	siehe Hinweis	siehe Hinweis	Wird im Wesentlichen bestimmt durch das Gesamt-Massenträgheitsmoment, die Drehmomentwelligkeit und vor allem durch den Aufbau der Mechanik. Die Angabe eines allgemeingültigen Wertes ist deshalb nicht möglich.
Drehzahl-Genauigkeit	0,05 x f_{Schlupf}	< 0,001 % von n_N	Ohne Geber: Wird im Wesentlichen bestimmt durch die Genauigkeit der Modellberechnung des drehmomentbildenden Stromes und die Genauigkeit des Nennschlupfes des Asynchronmotors gemäß Tabelle „Typische Schlupfwerte“ (siehe unten). Bei Drehzahl-Arbeitsbereich 1:50 und bei aktivierter Temperaturewertung.

Typische Schlupfwerte für Standard- und Transnorm-Asynchronmotoren

Motorleistung	Schlupfwerte		Hinweis
< 1 kW	6,0 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 90 U/min	Die Kompakt-Asynchronmotoren SIMOTICS M 1PH8 sind den Standard-Asynchronmotoren bezüglich der Schlupfwerte sehr ähnlich
< 10 kW	3,0 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 45 U/min	
< 30 kW	2,0 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 30 U/min	
< 100 kW	1,0 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 15 U/min	
> 500 kW	0,5 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 7,5 U/min	

Bauform Chassis, Pulsfrequenz 2 kHz, Drehmomentregelung

Servo Control		Vector Control			Hinweise
Synchronmotor	1FT7 ohne Geber	1FT7 mit Absolutwertgeber AM22DQ	Der Betrieb von Synchronmotoren 1FT7 ist für die Betriebsart Vector Control nicht vorgesehen.		
Reglertakt	250 µs	250 µs			
Gesamte Anregelzeit (ohne Verzugszeit)	–	1,2 ms			
Kennkreisfrequenz –3 dB	–	400 Hz	Die Dynamik wird hier vor allem durch das Gebersystem bestimmt.		
Drehmoment-Welligkeit	–	1,3 % von M_0	Bei Absolutwertgeber ≤ 1 U/min ist eine Welligkeit < 1 % möglich. Nicht möglich mit Resolver.		
Drehmoment-Genauigkeit	–	$\pm 1,5$ % von M_0	Messwert über 3 s gemittelt. Mit Motoridentifikation und Reibkompensation. Im Drehmoment-Arbeitsbereich bis $\pm M_0$. Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10 bis Bemessungsdrehzahl. Achtung: Externe Einflüsse wie z. B. die Motortemperatur können eine zusätzliche Langzeitungenauigkeit (Konstanz) von ca. $\pm 2,5$ % verursachen. In Feldschwächung ca. ± 1 % ungenauer.		
Asynchronmotor	1PH7/1PH8 ohne Geber	1PH7/1PH8 mit Inkrementalgeber 1024 S/R	1PH7/1PH8 ohne Geber	1PH7/1PH8 mit Inkrementalgeber 1024 S/R	
Reglertakt	250 µs	250 µs	250 µs	250 µs	
Gesamte Anregelzeit (ohne Verzugszeit)	–	1,6 ms	2,5 ms	1,6 ms	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10, mit Geber ab 50 U/min bis Bemessungsdrehzahl.
Kennkreisfrequenz –3 dB	–	350 Hz	200 Hz	300 Hz	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10. Die Dynamik wird durch eine Geber-rückführung begünstigt.
Drehmoment-Welligkeit	–	2 % von M_N	2,5 % von M_N	2 % von M_N	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:20, mit Geber ab 20 U/min bis Bemessungsdrehzahl.
Drehmoment-Genauigkeit	–	$\pm 3,5$ % von M_N	± 2 % von M_N	$\pm 1,5$ % von M_N	Messwert über 3 s gemittelt. Mit Motoridentifikation und Reibkompensation; Temperatureinflüsse über KTY / PT1000 u. Massenmodell kompensiert. Im Drehmoment-Arbeitsbereich bis $\pm M_N$. In Feldschwächung zusätzlich ca. $\pm 2,5$ % ungenauer. Servo: Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10 bezogen auf Bemessungsdrehzahl. Vector: Drehzahl-Arbeitsbereich 1:50 bezogen auf Bemessungsdrehzahl.

Bauform Chassis, Pulsfrequenz 2 kHz, Drehzahlregelung

Servo Control			Vector Control		Hinweise
Synchronmotor	1FT7 ohne Geber	1FT7 mit Absolutwertgeber AM22DQ	Der Betrieb von Synchronmotoren 1FT7 ist für die Betriebsart Vector Control nicht vorgesehen.		
Reglertakt	250 µs	250 µs			
Gesamte Anregelzeit (ohne Verzugszeit)	–	5 ms			Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10, mit Geber ab 50 U/min bis Bemessungsdrehzahl.
Kennkreisfrequenz –3 dB	–	100 Hz			Die Dynamik wird hier vor allem durch das Gebersystem bestimmt.
Drehzahl-Welligkeit	–	siehe Hinweis			Wird im Wesentlichen bestimmt durch das Gesamtträgheitsmoment, die Drehmomentwelligkeit und vor allem vom Aufbau der Mechanik. Die Angabe eines allgemeingültigen Wertes ist deshalb nicht möglich.
Drehzahl-Genauigkeit	–	≤ 0,001 % von n_N			Wird im Wesentlichen bestimmt durch die umrichterinterne Auflösung der Regeldifferenz und der Geberauswertung. Diese wird bei SINAMICS auf 32-bit-Basis durchgeführt.
Asynchronmotor	1PH7/1PH8 ohne Geber	1PH7/1PH8 mit Inkrementalgeber 1024 S/R	1PH7/1PH8 ohne Geber	1PH7/1PH8 mit Inkrementalgeber 1024 S/R	
Reglertakt	250 µs	250 µs	250 µs	250 µs	
Gesamte Anregelzeit (ohne Verzugszeit)	21 ms	8 ms	20 ms	12 ms	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10, mit Geber ab 50 U/min bis Bemessungsdrehzahl.
Kennkreisfrequenz –3 dB	25 Hz	80 Hz	35 Hz	60 Hz	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10. Die Dynamik wird durch eine Geber-rückführung begünstigt. Servo mit Geber ist etwas günstiger als Vector mit Geber, da der Drehzahl-reglertakt bei Servo schneller ist.
Drehzahl-Welligkeit	siehe Hinweis	siehe Hinweis	siehe Hinweis	siehe Hinweis	Wird im Wesentlichen bestimmt durch das Gesamtträgheitsmoment, die Drehmomentwelligkeit und vor allem vom Aufbau der Mechanik. Die Angabe eines allgemeingültigen Wertes ist deshalb nicht möglich.
Drehzahl-Genauigkeit	$0,1 \times f_{\text{Schlupf}}$	≤ 0,001 % von n_N	$0,05 \times f_{\text{Schlupf}}$	≤ 0,001 % von n_N	Ohne Geber: Wird im Wesentlichen bestimmt durch die Genauigkeit der Modellberechnung des drehmomentbildenden Stromes und des Nennschlupfes des Asynchronmotors (siehe Tabelle „Typische Schlupfwerte“). Bei Drehzahl-Arbeitsbereich 1:50 (Vector) bzw. 1:10 (Servo) und bei aktivierter Temperatureauswertung.

Typische Schlupfwerte für Standard- und Transnorm-Asynchronmotoren

Motorleistung	Schlupfwerte		Hinweis
< 1 kW	6,0 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 90 U/min	Die Kompakt-Asynchronmotoren SIMOTICS M 1PH8 sind den Standard-Asynchronmotoren bezüglich der Schlupfwerte sehr ähnlich
< 10 kW	3,0 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 45 U/min	
< 30 kW	2,0 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 30 U/min	
< 100 kW	1,0 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 15 U/min	
> 500 kW	0,5 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 7,5 U/min	

SINAMICS S120

Projektierungshinweise

Bauform Chassis, Pulsfrequenz 2,0 kHz, Drehmomentregelung

Servo Control	Vector Control		Hinweise
Asynchronmotor (Standard und Transnorm)	SIMOTICS FD/ 1LE1/1LE5 ohne Geber	SIMOTICS FD/ 1LE1/1LE5 mit Inkrementalgeber 1024 S/R	
Reglertakt	250 μ s	250 μ s	
Gesamte Anregelzeit (ohne Verzugszeit)	2,5 ms	1,6 ms	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10, mit Geber ab 50 U/min bis Bemessungsdrehzahl
Kennkreisfrequenz (-3 dB)	200 Hz	300 Hz	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10. Die Dynamik wird durch eine Geber-rückführung begünstigt.
Drehmoment-Welligkeit	2,5 % von M_N	2,0 % von M_N	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:20, mit Geber ab 20 U/min bis Bemessungsdrehzahl
Drehmoment-Genauigkeit	$\pm 3,0$ % von M_N	$\pm 3,0$ % von M_N	Messwert über 3 s gemittelt. Mit Motoridentifikation und Reibkompensation; Temperatureinflüsse über KTY / PT1000 u. Massenmodell kompensiert. Im Drehmoment-Arbeitsbereich bis $\pm M_N$. Im Feldschwächbereich zusätzlich ca. $\pm 2,5$ % ungenauer. Drehzahl-Arbeitsbereich 1:50 bezogen auf Bemessungsdrehzahl.

Bauform Chassis, Pulsfrequenz 2,0 kHz, Drehzahlregelung

Servo Control	Vector Control		Hinweise
Asynchronmotor (Standard und Transnorm)	SIMOTICS FD/ 1LE1/1LE5 ohne Geber	SIMOTICS FD/ 1LE1/1LE5 mit Inkrementalgeber 1024 S/R	
Reglertakt	250 μ s	250 μ s	
Gesamte Anregelzeit (ohne Verzugszeit)	20 ms	12 ms	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10, mit Geber ab 50 U/min bis Bemessungsdrehzahl
Kennkreisfrequenz (-3 dB)	35 Hz	60 Hz	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10. Die Dynamik wird durch eine Geber-rückführung begünstigt.
Drehzahl-Welligkeit	siehe Hinweis	siehe Hinweis	Wird im Wesentlichen bestimmt durch das Gesamt-Massenträgheitsmoment, die Drehmomentwelligkeit und vor allem durch den Aufbau der Mechanik. Die Angabe eines allgemeingültigen Wertes ist deshalb nicht möglich.
Drehzahl-Genauigkeit	0,05 x f_{Schlupf}	< 0,001 % von n_N	Ohne Geber: Wird im Wesentlichen bestimmt durch die Genauigkeit der Modellberechnung des drehmomentbildenden Stromes und die Genauigkeit des Nennschlupfes des Asynchronmotors gemäß Tabelle „Typische Schlupfwerte“ (siehe unten). Bei Drehzahl-Arbeitsbereich 1:50 und bei aktivierter Temperatureauswertung.

Typische Schlupfwerte für Standard- und Transnorm-Asynchronmotoren

Motorleistung	Schlupfwerte		Hinweis
< 1 kW	6,0 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 90 U/min	Die Kompakt-Asynchronmotoren SIMOTICS M 1PH8 sind den Standard-Asynchronmotoren bezüglich der Schlupfwerte sehr ähnlich
< 10 kW	3,0 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 45 U/min	
< 30 kW	2,0 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 30 U/min	
< 100 kW	1,0 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 15 U/min	
> 500 kW	0,5 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 7,5 U/min	

Bauform Chassis, Pulsfrequenz 1,25 kHz, Drehmomentregelung

	Servo Control	Vector Control		Hinweise
Asynchronmotor (Standard und Transnorm)		SIMOTICS FD/ 1LE1/1LE5 ohne Geber	SIMOTICS FD/ 1LE1/1LE5 mit Inkrementalgeber 1024 S/R	
Reglertakt		400 μ s	400 μ s	
Gesamte Anregelzeit (ohne Verzugszeit)		4,0 ms	2,5 ms	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10, mit Geber ab 50 U/min bis Bemessungsdrehzahl
Kennkreisfrequenz (-3 dB)		125 Hz	185 Hz	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10. Die Dynamik wird durch eine Geber-rückführung begünstigt.
Drehmoment-Welligkeit		3,0 % von M_N	2,5 % von M_N	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:20, mit Geber ab 20 U/min bis Bemessungsdrehzahl
Drehmoment-Genauigkeit		$\pm 3,0$ % von M_N	$\pm 3,0$ % von M_N	Messwert über 3 s gemittelt. Mit Motoridentifikation und Reibkompensation; Temperatureinflüsse über KTY / PT1000 u. Massenmodell kompensiert. Im Drehmoment-Arbeitsbereich bis $\pm M_N$. Im Feldschwächbereich zusätzlich ca. $\pm 2,5$ % ungenauer. Drehzahl-Arbeitsbereich 1:50 bezogen auf Bemessungsdrehzahl.

Bauform Chassis, Pulsfrequenz 1,25 kHz, Drehzahlregelung

	Servo Control	Vector Control		Hinweise
Asynchronmotor (Standard und Transnorm)		SIMOTICS FD/ 1LE1/1LE5 ohne Geber	SIMOTICS FD/ 1LE1/1LE5 mit Inkrementalgeber 1024 S/R	
Reglertakt		400 μ s	400 μ s	
Gesamte Anregelzeit (ohne Verzugszeit)		32 ms	20 ms	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10, mit Geber ab 50 U/min bis Bemessungsdrehzahl
Kennkreisfrequenz (-3 dB)		22 Hz	38 Hz	Bei geberlosem Betrieb im Drehzahl-Arbeitsbereich 1:10. Die Dynamik wird durch eine Geber-rückführung begünstigt.
Drehzahl-Welligkeit		siehe Hinweis	siehe Hinweis	Wird im Wesentlichen bestimmt durch das Gesamt-Massenträgheitsmoment, die Drehmomentwelligkeit und vor allem durch den Aufbau der Mechanik. Die Angabe eines allgemeingültigen Wertes ist deshalb nicht möglich.
Drehzahl-Genauigkeit		0,05 x f_{Schlupf}	< 0,001 % von n_N	Ohne Geber: Wird im Wesentlichen bestimmt durch die Genauigkeit der Modellberechnung des drehmomentbildenden Stromes und die Genauigkeit des Nennschlupfes des Asynchronmotors gemäß Tabelle „Typische Schlupfwerte“ (siehe unten). Bei Drehzahl-Arbeitsbereich 1:50 und bei aktivierter Temperatureauswertung.

Typische Schlupfwerte für Standard- und Transnorm-Asynchronmotoren

Motorleistung	Schlupfwerte		Hinweis
< 1 kW	6,0 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 90 U/min	Die Kompakt-Asynchronmotoren SIMOTICS M 1PH8 sind den Standard-Asynchronmotoren bezüglich der Schlupfwerte sehr ähnlich
< 10 kW	3,0 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 45 U/min	
< 30 kW	2,0 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 30 U/min	
< 100 kW	1,0 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 15 U/min	
> 500 kW	0,5 % von n_N	z. B. Motor mit 1500 U/min: 7,5 U/min	

6.2.4 Bestimmung der erforderlichen Regelungsperformance der Control Unit CU320-2

Die Control Unit CU320-2 ist für die Regelung mehrerer Antriebe konzipiert und stellt die Kommunikations-, Steuer- sowie Regelungsfunktionen für das Line Module und ein oder mehrere Motor Modules bzw. Achsen zur Verfügung.

Die Auslastung der Control Unit CU320-2 ist abhängig von der Anzahl der Motor Modules (Achsen), der erforderlichen Regelungsart (Servoregelung, Vektorregelung, U/f-Steuerung) sowie der Dynamik der Regelung (Stromreglertakt). Je höher die Dynamik d. h. je kürzer der Stromreglertakt ist, umso höher ist die Rechenzeitauslastung der Control Unit.

Zusätzlich erhöhen folgende Hardware-Komponenten und Funktionalitäten die Auslastung der Control Unit CU320-2:

- Kommunikationsbaugruppen im Option Slot der CU320-2 (z. B. CBC10, CBE20, TB30),
- Terminal Modules TM31 mit schnellen Abstraten (250 μ s),
- Extended Safety Functions (SS2, SOS, SSM, SLS),
- DCC-Bausteine,
- Einfachpositionierer (EPos).

Die folgenden Beispiele geben eine erste grobe Orientierung über mögliche Maximalkonfigurationen an einer Control Unit CU320-2 (einschließlich Performance-Erweiterung, siehe unten). Komplexe Konfigurationen lassen sich mit dem Projektierungstool „SIZER for Siemens Drives“ auf ihre Zulässigkeit überprüfen.

Beispiele mit Servoregelung und Stromreglertakt 125 μ s bzw. 250 μ s:

- 6 Servo-Achsen (125 μ s) + 2 EPos + 2 Extended Safety Functions
- 5 Servo-Achsen (125 μ s) + 5 EPos + 5 Extended Safety Functions
- 6 Servo-Achsen (250 μ s) + 6 EPos + 6 Extended Safety Functions + 100 DCC-Bausteine (2 ms)

Beispiele mit Vektorregelung und Stromreglertakt 500 μ s:

- 6 Vektor-Achsen (500 μ s) + 50 DCC-Bausteine (2 ms)
- 4 Vektor-Achsen (500 μ s) + 50 DCC-Bausteine (2 ms) + 2 Wickler auf DCC-Basis (4 ms)

Beispiele mit U/f-Steuerung und Stromreglertakt 500 μ s:

- 12 U/f-Achsen (500 μ s) + 50 DCC-Bausteine (2 ms)
- 10 U/f-Achsen (500 μ s) + 100 DCC-Bausteine (2 ms) + 2 Extended Safety Functions

Die jeweiligen Angaben beinhalten bereits den internen Kommunikationsaufwand zwischen den Antriebsobjekten und die Regelung des speisenden Active Infeeds, Smart Infeeds oder Basic Infeeds.

Achsabhängige Lizenzierung der Control Unit CU320-2 über die Firmware-Option Performance-Erweiterung

Mit der Anzahl der Motor Modules bzw. Achsen und der geforderten Dynamik (kurzer Stromreglertakt) steigt die Rechenzeitauslastung der CU320-2. Deshalb ist ab einer bestimmten Anzahl von Motor Modules bzw. Achsen die Performance-Erweiterung erforderlich. Die Performance-Erweiterung ist eine lizenzpflichtige Firmware-Option die bei der CU320-2 rein achsbezogen und damit unabhängig von der tatsächlichen, individuellen Auslastung der Control Unit CU320-2 in der jeweiligen Anwendung ist.

Die lizenzpflichtige Performance-Erweiterung ist somit grundsätzlich erforderlich

- ab dem 4. Motor Module bei Servoregelung, d. h. ab der 4. Servo-Achse,
- ab dem 4. Motor Module bei Vektorregelung, d. h. ab der 4. Vektor-Achse,
- ab dem 7. Motor Module bei U/f-Steuerung, d. h. ab der 7. U/f-Achse.

Für die Firmware 4.4 gibt die folgende Tabelle einen Überblick über die maximal mögliche Anzahl von Motor Modules bzw. Achsen an einer Control Unit CU320-2 in Abhängigkeit von der Regelungsart und dem Stromreglertakt ohne Berücksichtigung zusätzlicher Hardware-Komponenten oder Funktionalitäten wie z. B. Extended Safety Functions oder DCC.

Die jeweiligen Angaben beinhalten jedoch bereits den internen Kommunikationsaufwand zwischen den Antriebsobjekten und die Regelung des speisenden Active Infeeds, Smart Infeeds oder Basic Infeeds.

Regelungsart	Stromreglertakt	Anzahl der Achsen ohne Performance-Erweiterung	Anzahl der Achsen mit Performance-Erweiterung	Hinweis
Servo Control	62,5 µs	3	3 ^{*)}	*) Bei 62,5 µs sind nur 3 Servo-Achsen möglich. Die Performance-Erweiterung ist somit unwirksam. Ab der 4. Servo-Achse ist die Performance-Erweiterung notwendig, unabhängig von der Rechenzeitauslastung.
	125 µs	3	6	
	250 µs	3	6	
Vector Control	125 µs	1	1 ^{*)}	*) Bei 125 µs bzw. 250 µs sind nur 1 bzw. 3 Vektor-Achsen möglich. Die Performance-Erweiterung ist somit unwirksam. Ab der 4. Vektor-Achse ist die Performance-Erweiterung notwendig, unabhängig von der Rechenzeitauslastung.
	250 µs	3	3 ^{*)}	
	400 µs	3	4	
	500 µs	3	6	
Vector Control Parallel-schaltung (nur Chassis)	250 µs	1 (max. 4 MoMo parallel)	1(max. 4 MoMo parallel)	Parallelschaltung: Es ist 1 Vector-Achse möglich mit der angegebenen Anzahl parallelgeschalteter MoMos + 1 weitere Vector-Achse
	400 µs	1 (max. 4 MoMo parallel)	1(max. 4 MoMo parallel)	
	500 µs	1 (max. 4 MoMo parallel)	1(max. 4 MoMo parallel)	
U/f-Steuerung	250 µs	6	6 ^{*)}	*) Bei 250 µs sind nur 6 U/f-Achsen möglich. Die Performance-Erweiterung ist somit unwirksam. Ab der 7 U/f-Achse ist die Performance Erweiterung 1 notwendig, unabhängig von der Rechenzeitauslastung.
	400 µs	6	9	
	500 µs	6	12	
Mischbetrieb				
Servo Control plus U/f-Steuerung	125 µs / 500 µs	3 + 0, 2 + 2; 1 + 4; 0 + 6	6 + 0; 5 + 2; 4 + 4; 3 + 6 2 + 8; 1 + 10; 0 + 12	Mischbetrieb benötigt bei CU320-2 keine zusätzliche Performance. Anstelle einer Servo-Achse können zwei U/f-Achsen gerechnet werden. Anstelle einer Vektor-Achse können zwei U/f-Achsen gerechnet werden.
Vector Control plus U/f-Steuerung	500 µs / 500 µs	3 + 0; 2 + 2; 1 + 4; 0 + 6	6 + 0; 5 + 2; 4 + 4; 3 + 6 2 + 8; 1 + 10; 0 + 12	

CU320-2: Maximale Anzahl von Motor Modules bzw. Achsen ohne und mit Performance-Erweiterung mit Firmware 4.4

Für die SINAMICS S120 Motor Modules der Bauformen Chassis und Cabinet Modules, die an einer Control Unit CU320-2 mit Firmware 4.4 in Vektorregelung oder U/f-Steuerung (Antriebsobjekt des Typs Vector) mit Stromreglertakten zwischen 250 µs bis 500 µs betrieben werden, ergeben sich damit ausgehend vom werkseitig eingestellten Stromreglertakt folgende Abhängigkeiten zwischen der Achs-Anzahl, dem sich aus der Achs-Anzahl ergebenden minimalen Stromreglertakt und den einstellbaren Pulsfrequenzen.

SINAMICS S120 Motor Modules der Bauformen Chassis und Cabinet Modules (ohne Booksize Cabinet Kits) an einer Control Unit CU320-2	Stromreglertakt	Pulsfrequenz				Performance-Erweiterung erforderlich
		Standard (ohne Strom-Derating)	mit Strom-Derating (Strom-Derating-Faktoren siehe Abschnitt „Bemessungsdaten, zulässige Ausgangsströme, maximale Ausgangsfrequenzen“)			
			kHz	kHz	kHz	
Baugrößen FX und GX DC 510 - 720 V / 3AC 380 - 480 V	µs	kHz	kHz	kHz	kHz	
1 Vektor-Achse	250	2	4	8	-	nein
2 Vektor-Achsen	250	2	4	8	-	nein
3 Vektor-Achsen	250	2	4	8	-	nein
4 Vektor-Achsen	400	1,25	2,5	5	7,5	ja
5 Vektor-Achsen	500	1,00	2	4	6	ja
6 Vektor-Achsen	500	1,00	2	4	6	ja

SINAMICS S120

Projektierungshinweise

SINAMICS S120 Motor Modules der Bauformen Chassis und Cabinet Modules (ohne Booksize Cabinet Kits) an einer Control Unit CU320-2 Baugrößen FX und GX DC 510 - 720 V / 3AC 380 - 480 V	Stromregler-takt μs	Pulsfrequenz				Performance-Erweiterung erforderlich
		Standard (ohne Strom-Derating) kHz	mit Strom-Derating (Strom-Derating-Faktoren siehe Abschnitt „Bemessungsdaten, zulässige Ausgangsströme, maximale Ausgangsfrequenzen“)			
			kHz	kHz	kHz	
1 U/f-Achse	250	2	4	8	-	nein
2 U/f-Achsen	250	2	4	8	-	nein
3 U/f-Achsen	250	2	4	8	-	nein
4 U/f-Achsen	250	2	4	8	-	nein
5 U/f-Achsen	250	2	4	8	-	nein
6 U/f-Achsen	250	2	4	8	-	nein
7 U/f-Achsen	400	1,25	2,5	5	7,5	ja
8 U/f-Achsen	400	1,25	2,5	5	7,5	ja
9 U/f-Achsen	400	1,25	2,5	5	7,5	ja
10 U/f-Achsen	500	1,00	2	4	6	ja
11 U/f-Achsen	500	1,00	2	4	6	ja
12 U/f-Achsen	500	1,00	2	4	6	ja
SINAMICS S120 Motor Modules der Bauformen Chassis und Cabinet Modules (ohne Booksize Cabinet Kits) an einer Control Unit CU320-2 Baugrößen HX und JX DC 510 - 720 V / 3AC 380 - 480 V Baugrößen FX, GX, HX und JX DC 675 - 1035 V; 3AC 500 - 690 V	Stromregler-takt μs	Pulsfrequenz				Performance-Erweiterung erforderlich
Standard (ohne Strom-Derating) kHz	mit Strom-Derating (Strom-Derating-Faktoren siehe Abschnitt „Bemessungsdaten, zulässige Ausgangsströme, maximale Ausgangsfrequenzen“)					
	kHz	kHz	kHz	kHz		
1 Vektor-Achse	400	1,25	2,5	5	7,5	nein
2 Vektor-Achsen	400	1,25	2,5	5	7,5	nein
3 Vektor-Achsen	400	1,25	2,5	5	7,5	nein
4 Vektor-Achsen	400	1,25	2,5	5	7,5	ja
5 Vektor-Achsen	500	1,00	2	4	6	ja
6 Vektor-Achsen	500	1,00	2	4	6	ja
1 U/f-Achse	400	1,25	2,5	5	7,5	nein
2 U/f-Achsen	400	1,25	2,5	5	7,5	nein
3 U/f-Achsen	400	1,25	2,5	5	7,5	nein
4 U/f-Achsen	400	1,25	2,5	5	7,5	nein
5 U/f-Achsen	400	1,25	2,5	5	7,5	nein
6 U/f-Achsen	400	1,25	2,5	5	7,5	nein
7 U/f-Achsen	400	1,25	2,5	5	7,5	ja
8 U/f-Achsen	400	1,25	2,5	5	7,5	ja
9 U/f-Achsen	400	1,25	2,5	5	7,5	ja
10 U/f-Achsen	500	1,00	2	4	6	ja
11 U/f-Achsen	500	1,00	2	4	6	ja
12 U/f-Achsen	500	1,00	2	4	6	ja

SINAMICS S120 Motor Modules der Bauform Chassis u. Cabinet Modules an einer Control Unit CU320-2 mit Firmware 4.4: Abhängigkeiten zwischen Achs-Anzahl, zugehörigem Stromreglertakt und einstellbaren Pulsfrequenzen

Die bei erhöhten Pulsfrequenzen zu berücksichtigenden Strom-Derating-Faktoren und die erreichbaren Ausgangsfrequenzen sind dem Abschnitt „Bemessungsdaten, zulässige Ausgangsströme, maximale Ausgangsfrequenzen“ zu entnehmen. Weitere Informationen sind im Funktionshandbuch „SINAMICS S120 Antriebsfunktionen“ zu finden.

Die maximale Ausgangsfrequenz liegt in Vektorregelung bei 550 Hz. Mit der Lizenz „Hohe Ausgangsfrequenz“ für SINAMICS S sind maximal 650 Hz erreichbar für Geräte mit $f_{\text{Puls max}} = 8,0 \text{ kHz}$ und einem Stromreglertakt von $125 \mu\text{s}$, sowie 623 Hz für Geräte mit $f_{\text{Puls max}} = 7,5 \text{ kHz}$, wobei hierzu $f_{\text{Puls}} = 7,477 \text{ kHz}$ und ein Stromreglertakt von $133,75 \mu\text{s}$ einzustellen sind. Die maximale Anzahl von Achsen an einer CU320-2 ist damit auf eine Achse begrenzt.

Hinweis:

In Servoregelung (Antriebsobjekte des Typs Servo) können S120 Motor Modules der Bauformen Chassis und Cabinet Modules, welche eine max. Pulsfrequenz von 8,0 kHz zulassen, auch mit Stromreglertakten von $62,5 \mu\text{s}$ betrieben werden. So sind deutlich höhere Ausgangsfrequenzen möglich als für Vektorregelung angegeben. Details auf Anfrage.

6.3 Bemessungsdaten, zulässige Ausgangsströme, maximale Ausgangsfrequenzen

6.3.1 Zulässige Ausgangsströme und maximale Ausgangsfrequenzen

Bei den SINAMICS S120 Motor Modules ist aufgrund der werkseitig eingestellten Pulsfrequenz in der Regelungsart Vektorregelung (Antriebsobjekt des Typs Vector) von $f_{\text{Puls}} = 1,25 \text{ kHz}$ (Stromreglertakt $400 \mu\text{s}$) bzw. $f_{\text{Puls}} = 2,00 \text{ kHz}$ (Stromreglertakt $250 \mu\text{s}$) die maximale Ausgangsfrequenz auf ca. 100 Hz bzw. ca. 160 Hz begrenzt. Höhere Ausgangsfrequenzen lassen sich nur durch die Erhöhung der Pulsfrequenz erreichen. Da mit erhöhter Pulsfrequenz die Schaltverluste im motorseitigen Wechselrichter zunehmen, muss der Ausgangsstrom entspr. reduziert werden.

Zulässiger Ausgangsstrom und maximale Ausgangsfrequenz als Funktion der Pulsfrequenz

Die folgende Tabelle gibt die Bemessungs-Ausgangsströme der SINAMICS S120 Power Modules und Motor Modules Bauform Chassis mit werkseitig eingestellter Pulsfrequenz an, sowie die Strom-Derating-Faktoren bei höheren Pulsfrequenzen (zulässige Ausgangsströme bezogen auf den Bemessungs-Ausgangsstrom). Die Tabelle gilt für luft- und flüssigkeitsgekühlte Geräte. Die erste Spalte enthält neben der Typeleistung des jeweiligen Power Modules bzw. Motor Modules auch noch die Angabe der Chassis-Baugröße(n), für welche die Strom-Derating-Faktoren gelten.

Die zu den orange markierten Feldern zugehörigen Pulsfrequenzen können ohne Änderung des werkseitig eingestellten Stromreglertaktes durch einfache Parameteränderung – auch während des Betriebs – angewählt werden. Die zu den grau markierten Feldern zugehörigen Pulsfrequenzen erfordern eine Änderung des werkseitig eingestellten Stromreglertaktes und können daher nur bei der Inbetriebnahme angewählt werden. Die Zuordnung zwischen Stromreglertakt und möglichen Pulsfrequenzen ist dem Listenhandbuch (Parameterliste) zu entnehmen.

Typeleistung bei 400 V / 690 V	Bemessungs- Ausgangsstrom bzw. Strom-Derating-Faktor bei Pulsfrequenz		Strom-Derating-Faktor bei Pulsfrequenz				
	1,25 kHz	2,0 kHz	2,5 kHz	4,0 kHz	5,0 kHz	7,5 kHz	8,0 kHz
3AC 380 V – 480 V							
Baugröße / Leistung							
FX/FL/FXL 110 kW		210 A	95 %	82 %	74 %	54 %	50 %
FX/FL/FXL 132 kW		260 A	95 %	83 %	74 %	54 %	50 %
GX/GL/GXL 160 kW		310 A	97 %	88 %	78 %	54 %	50 %
GX 200 kW		380 A	96 %	87 %	77 %	54 %	50 %
GX/GL/GXL 250 kW		490 A	94 %	78 %	71 %	53 %	50 %
HX / HXL 315 kW	605 A	83 %	72 %	64 %	60 %	40 %	36 %
HX 400 kW	745 A	83 %	72 %	64 %	60 %	40 %	36 %
HXL 400 kW	745 A	87 %	79 %	64 %	55 %	40 %	37 %
HX / HXL 450 kW	840 A	87 %	79 %	64 %	55 %	40 %	37 %
JX / JXL 560 kW	985 A	92 %	87 %	70 %	60 %	50 %	47 %
JX 710 kW	1260 A	92 %	87 %	70 %	60 %	50 %	47 %
JXL 710 kW	1260 A	97 %	95 %	74 %	60 %	50 %	47 %
JX / JXL 800 kW	-	1330 A	88 %	55 %	-	-	-
JX / JXL 800 kW	1405 A	97 %	95 %	74 %	60 %	50 %	47 %
3AC 500 V – 690 V							
FX 75 kW	85 A	93 %	89 %	71 %	60 %	40 %	
FX / FXL 90 kW	100 A	92 %	88 %	71 %	60 %	40 %	
FX 110 kW	120 A	92 %	88 %	71 %	60 %	40 %	
FX / FXL 132 kW	150 A	90 %	84 %	66 %	55 %	35 %	
GX 160 kW	175 A	92 %	87 %	70 %	60 %	40 %	
GX / GXL 200 kW	215 A	92 %	87 %	70 %	60 %	40 %	
GX 250 kW	260 A	92 %	88 %	71 %	60 %	40 %	
GX / GXL 315 kW	330 A	89 %	82 %	65 %	55 %	40 %	
HX 400 kW	410 A	89 %	82 %	65 %	55 %	35 %	
HX / HXL 450 kW	465 A	92 %	87 %	67 %	55 %	35 %	
HX / HXL 560 kW	575 A	91 %	85 %	64 %	50 %	35 %	
HXL 710 kW	735 A	84 %	74 %	53 %	40 %	25 %	
JX 710 kW	735 A	87 %	79 %	64 %	55 %	35 %	
HXL 800 kW ¹⁾	810 A	82 %	71 %	52 %	40 %	25 %	
JX / JXL 800 kW	810 A	97 %	95 %	71 %	55 %	35 %	
JX 900 kW	910 A	92 %	87 %	67 %	55 %	33 %	
JX / JXL 1000 kW	1025 A	91 %	86 %	64 %	50 %	30 %	
JX / JXL 1200 kW	1270 A	87 %	79 %	55 %	40 %	25 %	
JXL 1500 kW	1560 A	87 %	79 %	55 %	40 %	25 %	

1) Das flüssigkeitsgekühlte Motor Module 800 kW der Baugröße HXL sollte nur mit der werkseitigen Pulsfrequenz von 1,25 kHz betrieben werden. Für erhöhte Pulsfrequenzen ist aufgrund der günstigeren Strom-Derating-Faktoren das flüssigkeitsgekühlte Motor Module 800 kW der Baugröße JXL einzusetzen

SINAMICS S120: Zulässiger Ausgangsstrom (Strom-Derating-Faktor) als Funktion der Pulsfrequenz

SINAMICS S120

Projektierungshinweise

Unter bestimmten Randbedingungen (Netzspannung im unteren Bereich des zulässigen Weitspannungsbereiches, geringe Umgebungstemperatur, eingeschränkter Drehzahlbereich) kann das Strom-Derating bis zu Pulsfrequenzen, die der doppelten Werkseinstellung entsprechen, teilweise oder sogar vollständig vermieden werden. Nähere Angaben hierzu sind im Abschnitt „Betrieb der Umrichter mit erhöhter Pulsfrequenz“ zu finden.

Pulsfrequenz	Maximal erreichbare Ausgangsfrequenz (abgerundete Zahlenwerte)
1,25 kHz	100 Hz
2,00 kHz	160 Hz
2,50 kHz	200 Hz
≥ 4,00 kHz	300 Hz

Maximal erreichbare Ausgangsfrequenz als Funktion der Pulsfrequenz mit werkseitig eingestellten Stromreglertakten

6.3.2 Umgebungstemperaturen > 40 °C und Aufstellhöhen > 2000 m

Zulässiger Strom als Funktion der Umgebungstemperatur

SINAMICS S120 Chassis sowie die zugehörigen Systemkomponenten sind für eine Umgebungstemperatur von 40 °C und Aufstellhöhen bis zu 2000 m über NN bemessen. Werden SINAMICS S120 Chassis bei höheren Umgebungstemperaturen als 40 °C betrieben, so muss der Strom reduziert werden. Höhere Umgebungstemperaturen als 55 °C sind für die SINAMICS S120 Chassis unzulässig. Die folgende Tabelle gibt für luftgekühlte Geräte der Bauform Chassis den zulässigen Strom in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur an. Für flüssigkeitsgekühlte Geräte der Bauform Chassis wird auf die entsprechenden Derating-Kurven im Katalog D 21.3 verwiesen.

Aufstellhöhe über NN m	Strom-Derating-Faktor bei einer Umgebungstemperatur (Zulufttemperatur) von							
	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C	40 °C	45 °C	50 °C	55 °C
0 ... 2000	100 %					93,3 %	86,7 %	80,0 %

Strom-Derating-Faktoren in Abhängigkeit von der Umgebungstemp. (Zulufttemperatur) für luftgekühlte SINAMICS S120 Chassis

Aufstellhöhen größer 2000 m bis 5000 m über NN

SINAMICS S120 Chassis sowie die zugehörigen Systemkomponenten sind für Aufstellhöhen bis 2000 m über NN und eine Umgebungstemperatur von 40 °C bemessen. Werden SINAMICS S120 Chassis in Aufstellhöhen größer 2000 m über NN betrieben, so ist zu berücksichtigen, dass mit zunehmender Aufstellhöhe der Luftdruck und damit die Dichte der Luft abnimmt. Durch die geringere Luftdichte sinkt sowohl die Kühlwirkung als auch das Isolationsvermögen der Luft.

Aufstellhöhen größer 2000 m bis 5000 m lassen sich erreichen, wenn die folgenden zwei Maßnahmen angewendet werden.

1. Maßnahme: Reduktion der Umgebungstemperatur und des Stromes

Wegen der verminderten Kühlwirkung muss einerseits die Umgebungstemperatur reduziert werden und andererseits die Verlustwärme in den Chassis durch die Reduktion des Stromes verringert werden, wobei niedrigere Umgebungstemperaturen als 40 °C zur Kompensation gegengerechnet werden können. Die folgende Tabelle gibt für luftgekühlte Geräte der Bauform Chassis die zulässigen Ströme in Abhängigkeit von Aufstellhöhe und Umgebungstemperatur an. Die zulässige Kompensation zwischen Aufstellhöhe und Umgebungstemperaturen kleiner 40 °C (Zulufttemperatur am Lufteintritt des Chassis) ist in den angegebenen Werten berücksichtigt. Die Werte gelten unter der Voraussetzung, dass der in den technischen Daten angegebene Kühlluftstrom durch den Schaltschränkaufbau und die Schrankaufstellung gewährleistet ist. Nähere Informationen können dem Kapitel „Geräteübergreifende SINAMICS-Projektierung“, Abschnitt „Schaltschränkaufbau und -klimatisierung“ entnommen werden. Für flüssigkeitsgekühlte Geräte der Bauform Chassis wird auf die entsprechenden Derating-Kurven im Katalog D 21.3 verwiesen.

Aufstellhöhe über NN m	Strom-Derating-Faktor bei einer Umgebungstemperatur (Zulufttemperatur) von							
	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C	40 °C	45 °C	50 °C	55 °C
0 ... 2000						93,3 %	86,7 %	80,0 %
2001 ... 2500						96,3 %	unzulässiger Bereich	
2501 ... 3000	100 %		98,7 %			unzulässiger Bereich		
3001 ... 3500	100 %		96,3 %			unzulässiger Bereich		
3501 ... 4000	100 %		96,3 %			unzulässiger Bereich		
4001 ... 4500	97,5 %		96,3 %			unzulässiger Bereich		
4501 ... 5000	98,2 %		96,3 %			unzulässiger Bereich		

Strom-Derating-Faktoren in Abhängigkeit von Aufstellhöhe und Umgebungstemp. (Zulufttemperatur) für luftgekühlte S120 Chassis

2. Maßnahme: Einsatz eines Trenntransformators zur Reduktion transienter Überspannungen gemäß IEC 61800-5-1

Durch den Trenntransformator, der in nahezu allen Anwendungsfällen ohnehin zur Speisung der SINAMICS-Geräte eingesetzt wird, wird die Überspannungskategorie III, für die die Geräte ausgelegt sind, auf die Überspannungskategorie II reduziert. Dadurch werden die Anforderungen an das Isolationsvermögen der Luft geringer. Ein zusätzliches Spannungs-Derating (Reduktion der Eingangsspannung) ist nicht erforderlich, wenn die folgenden Randbedingungen eingehalten werden:

- Der Trenntransformator muss aus einem Niederspannungsnetz oder einem Mittelspannungsnetz gespeist werden und darf nicht direkt aus einem Hochspannungsnetz versorgt werden.
- Der Trenntransformator darf ein oder mehrere Antriebe bzw. Antriebsverbände versorgen.
- Die Leitungen zwischen dem Trenntransformator und dem S120 Infeed bzw. den S120 Infeeds müssen so verlegt sein, dass ein direkter Blitzeinschlag ausgeschlossen ist, d. h. es dürfen keine Freileitungen verwendet werden.
- Für Antriebe mit Basic Infeed und Smart Infeed sind die folgenden Netzformen zulässig:
 - TN-Netze mit geerdetem Sternpunkt (kein geerdeter Außenleiter).
 - IT-Netze (der Betrieb mit einem Erdschluss muss auf möglichst kurze Zeit beschränkt werden).
- Für Antriebe mit Active Infeed sind die folgenden Netzformen zulässig:
 - TN-Netze mit geerdetem Sternpunkt (kein geerdeter Außenleiter, keine IT-Netze).

Die beschriebenen Maßnahmen sind zulässig für folgende Antriebsverbände mit SINAMICS S120 Chassis und sind auf sämtliche Chassis und Systemkomponenten des Antriebsverbandes anzuwenden:

- Antriebe mit **Basic Infeed in allen Spannungsebenen** (3AC 380 V – 480 V und 3AC 500 V – 690 V).
- Antriebe mit **Smart Infeed in allen Spannungsebenen** (3AC 380 V – 480 V und 3AC 500 V – 690 V).
- Antriebe mit **Active Infeed in der Spannungsebene 3AC 380 V – 480 V**

(Antriebe mit Active Infeed für 3AC 500 V – 690 V auf Anfrage).

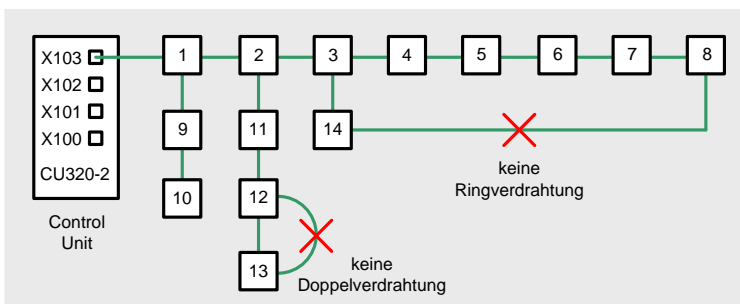
6.4 DRIVE-CLiQ

6.4.1 Grundlagen

Die Kommunikation der SINAMICS-Komponenten untereinander erfolgt über die einheitliche SINAMICS-interne Schnittstelle DRIVE-CLiQ. Diese koppelt die Control Unit mit den angeschlossenen Antriebsobjekten (z. B. Leistungskomponenten, Geber, Terminal Modules usw.).

Über DRIVE-CLiQ werden Soll- und Istwerte, Steuerkommandos, Zustandsrückmeldungen und die elektronischen Leistungsschilddaten der Antriebskomponenten bzw. Antriebsobjekte übertragen. Als DRIVE-CLiQ-Leitungen dürfen nur original Siemens-Leitungen verwendet werden, weil nur diese Leitungen mit ihren speziellen Übertragungs- und Dämpfungseigenschaften die fehlerfreie Funktion des Systems gewährleisten.

Innerhalb einer DRIVE-CLiQ Verbindung ist nur ein Basistakt möglich. An einer DRIVE-CLiQ Verbindung lassen sich daher nur Kombinationen mit gleichem Abtasttakt oder ganzzahlig teilbaren Abtasttakte betreiben (siehe Abschnitt „Festlegung der Komponentenverdrahtung“). Zur Vereinfachung der Projektierung wird empfohlen, Line Modules und Motor Modules über separate DRIVE-CLiQ Verbindungen zu speisen.



Grundregeln zur Verdrahtung von SINAMICS DRIVE-CLiQ Komponenten

Beim Verdrahten von Komponenten mit DRIVE-CLiQ sind folgende grundsätzliche Regeln zu beachten:

- Es sind maximal 14 Teilnehmer an einer DRIVE-CLiQ-Buchse der Control Unit zulässig.
- Es sind maximal 8 Teilnehmer in einer Reihe zulässig. Eine Reihe wird immer von der Regelungsbaugruppe aus betrachtet.
- Es sind maximal 6 Motor Modules in einer Reihe zulässig.
- Es ist keine Ringverdrahtung zugelassen.
- Die Komponenten dürfen nicht doppelt verdrahtet sein.
- Es können maximal 8 Terminal Modules angeschlossen werden.
- An einer Control Unit sind maximal 9 Motorgeber betreibbar.

Darüber hinaus sollten die Motorgeber an die jeweils zugehörigen Motor Modules angeschlossen werden.

Weitergehende Beschreibungen zum Thema DRIVE-CLiQ sowie Verdrahtungsbeispiele sind im Funktionshandbuch „SINAMICS S120 Antriebsfunktionen“ beschrieben.

Hinweis:

Mehrere Control Units können nicht untereinander über DRIVE-CLiQ kommunizieren, da der DRIVE-CLiQ eine SINAMICS-interne Schnittstelle zwischen der Control Unit und den angeschlossenen Antriebsobjekten ist.

Für die externe Kommunikation zwischen mehreren Control Units sowie zwischen Control Units und übergeordneten Steuerungen sind Bussysteme wie PROFIBUS oder PROFINET zu verwenden.

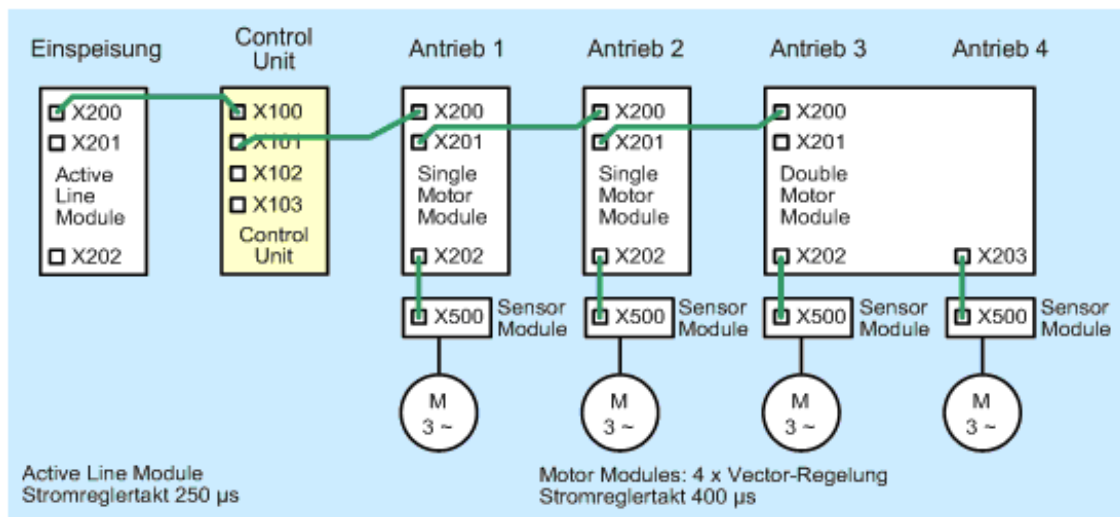
6.4.2 Festlegung der Komponentenverdrahtung

Innerhalb einer DRIVE-CLiQ Verbindung ist nur ein Basistakt möglich. An einer DRIVE-CLiQ Verbindung lassen sich daher nur Kombinationen mit gleichem Abtasttakt oder ganzzahlig teilbaren Abtasttakten betreiben. Zur Vereinfachung der Projektierung wird empfohlen, Line Modules und Motor Modules über separate DRIVE-CLiQ-Verbindungen zu speisen.

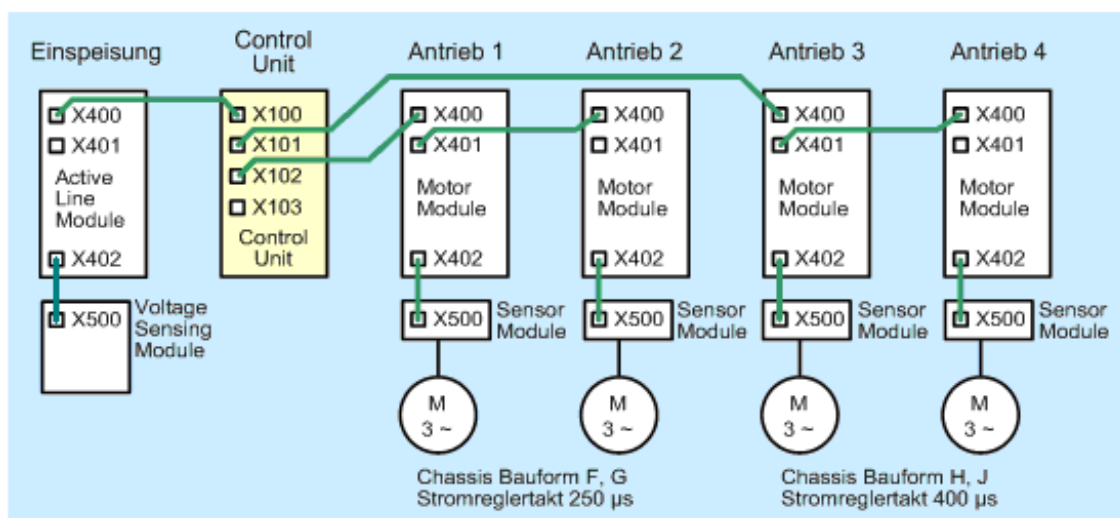
Im Lieferumfang der Leistungskomponenten sind die benötigten DRIVE-CLiQ-Verbindungsleitungen zum nächsten DRIVE-CLiQ-Teilnehmer des Antriebsverbandes bei Anordnung in Linientopologie bereits enthalten (gilt nicht für S120 Cabinet Modules). Bitte beachten Sie die Hinweise im Abschnitt „Leitungsverlegung“. Für die Verbindung zu den Motorgebern, direkten Messgebern, Terminal Modules, usw. stehen konfektionierte DRIVE-CLiQ Leitungen in abgestuften Längen bis 100 m zur Verfügung.

Die Länge der DRIVE-CLiQ Verbindungsleitungen für den schaltschrank-internen Aufbau darf maximal 70 m betragen, z. B. Verbindung zwischen Control Unit CU320-2 und dem ersten Motor Module oder zwischen den Motor Modules. Die maximal zulässige Länge der Verbindungsleitungen DRIVE-CLiQ MOTION-CONNECT zu externen Komponenten beträgt 100 m. Als DRIVE-CLiQ-Leitungen dürfen nur original Siemens-Leitungen verwendet werden, weil nur diese mit ihren speziellen Eigenschaften die fehlerfreie Funktion des Systems gewährleisten.

Im Folgenden sind beispielhaft einige Anordnungen mit den zugehörigen DRIVE-CLiQ-Verbindungen dargestellt.



Verdrahtung der DRIVE-CLiQ-Verbindungen am Beispiel der Bauform Booksize mit gleichen Stromreglertakten



Verdrahtung der DRIVE-CLiQ-Verbindungen am Beispiel der Bauform Chassis mit unterschiedlichen Stromreglertakten

Weitergehende Informationen können dem Funktionshandbuch „SINAMICS S120 Antriebsfunktionen“ entnommen werden.

6.4.3 Im Lieferumfang enthaltene DRIVE-CLiQ-Leitungen

Im Lieferumfang der Einbaugeräte sind standardmäßig DRIVE-CLiQ-Leitungen enthalten. Die Länge dieser Leitungen ist auf die Abmessungen des jeweiligen Modules sowie typische Anordnungen im Antriebsverband angepasst. Damit ist sichergestellt, dass mit dem Auslieferungszustand eine funktionsfähige Zusammenstellung möglich ist.

Die Länge der Leitungen deckt jedoch nur Standardkonfigurationen ab, bei denen die jeweiligen Modules linienförmig in geringem Abstand nebeneinander angeordnet werden. Auf spezielle Gegebenheiten angepasste Längen (z. B. bei größeren Abständen zwischen den Modules, Rücken an Rücken-Aufstellung des Antriebsverbandes usw.) sind bei der Projektierung separat zu berücksichtigen und separat zu bestellen. Hierzu dürfen nur die DRIVE-CLiQ-Leitungen verwendet werden, die in den SINAMICS-Katalogen angegeben sind, weil nur diese Leitungen mit ihren speziellen Übertragungs- und Dämpfungseigenschaften die fehlerfreie Funktion des Systems gewährleisten.

Gerät	Mitgelieferte DRIVE-CLiQ-Leitungen (konfektioniert)
CU320-2, D4xx	--
Basic Line Module	1 x DRIVE-CLiQ-Leitung 0,6 m zum Anschluss an die Control Unit 1 x DRIVE-CLiQ-Leitung 1,45 m zum Anschluss an das erste Motor Module
Smart Line Module Baugröße GX Baugröße HX und JX	1 x DRIVE-CLiQ-Leitung 0,6 m zum Anschluss an die Control Unit 1 x DRIVE-CLiQ-Leitung 0,3 m zum Anschluss an die Control Unit 1 x DRIVE-CLiQ-Leitung 1,2 m zum Anschluss an das erste Motor Module
Active Interface Module Baugröße FI Baugröße GI Baugröße HI und JI	1 x DRIVE-CLiQ-Leitung 0,6 m zum Anschluss des Voltage Sensing Module im AIM an das Active Line Module 1 x DRIVE-CLiQ-Leitung 1,45 m zum Anschluss an das erste Motor Module 1 x DRIVE-CLiQ-Leitung 0,95 m zum Anschluss des Voltage Sensing Module im AIM an das Active Line Module 1 x DRIVE-CLiQ-Leitung 1,45 m zum Anschluss an das erste Motor Module 1 x DRIVE-CLiQ-Leitung 2,4 m zum Anschluss des Voltage Sensing Module im AIM an das Active Line Module
Active Line Module Baugröße FX und GX Baugröße HX und JX	1 x DRIVE-CLiQ-Leitung 0,6 m zum Anschluss an die Control Unit 1 x DRIVE-CLiQ-Leitung 0,35 m zum Anschluss an die Control Unit 1 x DRIVE-CLiQ-Leitung 2,1 m zum Anschluss an das erste Motor Module
Motor Module Baugröße FX und GX Baugröße HX und JX	1 x DRIVE-CLiQ-Leitung 0,6 m zum Anschluss an das folgende Motor Module 1 x DRIVE-CLiQ-Leitung 0,35 m zum Anschluss an die Control Unit 1 x DRIVE-CLiQ-Leitung 2,1 m zum Anschluss an das folgende Motor Module
Flüssigkeitsgekühlt: DC/ AC Basic Line Module DC/ AC Active Line Module DC/ AC Motor Module AC/ AC	1 x DRIVE-CLiQ-Leitung 0,6 m zum Anschluss an die Control Unit 1 x DRIVE-CLiQ-Leitung 0,6 m zum Anschluss an die Control Unit 1 x DRIVE-CLiQ-Leitung 0,6 m zum Anschluss des Voltage Sensing Module im AIM an das Active Line Module 1 x DRIVE-CLiQ-Leitung 0,6 m zum Anschluss an die Control Unit 1 x DRIVE-CLiQ-Leitung 0,6 m zum Anschluss an die Control Unit

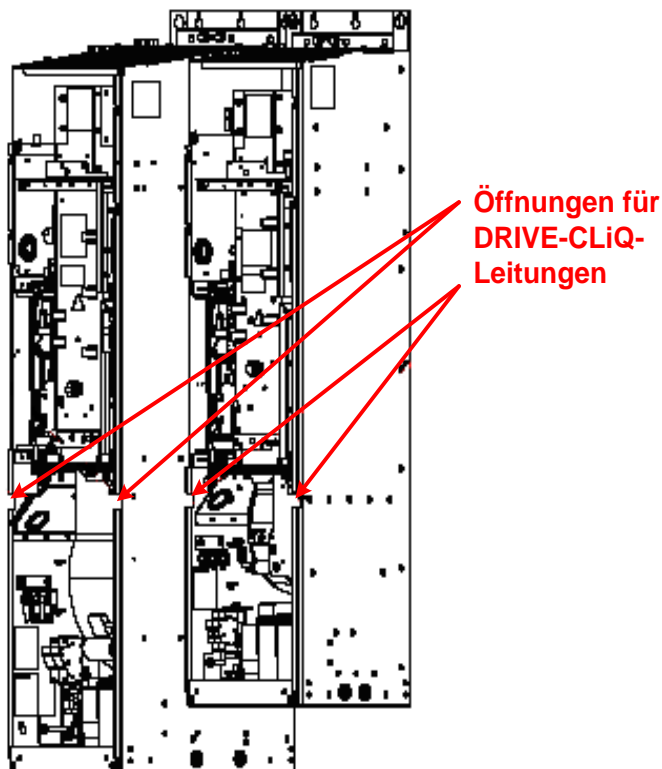
Im Lieferumfang der Einbaugeräte Bauform Chassis enthaltene DRIVE-CLiQ-Leitungen

Im Lieferumfang der Booksize-Geräte befinden sich DRIVE-CLiQ-Leitungen entsprechend der Breite der Motor Modules zum Anschluss an das nachfolgende Module.

6.4.4 Leitungsverlegung

Hinsichtlich der Verlegung von DRIVE-CLiQ-Leitungen sind die Vorgaben zur Installation von Signalleitungen zu beachten (siehe entsprechende Hinweise im Kapitel „EMV-Aufbaurichtlinie“).

Da die im Lieferumfang enthaltenen sowie im Katalog angebotenen DRIVE-CLiQ-Leitungen spezielle Eigenschaften aufweisen und die Schirmauflage bereits über die Steckverbindung selbst erfolgt, ist eine zusätzliche Schirmauflage der DRIVE-CLiQ-Leitungen im Schrank nicht notwendig. Die Leitungen sind bevorzugt in den Zonen C und D eines Schrankes zu verlegen (siehe entsprechende Hinweise im Kapitel „EMV-Aufbaurichtlinie“).



Die DRIVE-CLiQ-Anbindung wie auch die Platzierung der Control Unit sind bei den Leistungsteilen der Bauform Chassis mittig am Leistungsteil angeordnet. Die Leitungsführung auf direktem Weg kann durch seitliche Öffnungen im Chassis erfolgen. Dabei ist die unterschiedliche Tiefe der einzelnen Baugrößen zu beachten. Dieser Tiefenversatz beträgt ca. 200 mm.

Im nebenstehenden Bild sind die beschriebenen Öffnungen exemplarisch für die Motor Modules der Baugrößen FX und GX dargestellt. Mit den standardmäßig den Geräten beiliegenden Leitungen wird mit diesen Gehäuse-Durchführungen eine problemlose Verdrahtung ermöglicht.

Überdies können zusätzliche Leitungen benötigt werden, wenn z. B. Schrankholme überbrückt oder andere Leitungswege genutzt werden. Diese Leitungen sind individuell zu berechnen und zu bestellen.

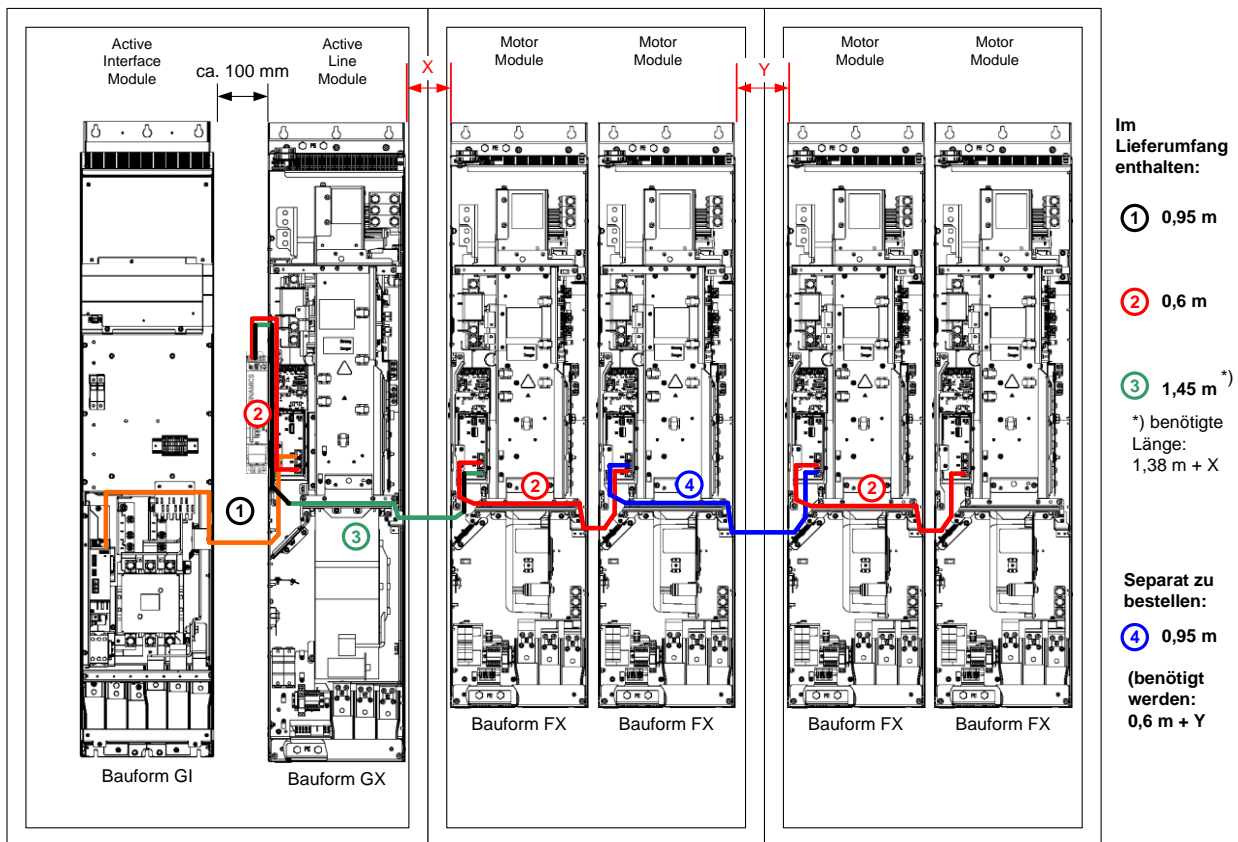
Öffnungen zur Leitungsführung in den Leistungsteilen der Bauform Chassis

Beispiel zur Ermittlung von benötigten DRIVE-CLiQ-Leitungen sowie zur Leitungsführung

Ein Antriebsverband bestehend aus vier Motor Modules der Baugröße FX, gespeist von einem Active Line Module der Baugröße GX mit einem Active Interface Module der Baugröße GI, soll mit DRIVE-CLiQ-Leitungen verbunden werden. Die Schränke sind gemäß nachfolgender Abbildung aufgebaut.

Die Control Unit soll an der linken Seite des Active Line Modules in die dafür vorgesehenen Befestigungen eingerastet werden. Das Active Interface Module ist im Abstand ≥ 100 mm links neben dem Active Line Module zu montieren, damit die Anschlüsse der Control Unit zugänglich bleiben.

Das Voltage Sensing Module VSM (im Active Interface Module) wird mit der Leitung [1], die 0,95 m lang und dem Active Interface Module beigelegt ist, an das Control Interface Module CIM des Active Line Modules angeschlossen. Die Verbindung zwischen der Control Unit und dem Active Line Module erfolgt mit der DRIVE-CLiQ-Leitung [2], die 0,6 m lang und im Lieferumfang des Active Line Modules enthalten ist. Mit der DRIVE-CLiQ-Leitung [3], die 1,45 m lang ist und dem Active Interface Module beiliegt, wird das erste Motor Module an die Control Unit angeschlossen. Die DRIVE-CLiQ-Leitungen von der Control Unit zum Active Line Module und zum ersten Motor Module sind durch die Gummitülle auf der linken Seitenwand des Active Line Modules zu führen. Die Verbindung zwischen den Motor Modules erfolgt über die DRIVE-CLiQ-Leitung [2], welche 0,6 m lang und im Beipack eines jeden Motor Modules der Baugröße FX enthalten ist.



DRIVE-CLiQ-Verbindungen zwischen dem Active Line Module Baugröße GX und den Motor Modules Baugröße FX

Zur Überbrückung von Schrankholmen oder bei nicht bündiger Montage der Motor Modules bzw. bei der Kombination von Motor Modules der Baugrößen FX und GX (man beachte den Tiefenversatz dieser Baugrößen) wird eine längere DRIVE-CLiQ-Leitung benötigt. Diese kann entsprechend der im Bild angegebenen Formeln berechnet werden.

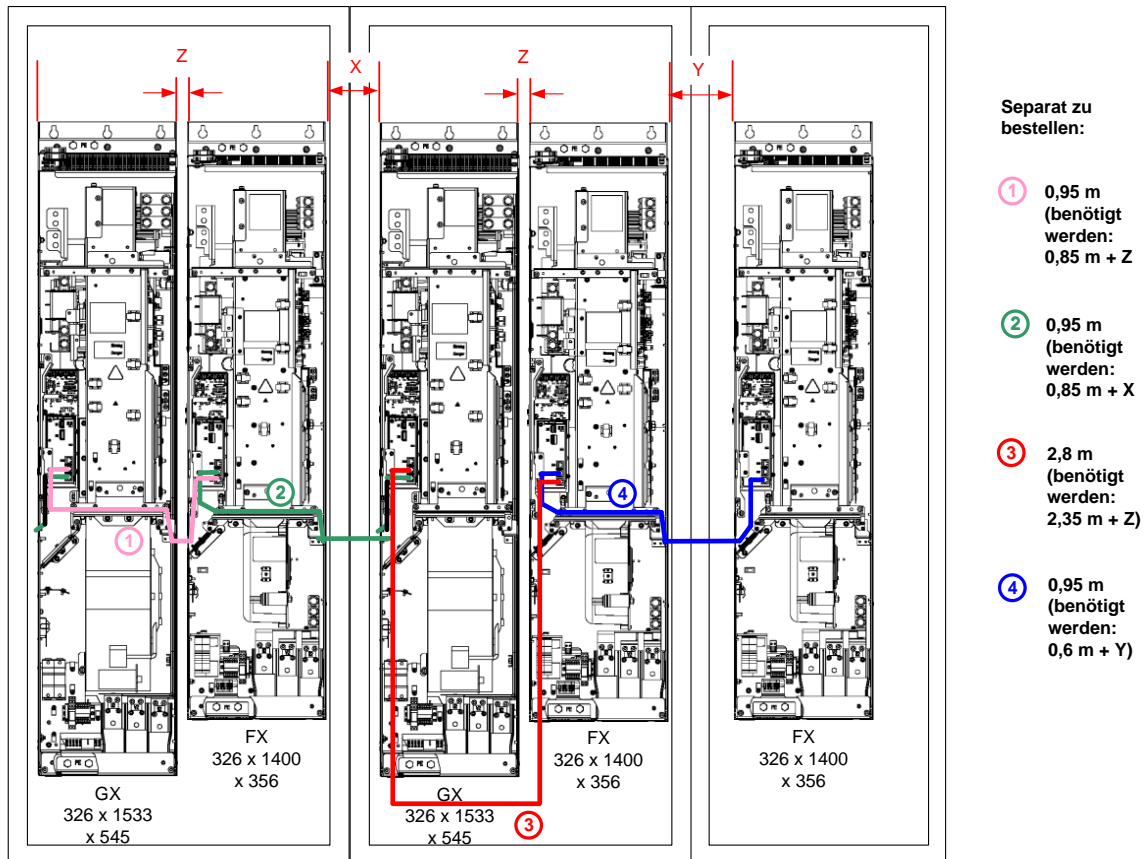
Mit der mitgelieferten Leitung [3] ist ein Abstand X von ca. 70 mm überbrückbar, wenn ein Active Line Module der Baugröße GX mit einem Motor Module der Baugröße FX verbunden wird. Bei einer Verbindung zwischen Modules gleicher Baugrößen ist durch den fehlenden Tiefenversatz ein Abstand X von ca. 270 mm überbrückbar.

Die mit dem Motor Module gelieferte DRIVE-CLiQ-Leitung von 0,6 m Länge ist für die Leitung [4] zur Überbrückung des Abstands Y zu kurz. Hier ist in der Regel die gemäß Katalog nächstgrößere, konfektionierte DRIVE-CLiQ-Leitung mit einer Länge von 0,95 m einsetzbar.

Die DRIVE-CLiQ-Leitung mit einer Länge von 0,95 m kann auch zur Verbindung von Motor Modules unterschiedlicher Baugrößen – Baugröße FX auf GX – verwendet werden (der Tiefenversatz von 200 mm zwischen Baugröße FX und GX ist zu beachten).

Diese Leitung ist im folgenden Bild als Leitung [2] dargestellt.

Die DRIVE-CLiQ-Leitung [2] lässt sich nur dann seitlich in das Motor Module Baugröße FX einführen, wenn das benachbarte Motor Module Baugröße GX im Abstand $Z > \text{ca. } 20 \text{ mm}$ montiert ist.



DRIVE-CLiQ-Verbindungen bei Motor Modules unterschiedlicher Baugrößen

Ist der Abstand Z kleiner als ca. 20 mm, d. h. die Motor Modules sind bündig nebeneinander montiert, muss die DRIVE-CLiQ-Leitung von unten in das Chassis eingeführt werden, wie im Bild mit der Leitung [3] dargestellt.

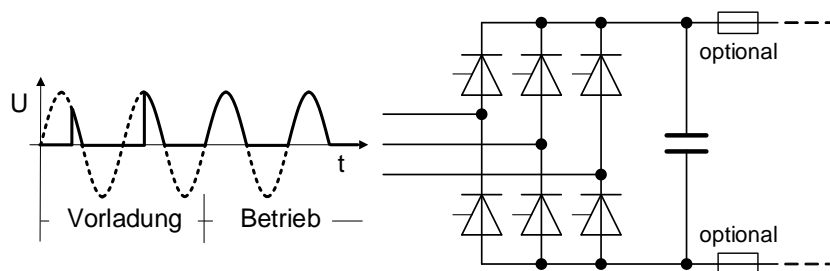
Erfolgt die Einspeisung über ein Basic Line Module oder ein Smart Line Module sind die DRIVE-CLiQ-Verbindungen analog zum Active Line Module auszuführen. Die Control Unit wird auf der linken Seite des Line Modules in die entsprechenden Befestigungsnasen eingerastet. Die DRIVE-CLiQ-Leitungen von der Control Unit zum Line Module sowie zum ersten Motor Module werden durch die Gummitülle in der linken Seitenwand des Chassis geführt.

6.5 Vorladung des Zwischenkreises, Vorladeströme, Absicherung der DC-Anschlüsse

6.5.1 Basic Infeed

Basic Line Modules mit Thyristoren

Bei den SINAMICS S120 Basic Line Modules der Baugrößen FB, FBL, GB und GBL mit Thyristorbestückung, die als S120 Chassis (luftgekühlt und flüssigkeitsgekühlt) und als S120 Cabinet Modules erhältlich sind, erfolgt die Vorladung des Zwischenkreises über die Gleichrichterthyristoren durch Verändern des Steuerwinkels (Phasenanschnittsteuerung). Der Steuerwinkel wird dabei innerhalb 1 s kontinuierlich bis zur Vollaussteuerung erhöht. Eine separate Vorladeschaltung existiert hier nicht.



SINAMICS S120 Basic Line Modules mit Thyristoren: Vorladung über Phasenanschnittsteuerung der Thyristoren

In der folgenden Tabelle sind die zu Beginn der Vorladung auftretenden Netzströme als Effektivwerte für Netzanschlussspannungen 400 V bzw. 690 V angegeben. Dabei wird davon ausgegangen, dass die maximal vorladbare Zwischenkreiskapazität geladen werden muss. Die Werte der maximal vorladbaren Zwischenkreiskapazitäten sind für die jeweiligen Basic Line Modules im nächsten Abschnitt angegeben. Bei abweichenden Netzanschlussspannungen und / oder vorzuladenden Zwischenkreiskapazitäten sind die Werte proportional zur Netzspannung bzw. proportional zur Zwischenkreiskapazität umzurechnen.

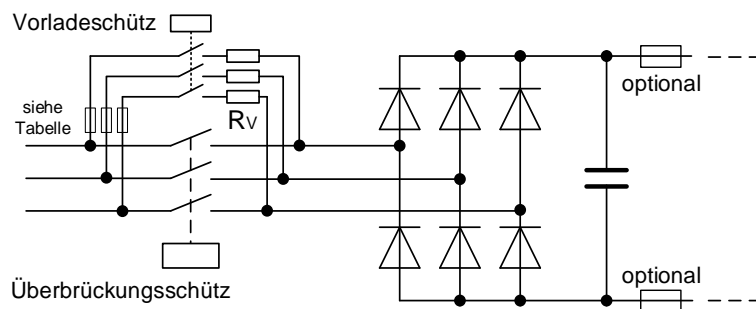
Die angegebenen Vorladeströme klingen während der Vorladung ab, bis diese nach typischerweise 1 – 2 s abgeschlossen ist. Aufgrund des Vorladeprinzips mit Phasenanschnittsteuerung erfolgt die Vorladung nahezu verlustlos, so dass hier – im Gegensatz zu Vorladeschaltungen mit Widerständen – keine Begrenzung der Vorladehäufigkeit des DC-Zwischenkreises besteht.

Leistung S120 BLM bei 400 V bzw. 690 V		Eingangsstrom bei 400 V bzw. 690 V	Vorladeprinzip	Zu Beginn der Vorladung des Zwischenkreises auftretender Netzstrom (Anfangs-Effektivwert) bei 400 V bzw. 690 V
Baugröße	Leistung			
3AC 380 V – 480 V				
FB	200 kW	365 A	Phasenanschnitt	146 A
FB	250 kW	460 A	Phasenanschnitt	184 A
FBL	360 kW	610 A	Phasenanschnitt	244 A
FB	400 kW	710 A	Phasenanschnitt	284 A
GB	560 kW	1010 A	Phasenanschnitt	404 A
FBL	600 kW	1000 A	Phasenanschnitt	400 A
GB	710 kW	1265 A	Phasenanschnitt	506 A
GBL	830 kW	1420 A	Phasenanschnitt	568 A
3AC 500 V – 690 V				
FB	250 kW	260 A	Phasenanschnitt	130 A
FB / FBL	355 kW	375 A / 340 A	Phasenanschnitt	188 A
FB	560 kW	575 A	Phasenanschnitt	288 A
FBL	630 kW	600 A	Phasenanschnitt	300 A
GB	900 kW	925 A	Phasenanschnitt	463 A
GB / GBL	1100 kW	1180 A / 1070 A	Phasenanschnitt	590 A
GBL	1370 kW	1350 A	Phasenanschnitt	675 A

S120 Basic Line Modules mit Thyristoren: Zu Beginn der Vorladung auftretende Netzströme (Anfangs-Effektivwerte)

Basic Line Modules mit Dioden

Bei den SINAMICS S120 Basic Line Modules der Baugröße GD mit Diodenbestückung, die luftgekühlt als S120 Chassis und als S120 Cabinet Modules erhältlich sind, erfolgt die Vorladung des Zwischenkreises verlustbehaftet über eine Vorladeschaltung mit Widerständen. Zur Vorladung wird der Gleichrichter netzseitig über ein Vorladeschütz und Vorladewiderstände mit dem speisenden Netz verbunden. Nach beendeter Vorladung wird das Überbrückungsschütz (Leistungsschalter) geschlossen und das Vorladeschütz wieder geöffnet.



SINAMICS S120 Basic Line Modules mit Dioden: Vorladung über Vorladeschütz und Vorladewiderstände

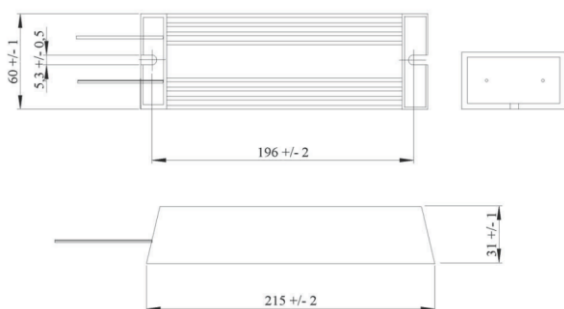
ACHTUNG:

Vorladeschütz und Überbrückungsschütz sind absolut zwingend durch die interne Ablaufsteuerung des S120 Basic Line Modules anzusteuern (Vorladeschütz über den Stecker -X9:5,6 und Überbrückungsschütz (Leistungsschalter) über den Stecker -X9:3,4). Das Öffnen des Leistungsschalters muss zwingend durch eine unverzögerte Auslösung erfolgen. Daher dürfen nur Leistungsschalter mit unverzögertem Unterspannungsauslöser eingesetzt werden.

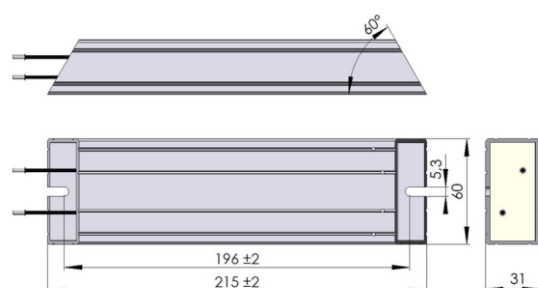
Bei den S120 Basic Line Modules der Bauform Chassis kann die Vorladung entweder mit einem Vorladewiderstand je Netzphase ausgeführt werden, wie im Bild oben dargestellt, oder mit zwei parallel geschalteten Vorladewiderständen je Netzphase zur Erhöhung der zulässigen Zwischenkreiskapazität des Antriebsverbandes (siehe Abschnitt „Überprüfung der maximalen Zwischenkreiskapazität“).

In der folgenden Tabelle sind die Artikelnummern, die wichtigsten technischen Daten sowie die Abmessungen der Vorladewiderstände angegeben. Je nach vorzuladender Zwischenkreiskapazität sind wie oben beschrieben in Summe 3 oder 6 Widerstände einzusetzen.

Leistung S120 BLM bei 400 V bzw. 690 V		Eingangsstrom bei 400 V bzw. 690 V	Vorladewiderstand		
Baugröße	Leistung		Artikelnummer	Widerstandswert	Impulsbelastung
3AC 380 V – 480 V					
GD	900 kW	1630 A	6SL3000-0KE12-2AA0	2,2 Ω ± 10 %	18000 WS
3AC 500 V – 690 V					
GD	1500 kW	1580 A	6SL3000-0KH14-0AA0	4,0 Ω ± 10 %	18000 WS



Abmessungen Widerstand 6SL3000-0KE12-2AA0 / 2,2 Ω



Abmessungen Widerstand 6SL3000-0KH14-0AA0 / 4,0 Ω

S120 Basic Line Modules mit Dioden: Artikelnummern, technische Daten und Abmessungen der Vorladewiderstände

SINAMICS S120

Projektierungshinweise

Als Vorladeschütze werden empfohlen:

SIRIUS 3RT1034 bei einem Vorladewiderstand je Phase und SIRIUS 3RT1044 bei zwei parallel geschalteten Vorladewiderständen je Phase.

Bei den S120 Basic Line Modules der Bauform Chassis ist die Absicherung des Vorladezweiges anlagenseitig vorzunehmen. Die hierzu empfohlenen Sicherungen sind der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Wegen der kurzzeitigen Überlappung zwischen Vorladeschütz und Überbrückungsschütz ist zwingend zu beachten, dass der Vorladekreis dieselbe Phasenfolge aufweisen muss wie der Hauptstromkreis.

Die S120 Basic Line Modules der Bauform Cabinet Modules sind standardmäßig mit jeweils einem Vorladewiderstand je Netzphase ausgeführt, wie im Bild oben dargestellt. Zwei parallel geschaltete Widerstände je Netzphase zur Erhöhung der zulässigen Zwischenkreiskapazität des Antriebsverbandes (siehe Abschnitt „Überprüfung der maximalen Zwischenkreiskapazität“) sind auf Anfrage erhältlich.

Bei den S120 Basic Line Modules der Bauform Cabinet Modules erfolgt die Absicherung des Vorladezweiges standardmäßig mit Sicherungen innerhalb des Line Connection Modules LCM, welches dem Basic Line Module vorgeschaltet ist.

In der folgenden Tabelle sind die zu Beginn der Vorladung auftretenden Netzströme als Effektivwerte für Netzanschlussspannungen 400 V bzw. 690 V angegeben. Aufgrund des Vorladeprinzips mit Widerständen sind die angegebenen Werte unabhängig von der Größe der vorzuladenden Zwischenkreiskapazität. Bei abweichenden Netzanschlussspannungen sind die Werte proportional zur Netzspannung umzurechnen.

Die angegebenen Vorladeströme klingen nach einer e-Funktion ab, bis die Vorladung nach typischerweise 1 - 2 s abgeschlossen ist. Aufgrund der Erwärmung der Vorladewiderstände während der Vorladung ist maximal alle 3 Minuten eine vollständige Vorladung des DC-Zwischenkreises zulässig.

Leistung S120 BLM bei 400 V bzw. 690 V	Eingangsstrom bei 400 V bzw. 690 V	Widerstandswert der Vorladung je Phase	Zu Beginn der Vorladung auftretender Netzstrom (Anfangs-Effektivwert) bei 400 V bzw. 690 V	Empfohlene anlagenseitige Absicherung des Vorladezweiges bei S120 Chassis mit Sicherung
Baugröße Leistung				
3AC 380 V – 480 V				
GD 900 kW	1630 A	2,2 Ω (1 Widerstand je Phase)	91 A	3NE1 817-0 (50 A)
GD 900 kW	1630 A	1,1 Ω (2 Widerstände in Parallelsch. je Phase)	182 A	3NE1 021-0 (100 A)
3AC 500 V – 690 V				
GD 1500 kW	1580 A	4,0 Ω (1 Widerstand je Phase)	86 A	3NE1 817-0 (50 A)
GD 1500 kW	1580 A	2,0 Ω (2 Widerstände in Parallelsch. je Phase)	172 A	3NE1 021-0 (100 A)

S120 Basic Line Modules mit Dioden: Zu Beginn der Vorladung auftretende Netzströme (Anfangs-Effektivwerte)

Absicherung der DC-Anschlüsse

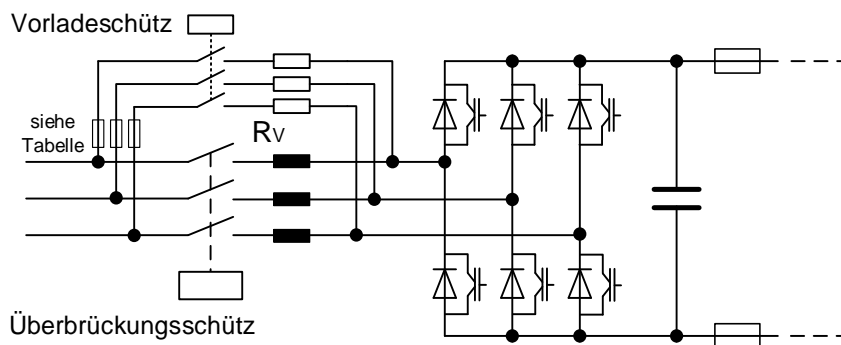
Die DC-Anschlüsse der luftgekühlten und der flüssigkeitsgekühlten Basic Infeeds besitzen standardmäßig keine Sicherungen innerhalb der Basic Line Modules (BLM). Sicherungen sind hier prinzipiell auch nicht zwingend erforderlich, werden jedoch für Parallelschaltungen von Basic Line Modules empfohlen. Bei Bedarf können die DC-Anschlüsse dann extern abgesichert werden. Die hierfür empfohlenen Sicherungen sind der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Leistung des BLM bei 400 V / 690 V [kW]	IEC Halbleitersicherungen (Anz. je Basic Line Module) Betriebsklasse aR			Verlustleistung [W]	UL-Sicherungen (Anzahl je Basic Line Module)		
	Anzahl x Artikel-Nr.	I_N [A]	Größe		Anzahl x Artikel-Nr.	I_N [A]	Größe
Netzspannung 3AC 380 V – 480 V							
200	2 x 3NE3 334-0B	500	2	2 x 90	2 x 3NB1 337-4KK11	500	NH3L
250	2 x 3NE3 336	630	2	2 x 100	2 x 3NB1 345-4KK11	800	NH3L
360	2 x 3NE3 340-8	900	2	2 x 165	2 x 3NB2 350-4KK16	1000	2xNH3L
400	4 x 3NE3 333	450	2	4 x 90	2 x 3NB2 350-4KK16	1000	2xNH3L
560	4 x 3NE3 337-8	710	2	4 x 105	2 x 3NB2 357-4KK16	1600	2xNH3L
600	4 x 3NE3 337-8	710	2	4 x 105	2 x 3NB2 357-4KK16	1600	2xNH3L
710	4 x 3NE3 340-8	900	2	4 x 165	2 x 3NB2 364-4KK17	2100	3xNH3L
830	6 x 3NE3 336	630	2	6 x 100	2 x 3NB2 364-4KK17	2100	3xNH3L
900	6 x 3NE3 337-8	710	2	6 x 105	2 x 3NB2 366-4KK17	2400	3xNH3L
Netzspannung 3AC 500 V – 690 V							
250	2 x 3NE3 332-0B	400	2	2 x 80	2 x 3NB1 234-4KK11	400	NH2L
355	2 x 3NE3 335	560	2	2 x 95	2 x 3NB1 345-4KK11	800	NH3L
560	4 x 3NE3 332-0B	400	2	4 x 80	2 x 3NB2 345-4KK16	800	2xNH3L
630	4 x 3NE3 334-0B	500	2	4 x 90	2 x 3NB2 350-4KK16	1000	2xNH3L
900	4 x 3NE3 336	630	2	4 x 100	2 x 3NB2 355-4KK16	1400	2xNH3L
1100	4 x 3NE3 340-8	900	2	4 x 165	2 x 3NB2 364-4KK17	2100	3xNH3L
1370	4 x 3NE3 340-8	900	2	4 x 165	2 x 3NB2 364-4KK17	2100	3xNH3L
1500	6 x 3NE3 337-8	710	2	6 x 105	2 x 3NB2 366-4KK17	2400	3xNH3L

S120 Basic Line Modules: Empfohlene Sicherungen zur Absicherung der DC-Anschlüsse

6.5.2 Smart Infeed

Bei den SINAMICS S120 Smart Line Modules, die nur luftgekühlt als S120 Chassis und S120 Cabinet Modules erhältlich sind, erfolgt die Vorladung des Zwischenkreises verlustbehaftet über eine Vorladeschaltung mit Widerständen. Zur Vorladung wird der Gleichrichter netzseitig über ein Vorladeschütz und Vorladewiderstände mit dem speisenden Netz verbunden. Nach beendeter Vorladung wird das Überbrückungsschütz geschlossen und das Vorladeschütz wieder geöffnet.



SINAMICS S120 Smart Line Modules: Vorladung über Vorladeschütz und Vorladewiderstände

ACHTUNG:

Vorladeschütz und Überbrückungsschütz sind absolut zwingend durch die interne Ablaufsteuerung des S120 Smart Line Modules anzusteuern (Vorladeschütz über die interne Verdrahtung und Überbrückungsschütz / Leistungsschalter über den Stecker -X9:3,4). Im Falle der Verwendung eines Leistungsschalters muss das Öffnen des Leistungsschalters zwingend durch eine unverzögerte Auslösung erfolgen. Daher dürfen nur Leistungsschalter mit unverzögertem Unterspannungsauslöser eingesetzt werden.

SINAMICS S120

Projektierungshinweise

Bei den **S120 Smart Line Modules der Bauform Chassis** ist die Absicherung des Vorladezweiges anlagenseitig vorzunehmen. Die hierzu empfohlenen Sicherungen sind der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Wegen der kurzzeitigen Überlappung zwischen Vorladeschutz und Überbrückungsschutz ist zwingend zu beachten, dass der Vorladekreis dieselbe Phasenfolge aufweisen muss wie der Hauptstromkreis.

Bei den **S120 Smart Line Modules der Bauform Cabinet Modules** erfolgt die Absicherung des Vorladezweiges standardmäßig mit Sicherungen innerhalb des Line Connection Modules LCM, welches dem Smart Line Module vorgeschaltet ist.

In der folgenden Tabelle sind die zu Beginn der Vorladung auftretenden Netzströme als Effektivwerte für Netzanschlussspannungen 400 V bzw. 690 V angegeben. Aufgrund des Vorladeprinzips mit Widerständen sind die angegebenen Werte unabhängig von der Größe der vorzuladenden Zwischenkreiskapazität. Bei abweichenden Netzanschlussspannungen sind die Werte proportional zur Netzspannung umzurechnen.

Die angegebenen Vorladeströme klingen nach einer e-Funktion ab, bis die Vorladung nach typischerweise 1 - 2 s abgeschlossen ist. Aufgrund der Erwärmung der Vorladewiderstände während der Vorladung ist maximal alle 3 Minuten eine vollständige Vorladung des DC-Zwischenkreises zulässig.

Leistung S120 SLM bei 400 V bzw. 690 V		Eingangsstrom bei 400 V bzw. 690 V	Vorladewiderstand R_v je Netzphase	Zu Beginn der Vorladung auftretender Netzstrom (Anfangs-Effektivwert) bei 400 V bzw. 690 V	Empfohlene anlagenseitige Absicherung des Vorladezweiges bei S120 Chassis mit Sicherung
Baugröße	Leistung				
3AC 380 V – 480 V					
GX	250 kW	463 A	12 Ω	17 A	3NE1 817-0 (50 A)
GX	355 kW	614 A	12 Ω	17 A	3NE1 817-0 (50 A)
HX	500 kW	883 A	4 Ω	50 A	3NE1 817-0 (50 A)
JX	630 kW	1093 A	4 Ω	50 A	3NE1 817-0 (50 A)
JX	800 kW	1430 A	4 Ω	50 A	3NE1 817-0 (50 A)
3AC 500 V – 690 V					
GX	450 kW	463 A	12 Ω	29 A	3NE1 817-0 (50 A)
HX	710 kW	757 A	4 Ω	86 A	3NE1 817-0 (50 A)
JX	1000 kW	1009 A	4 Ω	86 A	3NE1 817-0 (50 A)
JX	1400 kW	1430 A	4 Ω	86 A	3NE1 817-0 (50 A)

S120 Smart Line Modules: Zu Beginn der Vorladung auftretende Netzströme (Anfangs-Effektivwerte)

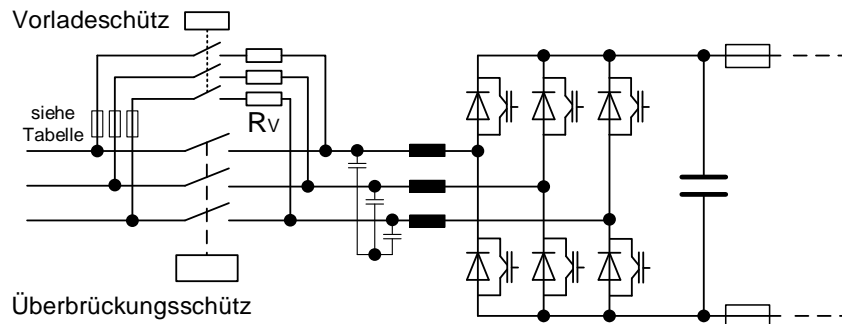
Absicherung der DC-Anschlüsse

Die DC-Anschlüsse der Smart Infeeds sind standardmäßig innerhalb der Smart Line Modules (SLM) mit schnellen Halbleitersicherungen des Typs 3NE3 ausgestattet.

6.5.3 Active Infeed

Bei den SINAMICS S120 Active Line Modules mit ihren zugehörigen Active Interface Modules, die als S120 Chassis (luftgekühlt und flüssigkeitsgekühlt) sowie als S120 Cabinet Modules (luftgekühlt und flüssigkeitsgekühlt) erhältlich sind, erfolgt die Vorladung des Zwischenkreises verlustbehaftet über eine Vorladeschaltung mit Widerständen in den Active Interface Modules. Zur Vorladung wird das Active Interface Module mit zugehörigem Active Line Module netzseitig über ein Vorladeschütz und Vorladewiderstände mit dem speisenden Netz verbunden. Nach beendeter Vorladung wird das Überbrückungsschütz geschlossen und das Vorladeschütz 500 ms später wieder geöffnet.

Die kurzzeitige Überlappung von Vorlade- und Überbrückungsschütz ist beim Active Infeed zwingend erforderlich, weil das Vorladeschütz nicht nur die Zwischenkreiskondensatoren vorlädt, sondern auch die Filterkondensatoren des Clean Power Filters im Active Interface Module. Die Überlappung sorgt somit für einen stoßstromfreien Spannungsaufbau an den Filterkondensatoren. Damit eine ausreichende Überlappung stattfindet, darf die Einschaltzeit des Überbrückungsschützes maximal 500 ms betragen.



SINAMICS S120 Active Infeed: Vorladung erfolgt über Vorladeschütz und Vorladewiderstände

ACHTUNG:

Vorladeschütz und Überbrückungsschütz sind absolut zwingend durch die interne Ablaufsteuerung des S120 Active Line Modules anzusteuern (Vorladeschütz über Stecker -X9:5,6 und Überbrückungsschütz über Stecker -X9:3,4). Im Falle der Verwendung eines Leistungsschalters als Überbrückungsschütz muss das Öffnen des Leistungsschalters zwingend durch eine unverzögerte Auslösung erfolgen. Daher dürfen nur Leistungsschalter mit unverzögertem Unterspannungsauslöser eingesetzt werden.

Bei S120 Active Line Modules der Bauform Chassis mit zugehörigen Active Interface Modules der Baugrößen FI und GI sind die Vorladeschaltung und das Überbrückungsschütz Bestandteil des Active Interface Modules. Der Vorladezweig im Active Interface Module ist kurzschlussfest ausgeführt. Eine anlagenseitige Absicherung des Vorladezweiges ist hier nicht erforderlich.

Bei S120 Active Line Modules der Bauform Chassis mit zugehörigen Active Interface Modules der Baugrößen HI und JI ist das Überbrückungsschütz kein Bestandteil des Active Interface Modules. Das Überbrückungsschütz, welches leistungsabhängig als Schütz oder Leistungsschalter ausgeführt sein kann und eine maximale Einschaltzeit von 500 ms haben darf, ist hier anlagenseitig aufzubauen. Auch die Absicherung des Vorladezweiges ist hier anlagenseitig vorzunehmen. Die hierzu empfohlenen Sicherungen sind der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Wegen der kurzzeitigen Überlappung zwischen Vorladeschütz und Überbrückungsschütz ist zwingend zu beachten, dass der Vorladekreis dieselbe Phasenfolge aufweisen muss wie der Hauptstromkreis.

Bei S120 Active Line Modules mit zugehörigen Active Interface Modules der Bauform Cabinet Modules ist die Absicherung des Vorladezweiges entweder nicht erforderlich (kurzschlussfeste Ausführung in den Active Interface Modules der Baugrößen FI und GI) oder die Absicherung erfolgt standardmäßig mit Sicherungen innerhalb des Line Connection Modules, welches dem Active Line Module mit zugehörigem Active Interface Module vorgeschaltet ist.

In der folgenden Tabelle sind die zu Beginn der Vorladung auftretenden Netzströme als Effektivwerte für Netzanschlussspannungen 400 V bzw. 690 V angegeben. Aufgrund des Vorladeprinzips mit Widerständen sind die angegebenen Werte unabhängig von der Größe der vorzuladenden Zwischenkreiskapazität. Bei abweichenden Netzanschlussspannungen sind die Werte proportional zur Netzspannung umzurechnen.

Die angegebenen Vorladeströme klingen nach einer e-Funktion ab, bis die Vorladung nach typischerweise 1 - 2 s abgeschlossen ist. Aufgrund der Erwärmung der Vorladewiderstände während der Vorladung ist maximal alle 3 Minuten eine vollständige Vorladung des DC-Zwischenkreises zulässig.

SINAMICS S120

Projektierungshinweise

Leistung S120 ALM bei 400 V bzw. 690 V	Eingangsstrom bei 400 V bzw. 690 V	Vorladewiderstand R _v je Netzphase (im AIM)	Zu Beginn der Vorladung auftretender Netzstrom (Anfangs-Effektivwert) bei 400 V bzw. 690 V	Empfohlene anlagenseitige Absicherung des Vorladezweiges bei S120 Chassis mit Sicherung
Baugröße Leistung				
3AC 380 V – 480 V				
FX 132 kW	210 A	6,8 Ω	29 A	nicht erforderlich
FX 160 kW	260 A	6,8 Ω	29 A	nicht erforderlich
GX 235 kW	380 A	3,4 Ω	59 A	nicht erforderlich
GX / GXL 300 kW	490 A	3,4 Ω	59 A	nicht erforderlich
HX / HXL 380 kW	605 A	2,2 Ω	91 A	3NE1 817-0 (50 A)
HX 450 kW	745 A	2,2 Ω	91 A	3NE1 817-0 (50 A)
HX / HXL 500 kW	840 A	2,2 Ω	91 A	3NE1 817-0 (50 A)
JX / JXL 630 kW	985 A	1,1 Ω	182 A	3NE1 021-0 (100 A)
JX 800 kW	1260 A	1,1 Ω	182 A	3NE1 021-0 (100 A)
JX / JXL 900 kW	1405 A	1,1 Ω	182 A	3NE1 021-0 (100 A)
3AC 500 V – 690 V				
HX / HXL 630 kW	575 A	4,0 Ω	86 A	3NE1 817-0 (50 A)
JX / HXL 800 kW	735 A	2,0 Ω	172 A	3NE1 021-0 (100 A)
HXL 900 kW	810 A	2,0 Ω	172 A	3NE1 021-0 (100 A)
JX / JXL 1100 kW	1025 A	2,0 Ω	172 A	3NE1 021-0 (100 A)
JX / JXL 1400 kW	1270 A	2,0 Ω	172 A	3NE1 021-0 (100 A)
JXL 1700 kW	1560 A	1,33 Ω	259 A	3NE1 021-0 (100 A)

S120 Active Infeed: Zu Beginn der Vorladung auftretende Netzströme (Anfangs-Effektivwerte)

Absicherung der DC-Anschlüsse

Die DC-Anschlüsse der luftgekühlten Active Infeeds sind standardmäßig innerhalb der Active Line Modules (ALM) mit schnellen Halbleitersicherungen des Typs 3NE3 ausgestattet.

Die DC-Anschlüsse der flüssigkeitsgekühlten Active Infeeds besitzen standardmäßig keine Sicherungen innerhalb der Active Line Modules ALM. Sicherungen sind hier prinzipiell auch nicht zwingend erforderlich, werden jedoch für Parallelschaltungen von Active Line Modules empfohlen. Bei Bedarf können die DC-Anschlüsse dann extern abgesichert werden. Die hierfür empfohlenen Sicherungen sind der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Leistung des ALM bei 400 V / 690 V [kW]	IEC Halbleitersicherungen (Anz. je Active Line Module Betriebsklasse aR)			UL-Sicherungen (Anzahl je Active Line Module)		
	Anzahl x Artikel-Nr.	I _N [A]	Verlustleistung [W]	Anzahl x Artikel-Nr.	I _N [A]	Größe
Netzspannung 3AC 380 V – 480 V						
300	2 x 3NE3 336	630	2	2 x 100	2 x 3NB1 345-4KK11	800 NH3L
380	2 x 3NE3 338-8	800	2	2 x 130	2 x 3NB2 345-4KK16	800 2xNH3L
500	4 x 3NE3 335	560	2	4 x 95	2 x 3NB2 350-4KK16	1000 2xNH3L
630	4 x 3NE3 336	630	2	4 x 100	2 x 3NB2 355-4KK16	1400 2xNH3L
900	4 x 3NE3 340-8	900	2	4 x 165	2 x 3NB2 364-4KK17	2100 3xNH3L
Netzspannung 3AC 500 V – 690 V						
630	4 x 3NE3 232-0B	400	1	4 x 85	2 x 3NB2 345-4KK16	800 2xNH3L
800	4 x 3NE3 335	560	2	4 x 95	2 x 3NB2 350-4KK16	1000 2xNH3L
900	4 x 3NE3 335	560	2	4 x 95	2 x 3NB2 350-4KK16	1000 2xNH3L
1100	4 x 3NE3 337-8	710	2	4 x 105	2 x 3NB2 357-4KK16	1600 2xNH3L
1400	4 x 3NE3 340-8	900	2	4 x 165	2 x 3NB2 364-4KK17	2100 3xNH3L
1700	6 x 3NE3 337-8	710	2	6 x 105	2 x 3NB2 366-4KK17	2400 3xNH3L

S120 Active Infeed: Empf. Sicherungen zur Absicherung der DC-Anschlüsse von flüssigkeitsgekühlten Active Line Modules

6.6 Überprüfung der maximalen Zwischenkreiskapazität

6.6.1 Grundlagen

Über die in den SINAMICS S120 Infeeds vorhandene Vorladeschaltung wird der DC-Zwischenkreis der SINAMICS-Geräte vorgeladen, sobald der Gleichrichter netzseitig an Spannung gelegt wird. Die Vorladeschaltung begrenzt den Ladestrom in die im Zwischenkreis vorhandenen Kondensatoren. Nähere Details zu den in den verschiedenen Infeeds verwendeten Vorladeschaltungen sind im vorhergehenden Abschnitt sowie im Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt „SINAMICS Infeeds und deren Eigenschaften“ beschrieben.

Bei S120 Basic Infeeds kleinerer Leistung erfolgt die Vorladung zeitgesteuert über die Veränderung des Steuerwinkels der Gleichrichterthyristoren (Phasenanschnittsteuerung). Bei S120 Basic Infeeds größerer Leistung, die mit Gleichrichterioden ausgeführt sind, bei S120 Smart Infeeds und bei S120 Active Infeeds besteht die Vorladeschaltung aus Vorladeschützen und Vorladewiderständen, die den Zwischenkreis über die Gleichrichterioden vorladen.

Eine zu große angeschlossene Zwischenkreiskapazität kann zu einem zu lange fließenden Vorladestrom führen und Vorladeschütz und Vorladewiderstände überhitzen und damit zerstören.

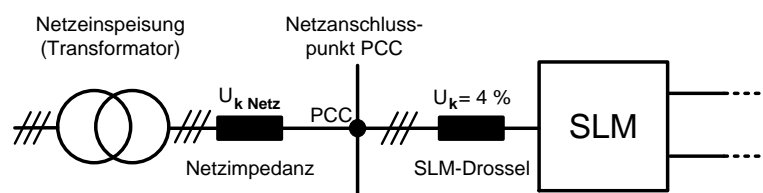
Eine zu große angeschlossene Zwischenkreiskapazität kann aber unter ungünstigen Betriebsbedingungen auch die Gleichrichterioden gefährden. Ein kritischer Betriebszustand ist in diesem Zusammenhang ein kurzzeitiger Netzspannungseinbruch bzw. Netzspannungsausfall mit einer Spannungswiederkehr kurz vor dem Erreichen der Unterspannungs-Abschaltswelle im Zwischenkreis. Durch den hierdurch hervorgerufenen Spannungshub können Nachladeströme in den Zwischenkreis entstehen, die die Gleichrichterioden schädigen.

Aufgrund dieser Zusammenhänge muss die Zwischenkreiskapazität des an die S120 Infeeds angeschlossenen Antriebsverbandes begrenzt werden und darf die in den technischen Daten angegebenen Werte für die maximal zulässige Zwischenkreiskapazität nicht überschreiten.

Für die verschiedenen Infeeds sind die beschriebenen Einflussfaktoren unterschiedlich zu bewerten:

Bei S120 Basic Infeeds ist die Vorladeschaltung der begrenzende Faktor, weil durch die zeitliche Begrenzung der Vorladung auf wenige Sekunden bei großen Zwischenkreiskapazitäten zu hohe bzw. zu lange fließende Ladeströme auftreten würden, die die Thyristoren bzw. die Vorladewiderstände bei den Diodengleichrichtern gefährden würden.

Bei S120 Smart Infeeds ist die beschriebene Belastung der Dioden durch die Nachladeströme nach Netzspannungseinbrüchen der begrenzende Faktor. Da die Nachladeströme durch die Netzimpedanz begrenzt werden, können umso größere Zwischenkreiskapazitäten zugelassen werden, je höher die Netzimpedanz ist. Die relative Netzkurzschlussspannung bezogen auf den Bemessungsstrom des Smart Infeeds muss mindestens $u_{K \text{ Netz}} = 4\%$ betragen. Bei einer Vergrößerung der relativen Netzkurzschlussspannung auf $u_{K \text{ Netz}} = 8\%$ können entsprechend größere Zwischenkreiskapazitäten zugelassen werden. Die entsprechenden Werte für $u_{K \text{ Netz}} = 4\%$ und $u_{K \text{ Netz}} = 8\%$ sind den nachfolgenden Tabellen zu entnehmen. Die in der Tabelle für das Smart Infeed angegebenen Werte $u_{K \text{ Netz}} (4\% \text{ bzw. } 8\%)$ gelten für den Netzanschlusspunkt PCC, an den das Smart Infeed angeschlossen wird, und beinhalten NICHT die für das Smart Infeed erforderliche, netzseitige SLM-Drossel mit $u_K = 4\%$.



Bei S120 Active Infeeds ist aufgrund der in der Firmware implementierten Netzstromregelung, die den Netzstrom regelungstechnisch immer unter Kontrolle hat, die Vorladeschaltung der begrenzende Faktor. Es ist daher möglich, in Abhängigkeit von der Netzanschlussspannung unterschiedliche Maximalwerte für die Zwischenkreiskapazität zuzulassen. Diese sind in den nachfolgenden Tabellen angegeben.

Bei parallelgeschalteten S120 Infeeds bestimmt sich die maximal mögliche Zwischenkreiskapazität aus der Anzahl der parallel betriebenen S120 Infeed Modules multipliziert mit deren maximaler Zwischenkreiskapazität. Hierbei ist stets sicherzustellen, dass alle parallelgeschalteten Infeed Modules gleichzeitig ans Netz geschaltet werden und sich alle Infeed Modules gleichzeitig an der Vorladung des Zwischenkreises beteiligen.

SINAMICS S120

Projektierungshinweise

6.6.2 Kapazitätswerte

Zur Überprüfung, ob die Gesamtkapazität die zulässigen Grenzwerte nicht überschreitet, sind sämtliche Einzelkapazitäten des Zwischenkreises zu addieren (inklusive der Eigenkapazität des Line Modules). Zur Erleichterung der Projektierung ist die zur Vorladung mögliche Kapazität des Antriebsverbandes ohne die Eigenkapazität der Line Module ebenfalls als „Reserve Vorladung“ in den Tabellen angeführt.

Basic Line Modules	Leistung bei 400 V bzw. 690 V [kW]	Bemessungs-ZK- Einspeise-Strom [A]	ZK-Kapazität [µF]	max. ZK-Kapazität [µF]	Reserve Vorladung [µF]
Artikel-Nr.					
Anschlussspannung 3AC 380 V – 480 V					
6SL3x30-1TE34-2AA3 ¹	200	420	7200	57600	50400
6SL3x30-1TE35-3AA3 ¹	250	530	9600	76800	67200
6SL3x35-1TE37-4AA3 ²	360	740	12000	96000	84000
6SL3x30-1TE38-2AA3 ¹	400	820	14600	116800	102200
6SL3x30-1TE41-2AA3 ¹	560	1200	23200	185600	162400
6SL3730-1TE41-2BA3 ³	560	1200	23200	185600	162400
6SL3730-1TE41-2BC3 ³	560	1200	23200	185600	162400
6SL3x35-1TE41-2AA3 ²	600	1220	20300	162400	142100
6SL3x30-1TE41-5AA3 ¹	710	1500	29000	232000	203000
6SL3730-1TE41-5BA3 ³	710	1500	29000	232000	203000
6SL3730-1TE41-5BC3 ³	710	1500	29000	232000	203000
6SL3x35-1TE41-7AA3 ²	830	1730	26100	208800	182700
6SL3x30-1TE41-8AA3 ¹	900	1880	34800	139200/278400 ⁴	104400/243600 ⁴
6SL3730-1TE41-8BA3 ³	900	1880	34800	139200/278400 ⁴	104400/243600 ⁴
6SL3730-1TE41-8BC3 ³	900	1880	34800	139200/278400 ⁴	104400/243600 ⁴
Anschlussspannung 3AC 500 V – 690 V					
6SL3x30-1TG33-0AA3 ¹	250	300	3200	25600	22400
6SL3x35-1TG34-2AA3 ²	355	420	4800	38400	33600
6SL3x30-1TG34-3AA3 ¹	355	430	4800	38400	33600
6SL3x30-1TG36-8AA3 ¹	560	680	7300	58400	51100
6SL3x35-1TG37-3AA3 ²	630	730	7700	61600	53900
6SL3x30-1TG41-1AA3 ¹	900	1100	11600	92800	81200
6SL3730-1TG41-1BA3 ³	900	1100	11600	92800	81200
6SL3730-1TG41-1BC3 ³	900	1100	11600	92800	81200
6SL3x35-1TG41-3AA3 ²	1100	1300	15500	124000	108500
6SL3x30-1TG41-4AA3 ¹	1100	1400	15470	123760	108290
6SL3730-1TG41-4BA3 ³	1100	1400	15470	123760	108290
6SL3730-1TG41-4BC3 ³	1100	1400	15470	123760	108290
6SL3x35-1TG41-7AA3 ²	1370	1650	19300	154400	135100
6SL3x30-1TG41-8AA3 ¹	1500	1880	19500	78000/156000 ⁴	58500/136500 ⁴
6SL3730-1TG41-8BA3 ³	1500	1880	19500	78000/156000 ⁴	58500/136500 ⁴
6SL3730-1TG41-8BC3 ³	1500	1880	19500	78000/156000 ⁴	58500/136500 ⁴

¹ Die Artikelnummer 6SL3x30 steht für die luftgekühlten S120 Chassis und Cabinet Modules.

² Die Artikelnummer 6SL3x35 steht für die flüssigkeitsgekühlten S120 Chassis und Cabinet Modules

³ Diese Geräte sind ausschließlich im Spektrum der luftgekühlten S120 Cabinet Modules erhältlich.

⁴ Der zuerst angegebene Wert gilt für S120 Dioden-BLMs mit einem Vorladewiderstand je Phase, der zuletzt angegebene Wert für S120 Dioden-BLMs mit zwei parallel geschalteten Vorladewiderständen je Phase, siehe Abschnitt „Vorladung des Zwischenkreises und Vorladeströme“, Unterabschnitt „Basic Infeed: Basic Line Modules mit Dioden“.

Smart Line Modules	Leistung bei 400 V bzw. 690 V	Bemessungs-ZK- Einspeise-Strom	ZK-Kapazität	max. ZK- Kapazität mit $U_k \text{ Netz} \geq 4\%$	max. ZK- Kapazität mit $U_k \text{ Netz} \geq 8\%$	Reserve Vorladung mit $U_k \text{ Netz} \geq 4\%/8\%$
Artikel-Nr.	[kW]	[A]	[μF]	[μF]	[μF]	[μF]
Anschlussspannung 3AC 380 V – 480 V						
6SL3x30-6TE35-5AA3 ¹	250	550	8400	42000	42000	33600
6SL3x30-6TE37-3AA3 ¹	355	730	12000	60000	60000	48000
6SL3x30-6TE41-1AA3 ¹	500	1050	16800	67200	134400	50400 / 117600
6SL3730-6TE41-1BA3 ²	500	1050	16800	67200	134400	50400 / 117600
6SL3730-6TE41-1BC3 ²	500	1050	16800	67200	134400	50400 / 117600
6SL3x30-6TE41-3AA3 ¹	630	1300	18900	75600	151200	56700 / 132300
6SL3730-6TE41-3BA3 ²	630	1300	18900	75600	151200	56700 / 132300
6SL3730-6TE41-3BC3 ²	630	1300	18900	75600	151200	56700 / 132300
6SL3x30-6TE41-7AA3 ¹	800	1700	28800	115200	230400	86400 / 201600
6SL3730-6TE41-7BA3 ²	800	1700	28800	115200	230400	86400 / 201600
6SL3730-6TE41-7BC3 ²	800	1700	28800	115200	230400	86400 / 201600
Anschlussspannung 3AC 500 V – 690 V						
6SL3x30-6TG35-5AA3 ¹	450	550	5600	28000	28000	22400
6SL3x30-6TG38-8AA3 ¹	710	900	7400	29600	59200	22200 / 51800
6SL3730-6TG38-8BA3 ²	710	900	7400	29600	59200	22200 / 51800
6SL3730-6TG38-8BC3 ²	710	900	7400	29600	59200	22200 / 51800
6SL3x30-6TG41-2AA3 ¹	1000	1200	11100	44400	88800	33300 / 77700
6SL3730-6TG41-2BA3 ²	1000	1200	11100	44400	88800	33300 / 77700
6SL3730-6TG41-2BC3 ²	1000	1200	11100	44400	88800	33300 / 77700
6SL3x30-6TG41-7AA3 ¹	1400	1700	14400	57600	115200	43200 / 100800
6SL3730-6TG41-7BA3 ²	1400	1700	14400	57600	115200	43200 / 100800
6SL3730-6TG41-7BC3 ²	1400	1700	14400	57600	115200	43200 / 100800

¹ Die Artikelnummer 6SL3x30 steht für die luftgekühlten S120 Chassis und Cabinet Modules.

² Diese Geräte sind ausschließlich im Spektrum der luftgekühlten S120 Cabinet Modules erhältlich.

SINAMICS S120

Projektierungshinweise

Active Line Modules	Leistung bei 400 V bzw. 690 V	Bemessungs- ZK-Einspeise- Strom	ZK- Kapazität	max. ZK- Kapazität bei $U_N = 400$ V bzw. 500 V	max. ZK- Kapazität bei $U_N = 480$ V bzw. 690 V	Reserve Vorladung bei 400 V bzw. 500 V / 480 V bzw. 690 V
Artikel-Nr.	[kW]	[A]	[μ F]	[μ F]	[μ F]	[μ F]
Anschlussspannung 3AC 380 V – 480 V						
6SL3x30-7TE32-1xx3 ¹	132	235	4200	62400	41600	58200 / 37400
6SL3x30-7TE32-6xx3 ¹	160	291	5200	62400	41600	57200 / 36400
6SL3x30-7TE33-8xx3 ¹	235	425	7800	115200	76800	107400 / 69000
6SL3x30-7TE35-0xx3 ¹	300	549	9600	115200	76800	105600 / 67200
6SL3x35-7TE35-0xx3 ²	300	549	9600	115200	76800	105600 / 67200
6SL3x30-7TE36-1xx3 ¹	380	678	12600	201600	134400	189000 / 121800
6SL3x35-7TE36-1xx3 ²	380	677	12600	201600	134400	189000 / 121800
6SL3330-7TE37-5xx3	450	835	15600	201600	134400	186000 / 118800
6SL3x30-7TE38-4xx3 ¹	500	940	16800	201600	134400	184800 / 117600
6SL3x35-7TE38-4xx3 ²	500	941	17400	201600	134400	184200 / 117000
6SL3x30-7TE41-0xx3 ¹	630	1103	18900	345600	230400	326700 / 211500
6SL3x35-7TE41-0xx3 ²	630	1100	18900	345600	230400	326700 / 211500
6SL3330-7TE41-2xx3	800	1412	26100	345600	230400	319500 / 204300
6SL3x30-7TE41-4xx3 ¹	900	1574	28800	345600	230400	316800 / 201600
6SL3x35-7TE41-4xx3 ²	900	1573	28800	345600	230400	316800 / 201600
Anschlussspannung 3AC 500 V – 690 V						
6SL3x30-7TG35-8xx3 ¹	630	644	7400	112500	59200	105100 / 51800
6SL3x35-7TG35-8xx3 ²	630	644	9670	112500	59200	102830 / 49530
6SL3x30-7TG37-4xx3 ¹	800	823	11100	291800	153600	280700 / 142500
6SL3x35-7TG37-4xx3 ²	800	823	10500	291800	153600	281300 / 143100
6SL3x35-7TG38-1xx3 ²	900	907	10500	291800	153600	281300 / 143100
6SL3x30-7TG41-0xx3 ¹	1100	1148	14400	291800	153600	277400 / 139200
6SL3x35-7TG41-0xx3 ²	1100	1147	16000	291800	153600	275800 / 137600
6SL3x30-7TG41-3xx3 ¹	1400	1422	19200	291800	153600	272600 / 134400
6SL3x35-7TG41-3xx3 ²	1400	1422	19330	291800	153600	272470 / 134270
6SL3x35-7TG41-6xx3 ²	1700	1740	21000	418000	210000	397000 / 189000

¹ Die Artikelnummer 6SL3x30 steht für die luftgekühlten S120 Active Line Modules der Bauformen Chassis und Cabinet Modules. Die Zwischenkreiskapazität ist jeweils begrenzt durch die Vorladeschaltung im zugehörigen luftgekühlten Active Interface Module.

² Die Artikelnummer 6SL3x35 steht für die flüssigkeitsgekühlten und wassergekühlten S120 Active Line Modules der Bauformen Chassis und Cabinet Modules. Die Zwischenkreiskapazität ist jeweils begrenzt durch die Vorladeschaltung im zugehörigen Active Interface Module.

Motor Modules Artikel-Nr.	Typeleistung bei 400 V bzw. 690 V [kW]	Bemessungs- Ausgangsstrom [A]	ZK-Kapazität der luftgekühlten Geräte [µF]	ZK-Kapazität der flüssigkeitsgekühlten Geräte [µF]
Anschlussspannung 3AC 380 V – 480 V bzw. DC 510 V – 720 V				
6SL3x2x-1TE21-0Ax4	4,8	9	110	-
6SL3x2x-1TE21-8Ax4	9,7	18	220	-
6SL3x2x-1TE23-0Ax4	16	30	705	-
6SL3x2x-1TE24-5Ax4	24	45	1175	-
6SL3x2x-1TE26-0Ax4	32	60	1410	-
6SL3x2x-1TE28-5Ax3	46	85	1880	-
6SL3x2x-1TE31-3Ax3	71	132	2820	-
6SL3x2x-1TE32-1AAx ¹	110	210	4200	4800
6SL3x2x-1TE32-6AAx ¹	132	260	5200	5800
6SL3x2x-1TE33-1AAx ¹	160	310	6300	8400
6SL3x2x-1TE33-8AAx ¹	200	380	7800	-
6SL3x2x-1TE35-0AAx ¹	250	490	9600	9600
6SL3x2x-1TE36-1AAx ¹	315	605	12600	12600
6SL3x2x-1TE37-5AAx ¹	400	745	15600	17400
6SL3x2x-1TE38-4AAx ¹	450	840	16800	17400
6SL3x2x-1TE41-0AAx ¹	560	985	18900	21000
6SL3x2x-1TE41-2AAx ¹	710	1260	26100	29000
6SL3x2x-1TE41-4ASx ¹	800	1330	19200	21000
6SL3x2x-1TE41-4AAx ¹	800	1405	28800	29000
Anschlussspannung 3AC 500 V – 690 V bzw. DC 675 V – 1035 V				
6SL3x2x-1TG28-5AAx ¹	75	85	1200	-
6SL3x2x-1TG31-0AAx ¹	90	100	1200	2800
6SL3x2x-1TG31-2AAx ¹	110	120	1600	-
6SL3x2x-1TG31-5AAx ¹	132	150	2800	2800
6SL3x2x-1TG31-8AAx ¹	160	175	2800	-
6SL3x2x-1TG32-2AAx ¹	200	215	2800	4200
6SL3x2x-1TG32-6AAx ¹	250	260	3900	-
6SL3x2x-1TG33-3AAx ¹	315	330	4200	5800
6SL3x2x-1TG34-1AAx ¹	400	410	7400	-
6SL3x2x-1TG34-7AAx ¹	450	465	7400	9670
6SL3x2x-1TG35-8AAx ¹	560	575	7400	9670
6SL3x2x-1TG37-4AAx ¹	710	735	11100	10500
6SL3x2x-1TG38-0AAx ¹	800	810	-	10500
6SL3x2x-1TG38-1AAx ¹	800	810	11100	14000
6SL3x2x-1TG38-8AAx ¹	900	910	14400	-
6SL3x2x-1TG41-0AAx ¹	1000	1025	14400	16000
6SL3x2x-1TG41-3AAx ¹	1200	1270	19200	19330
6SL3x2x-1TG41-6APx ¹	1500	1560	-	21000

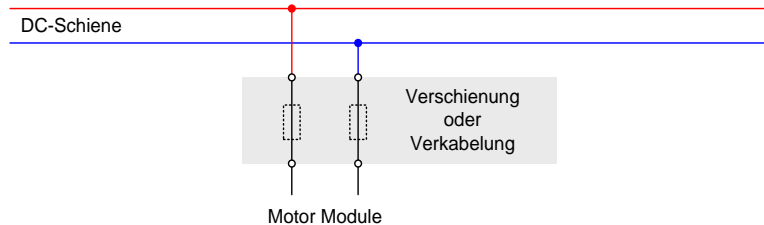
¹ Die Artikelnummer 6SL3x2x steht für:

- 6SL3320 der luftgekühlten S120 Chassis-Geräte, soweit diese in der entsprechenden Leistung vorhanden sind,
- 6SL3325 der flüssigkeitsgekühlten und wassergekühlten S120 Chassis-Geräte, soweit diese in der entsprechenden Leistung vorhanden sind,
- 6SL3720 der luftgekühlten S120 Cabinet Modules, welche die luftgekühlten Chassis 6SL3320 enthalten.
- 6SL3725 der flüssigkeitsgekühlten S120 Cabinet Modules, welche die flüssigkeitsgekühlten Chassis 6SL3325 enthalten.

6.7 Anschluss von Motor Modules an eine gemeinsame DC-Schiene

6.7.1 Direkter Anschluss an die DC-Schiene

Beim direkten Anschluss an die DC-Schiene werden die Motor Modules ohne trennbare Kontaktstellen unmittelbar über Schienen, Kabel oder Sicherungen fest mit der DC-Schiene verbunden.



Direkter Anschluss eines Motor Modules an die DC-Schiene

Jedes Motor Module muss hierbei einzeln abgesichert werden.

Luftgekühlte S120 Motor Modules der Bauform Chassis enthalten hierfür bereits standardmäßig integrierte, schnelle Halbleitersicherungen sowohl im Plus- als auch im Minus-Pfad, die das Motor Module bei einem internen Kurzschluss schnell u. zuverlässig komplett von der DC-Schiene trennen, so dass diese Motor Modules unmittelbar über kurze Schienen oder Kabel direkt mit der DC-Schiene verschraubt werden können.

Flüssigkeitsgekühlte S120 Motor Modules der Bauform Chassis enthalten keine integrierten Sicherungen. Diese Motor Modules müssen daher über extern angeordnete schnelle Halbleitersicherungen mit der DC-Schiene verbunden werden. Die für den direkten Anschluss empfohlenen Sicherungen sind der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Typeleistung bei 400 V / 690 V [kW]	IEC Halbleitersicherungen (Anzahl je Motor Module) Betriebsklasse aR			Verlust- leistung [W]	UL-Sicherungen (Anzahl je Motor Module)		
	Anzahl x Artikel-Nr.	I_N [A]	Größe		Anzahl x Artikel-Nr.	I_N [A]	Größe
Zwischenkreisspannung DC 510 V – 720 V							
110	2 x 3NE3 230-0B	315	1	2 x 65	2 x 3NB1 231-4KK11	315	NH2L
132	2 x 3NE3 232-0B	400	1	2 x 85	2 x 3NB1 234-4KK11	400	NH2L
160	2 x 3NE3 233	450	1	2 x 95	2 x 3NB1 337-4KK11	500	NH3L
250	2 x 3NE3 336	630	2	2 x 100	2 x 3NB1 345-4KK11	800	NH3L
315	2 x 3NE3 338-8	800	2	2 x 130	2 x 3NB2 345-4KK16	800	2xNH3L
400 ¹⁾	4 x 3NE3 334-0B	500	2	4 x 90	2 x 3NB2 350-4KK16	1000	2xNH3L
450	4 x 3NE3 335	560	2	4 x 95	2 x 3NB2 350-4KK16	1000	2xNH3L
560	4 x 3NE3 336	630	2	4 x 100	2 x 3NB2 355-4KK16	1400	2xNH3L
710 ¹⁾	4 x 3NE3 340-8	900	2	4 x 165	2 x 3NB2 364-4KK17	2100	3xNH3L
800	4 x 3NE3 340-8	900	2	4 x 165	2 x 3NB2 364-4KK17	2100	3xNH3L
Zwischenkreisspannung DC 675 V – 1035 V							
90	2 x 3NE3 224	160	1	2 x 42	2 x 3NB1 126-4KK11	200	NH1L
132	2 x 3NE3 225	200	1	2 x 42	2 x 3NB1 128-4KK11	250	NH1L
200	2 x 3NE3 230-0B	315	1	2 x 65	2 x 3NB1 231-4KK11	315	NH2L
315	2 x 3NE3 233	450	1	2 x 95	2 x 3NB1 337-4KK11	500	NH3L
450 ¹⁾	2 x 3NE3 336	630	2	2 x 100	2 x 3NB1 345-4KK11	800	NH3L
560	4 x 3NE3 232-0B	400	1	4 x 85	2 x 3NB2 345-4KK16	800	2xNH3L
710 ¹⁾	4 x 3NE3 335	560	2	4 x 95	2 x 3NB2 350-4KK16	1000	2xNH3L
800	4 x 3NE3 335	560	2	4 x 95	2 x 3NB2 350-4KK16	1000	2xNH3L
1000	4 x 3NE3 337-8	710	2	4 x 105	2 x 3NB2 357-4KK16	1600	2xNH3L
1200	4 x 3NE3 340-8	900	2	4 x 165	2 x 3NB2 364-4KK17	2100	3xNH3L
1500 ¹⁾	6 x 3NE3 337-8	710	2	6 x 105	2 x 3NB2 366-4KK17	2400	3xNH3L

1) Für diese Geräte besitzen die angegebenen IEC-Sicherungen keine UL-Zulassung

Empfohlene Sicherungen zum direkten Anschluss von flüssigkeitsgekühlten S120 Motor Modules der Bauform Chassis

Hinweis:

Die in der Tabelle angegebenen IEC-Sicherungen sind identisch mit den Sicherungen, die in den luftgekühlten SINAMICS S120 Motor Modules gleicher Typeleistung als integrierte Sicherungen verwendet werden.

6.8 Braking Modules / Bremswiderstände

6.8.1 Braking Modules zum Einbau in Geräte der Bauform Chassis

Braking Modules und Bremswiderstände werden benötigt, wenn eine nicht rückspeisefähige Einspeisung (Basic Line Module BLM) verwendet wird, und gelegentlich für kurze Zeit generatorische Energie anfällt, z. B. beim Abbremsen des Antriebes. Braking Modules und Bremswiderstände können auch eingesetzt werden, wenn bei der Verwendung rückspeisefähiger Einspeisungen (Smart Line Module SLM oder Active Line Module ALM) die Antriebe auch bei einem Netzausfall gezielt stillgesetzt werden müssen, z. B. bei einem Notrückzug oder bei einem NOT-AUS der Kategorie 1.

Braking Modules für den Einbau in die luftgekühlten Geräte der Bauform Chassis stehen mit Dauerbremsleistungen von 25 kW (P_{20} -Leistung 100 kW) und 50 kW (P_{20} -Leistung 200 kW) zur Verfügung. Sie enthalten die Leistungselektronik und die dazugehörige Ansteuerung. Im Betrieb wird die Zwischenkreisenergie in einem externen Bremswiderstand außerhalb des Schaltschranks in Wärme umgewandelt. Das Braking Module arbeitet völlig autark in Abhängigkeit von der Höhe der Zwischenkreisspannung. Eine Wechselwirkung mit der Regelung des zugehörigen Line Modules oder Motor Modules besteht nicht.



Braking Module für den Einbau in Geräte der Bauform Chassis

Ein Parallelbetrieb von mehreren Braking Modules an einem gemeinsamen Zwischenkreis ist möglich. Die maximale Anzahl sollte im Hinblick auf die Leistungsaufteilung auf ca. 4 bis 6 Braking Modules je Zwischenkreis beschränkt werden. Dabei muss an jedes Braking Module ein eigener Bremswiderstand angeschlossen werden.

Für größere Bremsleistungen stehen im Spektrum der S120 Cabinet Modules eigenständige Schrankkomponenten als Central Braking Modules zur Verfügung. Diese sind im Kapitel „Projektierung der modularen Schrankgeräte SINAMICS S120 Cabinet Modules“, Abschnitt „Central Braking Modules“ beschrieben. Größere Bremsleistungen können auch durch Verwendung eines SINAMICS S120 Motor Modules als 3-phasiges Braking Module erzielt werden. Nähere Informationen hierzu sind im Abschnitt „SINAMICS S120 Motor Modules als 3-phasige Braking Modules“ zu finden.

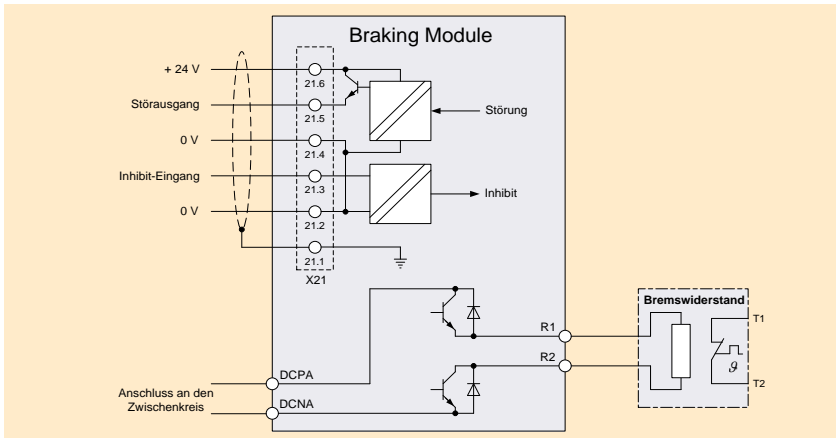
Braking Modules für den Einbau in die luftgekühlten Geräte der Bauform Chassis lassen sich in die Powerblocks integrieren. Die Braking Modules werden hierbei in den Abluftkanal der Line Modules oder Motor Modules eingebaut und an die Zwischenkreisverschienenung des jeweiligen Modules angeschlossen. Je nach Baugröße des Line Modules bzw. Motor Modules, d. h. je nach Anzahl der Powerblocks, stehen bis zu 3 Einbauplätze zur Verfügung.

- Baugröße FB, GB, FX, GX: 1 Einbauplatz
- Baugröße HX: 2 Einbauplätze
- Baugröße JX: 3 Einbauplätze

Bei ausgedehnten DC-Verbänden ist sicherzustellen, dass sich die jeweiligen Line Modules oder Motor Modules, welche Braking Modules enthalten, auch in Betrieb befinden, wenn die Braking Modules beansprucht werden, damit eine ausreichende Kühlung durch die Lüfter der entsprechenden Leistungsteile sichergestellt ist.

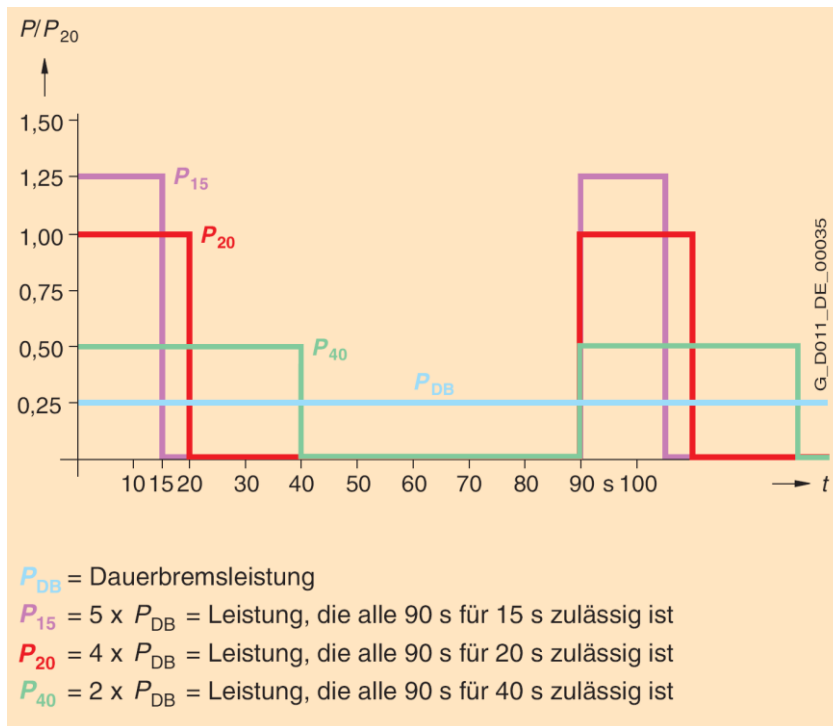
Werden die Bremsseinheiten bei Umgebungstemperaturen $> 40\text{ °C}$ und Aufstellhöhen $> 2000\text{ m}$ eingesetzt, so gelten auch hier die bei den entsprechenden Chassis-Leistungsteilen angeführten Reduktionsfaktoren für Strom und Leistung.

Zwischen Braking Module und Bremswiderstand ist eine maximale Leitungslänge von 100 m zulässig. Dadurch ist es möglich, den Bremswiderstand extern aufzustellen und die Verlustwärme außerhalb des Umrichterraumes freizusetzen. Der Anschluss des Bremswiderstandes erfolgt direkt an den Klemmen des Braking Modules.



Anschluss von Braking Module und Bremswiderstand bei SINAMICS S120 Chassis

Das folgende Diagramm zeigt die Leistungsdefinitionen und die zulässigen Lastspiele für die Braking Modules und die zugehörigen Bremswiderstände. Die Angaben gelten für die werkseitig eingestellten Ansprechschwellen.



Leistungsdefinitionen und Lastspiele für Braking Modules und Bremswiderstände

Ermittlung der erforderlichen Braking Modules und und Bremswiderstände

Im Folgenden wird die Vorgehensweise zur Berechnung der erforderlichen Dauerleistung der Braking Modules und Bremswiderstände erläutert.

1. Ermittlung des Mittelwertes der Bremsleistung P_{mittel}

Zunächst ist der Mittelwert der Bremsleistung P_{mittel} aus dem vorgegebenen Lastspiel zu bestimmen.

- Für periodische Lastspiele mit einer Lastspieldauer $T \leq 90$ s ist der Mittelwert der Bremsleistung P_{mittel} über die gesamte Lastspieldauer T zu bestimmen.
- Für periodische Lastspiele mit einer Lastspieldauer $T > 90$ s bzw. für sporadische Bremsvorgänge ist der Mittelwert der Bremsleistung P_{mittel} in jenem Zeitabschnitt zu bestimmen, in dem der größte Mittelwert auftritt. Als Zeitbasis für die Mittelwertberechnung ist eine Periodendauer von 90 s anzusetzen.

Aus dem Mittelwert der Bremsleistung P_{mittel} ergibt sich die erforderliche Dauerleistung des Braking Modules P_{DB} zu

$$P_{\text{DB}} \geq 1,125 \cdot P_{\text{mittel}}$$

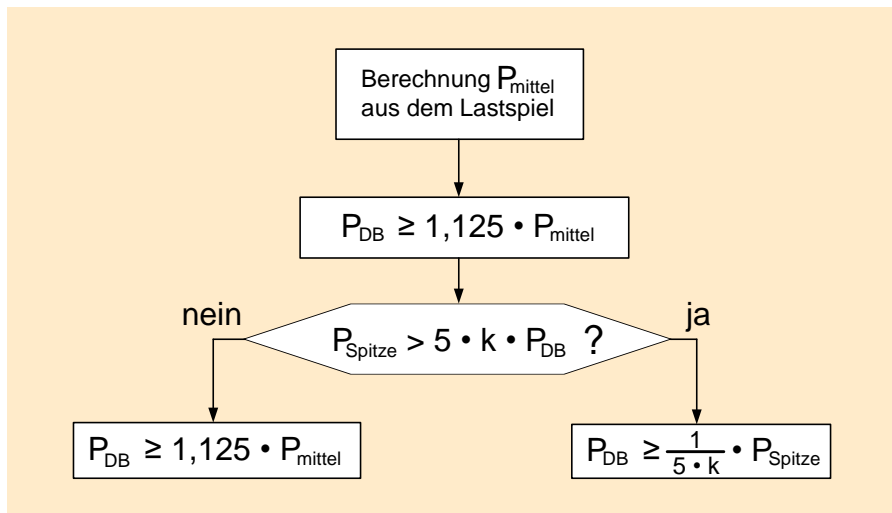
Hinweis:

Der Faktor $1,125 = 1 / 0,888$ berücksichtigt, dass aufgrund der thermischen Zeitkonstanten die zulässige mittlere Leistung bei Lastspielen – wie z. B. dem P_{20} -Lastspiel oder dem P_{40} -Lastspiel – nur 88,8 % der zulässigen Leistung im Dauerbetrieb beträgt.

2. Überprüfung der erforderlichen Spitzenbremsleistung P_{Spitze}

Bei der Auswahl der Braking Modules ist neben dem Mittelwert der Bremsleistung P_{mittel} auch die erforderliche Spitzenbremsleistung P_{Spitze} zu berücksichtigen. Es muss daher überprüft werden, ob das Braking Module mit der unter Punkt 1. ermittelten Dauerbremsleistung P_{DB} auch die während des vorgegebenen Lastspiels geforderte Spitzenbremsleistung P_{Spitze} aufzubringen vermag. Ist das nicht der Fall, so ist die erforderliche Dauerbremsleistung P_{DB} entsprechend der erforderlichen Spitzenbremsleistung zu erhöhen.

Das folgende Ablaufdiagramm zeigt die Vorgehensweise.



Ablaufdiagramm zur Ermittlung der erforderlichen Braking Modules und Bremswiderstände

Zur Reduzierung der Spannungsbeanspruchung des Motors und des Umrichters kann beim Betrieb mit niedrigen Netzanschlussspannungen (380 V – 400 V bzw. 500 V bzw. 660 V) in den jeweiligen Netzanschlussspannungsbereichen die Ansprechschwelle der Bremseinheit und damit die beim Bremsen auftretende Zwischenkreisspannung U_{ZK} herabgesetzt werden. Damit geht allerdings auch die erzielbare Spitzenleistung wegen $P_{\text{Spitze}} \sim (U_{\text{ZK}})^2 / R$ mit dem Reduktionsfaktor $k = (\text{untere Ansprechschwelle} / \text{obere Ansprechschwelle})^2$ zurück.

Werksseitig eingestellt ist jeweils die obere Ansprechschwelle. Die einstellbaren Ansprechschwellen und die zugehörigen Reduktionsfaktoren k sind der Tabelle zu entnehmen. Bei der Auswahl ist zu beachten, dass den Weitspannungsgescherten mit Anschlussspannungen von 3AC 500 V bis 690 V je nach Netzanschlussspannung am Aufstellort Braking Modules für 3AC 500 V bis 600 V oder Braking Modules für 3AC 660 V bis 690 V zuzuordnen sind.

Netzanschlussspannung	Ansprechschwelle U_{zk} mit zugehörigem Reduktionsfaktor k
3AC 380 V – 480 V	774 V (k = 1) bzw. 673 V (k = 0,756)
3AC 500 V – 600 V	967 V (k = 1) bzw. 841 V (k = 0,756)
3AC 660 V – 690 V	1158 V (k = 1) bzw. 1070 V (k = 0,853)

Ansprechschwellen der Braking Modules und zugehörige Reduktionsfaktoren k

Berechnungsbeispiele zur Ermittlung der erforderlichen Braking Modules und Bremswiderstände sind in den Kapiteln „Projektierung der Umrichter-Einbaugeräte SINAMICS G130“ und „Projektierung der Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS G150“ zu finden.

SINAMICS S120

Projektierungshinweise

Die Braking Modules sind als SINAMICS S120 Systemkomponenten separat erhältlich oder als Option im Gerätespektrum der SINAMICS S120 Cabinet Modules (Option L61, L62 bzw. L64, L65). Als Option der S120 Cabinet Modules werden die Braking Modules fertig eingebaut und verdrahtet geliefert.

Werden die Braking Modules als SINAMICS S120 Systemkomponenten bestellt, so sind die zugehörigen Bremswiderstände separat zu bestellen. Bei Bestellung der Optionen L61, L62 bzw. L64, L65 im Gerätespektrum der S120 Cabinet Modules beinhaltet die Optionsbestellung die Braking Modules einschließlich der zugehörigen Bremswiderstände.

6.8.2 Zu den Braking Modules zugehörige Bremswiderstände

Bremswiderstände wandeln die überschüssige Energie des Zwischenkreises in Wärme um. Der Bremswiderstand wird an ein Braking Module angeschlossen. Durch die Platzierung des Bremswiderstandes außerhalb des Schaltschranks bzw. außerhalb des Schaltraumes kann die entstehende Wärme weit entfernt von den Schaltschränken bzw. dem Schaltraum abgeführt werden. Dadurch reduziert sich der Klimatisierungsaufwand.



Bremswiderstand in Schutzart IP20 zum Anschluss an ein Braking Module

Passend zu den Leistungen und Lastspielen der Braking Modules zum Einbau in die luftgekühlten Geräte der Bauform Chassis stehen Widerstände mit Dauerleistungen von 25 kW und 50 kW zur Verfügung. Größere Leistungen lassen sich durch Parallelschaltung von Braking Modules mit den zugehörigen Bremswiderständen realisieren.

Die thermische Überwachung des Bremswiderstandes erfolgt elektronisch über das zugehörige Braking Module. Zusätzlich besitzt der Bremswiderstand einen Temperaturschalter (Öffner), der beim überschreiten der zulässigen Grenztemperatur anspricht. Der potenzialfreie Kontakt des Temperaturschalters kann über den Umrichter oder eine übergeordnete Steuerung ausgewertet werden.

Aufstellung

Die Bremswiderstände sind ausschließlich für die Montage in senkrechter Lage geeignet, nicht für die Montage an einer Wand. Beim Betrieb können Oberflächentemperaturen von über 80 °C auftreten. Dementsprechend muss ein ausreichender Abstand zu brennbaren Gegenständen eingehalten werden. Eine freistehende Aufstellung des Bremswiderstandes ist erforderlich mit Lüftungsfreiräumen von mind. 200 mm an allen Seiten. Auf und oberhalb des Bremswiderstandes dürfen keine Gegenstände abgestellt werden. Der Aufbau sollte nicht unter Brandmeldesensoren erfolgen, da diese durch die entstehende Wärme auslösen könnten. Es ist ferner darauf zu achten, dass der Aufstellungsraum in der Lage ist, die vom Bremswiderstand umgesetzte Energie abzuführen.

Die Anschlussleitungen zum Braking Module sind auf maximal 100 m zu begrenzen. Auf eine kurzschluss- und erdschlussfeste Verlegung ist zu achten.

Technische Daten der Bremswiderstände

Artikelnummer	Einheit	DC 510 V – 720 V		DC 675 V – 900 V		DC 890 V – 1035 V	
		6SL3000-1BE31-3AA0	6SL3000-1BE32-5AA0	6SL3000-1BF31-3AA0	6SL3000-1BF32-5AA0	6SL3000-1BH31-3AA0	6SL3000-1BH32-5AA0
P _{DB} (Bemessungsleistung)	kW	25	50	25	50	25	50
P15 (Spitzenleistung)	kW	125	250	125	250	125	250
Widerstand	Ω	4,4 ± 7,5 %	2,2 ± 7,5 %	6,8 ± 7,5 %	3,4 ± 7,5 %	9,8 ± 7,5 %	4,9 ± 7,5 %
Max. Strom	A	189	378	153	306	125	255
Kabeleinführung		über Kabelverschraubung M50	über Kabelverschraubung M50	über Kabelverschraubung M50	über Kabelverschraubung M50	über Kabelverschraubung M50	über Kabelverschraubung M50
Leistungsanschluss		über Bolzenklemme M8	über Bolzenklemme M8	über Bolzenklemme M8	über Bolzenklemme M8	über Bolzenklemme M8	über Bolzenklemme M8
Max. anschließbarer Kabelquerschnitt	mm ²	50	70	50	70	50	70
Schutzart		IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20
Breite x Höhe x Tiefe	mm	740 x 605 x 485	810 x 1325 x 485	740 x 605 x 485	810 x 1325 x 485	740 x 605 x 485	810 x 1325 x 485
Gewicht, ca.	kg	50	120	50	120	50	120
Passend zu Braking Module mit der Artikelnummer		6SL3300-1AE31-3AA0	6SL3300-1AE32-5 . A0	6SL3300-1AF31-3AA0	6SL3300-1AF32-5 . A0	6SL3300-1AH31-3AA0	6SL3300-1AH32-5 . A0

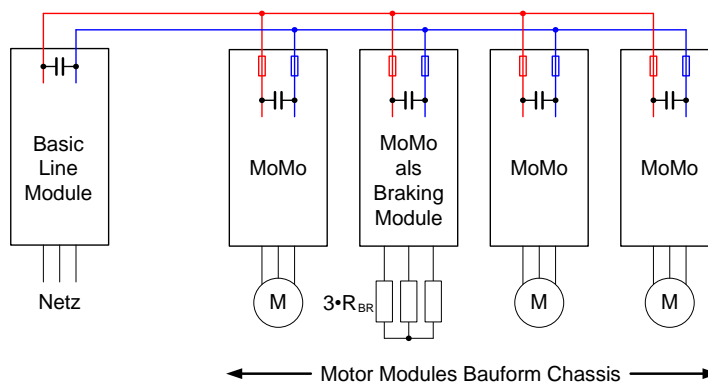
6.8.3 SINAMICS S120 Motor Modules als 3-phasige Braking Modules

Aufbau

SINAMICS S120 Motor Modules der Bauform Chassis in Luft- und Flüssigkeitskühlung lassen sich als 3-phasige Braking Modules einsetzen. Der Einsatz als Braking Module empfiehlt sich immer dann, wenn sehr häufig sehr hohe Bremsleistungen benötigt werden.

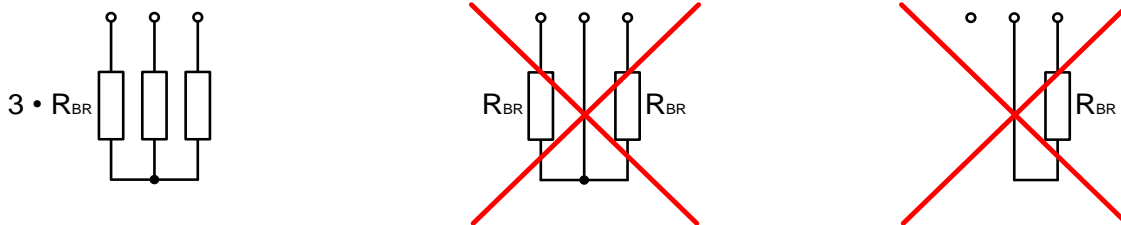
Voraussetzung sind Bremsvorgänge mit eher geringer Dynamik, denn die Ansprechzeit liegt mit ca. 4 - 5 ms etwa um den Faktor 3 höher als die Ansprechzeit der Braking Modules, die zum Einbau in Geräte der Bauform Chassis bestimmt sind, und der Central Braking Modules, die im Spektrum der SINAMICS S120 Cabinet Modules verfügbar sind. Deren Ansprechzeit liegt im Bereich von nur 1 - 2 ms.

SINAMICS S120 Motor Modules, die als 3-phasige Braking Modules arbeiten, werden wie Motor Modules in der Standardanwendung an die DC-Schiene angeschlossen, abgesichert und vorgeladen. Die Anordnung innerhalb des Antriebsverbandes sollte möglichst an der Stelle erfolgen, an der die größte generatorische Energie eingespeist wird, d. h. möglichst neben den Motor Modules, die die meiste generatorische Energie liefern.



Antriebsverband bestehend aus mehreren S120 Motor Modules und einem S120 Motor Module als Braking Module

Am Ausgang des Motor Modules, das als Braking Module arbeitet, werden anstelle eines Motors drei identische Bremswiderstände R_{BR} in Sternschaltung angeschlossen, die eine symmetrische ohmsche Last bilden. Diese können als drei einzelne Widerstände in getrennten Gehäusen oder als symmetrischer 3-phasiger Widerstand in einem Gehäuse ausgeführt sein. Unsymmetrische oder einphasige Widerstandsarrangements sind nicht zulässig.



Drei identische, symmetrisch angeordnete Bremswiderstände in Sternschaltung

Zwei unsymmetrisch angeordnete Bremswiderstände

Ein unsymmetrisch angeordneter Bremswiderstand

Die Temperaturschalter (Öffner) zur thermischen Überwachung der drei Bremswiderstände sind in Reihe zu schalten. Die Mindestleitungslänge zu den Bremswiderständen beträgt 10 m. Kann diese nicht realisiert werden, so ist eine Motordrossel zu verwenden.

Die maximale Leitungslänge beträgt 300 m bei geschirmten Leitungen und 450 m bei ungeschirmten Leitungen – wie die Motorleitungslänge bei Motor Modules in der Standardanwendung. Die empfohlenen Leitungstypen sowie die empfohlenen und maximal anschließbaren Leitungsquerschnitte entsprechen den Vorgaben für die S120 Motor Modules in der Standardanwendung.

Auswahl der Motor Modules

SINAMICS S120 Motor Modules besitzen in der Anwendung als 3-phasige Braking Modules im Vergleich zur Standardanwendung teilweise reduzierte Ausgangsströme.

Die Reduktion der Ausgangsströme liegt darin begründet, dass in der Anwendung als Braking Module die Ausgangsleistung eine reine Wirkleistung ist. Im Gegensatz zur Standardanwendung, in der die Ausgangsleistung einen Blindanteil enthält, der aus dem eigenen Zwischenkreis stammt, wird in der Anwendung als Braking Module die gesamte Ausgangsleistung über die DC-Schiene bezogen, wodurch der Eingangsstrom über die DC-Sicherungen ansteigt. Die vorhandenen DC-Sicherungen in den luftgekühlten Motor Modules bzw. die empfohlenen DC-Sicherungen für die flüssigkeitsgekühlten Motor Modules stellen eine geräteabhängige Limitierung in der Anwendung als Braking Module dar und führen daher geräteabhängig zu einer Stromreduktion von bis zu 12 %.

Die zulässigen Ausgangsströme in der Anwendung als Braking Modules (Dauerbremsstrom $I_{n-Brems}$, die Grundlastbremsströme $I_{L-Brems}$ und $I_{H-Brems}$ sowie der Maximalbremsstrom $I_{max-Brems}$ sind der Tabelle mit den gerätespezifischen technischen Daten auf der nächsten Seite zu entnehmen.

Für Lastspiele gelten die Definitionen, Diagramme und Berechnungsformeln des Kapitels „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt „Lastspiele“, wobei die Größen I_n , I_L , I_H und I_{max} jeweils durch $I_{n-Brems}$, $I_{L-Brems}$, $I_{H-Brems}$ und $I_{max-Brems}$ zu ersetzen sind.

Die Bremsleistung P_{Brems} des als Braking Module arbeitenden Motor Modules ist proportional zur Zwischenkreisspannung während des Bremsbetriebes. Diese Ansprechschwelle $U_{ZK-Brems}$ ist prinzipiell frei programmierbar und sollte abhängig von der Netzanschlussspannung in den Bereichen liegen, die in der folgenden Tabelle angegebenen sind.

Einerseits muss die Ansprechschwelle $U_{ZK-Brems}$ mindestens 50 V - 70 V über der Zwischenkreisspannung liegen, die im motorischen Betrieb unter Einbeziehung der Netzspannungstoleranzen maximal zu erwarten ist, um sicherzustellen, dass das Braking Module nur im generatorischen Betrieb des Antriebes arbeitet.

Andererseits darf der obere Wert der Tabelle nicht überschritten werden, um Abschaltungen des Motor Modules wegen Überspannung im Zwischenkreis sicher zu vermeiden.

Netzanschlussspannung	Bereich der programmierbaren Ansprechschwelle $U_{ZK-Brems}$
3AC 380 V – 480 V	673 V - 774 V
3AC 500 V – 600 V	841 V - 967 V
3AC 660 V – 690 V	1070 V - 1158 V

Bereich der programmierbaren Ansprechschwellen

Die erreichbaren Dauerbremsleistungen $P_{n-Brems}$ und Spitzenbremsleistungen $P_{max-Brems}$ sind in der folgenden Tabelle mit den gerätespezifischen technischen Daten angegeben. Sie beziehen sich auf die oberen Ansprechschwellen, d. h. auf $U_{ZK-max} = 774 V$ bei Netzanschlussspannungen von 380 V - 480 V und auf $U_{ZK-max} = 1158 V$ bei Netzanschlussspannungen von 500 V - 690 V. Bei abweichenden Ansprechschwellen sind die Leistungen proportional zu $U_{ZK-Brems}$ zu reduzieren.

Die nachfolgende Tabelle enthält die wichtigsten technischen Daten der SINAMICS S120 Motor Modules in der Anwendung als 3-phasige Braking Modules.

S120 Motor Modules in der Standardanwendung		S120 Motor Modules in der Anwendung als 3-phasige Braking Modules							
Typeleistung bei 400 V bzw. 690 V	Bemessungs-Ausgangsstrom	Dauer-Bremsstrom	Grundlast-Bremsstrom	Grundlast-Bremsstrom	Maximal-Bremsstrom	obere Ansprechschwelle	Dauer-Bremsleistung (obere Ansprechschwelle)	Spitzen-Bremsleistung (obere Ansprechschwelle)	Minimaler Bremswiderstand (kalt)
[kW]	I_n [A]	$I_{n-Brems}$ [A]	$I_{L-Brems}$ [A]	$I_{H-Brems}$ [A]	$I_{max-Brems}$ [A]	U_{ZK-max} [V]	$P_{n-Brems}$ [kW]	$P_{max-Brems}$ [kW]	R_{BR-min} [Ω]
3 AC 380 V – 480 V bzw. DC 510 V – 720 V									
110	210	210	205	178	307	774	197	288	1,02
132	260	255	245	229	368	774	239	345	0,85
160	310	290	283	259	424	774	272	398	0,74
200	380	340	331	304	497	774	319	466	0,63
250	490	450	438	402	657	774	422	617	0,48
315	605	545	531	414	797	774	511	748	0,39
400	745	680	662	520	993	774	638	932	0,32
450	840	800	781	667	1171	774	751	1099	0,27
560	985	900	877	786	1316	774	845	1235	0,24
710	1260	1215	1186	1087	1779	774	1140	1669	0,18
800	1405	1365	1331	1221	1996	774	1281	1873	0,16
3 AC 500 V – 690 V bzw. DC 675 V – 1035 V									
75	85	85	80	76	120	1158	119	168	3,90
90	100	100	95	89	142	1158	140	199	3,30
110	120	115	110	103	165	1158	161	232	2,84
132	150	144	136	129	204	1158	202	286	2,29
160	175	175	171	157	255	1158	246	358	1,84
200	215	215	208	192	312	1158	302	438	1,50
250	260	255	245	229	368	1158	358	517	1,27
315	330	290	281	246	422	1158	407	592	1,11
400	410	400	390	358	585	1158	562	821	0,80
450	465	450	437	403	656	1158	632	921	0,71
560	575	515	502	460	752	1158	723	1056	0,62
710	735	680	657	608	985	1158	955	1383	0,48
800	810	805	785	720	1178	1158	1130	1654	0,40
900	910	905	875	810	1313	1158	1271	1843	0,36
1000	1025	1020	995	913	1493	1158	1432	2096	0,31
1200	1270	1230	1191	1100	1787	1158	1727	2509	0,26
1500	1560	1500	1442	1235	1976	1158	2106	2774	0,24

Technische Daten der S120 Motor Modules in der Anwendung als 3-phasige Braking Modules

Dimensionierung der Bremswiderstände

Die Widerstandswerte R_{BR} der drei in Stern geschalteten Bremswiderstände müssen unter Berücksichtigung der belastungsabhängigen Widerstandserhöhung durch Erwärmung (bis zu 30 %) innerhalb der folgenden Grenzen liegen:

$$R_{BR-min} < R_{BR} < R_{BR-max} .$$

Hierin ist:

- R_{BR-min} : Minimalwert des Bremswiderstandes im kalten Zustand.
- R_{BR-max} : Maximalwert des Bremswiderstandes im betriebswarmen Zustand einschließlich der Berücksichtigung der Fertigungstoleranzen von typischerweise ca. 10 %.

Der Widerstandswert R_{BR-min} darf nicht unterschritten werden, damit mit der jeweils gewählten Ansprechschwelle $U_{ZK-Brems}$ der Maximalbremsstrom $I_{max-Brems} = 1,5 \cdot I_{L-Brems}$ nicht überschritten wird und keine Überstromabschaltung auftritt. Er ist geräte- bzw. anwendungsspezifisch und berechnet sich zu

$$R_{BR-min} (kalt) = \frac{U_{R_{BR}}}{I_{max-Brems}} = \frac{0,7 \cdot U_{ZK-Brems}}{\sqrt{3} \cdot I_{max-Brems}} = \frac{0,40415 \cdot U_{ZK-Brems}}{I_{max-Brems}}$$

Die minimalen Widerstandswerte R_{BR-min} sind in der Tabelle mit den gerätespezifischen technischen Daten angegeben. Sie beziehen sich jeweils auf die oberen Ansprechschwellen, d. h. auf $U_{ZK-max} = 774 \text{ V}$ bei Netzanschlussspannungen von 380 V - 480 V und auf $U_{ZK-max} = 1158 \text{ V}$ bei Netzanschlussspannungen von 500 V - 690 V. Bei abweichenden Ansprechschwellen können die minimalen Widerstandswerte R_{BR-min} in Abhängigkeit von $U_{ZK-Brems}$ gemäß der oben angegebenen Formel berechnet werden.

Der Widerstandswert R_{BR-max} darf nicht überschritten werden, damit mit der jeweils gewählten Ansprechschwelle $U_{ZK-Brems}$ die benötigte maximale Bremsleistung $P_{max-Brems}$ erreicht wird. Er ist geräte- bzw. anwendungsspezifisch und berechnet sich zu

$$R_{BR-max} (betriebswarm) = \frac{3 \cdot U_{R_{BR}}^2}{P_{max-Brems}} = \frac{3 \cdot \left(\frac{0,7 \cdot U_{ZK-Brems}}{\sqrt{3}} \right)^2}{P_{max-Brems}} = \frac{0,49 \cdot U_{ZK-Brems}^2}{P_{max-Brems}}$$

In dieser Formel ist mit $P_{max-Brems}$ die in der jeweiligen Anwendung maximal benötigte Gesamtbremsleistung des als Braking Module arbeitenden Motor Modules bzw. die maximal benötigte Gesamtbremsleistung aller drei Bremswiderstände bezeichnet.

Um die erforderliche Bremsleistung mit Sicherheit zu erreichen und eine ausreichende Regelreserve zu haben, sollte der tatsächliche Widerstandswert R_{BR} (betriebswarm) möglichst unter dem berechneten Wert R_{BR-max} (betriebswarm) liegen.

Die Bremswiderstände stehen nicht als Standardkomponenten im Rahmen des modularen Systems SINAMICS S120 zur Verfügung. Sie sind entweder aus den Standardprogrammen entsprechender Hersteller auszuwählen oder unter Angabe des erforderlichen Widerstandswertes und des erforderlichen Lastspieles bei diesen Herstellern anzufragen, z. B. bei der Fa. GINO ESE (www.gino.de).

Steuerung und Regelung

Mit der Firmware-Version 4.3 muss das als Braking Module arbeitende Motor Module als Antriebsobjekt des Typs Vector in „U/f-Steuerung mit unabhängigem Spannungssollwert“ und mit konstanter Frequenz (50 Hz) betrieben werden. Der Spannungssollwert muss mittels freier Funktionsblöcke (siehe Funktionshandbuch „Freie Funktionsblöcke“) oder mittels DCC (siehe Funktionshandbuch „SINAMICS / SIMOTION Beschreibung der DCC-Standardbausteine“) generiert werden. Dazu wird über einen Subtrahierbaustein die aktuelle Zwischenkreisspannung mit der frei programmierbaren Ansprechschwelle verglichen. Liegt die Zwischenkreisspannung über der Ansprechschwelle, wird die Wechselrichterfreigabe für das als Braking Module arbeitende Motor Module erteilt. Die Differenz zwischen der aktuellen Zwischenkreisspannung und der Ansprechschwelle wird über einen Begrenzer geleitet, über einen Multiplizierer verstärkt und schließlich als Spannungssollwert an das als Braking Module arbeitende Motor Module ausgegeben.

Nähere Informationen zur Dimensionierung, Programmierung und Inbetriebnahme mit der Firmware-Version 4.3 sind der Applikationsschrift „Verwendung eines S120 Chassis Motor Modules als Bremschopper“ zu entnehmen.

Ab der Firmware-Version 4.4 kann das als Braking Module arbeitende Motor Module als Antriebsobjekt des Typs Vector in der U/f-Steuerungsart „Betrieb mit Bremswiderstand“ betrieben werden. Hierzu ist der Parameter p1300 = 15 zu setzen. Über die Parameter p1360 - p1364 werden der Widerstandswert des Bremswiderstandes, die Einsatzschwelle sowie die Ausgangsspannung festgelegt. Details sind im Funktionshandbuch „SINAMICS S120 Antriebsfunktionen“ und im Listenhandbuch SINAMICS S120 / S150 beschrieben.

Hinweis:

Die rein ohmsche Belastung des Motor Modules im Betrieb als Braking Module führt gegenüber dem üblichen Motorbetrieb zu einem deutlichen Anstieg der Stromüberschwingungen im Ausgangsstrom. Dies hat folgende Auswirkungen:

- Es entstehen erhöhte Wirbelstromverluste in den Stromschienen und Kabeln, die zu einer erhöhten Erwärmung dieser Komponenten führen können.
- Die Präzision der Stromerfassung wird signifikant schlechter, so dass die vom Motor Module angezeigten Werte der Ströme und Leistungen sehr ungenau werden.

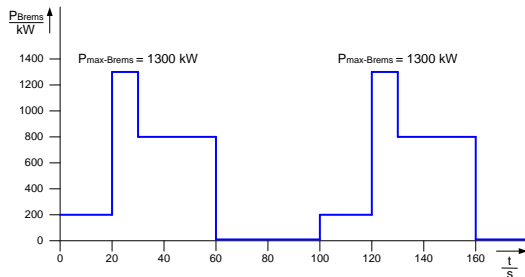
Daher darf das Motor Module nur wie beschrieben als Braking Module zur Begrenzung der Zwischenkreisspannung im generatorischen Betrieb eingesetzt werden.

Andere Anwendungen, die eine präzise Stromerfassung benötigen, wie z.B. eine Strom- oder Leistungsregelung von Widerständen, erfordern eine detaillierte Klärung im Einzelfall und sind daher entsprechend anzufordern.

Dimensionierungsbeispiel:

An der DC-Schiene einer Anlage, die von einem 400 V-Netz über einen nicht rückspeisefähigen Gleichrichter gespeist wird, tritt eine periodische Bremsleistung gemäß folgender Skizze auf. Innerhalb einer Lastspieldauer von 100 s erreicht die Bremsleistung für 10 s den Spitzenwert von 1300 kW.

Für diese Anwendung ist ein geeignetes SINAMICS S120 Motor Module als Braking Module auszuwählen und es sind die Daten der benötigten Bremswiderstände zu ermitteln.



1. Auswahl eines geeigneten S120 Motor Modules

Die geforderte Spitzenbremsleistung $P_{max-Brems} = 1300 \text{ kW}$ soll mit einem Motor Module mit möglichst geringem Strom erzielt werden. Daher wird als Ansprechschwelle die maximale Zwischenkreisspannung $U_{ZK-max} = 774 \text{ V}$ gewählt.

Aus der Tabelle mit den technischen Daten wird das kleinste Motor Module ausgewählt, das die geforderte Spitzenbremsleistung von 1300 kW bei der gewählten Ansprechschwelle von 774 V aufzubringen vermag:

- Typleistung 710 kW bei 400V / Bemessungs-Ausgangsstrom 1260 A.

Es beherrscht als 3-phasiges Braking Module eine Spitzenbremsleistung von 1669 kW > 1300 kW.

Im nächsten Schritt muss überprüft werden, ob die mittlere Bremsleistung des gegebenen Lastspiels unter der zulässigen Dauerbremsleistung des ausgewählten Motor Modules liegt, welche 1140 kW beträgt.

- $P_{mittel-Brems} = (200 \text{ kW} \cdot 20 \text{ s} + 1300 \text{ kW} \cdot 10 \text{ s} + 800 \text{ kW} \cdot 30 \text{ s} + 0 \text{ kW} \cdot 40 \text{ s}) / 100 \text{ s} = 410 \text{ kW} < 1140 \text{ kW}$.

Damit ist das ausgewählte Motor Module sowohl hinsichtlich der Spitzenleistung als auch hinsichtlich der Dauerleistung geeignet.

2. Festlegung der Daten der Bremswiderstände

Der Minimalwert R_{BR-min} der drei Bremswiderstände kann der Tabelle mit den technischen Daten entnommen werden und beträgt für das ausgewählte Motor Module

- $R_{BR-min} \text{ (kalt)} = 0,18 \ \Omega$.

Der Maximalwert R_{BR-max} der drei Bremswiderstände berechnet sich aus der Ansprechschwelle $U_{ZK-max} = 774 \text{ V}$ und der maximalen Bremsleistung $P_{max-Brems} = 1300 \text{ kW}$ des gegebenen Lastspiels zu

- $R_{BR-max} \text{ (betriebswarm)} = [0,49 \cdot (U_{ZK-max})^2] / P_{max-Brems} = [0,49 \cdot (774 \text{ V})^2] / 1300 \text{ kW} = 0,2258 \ \Omega$.

Somit ergibt sich als Spezifikation für den Widerstand:

- Widerstandswert: $0,18 \ \Omega \text{ (kalt)} < R_{BR} < 0,2258 \ \Omega \text{ (betriebswarm)}$.
- Die drei Widerstände R_{BR} müssen zusammen eine Dauerleistung von 410 kW und alle 100 s eine Spitzenleistung von 1300 kW für 10 s beherrschen. Für jeden einzelnen Widerstand ergibt sich somit ein Drittel der angegebenen Leistungen.

6.9 Maximal anschließbare Motorleitungslängen

6.9.1 Leistungsteile Bauform Booksize

Die Motor Modules erzeugen aus der Gleichspannung des Zwischenkreises eine Wechselspannung zur Speisung des angeschlossenen Motors. Durch den getakteten Betrieb fließen kapazitive Ableitströme, welche die zulässige Länge der Motorleitung begrenzen.

Folgende maximale Motorleitungslängen sind zu beachten:

Netzanschlussspannung	Typeleistung	Bemessungs-Ausgangsstrom	Bauform	Maximal zulässige Motorleitungslänge	
				Geschirmte Leitung	Ungeschirmte Leitung
Ohne Drossel und ohne Filter					
3AC	4,8 kW	9 A	Single	50 m	75 m
380 V – 480 V	9,7 kW	18 A	Single	70 m	100 m
	16 kW – 71 kW	30 A – 132 A	Single	100 m	150 m

Zulässige Motorleitungslängen für SINAMICS S120 Motor Modules der Bauform Booksize im Standard

Für den Fall, dass eine längere Motorleitung erforderlich ist, wird das Motor Module überdimensioniert bzw. der dauerhaft zulässige Ausgangsstrom I_{Dauer} ist gegenüber dem Bemessungs-Ausgangsstrom I_n zu reduzieren.

Für die Motor Modules Bauform Booksize gilt folgende Projektierung:

Bemessungs-Ausgangsstrom	Länge der Motorleitung (geschirmt)			
	> 50 m bis 100 m	> 100 m bis 150 m	> 150 m bis 200 m	> 200 m
9 A	Motor Module 18 A einsetzen	Motor Module 18 A einsetzen	nicht zulässig	nicht zulässig
18 A	Motor Module 30 A einsetzen oder $I_{max} \leq 1,5 * I_n$ $I_{Dauer} \leq 0,95 * I_n$	Motor Module 30 A einsetzen	nicht zulässig	nicht zulässig
30 A	zulässig	$I_{max} \leq 1,35 * I_n$ $I_{Dauer} \leq 0,9 * I_n$	$I_{max} \leq 1,1 * I_n$ $I_{Dauer} \leq 0,85 * I_n$	nicht zulässig
45 A / 60 A	zulässig	$I_{max} \leq 1,75 * I_n$ $I_{Dauer} \leq 0,9 * I_n$	$I_{max} \leq 1,5 * I_n$ $I_{Dauer} \leq 0,85 * I_n$	nicht zulässig
85 A / 132 A	zulässig	$I_{max} \leq 1,35 * I_n$ $I_{Dauer} \leq 0,95 * I_n$	$I_{max} \leq 1,1 * I_n$ $I_{Dauer} \leq 0,9 * I_n$	nicht zulässig

Zulässige Motorleitungslängen für SINAMICS S120 Motor Modules der Bauform Booksize bei Überdimensionierung

Die zulässige Leitungslänge einer ungeschirmten Motorleitung beträgt 150 % der Leitungslänge für eine geschirmte Motorleitung.

In den Regelungsarten Vector und U/f-Steuerung können auch Motordrosseln eingesetzt werden, um längere Motorleitungen zu ermöglichen. Motordrosseln begrenzen die Steilheit und Höhe der kapazitiven Ableitströme und ermöglichen somit längere Motorleitungen. Die Motordrossel bildet mit den Leitungskapazitäten der Motorleitung einen Schwingkreis, der durch das Pulsmuster der Ausgangsspannung nicht angeregt werden darf. Die Resonanzfrequenz dieses Schwingkreises muss deshalb deutlich oberhalb der Pulsfrequenz liegen. Mit zunehmender Länge der Motorleitung steigt die Leitungskapazität und die Resonanzfrequenz verringert sich. Um genügend Abstand von dieser Resonanzfrequenz zu halten, ist die max. mögliche Motorleitungslänge begrenzt, auch wenn mehrere Motordrosseln in Reihe geschaltet werden.

Netzanschlussspannung	Typeleistung	Bemessungs-Ausgangsstrom	Maximal zulässige Motorleitungslänge	
			Geschirmte Leitung	Ungeschirmte Leitung
Mit einer Motordrossel				
3AC 380 V – 480 V	4,8 kW	9 A	135 m	200 m
	9,7 kW	18 A	160 m	240 m
	16 kW	30 A	190 m	280 m
	24 kW – 71 kW	45 A – 132 A	200 m	300 m

Zulässige Motorleitungslängen für SINAMICS S120 Motor Modules der Bauform Booksize mit einer Motordrossel

Die Motordrosseln sind für eine maximale Pulsfrequenz von 4 kHz geeignet. Die maximal zulässige Ausgangsfrequenz beträgt beim Einsatz von Motordrosseln 120 Hz.

Beim Einsatz der SINAMICS S120 Booksize-Geräte im Gerätespektrum der SINAMICS S120 Cabinet Modules beachten Sie bitte auch die ergänzenden Hinweise zu den Optionen L08 / L09 im Kapitel „Optionenbeschreibungen der Schrankgeräte“.

6.9.2 Leistungsteile Bauform Chassis

Im Standard – wenn keine Motordrosseln oder Motorfilter (du/dt-Filter, Sinusfilter) am Ausgang des Motor Modules eingesetzt werden – gelten für SINAMICS S120 Motor Modules der Bauformen Chassis und Cabinet Modules einheitlich die folgenden zulässigen Motorleitungslängen.

Netzanschlussspannung	Maximal zulässige Motorleitungslängen im Standard	
	Geschirmte Leitung z. B. Protodur NYCWY	Ungeschirmte Leitung z. B. Protodur NYY
3AC 380 V – 480 V	300 m ¹⁾	450 m ¹⁾
3AC 500 V – 690 V	300 m ¹⁾	450 m ¹⁾

1) In Kombination mit einer aktiven Einspeisung SINAMICS S120 Active Infeed gelten für Pulsfrequenzen größer als die Werkseinstellung reduzierte Motorleitungslängen (Werte auf Anfrage)

Zulässige Motorleitungslängen im Standard für SINAMICS S120 Motor Modules der Bauform Chassis und Cabinet Modules

Durch den Einsatz einer Motordrossel bzw. die Reihenschaltung von zwei Motordrosseln lassen sich die zulässigen Leitungslängen erhöhen. Eine zweite Motordrossel ist bei den S120 Cabinet Modules keine Standardoption und erfordert u. U. einen Zusatzschrank. Dieser ist auf Anfrage erhältlich.

Die folgende Tabelle gibt die maximal anschließbaren Motorleitungslängen mit Motordrossel(n) für S120 Motor Modules der Bauformen Chassis und Cabinet Modules an. Die Werte gelten sowohl für die in den Tabellen empfohlenen als auch für alle anderen üblichen Motorleitungen.

Netzanschlussspannung	Maximal zulässige Motorleitungslänge			
	mit 1 Drossel (Option L08 bei S120 Cabinet Modules)		mit 2 Drosseln in Reihe (auf Anfrage bei S120 Cabinet Modules)	
	Geschirmte Leitung z. B. Protodur NYCWY	Ungeschirmte Leitung z. B. Protodur NYY	Geschirmte Leitung z. B. Protodur NYCWY	Ungeschirmte Leitung z. B. Protodur NYY
3AC 380 V – 480 V	300 m	450 m	525 m	787 m
3AC 500 V – 690 V	300 m	450 m	525 m	787 m

Maximal zulässige Motorleitungslängen mit 1 bzw. 2 Motordrosseln für SINAMICS S120 Motor Modules der Bauformen Chassis und Cabinet Modules

Hinweis:

Die angegebenen Motorleitungslängen beziehen sich immer auf den Abstand zwischen dem S120 Motor Module und dem Motor entlang des Leitungsweges und berücksichtigen bereits, dass bei Antrieben größerer Leistung mehrere Leitungen parallel verlegt werden müssen. Die empfohlenen bzw. maximal anschließbaren Leitungsquerschnitte sowie die zulässige Anzahl paralleler Motorleitungen sind gerätespezifisch und daher den technischen Daten der jeweiligen Motor Modules zu entnehmen.

Weitere Informationen hinsichtlich zusätzlich zu beachtender Randbedingungen sind dem Abschnitt „Motordrosseln“ des Kapitels „Grundlagen und Systembeschreibung“ zu entnehmen.

6.10 Überprüfung der Summenleitungslänge bei Mehrmotorenantrieben

Bei Mehrmotorenantrieben SINAMICS S120 muss die Summenleitungslänge begrenzt werden, d. h. die Summe der Motorleitungslängen aller Motor Modules, die über eine gemeinsame DC-Schiene von einem gemeinsamen Infeed Module gespeist werden. Diese Begrenzung ist notwendig, damit der von der resultierenden Motorleitungslänge abhängige, resultierende kapazitive Summenableitstrom ΣI_{Ableit} (Summe der von den einzelnen Motor Modules 1 ... n erzeugten kapazitiven Ableitströme I_{Ableit}) das Infeed Module nicht überlastet, wenn er über das Netzfilter des Infeed Modules bzw. das Netz sowie das Infeed Module selbst zurückfließt zur DC-Schiene.

In der folgenden Tabelle sind die zulässigen Summenleitungslängen l_{zul} für die verschiedenen Typen von SINAMICS S120 Infeed Modules bei Mehrmotorenantrieben angegeben, wobei zu beachten ist:

- Die Summenleitungslängen l_{zul} beziehen sich auf die tatsächlich verlegte Leitungslänge, d. h. bei Antrieben größerer Leistung mit mehreren parallel verlegten Motorleitungen ist jede der parallelen Leitungen bei der Berechnung der Summenleitungslänge zu berücksichtigen.
- Die Summenleitungslängen l_{zul} gelten für geschirmte Motorleitungen. Bei ungeschirmten Motorleitungen sind die 1,5-fachen Werte zulässig.
- Bei Parallelschaltungen von S120 Infeed Modules sind die angegebenen, zulässigen Summenleitungslängen l_{zul} mit der Anzahl der parallelgeschalteten Infeed Modules zu multiplizieren, wobei ein Derating von 7,5 % bei Basic Line Modules sowie Smart Line Modules und ein Derating von 5 % bei Active Line Modules zu beachten ist.
- Die Werte sind abhängig vom Typ der Einspeisung (BLM, SLM, ALM) und von der Netzform. Bei Active Line Modules (ALM) gelten für geerdete TN-Netze 30 % der Werte, die für ungeerdete IT-Netze gelten.

SINAMICS S120 Infeed Module	Baugröße	Bemessungsleistung bei 400 V / 690 V [kW]	Eingangsstrom bei 400 V / 690 V [A]	Zulässige Summenleitungslänge für geschirmte Leitungen: TN-Netz / IT-Netz	
				l_{zul} [m]	l_{zul} [m]
Netzanschlussspannung 3AC 380 V bis 480 V					
Basic Line Module	FBL / FB	200 bis 400	365 bis 710	2600 / 2600	
Basic Line Module	FBL / GB	560 bis 710	1010 bis 1265	4000 / 4000	
Basic Line Module	GBL / GD	830 bis 900	1420 bis 1630	4800 / 4800	
Smart Line Module	GX	250 bis 355	463 bis 614	4000 / 4000	
Smart Line Module	HX / JX	500 bis 800	883 bis 1430	4800 / 4800	
Active Line Module	FX / GXL / GX	132 bis 300	210 bis 490	800 / 2700	
Active Line Module	HXL / HX JXL / JX	380 bis 900	605 bis 1405	1200 / 3900	
Netzanschlussspannung 3AC 500 V bis 690 V					
Basic Line Module	FBL / FB	250 bis 630	260 bis 730	1500 / 1500	
Basic Line Module	GBL / GB	900 bis 1370	925 bis 1350	2250 / 2250	
Basic Line Module	GD	1500	1580	2750 / 2750	
Smart Line Module	GX	450	463	2250 / 2250	
Smart Line Module	HX / JX	710 bis 1400	757 bis 1430	2750 / 2750	
Active Line Module	HXL / HX JXL / JX	630 bis 1700	575 bis 1560	700 / 2250	

Zulässige Summenleitungslängen für SINAMICS S120 Infeed Modules bei Mehrmotorenantrieben

6.11 Parallelschaltung von Motor Modules zur Leistungserhöhung

6.11.1 Allgemeines

Bei der Parallelschaltung dürfen nur Motor Modules gleicher Spannung und Leistung sowie gleichen Typs verwendet werden. Werden SINAMICS S120 Motor Modules parallelgeschaltet, so kann es trotz der Stromausgleichsregelung zu Unsymmetrien in der Stromaufteilung kommen, so dass bei der Parallelschaltung mit einem Strom-Derating von 5 % gerechnet werden muss.

Bei Motoren mit einem gemeinsamen Wicklungssystem sind zur Entkopplung der parallel geschalteten Motor Modules Mindestleitungslängen zwischen den Motor Modules und dem Motor zu beachten. Können die angegebenen Mindestleitungslängen nicht eingehalten werden, so sind Motordrosseln bzw. -filter einzusetzen.

Ausführliche Informationen zum Thema Parallelschaltungen sind dem Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt „Umrichter-Parallelschaltungen“ zu entnehmen.

6.11.2 Minimale Motorleitungslängen bei Motoren mit gemeinsamen Wicklungssystem

Die folgende Tabelle gibt die minimal erforderlichen Motorleitungslängen für Parallelschaltungen von SINAMICS S120 Motor Modules der Bauform Chassis in Luftkühlung (Baugrößen FX, GX, HX und JX) und Flüssigkeitskühlung (Baugrößen FXL, GXL, HXL und JXL) an, wobei unter der angegebenen Länge die Entfernung zwischen dem Ausgang eines jeden Motor Modules und dem Motoranschlusskasten entlang der Motorleitung zu verstehen ist.

Motor Module		I _n [A]	Motorzuleitung Mindestlänge ¹⁾ [m]
Baugröße	P _n bei 400 V [kW]		

Anschlussspannung DC 510 V bis 720 V

FX / FXL	110	210	30
FX / FXL	132	260	27
GX / GXL	160	310	20
GX	200	380	17
GX / GXL	250	490	15
HX / HXL	315	605	13
HX / HXL	400	745	10
HX / HXL	450	840	9
JX / JXL	560	985	8
JX / JXL	710	1260	6
JX / JXL	800	1330	5
JX / JXL	800	1405	5

Motor Module		I _n [A]	Motorzuleitung Mindestlänge ¹⁾ [m]	Motor Module		I _n [A]	Motorzuleitung Mindestlänge ¹⁾ [m]
Baugröße	P _n bei 500 V [kW]			Baugröße	P _n bei 690 V [kW]		

Anschlussspannung DC 675 V bis 900 V ²⁾

FX	55	85	80
FX / FXL	55	100	72
FX	75	120	65
FX / FXL	90	150	55
GX	110	175	50
GX / GXL	132	215	40
GX	160	260	32
GX / GXL	200	330	25
HX	250	410	20
HX / HXL	315	465	18
HX / HXL	400	575	15
JX / HXL	500	735	13
HXL	560	810	13
JX / JXL	560	810	11
JX	630	910	10
JX / JXL	710	1025	8,5
JX / JXL	900	1270	7
JXL	1000	1560	6

Anschlussspannung DC 890 V bis 1035 V ²⁾

FX	75	85	100
FX / FXL	90	100	90
FX	110	120	80
FX / FXL	132	150	70
GX	160	175	60
GX / GXL	200	215	50
GX	250	260	40
GX / GXL	315	330	30
HX	400	410	25
HX / HXL	450	465	25
HX / HXL	560	575	20
JX / HXL	710	735	18
HXL	800	810	18
JX / JXL	800	810	15
JX	900	910	12
JX / JXL	1000	1025	10
JX / JXL	1200	1270	8
JXL	1500	1560	7

¹⁾ zulässige Toleranz: -20 %

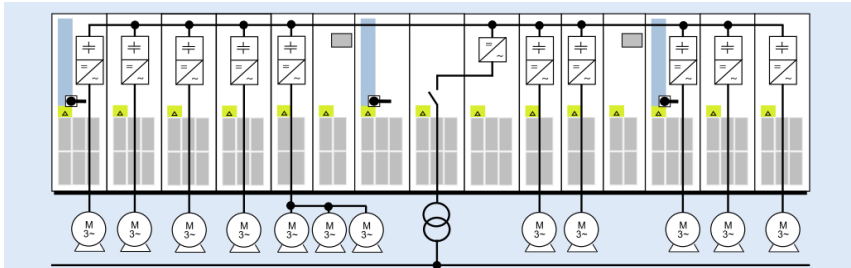
²⁾ Diese Werte gelten für Geräteausprägungen mit den Anschlussspannungen 3AC 500 V bis 690 V (Artikel-Nr. 6SL3x2x-1TGxx-xAA3).

Mindestleitungslängen für die Parallelschaltung von S120 Motor Modules bei Motoren mit einem gem. Wicklungssystem

7 Projektierung der modularen Schrankgeräte SINAMICS S120 Cabinet Modules

7.1 Allgemeines

SINAMICS S120 Cabinet Modules bilden ein modulares Schranksystem bestehend aus kompakten, typgeprüften und systemgetesteten Komponenten. SINAMICS S120 Cabinet Modules wurden speziell entwickelt zum einfachen, modularen Aufbau von kompakten, zuverlässigen Mehrmotorensystemen im Schrankformat.



Antriebsverband mit SINAMICS S120 Cabinet Modules für einen Mehrmotorenantrieb

SINAMICS S120 Cabinet Modules sind sowohl in Luftkühlung als auch in Flüssigkeitskühlung verfügbar.

Die luftgekühlten SINAMICS S120 Cabinet Modules basieren auf den luftgekühlten Einbaugeräten SINAMICS S120 der Bauformen Chassis und Booksize.

Die flüssigkeitsgekühlten S120 Cabinet Modules basieren auf den flüssigkeitsgekühlten Einbaugeräten SINAMICS S120 der Bauform Chassis.

Die Cabinet Modules sind nach den Vorgaben des Zonenkonzeptes entwickelt und bieten somit ein Höchstmaß an Funktions- und Betriebssicherheit. EMV-Maßnahmen wurden konsequent umgesetzt wie auch Maßnahmen zur optimalen Luftführung und Kühlung. Durchgängige standardisierte Aufbaukonzepte eröffnen vielfältige Einsatzmöglichkeiten und gewährleisten einen relativ einfachen Service.

Die einzelnen Cabinet Modules besitzen alle erforderlichen Anschlüsse und standardisierte Verbindungselemente für eine einfache, schnelle und betriebssichere Montage und Installation am Aufstellort. Dies gilt sowohl für die elektrischen Verbindungen (Leistungsverschienung, Hilfsversorgungsleitungen und Signalleitungen) als auch für die Verrohrung für das Kühlmittel bei flüssigkeitsgekühlten Cabinet Modules. Die Cabinet Modules werden in der Regel in mehreren Transporteinheiten anschlussfertig geliefert und sind aufgrund der standardisierten Verbindungselemente optimal vorbereitet zur schnellen Zusammensetzung der Transporteinheiten vor Ort.

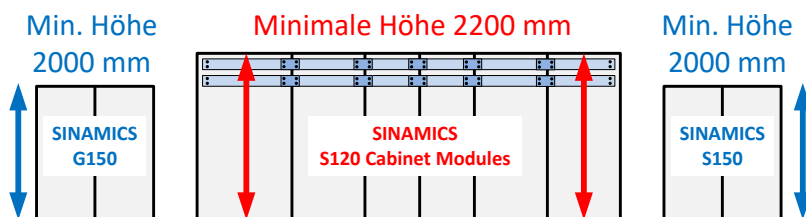
Die in diesem Kapitel beschriebenen SINAMICS S120 Cabinet Modules erreichen aufgrund ihrer Konzeption eine hohe standardisierte Flexibilität und Kompaktheit. Sie sind aufgrund der typgeprüften und systemgetesteten Komponenten sowohl extrem funktions- und betriebssicher als auch sehr langlebig. Hierdurch sind sie applikativ erstellten individuellen Schranklösungen insbesondere im Hinblick auf die Funktions- und Betriebssicherheit überlegen.

Hinweis:

Nicht alle in den SINAMICS S120 Cabinet Modules eingesetzten Komponenten sind auch als eigenständige Systemkomponenten für Einbaugeräte SINAMICS S120 erhältlich.

Standardisierte DC-Verschienung

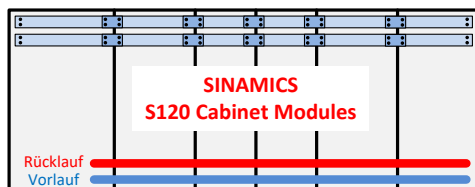
Alle SINAMICS S120 Cabinet Modules besitzen eine standardisierte DC-Verschienung. Diese wird sowohl in den luftgekühlten als auch in den flüssigkeitsgekühlten Cabinet Modules verwendet. Sie befindet sich im oberen Bereich der Cabinet Modules und steht in verschiedenen Querschnitten zur Verfügung, die über die Optionen M80 bis M87 auswählbar sind. Aufgrund der DC-Verschienung besitzen die SINAMICS S120 Cabinet Modules eine Schrankhöhe von mindestens 2200 mm und sind damit um 200 mm höher als die vergleichbaren Schrankgeräte SINAMICS G150 und S150 für Einzelantriebe. Je nach Schutzart kann sich die Schrankhöhe um 250 mm bzw. 400 mm erhöhen.



Standardisierte DC-Verschienung bei S120 Cabinet Modules → Minimale Schrankhöhe: 2200 mm

Standardisierte Verrohrung für das Kühlmittel bei Flüssigkeitskühlung

Neben der standardisierten DC-Verschienung im oberen Bereich der Cabinet Modules besitzen flüssigkeitsgekühlte SINAMICS S120 Cabinet Modules eine standardisierte Verrohrung für das Kühlmittel. Diese besteht aus korrosionsbeständigem Kunststoff (PP-R), hat einen Innendurchmesser von ca. 60 mm, einen Außendurchmesser von 75 mm, und ist im unteren Bereich der Cabinet Modules angeordnet. Die Verbindung von der Verrohrung zu den flüssigkeitsgekühlten Komponenten innerhalb der Cabinet Modules erfolgt mit isolierenden EPDM-Schläuchen und ist optional auch mit Schnellkupplungen verfügbar.



Standardisierte Verrohrung für das Kühlmittel bei flüssigkeitsgekühlten S120 Cabinet Modules

7.2 Luftgekühlte Schrankgeräte SINAMICS S120 Cabinet Modules

7.2.1 Genereller Ablauf einer Projektierung

Ausgangspunkt für die Antriebsprojektierung sind die Leistungsanforderungen der einzelnen Motoren im Antriebsverband. Die Festlegung der Komponenten ist an physikalische Abhängigkeiten gebunden und wird üblicherweise in folgenden Schritten durchgeführt:

Schritt	Beschreibung des Projektierungsablaufes für luftgekühlte S120 Cabinet Modules
1.	Klärung der Antriebs- und Einspeiseart sowie der Netzanschlussspannung <ul style="list-style-type: none"> • Basic Line Module • Smart Line Module • Active Line Module
2.	Festlegung der Randbedingungen und Einbindung in die Automatisierung
3.	Festlegung des Lastfalls, Berechnung des maximalen Lastmomentes, Festlegung des Motors
4.	Festlegung des SINAMICS S120 Motor Modules
5.	Wiederholung der Schritte 3. und 4. für weitere Antriebe (Achsen)
6.	Berechnung der erforderlichen Zwischenkreisleistung unter Berücksichtigung des Gleichzeitigkeitsfaktors und Festlegung des SINAMICS S120 Line Modules sowie der DC-Verschienung.
7.	Ergibt sich aus der Berechnung der erforderlichen Zwischenkreisleistung, dass zur Erreichung der Einspeiseleistung eine Parallelschaltung von Infeed Modules erforderlich wird, so sind die entsprechenden für die Parallelschaltung vorgesehenen Infeed Modules vorzusehen. Es können nur leistungsmäßig gleiche Infeed Modules parallelgeschaltet werden.
8.	Auswahl der Line Connection Modules anhand der Zuordnungstabelle (siehe Abschnitt "Line Connection Modules")
9.	Bestimmung der netzseitigen Leistungsoptionen (Hauptschalter, Sicherungen, Netzdrösseln, usw.)
10.	Überprüfung der Vorladung des Zwischenkreises anhand der Zwischenkreiskapazitäten
11.	Festlegung weiterer Systemkomponenten
12.	Berechnung des Strombedarfs der Elektronikstromversorgung DC 24 V (siehe technische Daten der Cabinet Modules) sowie optionaler Komponenten.
13.	Berechnung des Strombedarfs der Komponenten AC 230 V (siehe technische Daten der Cabinet Modules).
14.	Berechnung des Strombedarfs der Lüfterstromversorgung 2AC 380 bis 480 V bzw. 500 bis 690 V (siehe technische Daten der Cabinet Modules)
15.	Bestimmung der Stromversorgungen für den Hilfsstrombedarf (Externe Einspeisung oder Option K70 oder Option K76 oder Auxiliary Power Supply Module)
16.	Bestimmung der erforderlichen Regelungsperformance, Auswahl der SINAMICS S120 Control Unit u. der CompactFlash Card sowie Festlegung der Komponentenverdrahtung (DRIVE-CLiQ Topologie)
17.	Bestimmung der Komponenten für die Verbindungstechnik: Auswahl der DRIVE-CLiQ-Leitungen inklusive der DRIVE-CLiQ-Leitungen die anlagenseitig verlegt und angeschlossen werden müssen. Bestimmung der PROFIBUS-Leitungen, wenn die Kommunikation über PROFIBUS erfolgt und mehrere Control Units CU320-2 DP miteinander verbunden werden sollen. Entsprechendes gilt für Control Units CU320-2 PN. Alternativ Wahl des Auftragspezifischen Integrations-Engineerings (siehe Katalog)
18.	Festlegung des Aufbaus der Komponenten des Antriebsverbandes
19.	Einteilung des Antriebsverbandes in Transporteinheiten

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

7.2.2 Dimensionierungshinweise für luftgekühlte S120 Cabinet Modules

7.2.2.1 Derating-Daten der luftgekühlten S120 Cabinet Modules

7.2.2.1.1 Derating-Daten der S120 Cabinet Modules mit Leistungsteilen der Bauform Chassis

Zu diesen Cabinet Modules zählen sowohl Basic Line Modules, Smart Line Modules, Active Line Modules und Motor Modules mit Leistungsteilen der Bauform Chassis inkl. der zugehörigen Systemkomponenten, (z. B. Netzfilter, Einbau-Braking Modules u. Motorfilter), als auch die Line Connection Modules und die Auxiliary Power Supply Modules.

Ausnahmen bilden die Cabinet Modules mit Leistungsteilen der Bauform Booksize und die Central Braking Modules. Diese Derating-Daten sind den Abschnitten „Derating-Daten der S120 Cabinet Modules mit Leistungsteilen der Bauform Booksize“ und „Central Braking Modules“ zu entnehmen.

Zulässiger Ausgangsstrom und maximale Ausgangsfrequenz als Funktion der Pulsfrequenz

Diese Informationen sind im Kapitel „Projektierung der SINAMICS S120, Hinweise zu Einbau- und Schrankgeräten“, Abschnitt „Bemessungsdaten, zulässige Ausgangsströme, maximale Ausgangsfrequenzen“ zu finden.

Zulässiger Strom als Funktion der Umgebungstemperatur

SINAMICS S120 Cabinet Modules sowie die zugehörigen Systemkomponenten sind für eine Umgebungstemperatur von 40 °C und Aufstellhöhen bis zu 2000 m über NN bemessen. Werden SINAMICS S120 Cabinet Modules bei höheren Umgebungstemperaturen als 40 °C betrieben, so muss der Strom reduziert werden. Höhere Umgebungstemperaturen als 50 °C sind für die SINAMICS S120 Cabinet Modules nicht zulässig. Die folgenden Tabellen geben den zulässigen Strom in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur für die verschiedenen Schutzarten an.

Aufstellhöhe über NN m	Strom-Derating-Faktor bei einer Umgebungstemperatur (Zulufttemperatur) von						
	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C	40 °C	45 °C	50 °C
0 ... 2000	100 %					93,3 %	86,7 %

Strom-Derating-Faktoren in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur (Zulufttemperatur) für SINAMICS S120 Cabinet Modules (Chassis) in den **Schutzarten IP20, IP21, IP23 und IP43**

Aufstellhöhe über NN m	Strom-Derating-Faktor bei einer Umgebungstemperatur (Zulufttemperatur) von						
	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C	40 °C	45 °C	50 °C
0 ... 2000	100 %				93,3 %	86,7 %	80,0 %

Strom-Derating-Faktoren in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur (Zulufttemperatur) für SINAMICS S120 Cabinet Modules (Chassis) in der **Schutzart IP54**

Aufstellhöhen größer 2000 m bis 5000 m über NN

SINAMICS S120 Cabinet Modules sowie die zugehörigen Systemkomponenten sind für Aufstellhöhen bis 2000 m über NN und eine Umgebungstemperatur von 40 °C bemessen. Werden SINAMICS S120 Cabinet Modules in Aufstellhöhen größer 2000 m über NN betrieben, so ist zu berücksichtigen, dass mit zunehmender Aufstellhöhe der Luftdruck und damit die Dichte der Luft abnimmt. Durch die geringere Luftdichte sinkt sowohl die Kühlwirkung als auch das Isolationsvermögen der Luft.

Aufstellhöhen größer 2000 m bis 5000 m lassen sich erreichen, wenn die folgenden zwei Maßnahmen angewendet werden.

1. Maßnahme: Reduktion der Umgebungstemperatur und des Stromes

Wegen der verminderten Kühlwirkung muss einerseits die Umgebungstemperatur reduziert werden und andererseits die Verlustwärme in den Cabinet Modules durch die Reduktion des Stromes verringert werden, wobei niedrigere Umgebungstemperaturen als 40 °C zur Kompensation gegengerechnet werden können. Die folgenden Tabellen geben die zulässigen Ströme für die SINAMICS S120 Cabinet Modules in Abhängigkeit von Aufstellhöhe und Umgebungstemperatur für die verschiedenen Schutzarten an. Die zulässige Kompensation zwischen Aufstellhöhe und Umgebungstemperaturen kleiner 40 °C (Zulufttemperatur am Lufteintritt des Cabinet Modules) ist in den angegebenen Werten berücksichtigt. Die Werte gelten unter der Voraussetzung, dass der in den technischen Daten angegebene Kühlstrom durch die Schrankaufstellung gewährleistet ist.

Aufstellhöhe über NN m	Strom-Derating-Faktor bei einer Umgebungstemperatur (Zulufttemperatur) von						
	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C	40 °C	45 °C	50 °C
0 ... 2000						93,3 %	86,7 %
2001 ... 2500					96,3 %		
2501 ... 3000		100 %					
3001 ... 3500				98,7 %			
3501 ... 4000			96,3 %				unzulässiger Bereich
4001 ... 4500		97,5 %					
4501 ... 5000	98,2 %						

Strom-Derating-Faktoren in Abhängigkeit von Aufstellhöhe und Umgebungstemperatur (Zulufttemperatur) für SINAMICS S120 Cabinet Modules (Chassis) in den **Schutzarten IP20, IP21, IP23 und IP43**

Aufstellhöhe über NN m	Strom-Derating-Faktor bei einer Umgebungstemperatur (Zulufttemperatur) von						
	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C	40 °C	45 °C	50 °C
0 ... 2000					93,3 %	86,7 %	80,0 %
2001 ... 2500		100 %			96,3 %	89,8 %	
2501 ... 3000				98,7 %	92,5 %		
3001 ... 3500				94,7 %			
3501 ... 4000		96,3 %	90,7 %				unzulässiger Bereich
4001 ... 4500	97,5 %	92,1 %					
4501 ... 5000	93,0 %						

Strom-Derating-Faktoren in Abhängigkeit von Aufstellhöhe und Umgebungstemperatur (Zulufttemperatur) für SINAMICS S120 Cabinet Modules (Chassis) in der **Schutzart IP54**

2. Maßnahme: Einsatz eines Trenntransformators zur Reduktion transientser Überspannungen gemäß IEC 61800-5-1

Durch den Trenntransformator, der in nahezu allen Anwendungsfällen ohnehin zur Speisung der SINAMICS-Geräte eingesetzt wird, wird die Überspannungskategorie III, für die die Geräte ausgelegt sind, auf die Überspannungskategorie II reduziert. Dadurch werden die Anforderungen an das Isolationsvermögen der Luft geringer. Ein zusätzliches Spannungs-Derating (Reduktion der Eingangsspannung) ist nicht erforderlich, wenn die folgenden Randbedingungen eingehalten werden:

- Der Trenntransformator muss aus einem Niederspannungsnetz oder einem Mittelspannungsnetz gespeist werden und darf nicht direkt aus einem Hochspannungsnetz versorgt werden.
- Der Trenntransformator darf ein oder mehrere Antriebe bzw. Antriebsverbände versorgen.
- Die Leitungen zwischen dem Trenntransformator und dem S120 Infeed bzw. den S120 Infeeds müssen so verlegt sein, dass ein direkter Blitzeinschlag ausgeschlossen ist, d. h. es dürfen keine Freileitungen verwendet werden.
- Für Antriebe mit **Basic Infeed** und **Smart Infeed** sind die folgenden Netzformen zulässig:
 - TN-Netze mit geerdetem Sternpunkt (kein geerdeter Außenleiter).
 - IT-Netze (der Betrieb mit einem Erdschluss muss auf möglichst kurze Zeit beschränkt werden).
- Für Antriebe mit **Active Infeed** sind die folgenden Netzformen zulässig:
 - TN-Netze mit geerdetem Sternpunkt (kein geerdeter Außenleiter, keine IT-Netze).

Die beschriebenen Maßnahmen sind zulässig für folgende Antriebsverbände mit SINAMICS S120 Cabinet Modules und sind auf sämtliche Cabinet Modules des Antriebsverbandes anzuwenden:

- Antriebe mit **Basic Infeed in allen Spannungsebenen** (3AC 380 V – 480 V und 3AC 500 V – 690 V).
- Antriebe mit **Smart Infeed in allen Spannungsebenen** (3AC 380 V – 480 V und 3AC 500 V – 690 V).
- Antriebe mit **Active Infeed in der Spannungsebene 3AC 380 V – 480 V** (Antriebe mit Active Infeed für 3AC 500 V – 690 V auf Anfrage).

7.2.2.1.2 Derating-Daten der S120 Cabinet Modules mit Leistungsteilen der Bauform Booksize

SINAMICS S120 Cabinet Modules mit Leistungsteilen der Bauform Booksize sowie die zugehörigen Systemkomponenten sind für eine Umgebungstemperatur von 40 °C und Aufstellhöhen bis zu 1000 m über NN bemessen. Werden SINAMICS S120 Cabinet Modules mit Leistungsteilen der Bauform Booksize bei höheren Umgebungstemperaturen als 40 °C und/oder größeren Aufstellhöhen als 1000 m über NN betrieben, so müssen die entsprechenden Derating-

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

Faktoren als Funktion der Umgebungstemperatur und / oder der Aufstellhöhe berücksichtigt werden. Diese Derating-Faktoren unterscheiden sich von den Derating-Faktoren für Leistungsteile der Bauform Chassis und sind im Katalog D 21.4 / „SINAMICS S120 Antriebssystem“ zu finden. Diese sind auch gültig für SINAMICS S120 Cabinet Modules mit Leistungsteilen der Bauform Booksize in den Schutzarten IP20, IP21, IP23, IP43 und IP54.

7.2.2.2 Schutzarten der luftgekühlten S120 Cabinet Modules

Die Norm **EN 60529** behandelt den Schutz von elektrischen Betriebsmitteln durch Gehäuse, Abdeckungen und der gleichen und umfasst u. a.:

1. Schutz von Personen gegen Berühren unter Spannung stehender oder sich bewegender Teile innerhalb der Gehäuse und Schutz der Betriebsmittel gegen Eindringen von festen Fremdkörpern (Berührungs- und Fremdkörper-schutz)
2. Schutz der Betriebsmittel gegen Eindringen von Wasser (Wasserschutz)
3. Kurzzeichen für die international vereinbarten Schutzarten und die Schutzgrade.

Die Schutzarten werden durch ein Kurzzeichen angegeben, das sich aus den Kennbuchstaben IP und zwei Kennziffern für den Schutzgrad zusammensetzt.

Die folgende Tabelle zeigt die bei den luftgekühlten S120 Cabinet Modules möglichen Schutzarten. Standard ist IP20. Höhere Schutzarten sind optional verfügbar.

Schutzart	Erste Kennziffer (Berührungs- und Fremdkörperschutz)	Zweite Kennziffer (Schutz der Betriebsmittel vor Eindringen von Wasser)
IP20	Geschützt gegen feste Fremdkörper, Durchmesser 12,5 mm und größer	kein Wasserschutz
IP21	Geschützt gegen feste Fremdkörper, Durchmesser 12,5 mm und größer	Geschützt gegen Tropfwasser. Senkrecht fallende Tropfen dürfen keine schädliche Wirkung haben.
IP23	Geschützt gegen feste Fremdkörper, Durchmesser 12,5 mm und größer	Geschützt gegen Sprühwasser. Wasser, das in einem Winkel bis zu 60° beiderseits der Senkrechten gesprüht wird, darf keine schädliche Wirkung haben.
IP43	Geschützt gegen feste Fremdkörper, Durchmesser 1 mm und größer	Geschützt gegen Sprühwasser. Wasser, das in einem Winkel bis zu 60° beiderseits der Senkrechten gesprüht wird, darf keine schädliche Wirkung haben.
IP54	Staubgeschützt Eindringen von Staub ist nicht vollständig verhindert, aber Staub darf nicht in einer solchen Menge eindringen, dass das zufriedenstellende Arbeiten des Gerätes oder die Sicherheit beeinträchtigt wird.	Geschützt gegen Spritzwasser. Wasser, das aus jeder Richtung gegen das Gehäuse spritzt, darf keine schädliche Wirkung haben.

Schutzarten der luftgekühlten S120 Cabinet Modules: Grundaufführung IP20, höhere Schutzarten als Option M21 – M54

Zur sicheren Funktion der luftgekühlten Schrankgeräte sind bei den verschiedenen Schutzarten keine weiteren Maßnahmen wie Kühlaggregate, Abluftanlagen o.ä. notwendig, sofern die Umgebungsbedingungen die spezifizierten Grenzwerte einhalten. Lediglich die Strom-Derating-Faktoren für die Schutzart IP54 sowie die veränderten Schrankhöhen für die höheren Schutzarten IP21 – IP54 sind bei der Projektierung zu berücksichtigen:

Schrankhöhe: IP20: 2200 mm / Luftaustritt nach oben durch perforiertes Dachblech
IP21: 2450 mm / Luftaustritt nach oben durch perforiertes Dachblech + zus. Tropfblech
IP23 – IP54 2600 mm / Luftaustritt nach vorn durch zusätzliche Dachhauben inkl. Filtermatten

7.2.2.3 Erforderliche Querschnitte der DC-Verschönung und maximale Kurzschlussströme

Im Standard der S120 Cabinet Modules ist keine Zwischenkreisverschönung / DC-Verschönung enthalten. Diese ist den Cabinet Modules als Pflichtoption zuzuordnen. Die Dimensionierung ist abhängig von den Lastanforderungen und den Betriebsbedingungen des Antriebsverbandes sowie der individuellen Anordnung der Cabinet Modules. Die optionale Pflichtzuordnung dient der Fehlerreduzierung bei der Dimensionierung und zwingt zu einer durchdachten Festlegung der DC-Verschönung im Hinblick auf die betriebsmäßig und im Kurzschlussfall auftretenden Ströme.

Folgende Cabinet Modules sind von der Pflichtoption befreit:

- Line Connection Modules
- Auxiliary Power Supply Modules

Bei diesen Cabinet Modules kann die Aufstellung innerhalb des Schrankverbandes so erfolgen, dass keine DC-Verschönung notwendig ist (z. B. am Anfang oder am Ende der Schrankreihe).

Zur Festlegung der erforderlichen DC-Verschienenung sind die betriebsmäßig auftretenden Zwischenkreisströme in Abhängigkeit von der Leistung der einzelnen Motor Modules und den Betriebsbedingungen (Gleichzeitigkeitsfaktoren, Überlastfaktoren, motorischer/generatorischer Betrieb) zu bestimmen. Die DC-Verschienenung kann zur Kostenoptimierung in unterschiedlichen Größen kombiniert werden. Bei der Auswahl ist darauf zu achten, dass die DC-Schienensysteme der jeweils benachbarten Cabinet Modules zueinander mechanisch kompatibel sind (siehe nachfolgende Tabelle und Optionen-Auswahlmatrix der S120 Cabinet Modules im Katalog D 21.3).

Options-Kurzangabe	DC-Schienensystem Bemessungsstrom I_d [A]	Anzahl parallele Schienen	Schienenabmessungen [mm]	Kompatibel zu	Zulässiger Stosskurzschlussstrom [kA]
M80	1170	1	60 x 10	M83	90
M81	1500	1	80 x 10	M84 und M86	85
M82	1840	1	100 x 10	M85 und M87	80
M83	2150	2	60 x 10	M80	180
M84	2730	2	80 x 10	M81 und M86	170
M85	3320	2	100 x 10	M82 und M87	160
M86	3720	3	80 x 10	M81 und M84	255
M87	4480	3	100 x 10	M82 und M85	240

Optional erhältliche DC-Verschienenungen

Bei Anwendungen – wie z. B. einem Getriebeprüfstand – kann es vorkommen, dass ein Motor Module den Asynchronmotor für die Verbrennungsmotor-Simulation speist, während weitere Motor Modules die Asynchronmotoren zur Last-Simulation speisen. Während der Asynchronmotor zur Verbrennungsmotor-Simulation im motorischen Betrieb arbeitet, führen die Asynchronmotoren zur Last-Simulation die gesamte Energie in den Zwischenkreis zurück. Bezogen auf die Gesamtenergie bedeutet dies, dass nur ein geringer Teil der Energie aus dem Netz entnommen werden muss (Verlustleistung des gesamten Antriebsstranges sowie die Energie für geforderte Beschleunigungsvorgänge). Der Hauptenergieaustausch findet hier zwischen den Motor Modules über die DC-Schiene statt. Für die Auslegung der DC-Verschienenung bedeutet dies im Falle einer Linienanordnung mit der Einspeisung am Anfang der Linie, dass in der Regel die Verschienenung zwischen dem Line Module / der Einspeisung und dem ersten Motor Module im Querschnitt kleiner gewählt werden kann als die Verschienenung zwischen den Motor Modules.

Die Anordnung der Modules ist anhand der jeweiligen Lastbedingungen und Gleichzeitigkeitsfaktoren zu wählen, um eine möglichst effiziente Dimensionierung der DC-Verschienenung zu erhalten.

Nach der Festlegung der DC-Verschienenung ist zu überprüfen, dass alle Teile der ausgewählten DC-Verschienenung eine ausreichende Kurzschlussfestigkeit besitzen. Die zulässigen Stosskurzschlussströme sind der oben angegebenen Tabelle zu entnehmen. Die Beiträge der angeschlossenen Line Modules (BLM, SLM, ALM) sowie Motor Modules (MoMo) zum Stosskurzschlussstrom sind in den Tabellen des Abschnitts „Kurzschlussströme auf der DC-Schiene“ im Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“ angegeben.

Die Verbindungen der Zwischenkreisschienen zwischen den Cabinet Modules erfolgt mittels spezieller Schienenbrücken, welche ein Teil des Schienensystems sind und sich bei der Auslieferung an der rechten Seite der Schiene eines Modules / der Transporteinheit befinden. Sie müssen nach dem Aneinanderreihen der Schrankmodule lediglich gelöst, in den Nachbarschrank geführt und wieder festgezogen werden.

Werden Cabinet Modules mit der Option Y11 als werksseitig zusammengesetzte Transporteinheiten bestellt, muss die DC-Verschienenung innerhalb der Transporteinheit mit einheitlichem Querschnitt gewählt werden, weil in diesem Fall eine durchgehende Kupferschiene innerhalb der Transporteinheit verwendet wird.

7.2.2.4 Erforderliche Kabelquerschnitte für Netz- und Motoranschluss

Für den Netzanschluss können in der Regel ungeschirmte Kabel verwendet werden, wobei möglichst 3- oder 4-Leiter-Drehstromkabel zu verwenden sind. Für die Verbindung zwischen Umrichter und Motor wird dagegen grundsätzlich empfohlen, geschirmte, bei größeren Leistungen möglichst symmetrische 3-Leiter-Drehstromkabel zu verwenden und gegebenenfalls mehrere dieser Kabel parallel zu schalten. Dies hat im Wesentlichen zwei Gründe:

- Nur damit lässt sich die hohe Schutzart IP55 am Motoranschlusskasten problemlos erreichen, da die Kabelzuführung in den Anschlusskasten über Verschraubungen erfolgt und die Anzahl der Verschraubungen durch die Geometrie des Anschlusskastens begrenzt ist. Einzelkabel sind dafür weniger geeignet.
- Bei symmetrischen 3-Leiter-Drehstromkabeln ist die Summendurchflutung über den Kabelaußendurchmesser gleich Null und sie können problemlos in metallisch leitenden Kabelkanälen oder Kabelpitrchen verlegt werden, ohne dass nennenswerte Ströme in den metallisch leitenden Verbindungen induziert werden (Erd- bzw. Ableitströme). Die Gefahr von induzierten Ableitströmen und damit von erhöhten Kabelmantelverlusten ist bei 1-Leiterkabeln wesentlich höher.

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

Der erforderliche Kabelquerschnitt richtet sich nach der Stromstärke, die im Kabel übertragen wird. Die zulässige Strombelastung von Kabeln ist z. B. in IEC 60364-5-52 festgelegt. Sie richtet sich zum einen nach den Umgebungsbedingungen wie der Temperatur und zum anderen nach der Art der Verlegung. Es ist zu berücksichtigen, ob Einzelverlegung der Kabel mit relativ guter Kühlung vorliegt, oder ob mehrere Kabel gemeinsam verlegt sind, die sehr viel schlechter belüftet sind und sich daher gegenseitig stärker aufheizen können. Hierbei wird auf die entsprechenden Korrekturfaktoren für diese Randbedingungen in IEC 60364-5-52 verwiesen. Für 3-Leiter-Kabel aus Kupfer und Aluminium mit PVC-Isolierung und einer zulässigen Leitertemperatur von 70 °C (z. B. Protodur NYY oder NYCWY) sowie einer Umgebungstemperatur von 40 °C können die Querschnitte nach folgender Tabelle zugrunde gelegt werden, die auf IEC 60364-5-52 basiert.

Querschnitt 3-Leiter-Kabel [mm ²]	Kupferkabel		Aluminiumkabel	
	Einzelverlegung [A]	mehrere Kabel nebeneinander liegend ¹⁾ [A]	Einzelverlegung [A]	mehrere Kabel nebeneinander liegend ¹⁾ [A]
3 x 2,5	22	17	17	13
3 x 4,0	30	23	23	18
3 x 6,0	37	29	29	22
3 x 10	52	41	40	31
3 x 16	70	54	53	41
3 x 25	88	69	68	53
3 x 35	110	86	84	65
3 x 50	133	104	102	79
3 x 70	171	133	131	102
3 x 95	207	162	159	124
3 x 120	240	187	184	144
3 x 150	278	216	213	166
3 x 185	317	247	244	190
3 x 240	374	292	287	224

¹⁾ Maximal 9 Kabel unmittelbar nebeneinander waagrecht auf einer Kabelpritsche liegend

Strombelastbarkeit von 3-Leiter-Kabeln aus Kupfer und Aluminium mit PVC-Isolierung und einer maximal zulässigen Leitertemperatur von 70 °C bei einer Umgebungstemperatur von 40 °C gemäß IEC 60364-5-52

Bei höheren Stromstärken müssen Kabel parallelgeschaltet werden.

Die maximal anschließbaren Kabelquerschnitte für den Netzanschluss an den Line Connection Modules und für den Motoranschluss an den Motor Modules sind den technischen Daten im Katalog D 21.3 zu entnehmen, die empfohlenen Kabelquerschnitte für den Motoranschluss sind identisch mit denen der Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS S150 und können dem Kapitel „Projektierung der Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS S150“, Abschnitt „Leitungsquerschnitte und Anschlüsse der Schrankgeräte SINAMICS S150“ entnommen werden.

Hinweis:

Die Empfehlungen für den nordamerikanischen Markt in AWG oder MCM sind den entsprechenden Normen NEC (National Electrical Code) bzw. CEC (Canadian Electrical Code) zu entnehmen.

Der Schutzleiter ist mit Rücksicht auf folgende Aufgaben zu dimensionieren:

- Im Erdschlussfall dürfen keine unzulässig hohen – durch Spannungsabfälle des Erdschlussstroms auf dem Schutzleiter verursachten – Berührungsspannungen auftreten (< AC 50 V bzw. < DC 120 V, IEC 61800-5-1, IEC 60 364, IEC 60 543).
- Der bei Erdschluss im Schutzleiter fließende Erdschlussstrom darf den Schutzleiter nicht unzulässig belasten.
- Ist es im Fehlerfall möglich, dass Dauerströme über den Schutzleiter fließen können, so ist der Schutzleiterquerschnitt für diesen Dauerstrom zu bemessen.
- Der Schutzleiterquerschnitt ist entsprechend EN 60 204-1, EN 60 439-1, IEC 60 364 auszuwählen.

Querschnitt Außenleiter mm ²	Mindestquerschnitt externer Schutzleiter mm ²
bis 16	mindestens Außenleiterquerschnitt
16 bis 35	16
ab 35	mindestens halber Außenleiterquerschnitt

7.2.2.5 Kühlluftbedarf der luftgekühlten S120 Cabinet Modules

Den luftgekühlten S120 Cabinet Modules ist eine bestimmte Menge an Kühlluft zuzuführen. Dieser Kühlluftbedarf muss selbst bei schwierigen Randbedingungen zwingend gedeckt werden. Die Kühlluft wird durch die Lüftungsgitter im unteren Teil der Schranktüren von vorn angesaugt. Die erwärmte Luft wird durch das perforierte Dachblech oder die Lüftungsgitter im Dachaufsatz (bei Option M23 / M43 / M54) abgeleitet. Die in den Maßbildern angeführte minimale Deckenhöhe muss zum ungehinderten Luftaustritt eingehalten werden. Die Kühlluftzufuhr ist auch von unten über Zwischenböden, Luftkanäle u. ä. möglich. Dafür sind Öffnungen am 3-geteilten Bodenblech herzustellen. Hierzu beachten Sie bitte die Hinweise zur Option M59 (Schranktür geschlossen).

Die folgenden Tabellen zeigen den Kühlluftbedarf der verschiedenen Cabinet Modules:

Line Connection Modules		
Baugröße	I _n [A]	Kühlluftbedarf [m³/s]
Anschlussspannung 3AC 380 V bis 480 V		
FL	250	- ¹
FL	380	- ¹
GL	600	- ¹
HL	770	- ¹
JL	1000	0,36 ^{1,2}
JL	1250	0,36 ^{1,2}
JL	1600	0,36 ^{1,2}
KL	2000	0,72 ^{1,2}
KL	2500	0,72 ^{1,2}
LL	3200	0,72 ^{1,2}

Line Connection Modules		
Baugröße	I _n [A]	Kühlluftbedarf [m³/s]
Anschlussspannung 3AC 500 V bis 690 V		
FL	280	- ¹
FL	380	- ¹
GL	600	- ¹
HL	770	- ¹
JL	1000	0,36 ^{1,2}
JL	1250	0,36 ^{1,2}
JL	1600	0,36 ^{1,2}
KL	2000	0,72 ^{1,2}
KL	2500	0,72 ^{1,2}
LL	3200	0,72 ^{1,2}

Basic Line Modules		
Baugröße	P _n bei 400 V [kW]	Kühlluftbedarf [m³/s]
Anschlussspannung 3AC 380 V bis 480 V		
FB	200	0,17
FB	250	0,17
FB	400	0,17
GB	560	0,36
GB	710	0,36
GD	900	0,36

Basic Line Modules		
Baugröße	P _n bei 690 V [kW]	Kühlluftbedarf [m³/s]
Anschlussspannung 3AC 500 V bis 690 V		
FB	250	0,17
FB	355	0,17
FB	560	0,17
GB	900	0,36
GB	1100	0,36
GD	1500	0,36

Smart Line Modules		
Baugröße	P _n bei 400 V [kW]	Kühlluftbedarf [m³/s]
Anschlussspannung 3AC 380 V bis 480 V		
GX	250	0,36
GX	355	0,36
HX	500	0,78
JX	630	1,08
JX	800	1,08

Smart Line Modules		
Baugröße	P _n bei 690 V [kW]	Kühlluftbedarf [m³/s]
Anschlussspannung 3AC 500 V bis 690 V		
GX	450	0,36
HX	710	0,78
JX	1000	1,08
JX	1400	1,08

Active Line Modules + Active Interface Module		
Baugröße	P _n bei 400 V [kW]	Kühlluftbedarf [m³/s]
Anschlussspannung 3AC 380 V bis 480 V		
FI+FX	132	0,47
FI+FX	160	0,47
GI+GX	235	0,83
GI+GX	300	0,83
HI+HX	380	1,18
HI+HX	500	1,18
JI+JX	630	1,48
JI+JX	900	1,48

Active Line Modules + Active Interface Module		
Baugröße	P _n bei 690 V [kW]	Kühlluftbedarf [m³/s]
Anschlussspannung 3AC 500 V bis 690 V		
HI+HX	630	1,18
JI+JX	800	1,48
JI+JX	1100	1,48
JI+JX	1400	1,48

¹ Bauteile benutzen Eigenkonvektion

² Lüfter bei Schutzart IP23, IP 43, IP54 (in Verbindung mit Basic Line Modules)

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

Motor Modules Chassis		
Baugröße	P_n bei 400 V [kW]	Kühlluftbedarf [m³/s]
Anschlussspannung 3AC 380 V bis 480 V		
FX	110	0,17
FX	132	0,23
GX	160	0,36
GX	200	0,36
GX	250	0,36
HX	315	0,78
HX	400	0,78
HX	450	0,78
JX	560	1,08
JX	710	1,08
JX	800	1,08

Motor Modules Chassis		
Baugröße	P_n bei 690 V [kW]	Kühlluftbedarf [m³/s]
Anschlussspannung 3AC 500 V bis 690 V		
FX	75	0,17
FX	90	0,17
FX	110	0,17
FX	132	0,17
GX	160	0,36
GX	200	0,36
GX	250	0,36
GX	315	0,36
HX	400	0,78
HX	450	0,78
HX	560	0,78
JX	710	1,08
JX	800	1,08
JX	900	1,08
JX	1000	1,08
JX	1200	1,08

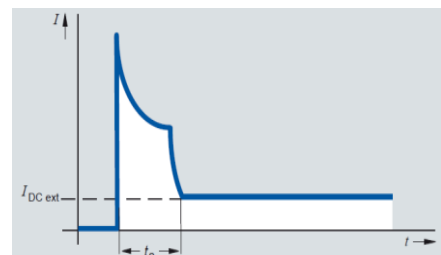
Booksize Cabinet Kits		
Baugröße	I_n [A]	Kühlluftbedarf [m³/s]
Anschlussspannung 3AC 380 V bis 480 V		
100 mm	9	0,008
100 mm	18	0,008
100 mm	30	0,016
200 mm	45	0,031
200 mm	60	0,031
200 mm	85	0,044
300 mm	132	0,144

Central Braking Modules		
Baugröße	P_n [kW]	Kühlluftbedarf [m³/s]
Anschlussspannung 3AC 380 V bis 480 V		
Anschlussspannung 3AC 500 V bis 600 V		
Anschlussspannung 3AC 660 V bis 690 V		
400 mm	500 - 1200	0,14

7.2.2.6 Hilfsstrombedarf

Die luftgekühlten S120 Cabinet Modules benötigen zur korrekten Funktion die Bereitstellung von Hilfsenergie (Netzspannung 1AC, 230 V 1AC und 24 V DC). Der Strombedarf in jeder Spannungsebene muss bei der Projektierung berücksichtigt und von extern bereitgestellt werden. Auch die Absicherung der Hilfsenergie muss extern erfolgen.

Bei der Auswahl der externen 24 V-Versorgung ist zu beachten, dass beim Einschalten die Kondensatoren in den Elektronikversorgungen aller angeschlossenen Cabinet Modules geladen werden müssen. Die 24 V-Versorgung hat also zunächst eine Stromspitze zum Aufladen dieser Kondensatoren bereitzustellen. Diese kann ein Vielfaches des Stromes $I_{DC\ ext}$ betragen, welcher sich aus der Summe der Werte aller angeschlossenen Cabinet Modules gemäß den Tabellen auf den folgenden Seiten ergibt. Diese Stromspitze ist auch beim Einbau von Sicherungselementen, z. B. Leitungsschutzschaltern, zu beachten (Auslösecharakteristik C oder D). Die Stromspitze fließt über eine Zeit t_e von wenigen 100 ms. Der Scheitelwert wird durch die Impedanz der externen 24 V-Versorgung bzw. deren elektronisch begrenzten Maximalstrom bestimmt.



Typischer Verlauf des Einschaltstroms der externen 24 V-Versorgung

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

Bei kleineren Schrankverbänden kann die Hilfsenergie im S120 Line Connection Module LCM selbst erzeugt und dort auf das Hilfsspannungsversorgungssystem gelegt werden. In diesem Fall erfolgt die Absicherung im Line Connection Module LCM. Wird Hilfsenergie nur zur Versorgung der Lüfter in den angeschlossenen Cabinet Modules benötigt, so ist im Line Connection Module die Option K70 zu bestellen. In diesem Fall wird nur die Netzspannung 1AC abgesichert in das Hilfsspannungsversorgungssystem eingespeist. Wird Hilfsenergie in allen drei Spannungsebenen benötigt, so ist im Line Connection Module die Option K76 zu bestellen. In diesem Fall werden die Netzspannung 1AC, 230 V 1AC und 24 V DC abgesichert in das Hilfsspannungsversorgungssystem eingespeist.

Bei größeren Schrankverbänden mit sehr hohem Bedarf an Hilfsenergie kann diese in der Regel nicht mehr durch die Optionen K70 bzw. K76 im Line Connection Module zur Verfügung gestellt werden. Dann muss die Hilfsenergie in einem separaten Auxiliary Power Supply Module erzeugt und in das Hilfsspannungsversorgungssystem eingespeist werden. In diesem Fall erfolgt die Absicherung im Auxiliary Power Supply Module.

Line Connection Modules

Der Anschluss der Hilfsspannung an die Line Connection Modules erfolgt direkt an Eingangsklemmen. Folgende Komponenten sind zu berücksichtigen:

230 V AC: Schrankbelüftung / Leistungsschalter

Eine Absicherung sollte anlagenseitig mit 16 A erfolgen.

Artikel-Nr.	Baugröße	Bemessungsstrom I_N [A]	Strombedarf 230 V AC 50/60 Hz ¹⁾		
			Einschaltstrom [A]	Haltestrom [A]	Lüfter [A]
Anschlussspannung 3AC 380 V – 480 V					
6SL3700-0LE32-5AA3	FL	250	3,6	0,04	--
6SL3700-0LE34-0AA3	FL	380	3,6	0,04	--
6SL3700-0LE36-3AA3	GL	600	3,6	0,04	--
6SL3700-0LE38-0AA3	HL	770	10,8	0,12	--
6SL3700-0LE41-0AA3	JL	1000	0,5	0,06	1,07
6SL3700-0LE41-3AA3	JL	1250	0,5	0,06	1,07
6SL3700-0LE41-6AA3	JL	1600	0,5	0,06	1,07
6SL3700-0LE42-0AA3	KL	2000	0,5	0,06	2,14
6SL3700-0LE42-0BA3	KL	2000	0,5	0,06	2,14
6SL3700-0LE42-5BA3	KL	2500	0,5	0,06	2,14
6SL3700-0LE43-2BA3	LL	3200	0,5	0,04	2,14
Anschlussspannung 3AC 500 V – 690 V					
6SL3700-0LG32-8AA3	FL	280	3,6	0,04	--
6SL3700-0LG34-0AA3	FL	380	3,6	0,04	--
6SL3700-0LG36-3AA3	GL	600	3,6	0,04	--
6SL3700-0LG38-0AA3	HL	770	10,8	0,12	--
6SL3700-0LG41-0AA3	JL	1000	0,5	0,06	1,07
6SL3700-0LG41-3AA3	JL	1250	0,5	0,06	1,07
6SL3700-0LG41-6AA3	JL	1600	0,5	0,06	1,07
6SL3700-0LG42-0BA3	KL	2000	0,5	0,06	2,14
6SL3700-0LG42-5BA3	KL	2500	0,5	0,06	2,14
6SL3700-0LG43-2BA3	LL	3200	0,5	0,06	2,14

¹⁾ Strombedarf der Schütze / Leistungsschalter und der Lüfter bei Schutzart IP23, IP43, IP54 (in Verbindung mit Basic Line Modules)

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

Basic Line Modules

Der Anschluss der Hilfsspannung an die Basic Line Modules erfolgt über beigelegte Leitungen bevorzugt durch das Hilfsspannungsversorgungssystem des benachbarten Motor Modules. Folgende Komponenten sind zu berücksichtigen:

24 V DC: Steuerung / Regelung

Absicherungen sind nach dem Hilfsspannungsversorgungssystem im Cabinet Module vorhanden.

Die Lüfter der Leistungsteile werden bei den Basic Line Modules direkt über die eingangsseitigen Leistungsklemmen und integrierte, einphasige Transformatoren versorgt. Ein Anschluss der Lüfter an das Hilfsspannungsversorgungssystem wird daher nicht benötigt, so dass die in der Tabelle angegebenen Werte rein informativ sind.

Artikel-Nr.	Baugröße	Leistung bei 400 V bzw. 690 V [kW]	Bemessungs- Einspeisestrom I_N [A]	Strombedarf ¹⁾		
				24 V DC [A]	400 V bzw. 690 V AC 50 Hz [A]	60 Hz [A]
Anschlussspannung 3AC 380 V – 480 V (Zwischenkreisspannung 510 V – 650 V)						
6SL3730-1TE34-2AA3	FB	200	365	1,1	intern	intern
6SL3730-1TE35-3AA3	FB	250	460	1,1	intern	intern
6SL3730-1TE38-2AA3	FB	400	710	1,1	intern	intern
6SL3730-1TE41-2AA3	GB	560	1010	1,1	intern	intern
6SL3730-1TE41-2BA3	GB	560	1010	1,1	intern	intern
6SL3730-1TE41-2BC3	GB	560	1010	1,1	intern	intern
6SL3730-1TE41-5AA3	GB	710	1265	1,1	intern	intern
6SL3730-1TE41-5BA3	GB	710	1265	1,1	intern	intern
6SL3730-1TE41-5BC3	GB	710	1265	1,1	intern	intern
6SL3730-1TE41-8AA3	GD	900	1630	1,1	intern	intern
6SL3730-1TE41-8BA3	GD	900	1630	1,1	intern	intern
6SL3730-1TE41-8BC3	GD	900	1630	1,1	intern	intern
Anschlussspannung 3AC 500 V – 690 V (Zwischenkreisspannung 675 V – 930 V)						
6SL3730-1TG33-0AA3	FB	250	260	1,1	intern	intern
6SL3730-1TG34-3AA3	FB	355	375	1,1	intern	intern
6SL3730-1TG36-8AA3	FB	560	575	1,1	intern	intern
6SL3730-1TG41-1AA3	GB	900	925	1,1	intern	intern
6SL3730-1TG41-1BA3	GB	900	925	1,1	intern	intern
6SL3730-1TG41-1BC3	GB	900	925	1,1	intern	intern
6SL3730-1TG41-4AA3	GB	1100	1180	1,1	intern	intern
6SL3730-1TG41-4BA3	GB	1100	1180	1,1	intern	intern
6SL3730-1TG41-4BC3	GB	1100	1180	1,1	intern	intern
6SL3730-1TG41-8AA3	GD	1500	1580	1,1	intern	intern
6SL3730-1TG41-8BA3	GD	1500	1580	1,1	intern	intern
6SL3730-1TG41-8BC3	GD	1500	1580	1,1	intern	intern

¹⁾ Strombedarf der Steuerung / Regelung, Hilfsstromversorgung der Lüfter.

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

Smart Line Modules

Der Anschluss der Hilfsspannung an die Smart Line Modules erfolgt über das Hilfsspannungsversorgungssystem. Folgende Komponenten sind zu berücksichtigen:

24 V DC: Steuerung / Regelung
 400 V bzw. 690 V AC: Lüfter der Leistungsteile

Absicherungen sind nach dem Hilfsspannungsversorgungssystem im Cabinet Module vorhanden.

Artikel-Nr.	Baugröße	Leistung bei 400 V bzw. 690 V [kW]	Bemessungs- Einspeisestrom I_N [A]	Strombedarf ¹⁾		
				24 V DC [A]	400 V bzw. 690 V AC 50 Hz [A]	60 Hz [A]
Anschlussspannung 3AC 380 V – 480 V (Zwischenkreisspannung 510 V – 650 V)						
6SL3730-6TE35-5AA3	GX	250	463	1,35	1,8	2,7
6SL3730-6TE37-3AA3	GX	355	614	1,35	1,8	2,7
6SL3730-6TE41-1AA3	HX	500	883	1,4	3,6	5,4
6SL3730-6TE41-1BA3	HX	500	883	1,4	3,6	5,4
6SL3730-6TE41-1BC3	HX	500	883	1,4	3,6	5,4
6SL3730-6TE41-3AA3	JX	630	1093	1,5	5,4	8,0
6SL3730-6TE41-3BA3	JX	630	1093	1,5	5,4	8,0
6SL3730-6TE41-3BC3	JX	630	1093	1,5	5,4	8,0
6SL3730-6TE41-7AA3	JX	800	1430	1,7	5,4	8,0
6SL3730-6TE41-7BA3	JX	800	1430	1,7	5,4	8,0
6SL3730-6TE41-7BC3	JX	800	1430	1,7	5,4	8,0
Anschlussspannung 3AC 500 V – 690 V (Zwischenkreisspannung 675 V – 930 V)						
6SL3730-6TG35-5AA3	GX	450	463	1,35	1,0	1,5
6SL3730-6TG38-8AA3	HX	710	757	1,4	2,1	3,1
6SL3730-6TG38-8BA3	HX	710	757	1,4	2,1	3,1
6SL3730-6TG38-8BC3	HX	710	757	1,4	2,1	3,1
6SL3730-6TG41-2AA3	JX	1000	1009	1,5	3,1	4,6
6SL3730-6TG41-2BA3	JX	1000	1009	1,5	3,1	4,6
6SL3730-6TG41-2BC3	JX	1000	1009	1,5	3,1	4,6
6SL3730-6TG41-7AA3	JX	1400	1430	1,7	3,1	4,6
6SL3730-6TG41-7BA3	JX	1400	1430	1,7	3,1	4,6
6SL3730-6TG41-7BC3	JX	1400	1430	1,7	3,1	4,6

¹⁾ Strombedarf der Steuerung / Regelung, Hilfsstromversorgung der Lüfter.

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

Active Line Modules + Active Interface Modules

Der Anschluss der Hilfsspannung an die Active Infeeds muss separat für das Active Interface Module (AIM) und das Active Line Module (ALM) betrachtet werden.

Das AIM benötigt folgende Spannungen:

24 V DC: Steuerung/ Regelung
 230 V AC: Schrankbelüftung und - je nach Baugröße - Steuerspannung der Vorladeschütze

Das ALM benötigt folgende Spannungen:

24 V DC: Steuerung / Regelung
 400 V bzw. 690 V AC: Lüfter der Leistungsteile

Active Interface Module und Active Line Module werden aufgrund der benötigten Leistungsverbindungen als Einheit geliefert. Aus diesem Grund sind auch die Hilfsspannungsanschlüsse des AIM werksseitig bereits an das Hilfsspannungsversorgungssystem des ALM angeschlossen. Absicherungen sind nach dem Hilfsspannungsversorgungssystem in den Cabinet Modules vorhanden.

Der nachfolgend angegebene Strombedarf bezieht sich auf die Kombination aus Active Interface Module und Active Line Module.

Artikel-Nr.	Baugröße	Leistung bei 400 bzw. 690 V [kW]	Bemessungs-Ein-/ Rückspeisestrom I_N [A]	Strombedarf ¹⁾				
				24 V DC [A]	230 V AC		400 V bzw. 690 V AC	
				50 Hz [A]	60 Hz [A]	50 Hz [A]	60 Hz [A]	
Anschlussspannung 3AC 380 V – 480 V (Zwischenkreisspannung 570 V – 720 V)								
6SL3730-7TE32-1BA3	FX+FI	132	210	1,27	0,6	0,9	0,63	0,9
6SL3730-7TE32-6BA3	FX+FI	160	260	1,27	0,6	0,9	1,13	1,6
6SL3730-7TE33-8BA3	GX+GI	235	380	1,52	1,2	1,8	1,8	2,7
6SL3730-7TE35-0BA3	GX+GI	300	490	1,52	1,2	1,8	1,8	2,7
6SL3730-7TE36-1BA3	HX+HI	380	605	1,57	4,6	6,8	3,6	5,4
6SL3730-7TE38-4BA3	HX+HI	500	840	1,57	4,6	6,8	3,6	5,4
6SL3730-7TE41-0BA3	JX+JI	630	985	1,67	4,9	7,3	5,4	8,0
6SL3730-7TE41-0BC3	JX+JI	630	985	1,67	4,9	7,3	5,4	8,0
6SL3730-7TE41-4BA3	JX+JI	900	1405	1,67	4,9	7,3	5,4	8,0
6SL3730-7TE41-4BC3	JX+JI	900	1405	1,67	4,9	7,3	5,4	8,0
Anschlussspannung 3AC 500 V – 690 V (Zwischenkreisspannung 750 V – 1035 V)								
6SL3730-7TG35-8BA3	HX+HI	630	575	1,57	4,6	6,8	2,1	3,1
6SL3730-7TG37-4BA3	JX+JI	800	735	1,67	4,9	7,3	3,1	4,6
6SL3730-7TG37-4BC3	JX+JI	800	735	1,67	4,9	7,3	3,1	4,6
6SL3730-7TG41-0BA3	JX+JI	1100	1025	1,87	4,9	7,3	3,1	4,6
6SL3730-7TG41-0BC3	JX+JI	1100	1025	1,87	4,9	7,3	3,1	4,6
6SL3730-7TG41-3BA3	JX+JI	1400	1270	1,87	4,9	7,3	3,1	4,6
6SL3730-7TG41-3BC3	JX+JI	1400	1270	1,87	4,9	7,3	3,1	4,6

¹⁾ Strombedarf der Steuerung / Regelung, Hilfsstromversorgung der Lüfter.

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

Motor Modules Chassis

Der Anschluss der Hilfsspannung an die Motor Modules erfolgt über das Hilfsspannungsversorgungssystem. Folgende Komponenten sind zu berücksichtigen:

24 V DC: Steuerung / Regelung
 400 V bzw. 690 V AC: Lüfter der Leistungsteile

Absicherungen nach dem Hilfsspannungsversorgungssystem sind im Cabinet Module vorhanden.

Artikel-Nr.	Baugröße	Typeleistung bei 400 V bzw. 690 V [kW]	Strombedarf		
			24 V DC [A]	400 V bzw. 690 V AC 50 Hz [A]	60 Hz [A]
Anschlussspannung 3AC 380 V – 480 V (Zwischenkreisspannung 510 V – 720 V)					
6SL3720-1TE32-1AA3	FX	110	0,8	0,63	0,9
6SL3720-1TE32-6AA3	FX	132	0,8	1,13	1,6
6SL3720-1TE33-1AA3	GX	160	0,9	1,8	2,7
6SL3720-1TE33-8AA3	GX	200	0,9	1,8	2,7
6SL3720-1TE35-0AA3	GX	250	0,9	1,8	2,7
6SL3720-1TE36-1AA3	HX	315	1,0	3,6	5,4
6SL3720-1TE37-5AA3	HX	400	1,0	3,6	5,4
6SL3720-1TE38-4AA3	HX	450	1,0	3,6	5,4
6SL3720-1TE41-0AA3	JX	560	1,25	5,4	8,0
6SL3720-1TE41-2AA3	JX	710	1,4	5,4	8,0
6SL3720-1TE41-4AA3	JX	800	1,4	5,4	8,0
Anschlussspannung 3AC 500 V – 690 V (Zwischenkreisspannung 675 V – 1035 V)					
6SL3720-1TG28-5AA3	FX	75	0,8	0,4	0,6
6SL3720-1TG31-0AA3	FX	90	0,8	0,4	0,6
6SL3720-1TG31-2AA3	FX	110	0,8	0,4	0,6
6SL3720-1TG31-5AA3	FX	132	0,8	0,4	0,6
6SL3720-1TG31-8AA3	GX	160	0,9	1,0	1,5
6SL3720-1TG32-2AA3	GX	200	0,9	1,0	1,5
6SL3720-1TG32-6AA3	GX	250	0,9	1,0	1,5
6SL3720-1TG33-3AA3	GX	315	0,9	1,0	1,5
6SL3720-1TG34-1AA3	HX	400	1,0	2,1	3,1
6SL3720-1TG34-7AA3	HX	450	1,0	2,1	3,1
6SL3720-1TG35-8AA3	HX	560	1,0	2,1	3,1
6SL3720-1TG37-4AA3	JX	710	1,25	3,1	4,6
6SL3720-1TG38-1AA3	JX	800	1,25	3,1	4,6
6SL3720-1TG38-8AA3	JX	900	1,4	3,1	4,6
6SL3720-1TG41-0AA3	JX	1000	1,4	3,1	4,6
6SL3720-1TG41-3AA3	JX	1200	1,4	3,1	4,6

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

Central Braking Modules

Der Anschluss der Hilfsspannung an die Central Braking Modules erfolgt über das Hilfsspannungsversorgungssystem. Folgende Komponenten sind zu berücksichtigen:

230 V: Lüfter der Leistungsteile

Absicherungen nach dem Hilfsspannungsversorgungssystem sind im Cabinet Module vorhanden.

Artikel-Nr.	P ₁₅₀ -Leistung bei 400 V bzw. 500 V bzw. 690 V [kW]	Strombedarf 230 V	
		50 Hz [A]	60 Hz [A]
Anschlussspannung 3AC 380 V – 480 V (Zwischenkreisspannung 510 V – 720 V)			
6SL3700-1AE35-0AA3	500	0,4	0,6
6SL3700-1AE41-0AA3	1000	0,4	0,6
Anschlussspannung 3AC 500 V – 600 V (Zwischenkreisspannung 675 V – 900 V)			
6SL3700-1AF35-5AA3	550	0,4	0,6
6SL3700-1AF41-1AA3	1100	0,4	0,6
Anschlussspannung 3AC 660 V – 690 V (Zwischenkreisspannung 890 V – 1035 V)			
6SL3700-1AH36-3AA3	630	0,4	0,6
6SL3700-1AH41-2AA3	1200	0,4	0,6

Auxiliary Power Supply Modules

Die Auxiliary Power Supply Modules erzeugen aus der Netzspannung die Hilfsspannungen für einen S120 Cabinet Modules-Verband und benötigen daher keine Zuführung von Hilfsspannungen.

Strombedarf zusätzlicher Komponenten

Der Anschluss der folgenden Komponenten erfolgt jeweils in den eingesetzten Modulen nach der Absicherung zum Hilfsspannungsversorgungssystem. Der Strombedarf muss dem Grundbedarf des jeweiligen Modules hinzugerechnet werden.

Control Unit CU320-2	
Spannung	DC 24 V (20,4 V – 28,8 V)
Maximaler Strombedarf (bei DC 24 V) ohne Berücksichtigung von Digitalausgängen und Erweiterungen im Option-Slot	1,0 A
Maximale Absicherung	20 A
Digitaleingänge:	12 potenzialfreie Digitaleingänge 8 bidirektionale nicht potenzialfreie Digitalausgänge/Digitaleingänge
▪ Spannung	-3 V bis +30 V
▪ Low-Pegel (ein offener Digitaleingang wird als „Low“ interpretiert)	-3 V bis +5 V
▪ High-Pegel	+15 V bis +30 V
▪ Stromaufnahme (typ. bei DC 24 V)	9 mA
Digitalausgänge (dauerkurzschlussfest):	8 bidirektionale nicht potenzialfreie Digitalausgänge/Digitaleingänge
▪ Spannung	DC 24 V
▪ Maximaler Laststrom pro Digitalausgang	500 mA
Terminal Module 31 (TM31)	
Spannung	DC 24 V (20,4 V – 28,8 V)
Maximaler Strombedarf (bei DC 24 V) ohne Berücksichtigung von Digitalausgängen und DRIVE-CLiQ-Versorgung	0,2 A
Digitalausgänge (dauerkurzschlussfest):	4 bidirektionale nicht potenzialfreie Digitalausgänge/Digitaleingänge
▪ Spannung	DC 24 V
▪ Maximaler Laststrom pro Digitalausgang	100 mA
Sensor Module Cabinet-Mounted 10 (SMC10)	
Spannung	DC 24 V (20,4 V – 28,8 V)
Maximaler Strombedarf (bei DC 24 V) ohne Berücksichtigung des Gebers	0,2 A
Sensor Module Cabinet-Mounted 20 (SMC20)	
Spannung	DC 24 V (20,4 V – 28,8 V)
Maximaler Strombedarf (bei DC 24 V) ohne Berücksichtigung des Gebers	0,2 A
Sensor Module Cabinet-Mounted 30 (SMC30)	
Spannung	DC 24 V (20,4 V – 28,8 V)
Maximaler Strombedarf (bei DC 24 V) ohne Berücksichtigung des Gebers	0,2 A
Advanced Operator Panel 30 (AOP30)	
Spannung	DC 24 V (20,4 V – 28,8 V)
Maximaler Strombedarf (bei DC 24 V):	
- ohne Hintergrundbeleuchtung	100 mA
- mit maximaler Hintergrundbeleuchtung	200 mA

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

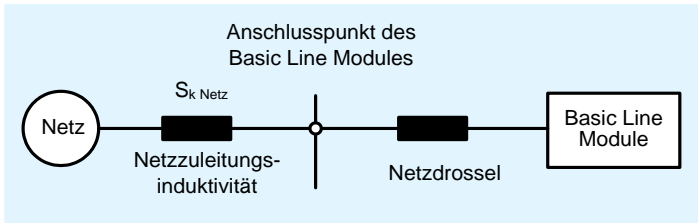
7.2.2.7 Netzdrosseln

Netzdrosseln werden in Verbindung mit Basic Line Modules ($u_k = 2\%$) od. Smart Line Modules ($u_k = 4\%$) eingesetzt. Eine Netzdrossel ist immer dann erforderlich,

- wenn Gleichrichter an ein Netz mit hoher Netzkurzschlussleistung, d. h. mit niedriger Netzzuleitungsinduktivität angeschlossen werden,
- wenn mehrere Gleichrichter an einen gemeinsamen Netzanschlusspunkt angeschlossen werden,
- wenn Gleichrichter mit Netzfiltern zur Funk-Entstörung ausgerüstet werden,
- wenn Gleichrichter zur Leistungserweiterung im Parallelbetrieb arbeiten.

Die Netzdrossel glättet den vom Gleichrichter aufgenommenen Strom und reduziert somit die Oberschwingungsanteile im Netzstrom. Hierdurch werden die Zwischenkreiskondensatoren des Gleichrichters thermisch entlastet. Außerdem werden die Netzurückwirkungen reduziert, d. h. sowohl die Oberschwingungsströme als auch die Oberschwingungsspannungen im speisenden Netz werden verringert.

Will man auf den Einsatz von Netzdrosseln verzichten, so muss die Netzzuleitungsinduktivität entsprechend groß bzw. die bezogene Kurzschlussleistung $RSC^1)$ genügend klein sein.



Für Basic Line Modules gilt:

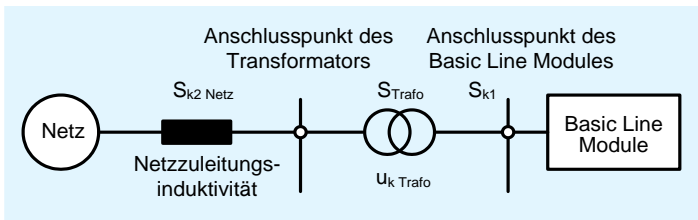
Leistung des BLM kW	Netzdrossel kann entfallen bei RSC		Kurzangabe (Option)	Netzdrossel erforderlich bei RSC
< 200	≤ 43		L22 beim zugeh. LCM	> 43
200 bis 500	≤ 33		L22 beim zugeh. LCM	> 33
> 500	≤ 20		L22 beim zugeh. LCM	> 20

Für Smart Line Modules gilt:

Leistung des SLM kW	Netzdrossel kann entfallen bei RSC		Kurzangabe (Option)	Netzdrossel erforderlich bei RSC
≥ 250	$\leq 12,5$		L22 beim zugeh. LCM	> 12,5

Da in der Praxis oft nicht bekannt ist, an welcher Netzkonfiguration einzelne Basic Line Modules bzw. Smart Line Modules betrieben werden, d. h. welche Netzkurzschlussleistung an der Anschlussstelle vorliegt, wird empfohlen, im Zweifelsfall stets eine Netzdrossel zu verwenden.

Auf die Netzdrossel kann nur dann verzichtet werden, wenn die in den oben stehenden Tabellen angeführten Werte für die bezogene Kurzschlussleistung RSC unterschritten werden. Dieses ist z. B. der Fall, wenn das Basic Line Module oder das Smart Line Module über einen in der Leistung angepassten Transformator an das Netz angeschlossen ist und keine weiteren der o. a. Gründe den Einsatz einer Netzdrossel erforderlich machen.



¹⁾ RSC = **R**elative **S**hort-**C**ircuit **P**ower gemäß EN 60146-1-1:
Verhältnis der Kurzschlussleistung $S_{K\text{ Netz}}$ des Netzes zur Bemessungsscheinleistung (Grundscheinleistung) $S_{\text{Umrichter}}$ des Umrichters an seinem Anschlusspunkt

In diesem Fall ergibt sich die Netzkurzschlussleistung S_{k1} am Anschlusspunkt des Basic Line Modules näherungsweise zu:

$$S_{k1} = \frac{S_{Trafo}}{u_{kTrafo} + \frac{S_{Trafo}}{S_{k2\text{Netz}}}}$$

Formelzeichen	Bedeutung
S_{Trafo}	Bemessungsscheinleistung des Transformators
$u_{k\ Trafo}$	bezogene Kurzschlussspannung des Transformators
$S_{k2\ \text{Netz}}$	Kurzschlussleistung der übergeordneten Spannungsebene

Netzdröseln sind immer zwingend erforderlich, wenn mehrere Gleichrichter an einen gemeinsamen Netzanschlusspunkt angeschlossen werden. Sie dienen neben der Glättung des Netzstromes auch zur netzseitigen Entkopplung der Gleichrichter. Diese Entkopplung ist die Voraussetzung für eine einwandfreie Funktion der Gleichrichterschaltung. Aus diesem Grunde muss jeder Gleichrichter mit einer eigenen Netzdrösel versehen werden und es ist nicht erlaubt, mehreren Gleichrichtern eine gemeinsame Netzdrösel zuzuordnen.

Ebenfalls zwingend erforderlich ist der Einsatz einer Netzdrösel, wenn der Gleichrichter mit einem Netzfilter zur Funk-Entstörung ausgerüstet werden soll, weil die genannten Filter ohne die Netzdrösel nicht ihre volle Filterwirkung erreichen.

Eine weitere Konstellation, die den Einsatz von Netzdröseln erforderlich macht, ist der Parallelbetrieb von Gleichrichtern, bei dem diese an einen gemeinsamen Netzeinspeisepunkt angeschlossen sind. Dies ist üblicherweise bei 6-pulsigen Anordnungen der Fall. Die Netzdröseln symmetrieren die Stromaufteilung und sorgen dafür, dass kein Gleichrichter durch zu große Unsymmetrien überlastet wird.

7.2.2.8 Line Harmonics Filter

Line Harmonics Filter zur Reduktion der Netzurückwirkungen stehen im Gerätespektrum der luftgekühlten SINAMICS S120 Cabinet Modules nicht zur Verfügung.

Zur Reduktion der Netzurückwirkungen sind entweder 12-pulsige Schaltungen mit einem Dreiwicklungstransformator oder aktive Einspeisungen mit dem SINAMICS S120 Active Infeed zu verwenden.

7.2.2.9 Netzfilter

Die Einspeisungen der SINAMICS S120 Cabinet Modules besitzen standardmäßig ein integriertes Netzfilter zur Begrenzung der leitungsgebundenen Störaussendung gemäß EMV-Produktnorm IEC 61800-3, Kategorie C3 (Einsatz im industriellen Bereich bzw. in der Zweiten Umgebung). Dieses standardmäßige Netzfilter befindet sich beim Basic Infeed im Basic Line Module, beim Smart Infeed im Smart Line Module und beim Active Infeed im Active Interface Module.

Die Einspeisungen der SINAMICS S120 Cabinet Modules können optional mit einem zusätzlichen Netzfilter (Option L00) zur Begrenzung der leitungsgebundenen Störaussendung gemäß EMV-Produktnorm IEC 61800-3, Kategorie C2 ausgerüstet werden. Das optionale Netzfilter wird immer in das zum jeweiligen Line Module zugehörige Line Connection Modules eingebaut. Bei Parallelschaltungen von S120 Line Modules ist der Einsatz der optionalen Netzfilter (Option L00) für den Einsatz gemäß Kategorie C2 nur möglich, wenn jedem der parallelgeschalteten Line Modules ein eigenes Line Connection Module zugeordnet wird. Gemeinsame Line Connection Modules zur Speisung von zwei Line Modules in mechanisch gespiegelter Anordnung können nicht mit der Option L00 ausgerüstet werden.

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

Die zulässigen Motorleitungslängen für die verschiedenen SINAMICS S120 Einspeisungen, bis zu denen die Störspannungsgrenzwerte der oben genannten Kategorien sicher eingehalten werden können, sind dem Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt „Netzfilter (Funk-Entstörfilter bzw. EMV-Filter“ zu entnehmen.

Unabdingbare Voraussetzung für die Einhaltung der Grenzwerte gemäß den o. g. Kategorien ist die Einhaltung der vorgeschriebenen Installationshinweise, da die Netzfilter nur bei fachgerechter Installation des Antriebes hinsichtlich Erdung und Schirmung ordnungsgemäß funktionieren. Details hierzu sind im Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt " Netzfilter (Funk-Entstörfilter bzw. EMV-Filter“ sowie im Kapitel „EMV-Aufbaurichtlinie“ beschrieben.

Der Einsatz der Netzfilter darf nur beim Betrieb der SINAMICS S120 Cabinet Modules an geerdeten Netzen (TN- oder TT-Netze mit geerdetem Sternpunkt) erfolgen. Beim Betrieb an ungeerdeten Netzen (IT-Netzen) ist das standardmäßig eingebaute Netzfilter vom PE-Potenzial zu trennen, indem der entsprechende Metallbügel bei der Inbetriebnahme entfernt wird (siehe Betriebsanleitung). Ein Einsatz der optional erhältlichen, zusätzlichen Netzfilter (Option L00) zur Einhaltung der Grenzwerte gemäß EMV-Produktnorm IEC 61800-3, Kategorie C2 ist in ungeerdeten Netzen nicht möglich.

7.2.2.10 Parallelschaltungen

SINAMICS S120 Cabinet Modules sind so konzipiert, dass Standardgeräte jederzeit auch zum Parallelbetrieb genutzt werden können. Zur Leistungserhöhung können im maximalen Ausbau bis zu vier gleiche Line Modules oder vier gleiche Motor Modules (auf Anfrage bis zu sechs) parallelgeschaltet betrieben werden.

Da sich Unsymmetrien in der Stromaufteilung bei der Parallelschaltung von Cabinet Modules nicht vollständig vermeiden lassen, sind bei der Projektierung die nachfolgend angeführten Derating-Faktoren für Strom bzw. Leistung zu berücksichtigen:

Bezeichnung	Derating-Faktor bei Parallelschaltung von 2 bis 4 Modules	Max. zulässige Anzahl der parallelgeschalteten Modules
Active Line Modules	0,950	4
Basic Line Modules	0,925	4
Smart Line Modules	0,925	4
Motor Modules (Chassis)	0,950	4 (auf Anfrage bis zu 6)

Es dürfen nur identische Line Modules oder identische Motor Modules parallelgeschaltet werden. Identisch bedeutet in diesem Zusammenhang, dass Bemessungsspannung, Bemessungsstrom, Typeistung sowie die Versionsstände der Control Interface Modules CIM inkl. der zugehörigen Firmware-Stände gleich sein müssen. Zur Entkopplung von parallelgeschalteten Modules sind bei der Projektierung weitere Randbedingungen zu beachten (siehe Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt „Umrichter-Parallelschaltungen“).

Parallelgeschaltete Leistungsteile werden von einer gemeinsamen Control Unit über DRIVE-CLiQ angesteuert. Die separate Bestellung von schrankübergreifenden DRIVE-CLiQ-Leitungen ist hierbei zu berücksichtigen (siehe Abschnitt „DRIVE-CLiQ Verdrahtung“).

Ein Mischbetrieb von unterschiedlichen Line Modules ist nicht zulässig mit Ausnahme des Mischbetriebs von Basic Line Modules BLM und Smart Line Modules SLM (siehe Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt „SINAMICS Infeeds und ihre Eigenschaften“)

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

7.2.2.11 Schrankgewichte

Die Schrankgewichte der SINAMICS S120 Cabinet Modules sind bei der Projektierung zu beachten. Die Gewichte müssen entsprechend der gewünschten Zusammenstellung ermittelt und bei der Überprüfung der Tragfähigkeit des Bodens am Aufstellort berücksichtigt werden.

In den nachfolgenden Tabellen sind die Schrankgewichte der SINAMICS S120 Cabinet Modules aufgelistet. Bei den angegebenen Gewichten handelt es sich um die Standardausführungen ohne Optionen. Das jeweilige Gewicht eines Schrankgerätes wird im mitgelieferten Prüfschein und auf dem Typenschild angegeben. Das dort angegebene Gewicht entspricht der tatsächlichen Ausführung des gelieferten Schrankgerätes.

Folgende Gewichte sind bei den Cabinet Modules mindestens zu berücksichtigen:

Line Connection Modules		
Baugröße	I _n [A]	Gewicht [kg]
Anschlussspannung 3AC 380 V bis 480 V		
FL	250	210
FL	380	230
GL	600	310 ¹⁾ / 360 ²⁾
HL	770	340 ¹⁾ / 420 ²⁾
JL	1000	450
JL	1250	470 ¹⁾ / 570 ²⁾
JL	1600	490 ¹⁾ / 650 ²⁾
KL	2000	600 ¹⁾ / 760 ²⁾
KL	2000 für Par.	620 ¹⁾ / 820 ²⁾
KL	2500 für Par.	620 ¹⁾ / 900 ²⁾
LL	3200 für Par.	720 ¹⁾ / 1000 ²⁾

Line Connection Modules		
Baugröße	I _n [A]	Gewicht [kg]
Anschlussspannung 3AC 500 V bis 690 V		
FL	280	220 ¹⁾ / 260 ²⁾
FL	380	230 ¹⁾ / 310 ²⁾
GL	600	310 ¹⁾ / 400 ²⁾
HL	770	340
JL	1000	450 ¹⁾ / 650 ²⁾
JL	1250	470 ¹⁾ / 670 ²⁾
JL	1600	490 ¹⁾ / 680 ²⁾
KL	2000 für Par.	600 ¹⁾ / 980 ²⁾
KL	2500 für Par.	620 ¹⁾ / 1000 ²⁾
LL	3200 für Par.	720 ¹⁾ / 1080 ²⁾

Basic Line Modules		
Baugröße	P _n bei 400 V [kW]	Gewicht [kg]
Anschlussspannung 3AC 380 V bis 480 V		
FB	200	166
FB	250	166
FB	400	166
GB	560	320
GB	560_PR ³⁾	440
GB	560_PL ⁴⁾	480
GB	710	320
GB	710_PR ³⁾	440
GB	710_PL ⁴⁾	480
GD	900	320
GD	900_PR ³⁾	440
GD	900_PL ⁴⁾	480

Basic Line Modules		
Baugröße	P _n bei 690 V [kW]	Gewicht [kg]
Anschlussspannung 3AC 500 V bis 690 V		
FB	250	166
FB	355	166
FB	560	166
GB	900	320
GB	900_PR ³⁾	440
GB	900_PL ⁴⁾	480
GB	1100	320
GB	1100_PR ³⁾	440
GB	1100_PL ⁴⁾	480
GD	1500	320
GD	1500_PR ³⁾	440
GD	1500_PL ⁴⁾	480

Smart Line Modules		
Baugröße	P _n bei 400 V [kW]	Gewicht [kg]
Anschlussspannung 3AC 380 V bis 480 V		
GX	250	270
GX	355	270
HX	500	490
JX	630	775
JX	800	775

Smart Line Modules		
Baugröße	P _n bei 690 V [kW]	Gewicht [kg]
Anschlussspannung 3AC 500 V bis 690 V		
GX	450	270
HX	710	550
JX	1000	795
JX	1400	795

¹⁾ Bei Option L42 / L44

²⁾ Bei Option L43

³⁾ Gerät für die Parallelschaltung an einem Line Connection Module Rechts

⁴⁾ Gerät für die Parallelschaltung an einem Line Connection Module Links

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

Active Line Module + Active Interface Module

Baugröße	P _n bei 400 V [kW]	Gewicht [kg]
Anschlussspannung 3AC 380 V bis 480 V		
FI+FX	132	380
FI+FX	160	380
GI+GX	235	530
GI+GX	300	530
HI+HX	380	930
HI+HX	500	930
JI+JX	630	1360
JI+JX	900	1360

Active Line Module + Active Interface Module

Baugröße	P _n bei 690 V [kW]	Gewicht [kg]
Anschlussspannung 3AC 500 V bis 690 V		
HI+HX	630	930
JI+JX	800	1360
JI+JX	1100	1360
JI+JX	1400	1360

Motor Modules Chassis

Baugröße	P _n bei 400 V [kW]	Gewicht [kg]
Anschlussspannung 3AC 380 V bis 480 V		
FX	110	145
FX	132	145
GX	160	286
GX	200	286
GX	250	286
HX	315	490
HX	400	490
HX	450	490
JX	560	700
JX	710	700
JX	800	700

Motor Modules Chassis

Baugröße	P _n bei 690 V [kW]	Gewicht [kg]
Anschlussspannung 3AC 500 V bis 690 V		
FX	75	145
FX	90	145
FX	110	145
FX	132	145
GX	160	286
GX	200	286
GX	250	286
GX	315	286
HX	400	490
HX	450	490
HX	560	490
JX	710	700
JX	800	700
JX	900	700
JX	1000	700
JX	1200	700

Booksize Cabinet Kits

Baugröße	I _n [A]	Gewicht [kg]
Anschlussspannung 3AC 380 V bis 480 V		
100 mm	9	20
100 mm	18	20
100 mm	30	22
200 mm	45	27
200 mm	60	27
200 mm	85	33
300 mm	132	41

Booksize Base Cabinets

Baugröße	I _n [A]	Gewicht [kg]
Anschlussspannung 3AC 380 V bis 480 V		
800 mm		170
1200 mm		240

Central Braking Modules

Baugröße	P _n [kW]	Gewicht [kg]
Anschlussspannung 3AC 380 V bis 480 V		
Anschlussspannung 3AC 500 V bis 600 V		
Anschlussspannung 3AC 660 V bis 690 V		
400 mm	500-1200	230

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

Auxiliary Power Supply Modules		
Baugröße	I _n [A]	Gewicht [kg]
Anschlussspannung 3AC 380 V bis 480 V		
Anschlussspannung 3AC 500 V bis 690 V		
600 mm	125	170
600 mm	160	180
600 mm	200	210
600 mm	250	240

Die verfügbaren Optionen sind bei diesen Angaben nicht berücksichtigt. Detailliertere Informationen können Sie von Ihrem Siemens Ansprechpartner erhalten.

Bei allen Hebe- und Aufstellarbeiten sind die Schwerpunkte zu beachten. Ein Aufkleber mit genauen Angaben zum Schwerpunkt ist an jedem Schrank oder jeder Transporteinheit angebracht. Jeder Schrank bzw. jede Transporteinheit wird vor Auslieferung gewogen, das auf dem der Auslieferung beigefügten Kontrollblatt angegebene Gewicht kann von den hier angegebenen Standardwerten geringfügig abweichen.

Das hohe Gewicht der Schrankgeräte erfordert entsprechende Hebezeuge und geschultes Personal.

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

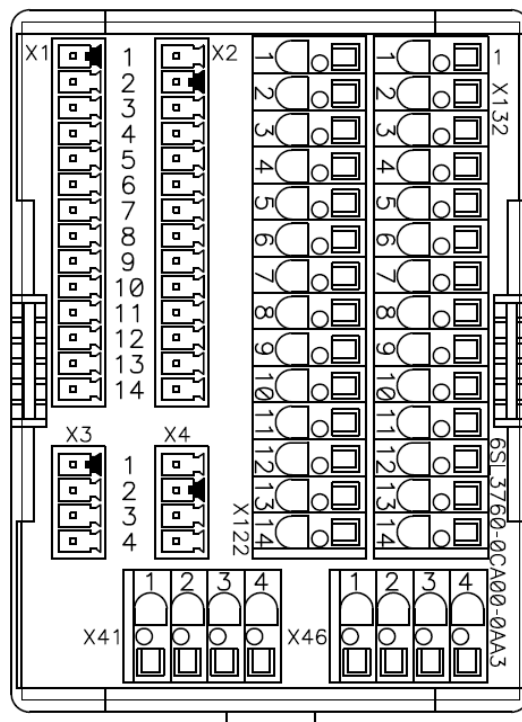
7.2.3 Hinweise zum Umgang mit den luftgekühlten Geräten

7.2.3.1 Kundenklemmenleiste -X55

Übersicht

Die Kundenklemmenleiste -X55 dient als Signalschnittstelle des Cabinet Modules zur Peripherie und führt eine Reihe von schrank-internen Signalen auf einem zentralen Klemmenleistenmodul im unteren Schrankbereich zusammen.

Die Kundenklemmenleiste -X55 wird in den Cabinet Modules des Typs Motor Module Bauform Chassis sowie in Verbindung mit einer Control Unit CU320-2 in den Cabinet Modules des Typs Basic Line Module, Smart Line Module, Active Line Module und Booksize Cabinet Kits eingesetzt.



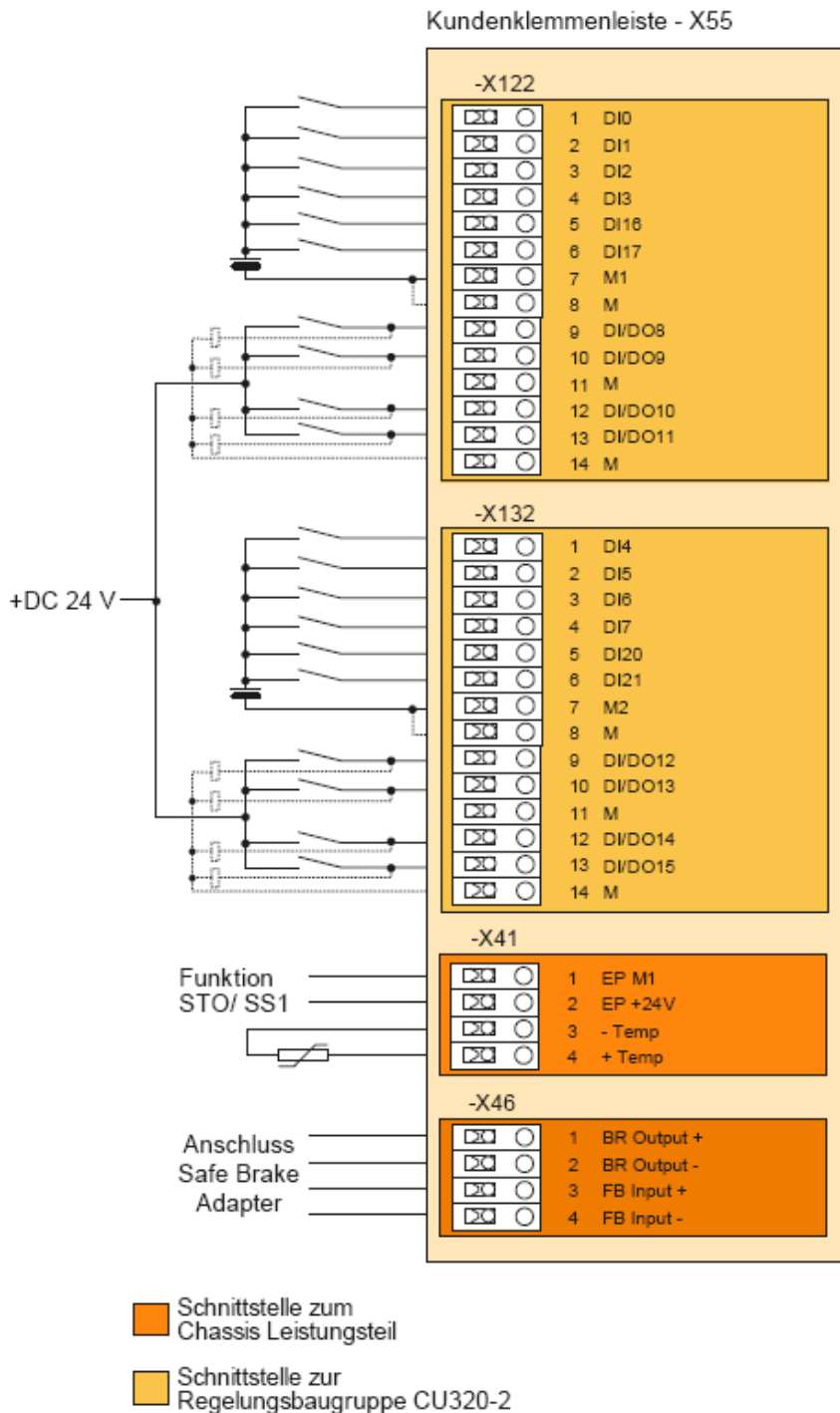
Aufbau der Kundenklemmenleiste -X55 bei luftgekühlten SINAMICS S120 Cabinet Modules

Für den Anschluss kundenseitiger Signalleitungen stehen die Klemmen -X122, -X132, -X41 und -X46 zur Verfügung. Der anschließbare Leitungsquerschnitt beträgt 1,5 mm² für eindrähtige oder mehrdrähtige Leitungen.

Die Klemmen -X1 bis -X4 sind in Abhängigkeit von der Bestückung des Cabinet Modules (ohne CU320-2 oder mit CU320-2 DP (Option K90) bzw. CU320-2 PN (Option K95)) schrankintern vorbelegt.

Die Kundenklemmenleiste -X55 enthält:	Motor Modules Chassis		Line Modules / Booksize Cabinet Kits	
	Mit CU320-2 (K90 oder K95)	Ohne CU320-2	Mit CU320-2 (K90 oder K95)	Ohne CU320-2
12 Digitaleingänge DI (-X122, -X132)	X	-	X	-
8 bidirektionale Ein- / Ausgänge DI / DO (-X122, -X132)	X	-	X	-
Anschluss Sicherheitsfunktion "Safe Torque Off / Safe Stop 1" (-X41)	X	X	- ¹⁾	- ¹⁾
Anschluss Temperaturfühler KTY84, PT1000, PT100, PTC (-X41)	X	X	- ¹⁾	- ¹⁾
Anschluss „Safe Brake Adapter“ (-X46)	X	X	-	-

¹⁾ Anschluss steht bei den Booksize Cabinet Kits an der separaten Kundenklemmenleiste -X55.1 bzw. -X55.2 zur Verfügung



Anschlussbelegung der Kundenklemmenleiste -X55 bei luftgekühlten SINAMICS S120 Cabinet Modules

Auf den Klemmen -X122 und -X132 stehen die digitalen Eingänge sowie die digitalen Ein- / Ausgänge der Control Unit CU320-2 zur Verfügung, sofern dem Cabinet Module über die Option K90 eine Control Unit CU320-2 DP oder über die Option K95 eine Control Unit CU320-2 PN zugeordnet ist.

Die Klemmen der Sicherheitsfunktion STO / SS1 (X41:1/2) sind standardmäßig vorbelegt. Bei Verwendung der Option K82 sind dort die Verbindungen zu der Relaiskombination angeschlossen. Ohne Option K82 sind Brücken zur Spannungsversorgung vorhanden, um ohne Option K82 keine Impulssperre auszulösen.

Die Klemmen -X46 dienen zur sicheren Bremsenansteuerung über die Sicherheitsfunktion Safe Brake Control SBC.

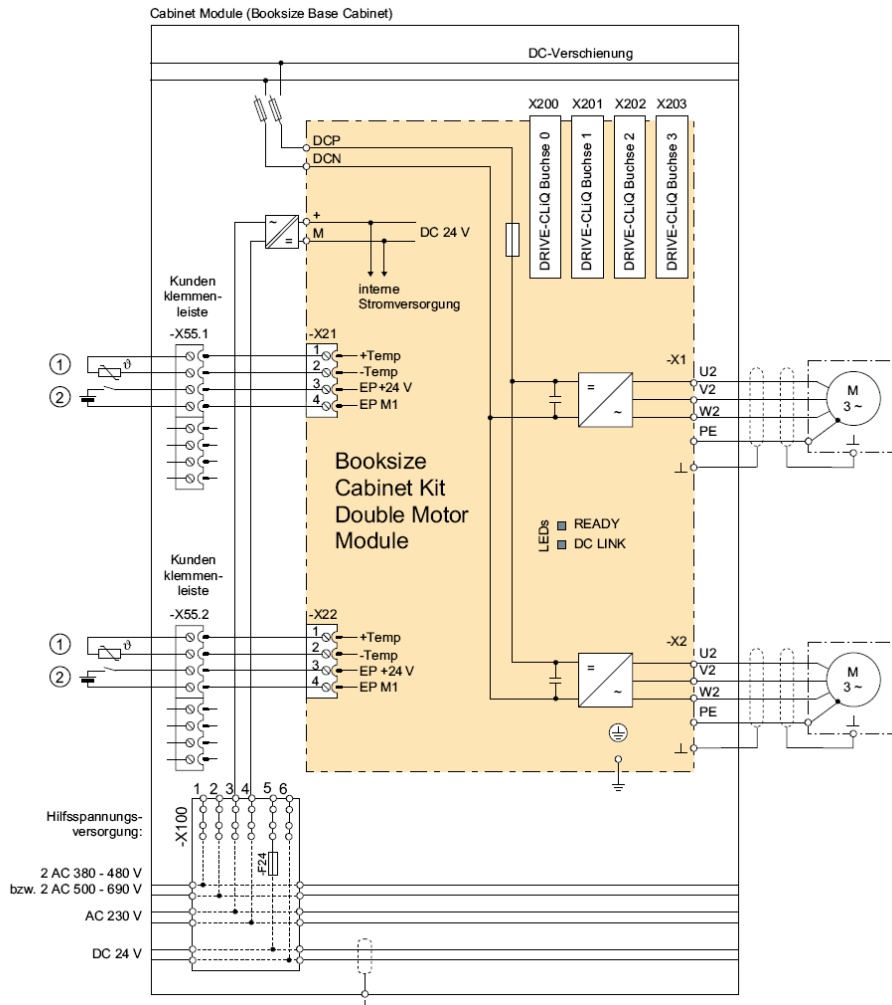
SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

7.2.3.2 Kundenklemmenleiste -X55.1 bzw. -X55.2

Übersicht

Die Booksize Cabinet Kits besitzen anstelle der Klemmenleiste -X55 die Klemmenleiste -X55.1 bzw. bei Double Motor Modules¹⁾ zusätzlich die Klemmenleiste -X55.2. Diese Klemmenleisten stellen die Signale des Leistungsteils im unteren Schrankbereich, dem Anschlussbereich des Booksize Base Cabinets, zur Verfügung.



Kundenklemmenleisten -X55.1 und -X55.2 bei luftgekühlten Double Motor Modules¹⁾ der Booksize Cabinet Kits

Die Klemmenleisten bieten neben der Möglichkeit des Abgriffes von 24 V DC auch die Anschlüsse für die Temperaturauswertung sowie die Anschlüsse für die Sicherheitsfunktionen des Leistungsteiles. Der an die Klemmenleisten anschließbare Leitungsquerschnitt beträgt 0,2 – 2,5 mm². Die Sicherheitsfunktionen (-X55:3/4) sind je nach Bestellung entweder auf die Option K82 verdrahtet oder mit dem Anschluss der Spannungsversorgung verbunden.

Die an den Klemmen -X55.1:5-8 bzw. -X55.2:5-8 anliegende Spannung von 24 V DC wird über die bei den Booksize Base Cabinets vorhandene SITOP-Stromversorgung erzeugt. Eine zwischenkreisgepufferte Gleichspannung steht bei den Booksize-Geräten nicht zur Verfügung. Je Booksize Cabinet Kit wird an -X55.1:5/6 bzw. -X55.2:5/6 eine Belastung von 250 mA zugelassen. Die Absicherung erfolgt für alle in einem Base Cabinet befindlichen Cabinet Kits gemeinsam über eine Sicherung mit 4 A. Bei Bestellung der Option L37 / Zwischenkreis-Ankopplung bzw. der Option K82 / Anschaltung der Funktion „Safe Torque Off“ und „Safe Stop 1“, können die Klemmen teilweise belegt sein. In diesem Fall bleibt jedoch ein Anschluss zur freien Verfügung und es ist die maximal zulässige Belastung zu berücksichtigen sowie die Kurzschlussicherheit durch entsprechend sorgfältige Leitungsverlegung zu gewährleisten.

Die Klemmenleiste -X55 ist in Kombination mit einer CU320-2 DP (Option K90) oder einer CU320-2 PN (Option K95) zusätzlich zu den Klemmenleisten -X55.1 bzw. -X55.2 vorhanden und ermöglicht die Erreichbarkeit der digitalen Ein- und Ausgänge der angeschlossenen Control Unit CU320-2 im unteren Schrankbereich.

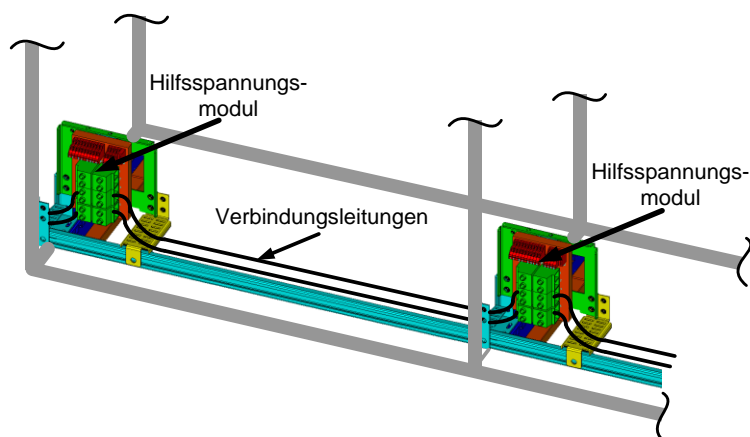
1) Die Double Motor Modules der Booksize Cabinet Kits sind seit 1.10.2013 abgekündigt

7.2.3.3 Hilfsspannungsversorgung

Zur einfachen Hilfsspannungsversorgung der S120 Cabinet Modules wird in den einzelnen Modules ein spezielles, standardisiertes Hilfsspannungsversorgungssystem zur Verteilung der Hilfsspannungen eingesetzt.

Dieses besteht aus einem Hilfsspannungsmodul und den zugehörigen Verbindungsleitungen. Es wird fertig montiert geliefert. Die benötigten Verbindungen vom Hilfsspannungsmodul in das jeweilige Cabinet Module hinein sind bereits werkseitig ausgeführt. Innerhalb von werkseitig gelieferten Transporteinheiten sind auch die Leitungsverbindungen zwischen den Hilfsspannungsmodulen der einzelnen Cabinet Modules bereits hergestellt. Vor Ort muss nur noch der Leitungsanschluss zum benachbarten Cabinet Module bzw. zur benachbarten Transporteinheiten erfolgen, indem die mitgelieferten Leitungen mit dem nächsten Hilfsspannungsmodul verbunden werden.

Die folgende Skizze zeigt den mechanischen Aufbau des Hilfsspannungsversorgungssystems.

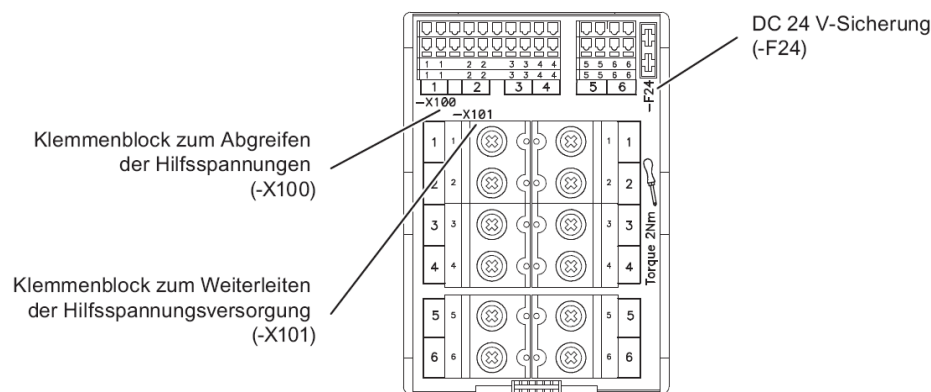


Hilfsspannungsversorgungssystem bei luftgekühlten SINAMICS S120 Cabinet Modules

Die auf dem Hilfsspannungsversorgungssystem bereitgestellten Spannungen müssen von einer externen Hilfsspannungsversorgung in das System eingespeist werden. Bei ausgedehnten Anlagen mit hohem Hilfsstrombedarf bietet sich der Einsatz eines Auxiliary Power Supply Modules an. Bei kleineren Anlagen kann die Einspeisung vorteilhaft im Line Connection Module erfolgen. In diesem Fall ist diese Einspeisung separat als Option zu bestellen (Kurzangabe K76 beim LCM, wenn alle drei Spannungen (Netzspannung 1AC, 230 V 1AC und 24 V DC) benötigt werden oder Kurzangabe K70, wenn nur die Netzspannung 1AC zur Versorgung der Lüfter der angeschlossenen S120 Cabinet Modules benötigt wird).

Die maximale Belastbarkeit des Hilfsspannungsversorgungssystems beträgt gemäß IEC 80 A (gemäß UL 80 A). Sollte der gesamte Strombedarf des Schrankverbandes die maximale Belastbarkeit überschreiten, so ist das Hilfsspannungsversorgungssystem in Teilabschnitte zu unterteilen und es sind mehrere Einspeisepunkte zu wählen.

Das Hilfsspannungsmodul besteht aus zwei Klemmenblöcken (-X100, -X101) und einer Sicherung für DC 24 V. Das Hilfsspannungsmodul dient zum Abgreifen benötigter Hilfsspannungen am Klemmenblock -X100 und zum Durchschleifen bzw. Weiterleiten der Hilfsspannungen zum nächsten Hilfsspannungsmodul im benachbarten Schrank über den Klemmenblock -X101.



Hilfsspannungsmodul der luftgekühlten S120 Cabinet Modules mit Klemmenblöcken -X100, -X101 u. Sicherung für DC 24 V

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

Die Verbindungsleitungen zwischen den Hilfsspannungsmodulen bestehen aus zwei Leitungen, einer 4-adrigen Leitung für die Netzspannung 1 AC U_{Netz} und die Wechselfspannung 1 AC 230 V, sowie einer geschirmten 2-adrigen Leitung für DC 24 V.

Die standardmäßige Spannungsbelegung der Verbindungsleitungen ist in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt.

Leitung	Bezeichnung	Spannungsbelegung
4-adrig	L1	Netzspannung: <ul style="list-style-type: none">• AC 380 V ... 480 V oder• AC 500 V ... 690 V
	L2	
	L1 N	AC 230 V
2-adrig	P24 M	DC 24 V für Elektronikversorgung

Spannungsbelegung der Verbindungsleitungen

Das Hilfsspannungsversorgungssystem wird in den folgenden luftgekühlten S120 Cabinet Modules verwendet:

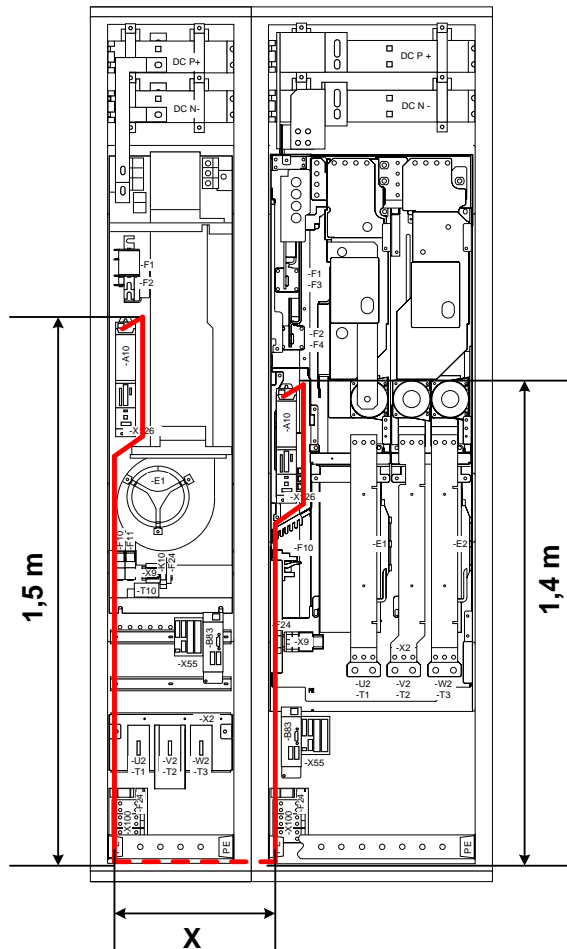
- Smart Line Modules
- Active Line Modules
- Booksize Base Cabinets
- Motor Modules Bauform Chassis
- Central Braking Modules
- Auxiliary Power Supply Modules

Bei Cabinet Modules, die kein Hilfsspannungsversorgungssystem besitzen sind Leitungen zum Anschluss an das Hilfsspannungsmodul benachbarter Schränke beigelegt.

7.2.3.4 DRIVE-CLiQ Verdrahtung

Bei der Auslieferung der Cabinet Modules sind sämtliche DRIVE-CLiQ-Verbindungen innerhalb eines Schrankes bereits hergestellt. Dies geschieht unabhängig von den bestellten Optionen. Schrankübergreifende Verbindungen können aufgrund der bei der Bestellung nicht bekannten Anlagenbedingungen im Zusammenhang mit der hohen Variabilität bezüglich der Verbindungsmöglichkeiten / des Topologieaufbaus nicht durchgeführt werden. Das betrifft auch die Verbindungen, die über die Grenzen eines Booksize Cabinet Kits hinausgehen. Diese Leitungsverbindungen sind daher separat zu bestellen.

Folgende Leitungswege werden empfohlen:



Leitungswege für DRIVE-CLiQ-Verbindungen bei den luftgekühlten Chassis der Baugrößen FX / GX und HX / JX

Die entsprechenden DRIVE-CLiQ-Leitungen sind konfektioniert erhältlich in definierten Standardlängen bis 5 m, metergenau bis 70 m oder als Meterware mit separat verfügbaren Steckern. Bestellinformationen hierzu sind im Katalog enthalten. Als DRIVE-CLiQ-Leitungen dürfen grundsätzlich nur original Siemens-Leitungen verwendet werden, weil nur diese mit ihren speziellen Eigenschaften die fehlerfreie Funktion des Systems gewährleisten.

Beispiel zur Längenberechnung:

Die in der oben dargestellten Abbildung vorhandenen Cabinet Modules sollen an einer Control Unit betrieben werden. Die Control Unit befindet sich in dem linken Motor Module. (In dem Bild befindet sich zwar auch in dem rechten Motor Module eine CU320-2, die jedoch nur aus Gründen der Vollständigkeit dargestellt ist und im vorliegenden Beispiel nicht verwendet werden soll. Eine Verbindung von zwei Control Units über DRIVE-CLiQ ist grundsätzlich nicht möglich. Hierfür sind Bussysteme wie PROFIBUS oder PROFINET zu verwenden.)

In dem linken Schrank sind sämtliche Verbindungen ab Werk durchgeführt. Auch in dem rechten Schrank sind sämtliche DRIVE-CLiQ-Verbindungen werkseitig hergestellt, inklusive der Anbindung des dargestellten Gebermoduls. Le-

Die Verlegung der Leitungen innerhalb des Leistungsteils soll gemäß den Vorgaben der EMV-Aufbaurichtlinie für Signalleitungen erfolgen. Hier ist ein Weg definiert, der mit geringen Beeinflussungen einen störungsfreien Betrieb gewährleistet. Zudem treten bei richtiger Verdrahtung keine Behinderungen auf bezüglich des möglichen Tausches von Komponenten. Eine sichere Leitungsbefestigung ist hierbei ebenfalls gewährleistet.

Die Leitungsführung erfolgt innerhalb des Leistungsteils hin zum unteren Schrankholm. Von dort kann eine Verlegung zum nächsten Schrank erfolgen. Generell wird eine EMV-gerechte Installation am Schrankholm empfohlen.

Bei den Baugrößen FX und GX sind von den Anschlüssen an der Control Unit bzw. am Leistungsteil bis zum unteren Schrankholm 1,5 m und bei den Baugrößen HX und JX 1,4 m einzuplanen.

Für die Verbindung zwischen den Schränken kann die jeweilige Schrankbreite (im Bild mit x bezeichnet) angesetzt werden.

Eine Ausnahme bildet hierbei das Basic Line Module in der Ausführung für die Parallelschaltung an einem Line Connection Module. Zur Leitungslängenberechnung sind $200\text{ mm} + x$ bei einer Verlegung von der linken Seite her zu berücksichtigen. Zur rechten Seite hin kann angenommen werden: $x = \text{Schrankbreite} - 200\text{ mm}$.

Angaben zu den Booksize Base Cabinets entnehmen Sie bitte dem Abschnitt „Booksize Base Cabinet/ Booksize Cabinet Kits“.

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

diglich die gewünschte Verbindung des rechten Leistungsteils (CIM-Baugruppe) zum linken Cabinet Module ist herzustellen. Hierbei kann, gemäß den Regeln zur DRIVE-CLiQ-Verdrahtung (siehe Abschnitt „DRIVE-CLiQ“ im Kapitel „Projektierung der SINAMICS S120, Hinweise zu den Einbau- und Schrankgeräten“), entweder eine Anbindung an die Control Unit erfolgen oder auch eine Anbindung an das Leistungsteil (CIM-Baugruppe).

Die zusätzlich benötigte Leitung wird wie folgt berechnet: 1,5 m + 0,4 m Schrankbreite + 1,4 m = 3,3 m. Für diese Verbindung wird eine konfektionierte Leitung von 4 m empfohlen: 6FX2002-1DC00-1AE0.

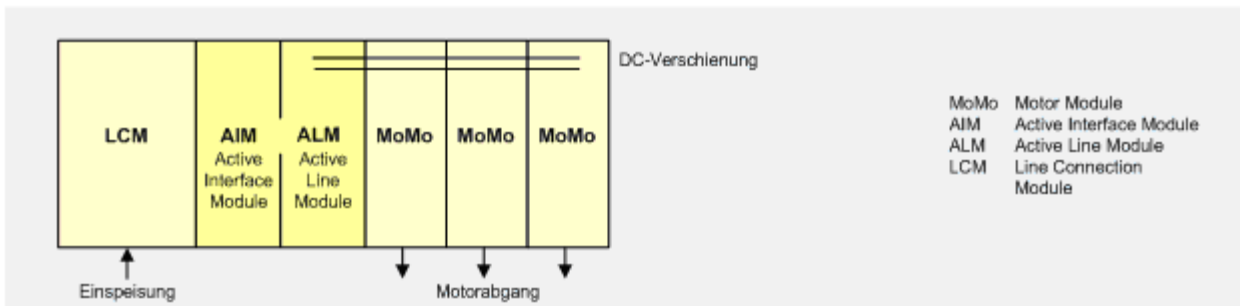
Auf Wunsch können schrankübergreifende DRIVE-CLiQ-Leitungen auch werksseitig verlegt werden. Dies ist z. B. mit dem auftragspezifischen Integrations-Engineering (Artikelnummer 6SL3780-0Ax00-0AA0) durchführbar. Details kann Ihnen ihr Siemens Ansprechpartner nennen.

7.2.3.5 Schrankaufstellung

Die Standardaufstellung der luftgekühlten Cabinet Modules erfolgt vorzugsweise von links nach rechts, beginnend mit den Line Connection Modules über die Line Modules zu den Motor Modules, wie es die folgende Abbildung zeigt.

Mit Rücksicht auf die Auslegung der DC-Verschierung (minimaler Querschnitt) sollte die Anordnung der Motor Modules von der Einspeisung ausgehend mit abnehmender Leistung nach rechts bzw. außen erfolgen.

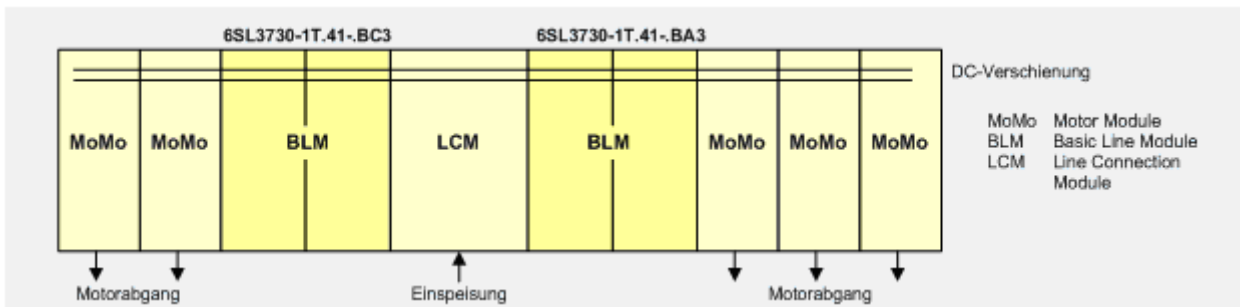
An Anfang und Ende des kompletten Schrankverbandes sind zur Einhaltung der Schutzart Seitenwände vorzusehen (Bestellung der Option M26 / Seitenwand rechts bzw. der Option M27 / Seitenwand links).



Bei parallelgeschalteten Einspeisungen zur Leistungserhöhung ist im Hinblick auf eine symmetrische Stromaufteilung und ein möglichst gleichzeitiges Ansprechen der netzseitigen Schutzeinrichtungen (Leistungsschalter bzw. Sicherungen) im Kurzschlussfall ein symmetrischer, gespiegelter Aufbau anzustreben. Hierbei befindet sich das Line Connection Module mit den beiden Line Modules in der Mitte des Schrankverbandes. Links und rechts von den Einspeiseeinheiten sind dann die Motor Modules angeordnet, wie in den nachfolgenden Anordnungsbeispielen dargestellt.

7.2.3.6 Anordnungsbeispiele

Speisung von zwei Basic Line Modules über ein gemeinsames Line Connection Module (6-pulsige Einspeisung)

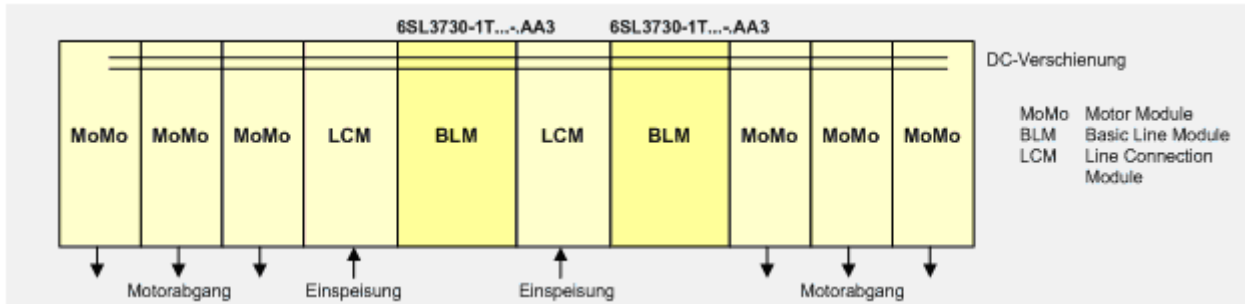


Bei der Parallelschaltung von Basic Line Modules ist wegen möglicher Stromunsymmetrien mit einem Strom-Derating von 7,5 % zu rechnen.

Im Falle eines gemeinsamen Line Connection Modules LCM sind Basic Line Modules mit jeweils gespiegelter Aufbau in der Ausführung 6SL3730-1T_41-_BA3 zur Aufstellung rechts vom LCM und in der Ausführung 6SL3730-1T_41-_BC3 zur Aufstellung links vom LCM zu wählen.

Diese Ausführungen beinhalten bereits integrierte netzseitige Sicherungen, die erforderlich sind, da der Leistungsschalter im LCM nicht in der Lage ist, den selektiven Schutz der Basic Line Modules zu übernehmen. Sie sind deshalb um jeweils 200 mm breiter als die Standardausführung 6SL3730-1T_ __ -_AA3 ohne Sicherungen.

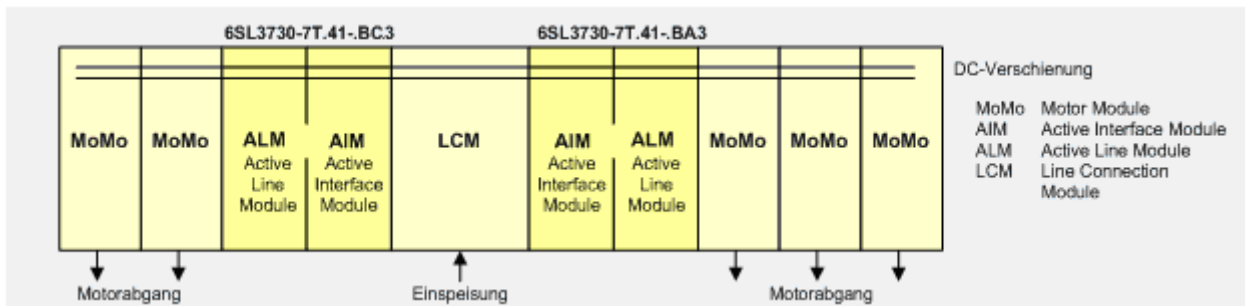
Speisung von zwei Basic Line Modules über zwei getrennte Line Connection Modules (12-pulsige Einspeisung)



Um eine bezüglich der Netzurückwirkungen günstigere 12-pulsige Einspeisung zu realisieren, ist ein Dreiwicklungs-Transformator – möglichst in Doppelstockausführung – zu wählen. Die beiden Sekundärwicklungen sind um jeweils 30° elektrisch gegeneinander geschwenkt (Schaltgruppe z. B. Dy5d0 oder Dy11d0).

In dieser Anordnung speist jeweils ein Line Connection Module ein Basic Line Module, wobei hier der Schutz des Basic Line Modules von den Sicherungen bzw. Leistungsschaltern (bei $I > 800$ A) in den LCMs übernommen wird, d. h. es sind keine BLMs mit zusätzlichen Netzsicherungen erforderlich (Ausführung jeweils 6SL3730-1T___-AA3).

Speisung von zwei Active Infeeds über ein gemeinsames Line Connection Module



Um höhere Einspeiseleistungen zu realisieren, können auch Active Infeeds parallelgeschaltet werden, wobei aufgrund von möglichen Stromunsymmetrien bei der Parallelschaltung hier mit einem Strom-Derating von 5 % gerechnet werden muss.

Ein symmetrischer, kompakter Aufbau ergibt sich hierbei für die Active Infeeds mit einem gemeinsamen Line Connection Module. Die Kombinationen aus Active Line Module und Active Interface Module werden links und rechts vom Line Connection Module aufgebaut. Für den Aufbau rechts vom Line Connection Module wird die Standardausführung verwendet, für den Aufbau links existiert eine Ausführung mit gespiegeltem Aufbau.

Hinsichtlich der Reihenfolge der Geräteanordnung sollten – von der Einspeisung aus gesehen – zunächst die Motor Modules größerer Leistung und dann die leistungsmäßig kleineren Motor Modules platziert werden. Dies ist nicht absolut zwingend notwendig, begünstigt jedoch die Dimensionierung der DC-Verschiebung und erbringt somit einen Kostenvorteil. Nähere Informationen sind dem Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt „SINAMICS Wechselrichter bzw. Motor Modules“ zu entnehmen.

7.2.3.7 Türöffnungswinkel

Bei den Cabinet Modules werden Türen eingesetzt, deren Breite der Schrankbreite entspricht. Bis zu einer Schrankbreite von 600 mm werden einflügelige Schränke mit einem Türanschlag auf der rechten Seite benutzt. Darüber hinaus kommen zweiflügelige Schränke zum Einsatz.

Bei der Auslegung, z. B. von Fluchtwegen, sind folgende Angaben zu berücksichtigen:

- Maximale Türbreite: 600 mm
- Maximaler Türöffnungswinkel:
 - bei Schutzart IP20 / IP21 ohne Optionen in den Schranktüren 135 °
 - bei Schutzart IP23 / IP43 / IP54 mit Lüftergittern in den Schranktüren 110 °
 - bei der Option L37 (DC-Schalter) 110 °

SINAMICS S120 Cabinet Modules

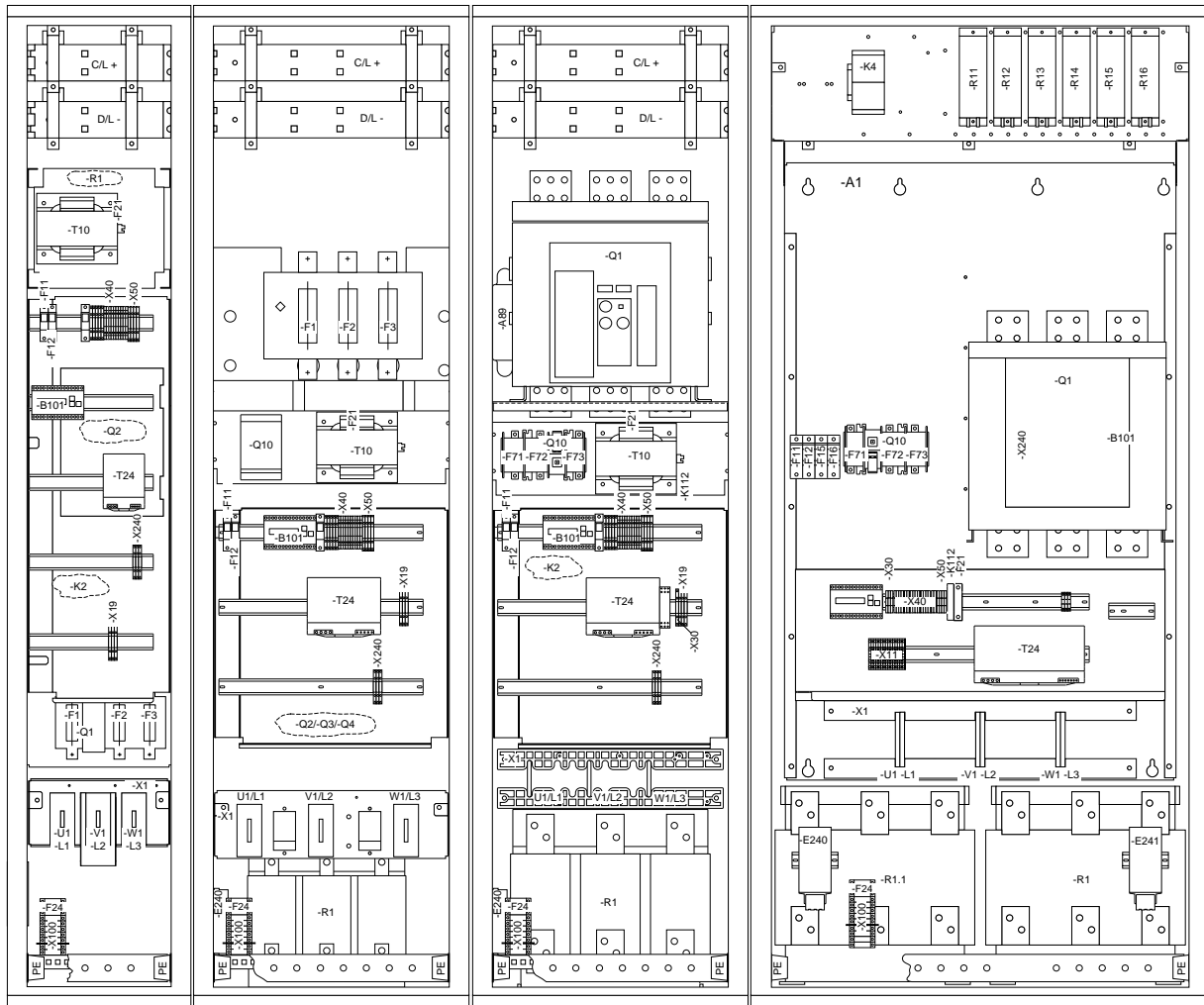
Projektierungshinweise

7.2.4 Line Connection Modules

7.2.4.1 Aufbau

Line Connection Modules enthalten die netzseitige Einspeisung über Hauptschalter mit Sicherungs-Lasttrennschalter bzw. Leistungsschalter und verbinden das anlagenseitige Versorgungsnetz mit den Line Modules.

In Abhängigkeit von der Einspeiseleistung stehen verschiedene Baugrößen zur Verfügung.



Beispielaufbau der luftgekühlten Line Connection Modules der Baugrößen FL, GL / HL, JL, KL / LL

Die verschiedenen Baugrößen resultieren aus den Bedürfnissen unterschiedlicher Anwendungsfälle mit deren Besonderheiten im Leistungsbedarf und unterschiedlicher Optionsbestückung.

Bei den Baugrößen FL, GL und HL werden als Hauptschalter Sicherungs-Lasttrennschalter eingesetzt. Bei den größeren Line Connection Modules der Baugrößen JL, KL und LL sind Leistungsschalter vom Typ 3WL eingebaut. Die Einspeisung erfolgt bei allen Geräten von unten. Eine Einspeisung von oben kann durch einen zusätzlichen Schrank realisiert werden.

Die Line Connection Modules benötigen aufgrund ihres konstruktiven Aufbaus für die Standard-Umgebungsbedingungen keinen Schranklüfter. Abschottungen und Luftführungen innerhalb der Schränke ermöglichen dieses Design.

In Kombination mit einem Basic Line Module und den Schutzarten IP23, IP43 oder IP54 werden die Baugrößen JL, KL und LL zur Unterstützung der internen Belüftung mit einem Lüfter ausgerüstet. Der Lüfter ist hierbei in der Dachhaube untergebracht, über Sicherungen abgesichert und separat auf die Klemmleiste im Anschlussbereich verdrahtet.

7.2.4.2 Planungsempfehlung, Besonderheiten

Die Anbindung von Line Modules an ein Line Connection Module soll standardmäßig nach rechts erfolgen. Mit den Baugrößen KL und LL sind Anbindungen von Line Modules auch nach links möglich. Dies betrifft jedoch nur die Line Modules. Andere Arten von Cabinet Modules können nach belieben an ein Line Connection Module montiert werden. Es ist zu beachten, dass die Option M26 (Seitenwand rechts montiert) einem LCM nicht zugeordnet werden kann.

Ferner sind die Optionen L42 (LCM für Active Infeed), L43 (LCM für Basic Line Module) und L44 (LCM für Smart Line Module) zu berücksichtigen. Diese dienen der Zuordnung des LCM zu den benachbarten Line Modules. Diese Optionen beinhalten Vorladeschaltungen sowie Leitungsverbindungen zum zugehörigen Infeed bzw. Line Module. Aus diesem Grund wird die gemeinsame Platzierung von LCM und Line Modules innerhalb einer Transporteinheit empfohlen. Die benötigten Leitungsverbindungen sind dabei werkseitig bereits ausgeführt.

Wird der Einsatz eines Erdungsschalters notwendig, so muss hierfür platzbedingt ein LCM der Baugröße KL oder LL herangezogen werden.

7.2.4.3 Zuordnung der Gleichrichter / Line Modules

Um die Projektierung zu erleichtern, sind den einzelnen Gleichrichtern bzw. Line Modules bereits die passenden Line Connection Modules zugeordnet. Die nachfolgende Tabelle zeigt die möglichen Kombinationen.

Line Connection Modules		Basic Line Modules		Smart Line Modules		Active Line Modules	
Strom [AC] 1) [A]	Artikel-Nr.	Strom [AC] [A]	Artikel-Nr.	Strom [AC] [A]	Artikel-Nr.	Strom [AC] [A]	Artikel-Nr.
Anschlussspannung 3AC 380 – 480 V							
250	6SL3700-0LE32-5AA3					210	6SL3730-7TE32-1BA3
380	6SL3700-0LE34-0AA3					260	6SL3730-7TE32-6BA3
600	6SL3700-0LE36-3AA3	365 460	6SL3730-1TE34-2AA3 6SL3730-1TE35-3AA3	463	6SL3730-6TE35-5AA3	380 490	6SL3730-7TE33-8BA3 6SL3730-7TE35-0BA3
770	6SL3700-0LE38-0AA3	710	6SL3730-1TE38-2AA3	614	6SL3730-6TE37-3AA3	605	6SL3730-7TE36-1BA3
1000	6SL3700-0LE41-0AA3			883	6SL3730-6TE41-1AA3	840	6SL3730-7TE38-4BA3
1250	6SL3700-0LE41-3AA3	1010	6SL3730-1TE41-2AA3	1093	6SL3730-6TE41-3AA3	985	6SL3730-7TE41-0BA3
1600	6SL3700-0LE41-6AA3	1265	6SL3730-1TE41-5AA3	1430	6SL3730-6TE41-7AA3	1405	6SL3730-7TE41-4BA3
2000	6SL3700-0LE42-0AA3	1630	6SL3730-1TE41-8AA3				
2000	6SL3700-0LE42-0BA3	2 x 935	6SL3730-1TE41-2BA3 6SL3730-1TE41-2BC3	2 x 817	6SL3730-6TE41-1BA3 6SL3730-6TE41-1BC3	2 x 936	6SL3730-7TE41-0BA3 6SL3730-7TE41-0BC3
2500	6SL3700-0LE42-5BA3	2 x 1170	6SL3730-1TE41-5BA3 6SL3730-1TE41-5BC3	2 x 1011	6SL3730-6TE41-3BA3 6SL3730-6TE41-3BC3		
3200	6SL3700-0LE43-2BA3	2 x 1508	6SL3730-1TE41-8BA3 6SL3730-1TE41-8BC3	2 x 1323	6SL3730-6TE41-7BA3 6SL3730-6TE41-7BC3	2 x 1335	6SL3730-7TE41-4BA3 6SL3730-7TE41-4BC3
Anschlussspannung 3AC 500 V – 690 V							
280	6SL3700-0LG32-8AA3	260	6SL3730-1TG33-0AA3				
380	6SL3700-0LG34-0AA3	375	6SL3730-1TG34-3AA3				
600	6SL3700-0LG36-3AA3	575	6SL3730-1TG36-8AA3	463	6SL3730-6TG35-5AA3	575	6SL3730-7TG35-8BA3
770	6SL3700-0LG38-0AA3			757	6SL3730-6TG38-8AA3	735	6SL3730-7TG37-4BA3
1000	6SL3700-0LG41-0AA3	925	6SL3730-1TG41-1AA3				
1250	6SL3700-0LG41-3AA3	1180	6SL3730-1TG41-4AA3	1009	6SL3730-6TG41-2AA3	1025	6SL3730-7TG41-0BA3
1600	6SL3700-0LG41-6AA3	1580	6SL3730-1TG41-8AA3	1430	6SL3730-6TG41-7AA3	1270	6SL3730-7TG41-3BA3
2000	6SL3700-0LG42-0BA3	2 x 855	6SL3730-1TG41-1BA3 6SL3730-1TG41-1BC3	2 x 700	6SL3730-6TG38-8BA3 6SL3730-6TG38-8BC3	2 x 698	6SL3730-7TG37-4BA3 6SL3730-7TG37-4BC3
				2 x 934	6SL3730-6TG41-2BA3 6SL3730-6TG41-2BC3	2 x 974	6SL3730-7TG41-0BA3 6SL3730-7TG41-0BC3
2500	6SL3700-0LG42-5BA3	2 x 1092	6SL3730-1TG41-4BA3 6SL3730-1TG41-4BC3			2 x 1206	6SL3730-7TG41-3BA3 6SL3730-7TG41-3BC3
3200	6SL3700-0LG43-2BA3	2 x 1462	6SL3730-1TG41-8BA3 6SL3730-1TG41-8BC3	2 x 1323	6SL3730-6TG41-7BA3 6SL3730-6TG41-7BC3		

Parallelschaltung von zwei Line Modules gleicher Leistung.

In den angegebenen Strömen sind die folgenden erforderlichen Derating-Faktoren bereits berücksichtigt:

- 7,5 % bei Basic Line Modules
- 7,5 % bei Smart Line Modules
- 5 % bei Active Line Modules

1) Die angeführten Ströme basieren auf einer Umgebungstemperatur (Zulufttemperatur) von 40 °C

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

Mögliche Parallelschaltungen von Line Modules an einem Line Connection Module sind in der Tabelle farbig hinterlegt. Hierbei werden die Gleichrichter / Line Modules jeweils an der rechten und linken Seite des Schrankes angeordnet.

Bei der Bestellung von Line Connection Modules muss durch Anfügen des Options-Kurzzeichens L42, L43 bzw. L44 an die Artikelnummer mitgeteilt werden, ob das LCM an ein Active Line Module (L42), an ein Basic Line Module (L43) oder an ein Smart Line Module (L44) angeschlossen wird. Die Angabe ist notwendig, um im Werk die entsprechende Bestückung des LCM vornehmen zu können.

Dies betrifft vor allem die drehstromseitige Schienenverbindung (3AC), eventuell vorzusehende Vorladeschaltungen sowie die Festlegung der Netzdrosseln bei Basic Line Modules, die als Option L22 abwählbar sind.

Bei Auswahl und Kombination von Cabinet Modules entsprechend obiger Zuordnungstabelle erfolgt die genannte Bestückung und Vorbereitung der Line Connection Modules werksseitig.

Andere, davon abweichende Kombinationen von Cabinet Modules erfragen Sie bitte bei Ihrem Siemens Ansprechpartner.

7.2.4.4 Parallelschaltungen

Mit Hilfe der Line Connection Modules können verschiedene Parallelschaltungen von Line Modules realisiert werden.

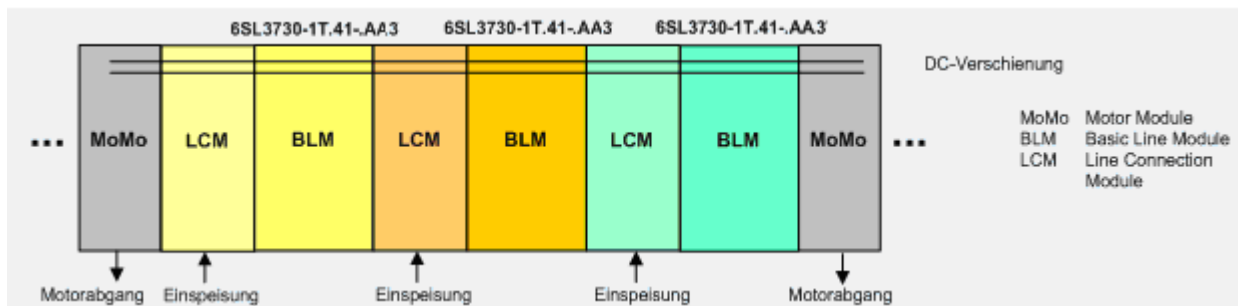
Mit den LCM-Baugrößen KL und LL ist eine Zweifachparallelschaltung von zwei gleichen Line Modules an einem LCM möglich.

Parallelschaltungen von mehr als zwei Line Modules sind leicht durch die Parallelschaltung von mehreren Line Connection Modules durchführbar.

Grundsätzlich ist bei der Parallelschaltung im Hinblick auf eine symmetrische Stromaufteilung und ein möglichst gleichzeitiges Ansprechen der netzseitigen Schutzeinrichtungen (Leistungsschalter bzw. Sicherungen) im Kurzschlussfall ein möglichst symmetrischer Aufbau anzustreben, d. h. es sind innerhalb der Parallelschaltung möglichst nur gleiche Line Connection Modules zu verwenden.

Beispiel:

Realisierung einer Dreifachparallelschaltung von BLMs:



Bei diesem Aufbau finden drei identische LCM-BLM Kombinationen Verwendung, die eine absolut symmetrische Anordnung darstellen.

Wird die Dreifachparallelschaltung von Basic Line Modules unter Verwendung von zwei Line Connection Modules realisiert, wobei an ein LCM der Baugröße LL oder KL zwei BLMs angebunden sind und an ein weiteres LCM das dritte BLM, so entsteht eine unsymmetrische Anordnung. Diese Unsymmetrie kann die Stromaufteilung ungünstig beeinflussen und es besteht die Möglichkeit, dass bei einem Kurzschluss auf der DC-Verschierung die unterschiedlichen Leistungsschalter bzw. Sicherungen auf der Netzseite nicht exakt gleichzeitig auslösen, so dass eine schnelle und zuverlässige Abschaltung des Kurzschlusses erschwert wird. Aus diesem Grunde sollten symmetrische Parallelschaltungen angestrebt werden.

Zur Realisierung einer Vierfachparallelschaltung können entweder zwei identische LCMs der Baugrößen LL oder KL verwendet werden oder vier identische einzelne LCMs. In beiden Fällen ergibt sich der optimale, symmetrische Aufbau.

Bei der Parallelschaltung handelt es sich um Standardkomponenten. Bei der Bestellung der Modules sind keine Besonderheiten zu beachten. Zur Parallelschaltung vorbereitete Line Connection Modules (in der oben angeführten Tabelle farbig hinterlegt) beinhalten bei der Verwendung mit Basic Line Modules bereits zwei Netzdrosseln. Smart Line Modules besitzen generell Netzdrosseln, die im SLM angeordnet sind. Bitte beachten Sie die physikalischen Randbedingungen, die im Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“ erläutert sind.

7.2.4.5 DC-Verschienung

Die Zwischenkreisverschienung / DC-Verschienung der Cabinet Modules ist als Option (M80-M87) erhältlich, welche gesondert bestellt werden muss. Im Gegensatz zu anderen Modules ist diese bei den Line Connection Modules jedoch keine zwingend erforderliche Option. Wenn beispielsweise das Line Connection Module am Anfang einer Schrankreihe angeordnet ist und keine Zwischenkreisenergie überträgt, so kann das DC-Schienenensystem im LCM entfallen.

7.2.4.6 Leistungsschalter

Line Connection Modules sind bis zu Netzströmen von 800 A standardmäßig mit einem manuell zu betätigenden Sicherungs-Lasttrennschalter ausgeführt. Bei höheren Eingangsströmen werden SIEMENS-Leistungsschalter der Gerätefamilie SENTRON 3WL eingesetzt.

Die Ansteuerung sowie Spannungsversorgung des Leistungsschalters erfolgt geräteintern. Eine weitere Schrankverdrahtung oder die Heranführung von separaten Ansteuerleitungen ist nicht mehr notwendig.

Das Line Connection Module ist so gestaltet, dass das Bedienpult des Leistungsschalters durch einen Ausschnitt in der Tür ragt und so alle Bedienelemente und Anzeigen bei geschlossener Schaltschranktür zugänglich bleiben.

Ausstattung des Leistungsschalters

Die Ausführung der Leistungsschalter ist an den hohen Bedürfnissen des Mehrmotoren-Anlagenbaus ausgerichtet. Die modulare Struktur der Sentron 3WL ermöglicht überdies eine Anpassung an die Anlagenverhältnisse.

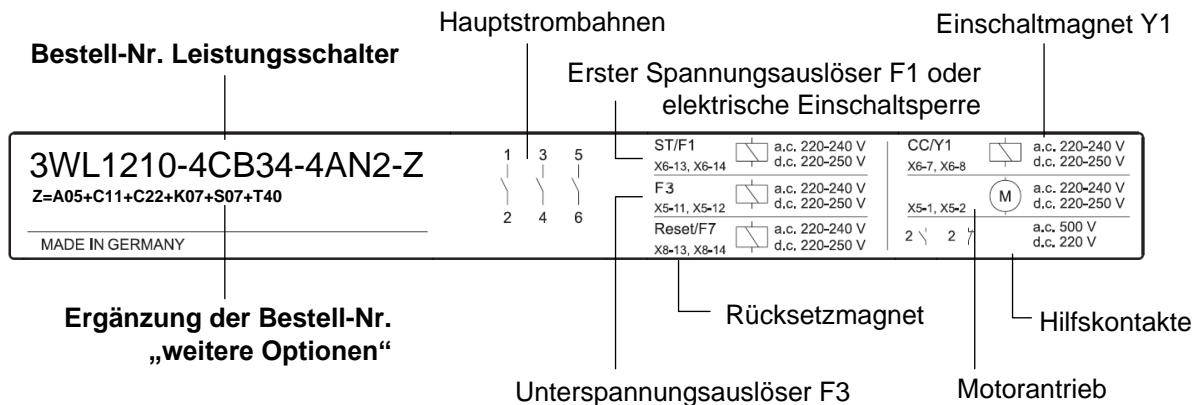
Komponenten wie z. B. Hilfsauslöser, Kommunikationsmodule, Eigenschaften der Überstromauslösung, Stromsensoren, Hilfsstrommeldeschalter, automatische Rücksetzeinrichtung, Verriegelungen oder Einfahrtrieb lassen sich nachträglich austauschen oder neu anbringen, um den Schalter dadurch neuen, veränderten Anforderungen anzupassen.

Die Hauptschaltglieder können ausgetauscht werden, um die Lebensdauer des Schalters zu erhöhen.

SENTRON 3WL Leistungsschalter verfügen standardmäßig über folgende Ausstattung:

- Mechanisch EIN- und mechanisch AUS-Taster
- Handantrieb mit mechanischem Abruf
- Schaltstellungsanzeige 0/1
- Einschaltbereitschaftsanzeige []/OK
- Speicherzustandsanzeige
- Hilfsstromschalter 2S + 2Ö
- Anzeige des Kontaktabbrandes der Hauptkontakte
- mechanische Ausgelöst-Anzeige des Überstromauslösesystems
- mechanische Wiedereinschaltsperr nach Auslösung
- Bedienpult kann bei eingeschaltetem Schalter nicht abgenommen werden

Die Ausstattungsmerkmale sowie Besonderheiten können dem Ausstattungsschild entnommen werden.



Ausstattungsschild eines Leistungsschalters

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

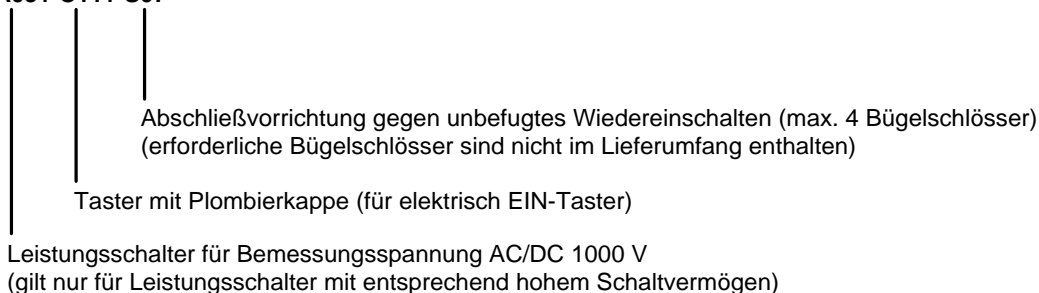
Das Kurzschlusschaltvermögen der eingesetzten Leistungsschalter mit Schaltleistungsklasse H beträgt 100 kA bis zu Netzspannungen von < 500 V bzw. 85 kA bis zu Netzspannungen von 690 V.

Weiterhin sind die Leistungsschalter der S120 Cabinet Modules mit einem Motorantrieb ausgerüstet, der eine automatische Wiedereinschaltung bzw. eine Einschaltung von einer Warte ermöglicht. Die Ansteuerung kann erfolgen mittels Signal AC 50/60 Hz 208 - 240 V bzw. DC 220 - 250 V.

Zum komfortablen Einsatz der Line Connection Modules sind standardmäßig weitere Ausstattungen beim Leistungsschalter vorhanden. Diese sind an der Ergänzung der Artikel-Nr. des Leistungsschalters zu erkennen.

Folgende Ausstattungsmerkmale werden zusätzlich ausgeliefert:

Z= A05+ C11+ S07



Standardoptionen der ausgelieferten Leistungsschalter

Neben diesen optionalen Ergänzungen besitzen die ausgelieferten Leistungsschalter gegenüber den Standardschaltern weitere Funktionen, die für einen reibungslosen Einsatz in Mehrachssystemen notwendig sind. So ist eine Entstörungsmaßnahme für den Betrieb an Umrichtern enthalten. Weiterhin gewährleisten diverse Meldeschalter die Kommunikation mit dem gewählten Line Module und ermöglichen somit eine optimale Einbindung in die Anlagenperipherie. Zudem werden für einen an die gewählte Schutzklasse angepassten Einsatz in den Line Connection Modules spezielle Türdichtungsrahmen verbaut.

Begriffsdefinitionen

Motorantrieb: Für automatisches Spannen des eingebauten Federspeichers. Wird eingeschaltet, wenn Federspeicher entspannt und Steuerspannung vorhanden ist. Schaltet nach dem Spannen automatisch ab. Die Handbetätigung des Speichers ist davon unabhängig. Ermöglicht in Kombination mit dem Einschaltmagnet den Einsatz von Fernschaltungen.

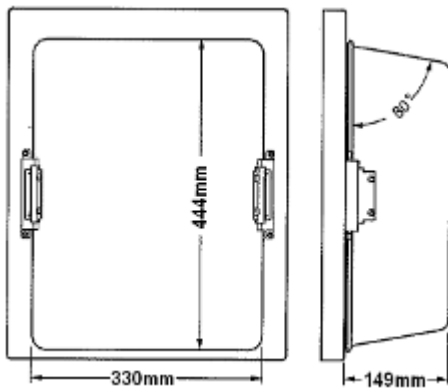
Meldeschalter Ausgelöst: Hat der Leistungsschalter entweder durch Überlast, Kurzschluss oder Erdschluss ausgelöst, so kann dies durch den Ausgelöst-Meldeschalter angezeigt werden.

Meldeschalter Einschaltbereitschaft: Die SENTRON 3WL Leistungsschalter sind standardmäßig mit einer optischen Einschaltbereitschaftsanzeige ausgestattet. Zusätzlich besitzen die eingesetzten Schalter die Möglichkeit, die Einschaltbereitschaft durch einen Meldeschalter zu übermitteln.

Plombierkappe über Taster „Elektrisch EIN“: Der „Elektrisch-EIN-Taster“ wird standardmäßig mit einer Plombierkappe ausgestattet.

Verschlussbügel für „AUS“: Der Verschlussbügel für „AUS“ kann mit bis zu 4 Bügelschlössern Ø 6 mm abgeschlossen werden. Das mechanische Einschalten des Leistungsschalters ist nicht möglich und die Trennerbedingung in AUS-Stellung wird erfüllt.

Bei Ausführung der Cabinet Modules in der Schutzart IP54 sind standardmäßig Abdeckhauben vor dem Leistungsschalter installiert. Hiermit wird die hohe Anforderung an die Schutzart erfüllt.



Abdeckhaube eines Leistungsschalters

Schutzfunktionen

Die im Standard eingesetzten Leistungsschalter besitzen Schutzfunktionen nach der Geräteklasse ETU 25B.

Der enthaltene Elektronische Überstromauslöser ermöglicht folgende Funktionalitäten:

- Überlastschutz (L-Auslösung)
- Kurzzeitverzögerter Kurzschluss-Schutz (S-Auslösung)
- Unverzögerter Kurzschluss-Schutz (I-Auslösung).

Die Grundschutzfunktionen des Überstromauslösers sind ohne zusätzliche Hilfsspannung sichergestellt. Die erforderliche Energie wird von schalter-internen Energiewandlern bereitgestellt. Für die Bewertung der Ströme wird durch die Elektronik des Überstromauslösers der Effektivwert (r.m.s.) berechnet.

Die Parametrierung der einzelnen Funktionen erfolgt mittels Drehkodierschalter.

Überlastschutz – L-Auslösung:

Der Einstellwert IR bestimmt den maximalen Dauerstrom, bei dem der Schalter ohne Auslösung betrieben werden kann. Der Trägheitsgrad tR bestimmt, wie lange eine Überlast andauern kann, ohne dass es zu einer Auslösung kommt.

Einstellwerte für IR = (0,4 / 0,45 / 0,5 / 0,55 / 0,6 / 0,65 / 0,7 / 0,8 / 0,9 / 1,0) x In

Einstellwerte für tR = 10 s (bei 6 x IR)

Kurzverzögerte Kurzschlussauslösung – S-Auslösung

Bei dem vorhandenen Überstromauslöser kann die Auslösung infolge eines Kurzschlussstromes I_{sd} um die Zeit t_{sd} verzögert werden. Damit kann eine Selektivität des Kurzschlusschutzes in Schaltanlagen mit mehreren Staffelebenen erreicht werden.

Einstellwerte für I_{sd} = (1,25 / 1,5 / 2 / 2,5 / 3 / 4 / 6 / 8 / 10 / 12) x In

Einstellwerte für t_{sd} = 0 / 0,02 ms / 0,1 / 0,2 / 0,3 / 0,4 s

Mit dem Einstellwert t_{sd} = 0 s kann ein unverzögerter Kurzschlusschutz mit einstellbarem Ansprechwert realisieren werden, der kleiner ist, als der fest eingestellte Ansprechwert I_i.

Unverzögerte Kurzschlussauslösung – I-Auslösung

Die Überschreitung des Einstellwerts I_i führt zu einer unverzögerten Abschaltung des Leistungsschalters.

Einstellwerte für I_i ≥ 20 x In (fest eingestellt), max. = 50 kA

7.2.4.7 Kurzschlussfestigkeit

Die Line Connection Modules sind mechanisch so aufgebaut, dass sie den vom Leistungsschalter vorgegebenen Grenzwerten standhalten.

Höhere Kurzschlussfestigkeiten sind auf Anfrage verfügbar.

SINAMICS S120 Cabinet Modules

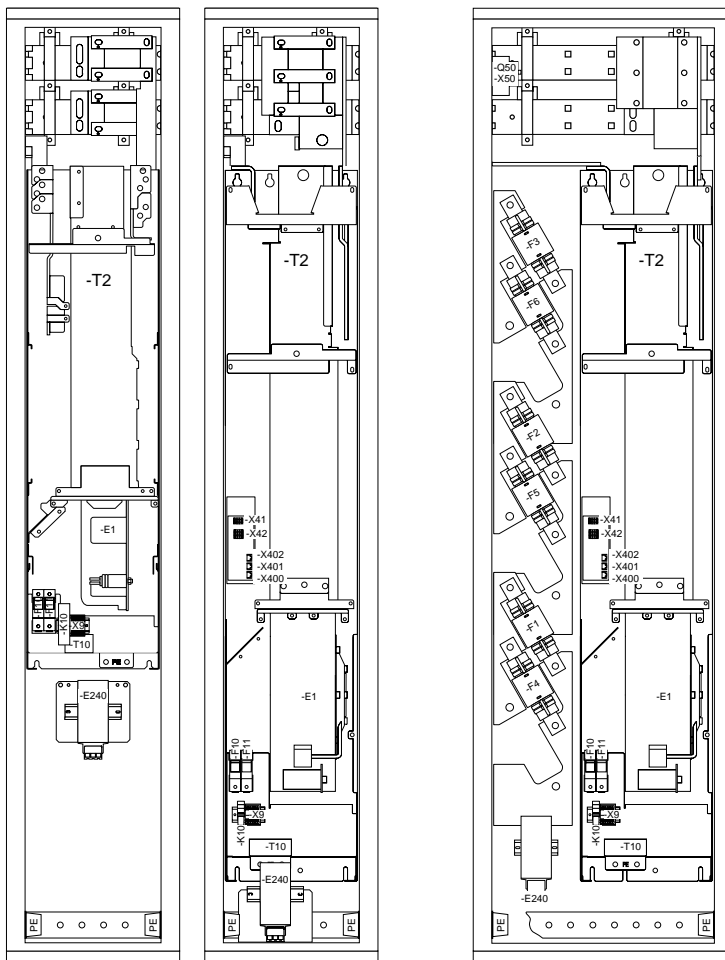
Projektierungshinweise

7.2.5 Basic Line Modules

7.2.5.1 Aufbau

Basic Line Modules sind bei den luftgekühlten SINAMICS S120 Cabinet Modules im Leistungsbereich von 200 - 900 kW bei 400 V bzw. 250 - 1500 kW bei 690 V erhältlich.

Basic Line Modules sind in Kombination mit Line Connection Modules einsetzbar. Dazu ist eine direkte Verbindung der beiden Modularten miteinander erforderlich. Eine vom LCM räumlich getrennte Installation ist daher nicht realisierbar. Mögliche Kombinationen können dem Abschnitt „Line Connection Modules“ entnommen werden.



Luftgekühlte Basic Line Modules der Baugrößen FB und GB / GD sowie Basic Line Module für Parallelschaltungen

Jedes Basic Line Module benötigt den Anschluss an eine Control Unit. Mechanische und optionsbezogene Unterschiede zwischen den Baugrößen FB und GB / GD bestehen nur hinsichtlich der verwendeten Chassis-Baugrößen.

Basic Line Modules der Baugrößen FB und GB besitzen eine gesteuerte Thyristorbrücke. Die Vorladung des Zwischenkreises erfolgt über die Veränderung des Steuerwinkels. Im Betrieb werden die Thyristoren mit Steuerwinkel 0° betrieben, so dass sie sich praktisch wie Dioden verhalten.

Basic Line Modules der Baugröße GD mit Leistungen von 900 kW bei 400 V bzw. 1500 kW bei 690 V besitzen eine Diodenbrücke. Die Vorladung des Zwischenkreises erfolgt hier über eine separate netzseitige Vorladeeinrichtung im Line Connection Module. Die Zuordnung zum Basic Line Module erfolgt über die Option L43 des LCM.

Zu beachten ist, dass das Ladevermögen für den Zwischenkreis geräteabhängig begrenzt ist. Bitte beachten Sie die Hinweise im Kapitel „Projektierung der SINAMICS S120, Hinweise zu den Einbau- und Schrankgeräten“, Abschnitt „Überprüfung der maximalen Zwischenkreiskapazität“.

7.2.5.2 Zwischenkreissicherungen

Basic Line Modules besitzen standardmäßig keine Zwischenkreissicherungen.

Werden Sicherungen gewünscht, so können diese über die Option N52 bestellt werden. Die Sicherungen sind im Schrank an der Verbindungsschiene zur DC-Verschönerung angeordnet und nicht im Leistungsteil selbst untergebracht.

7.2.5.3 Parallelschaltungen von Basic Line Modules

Die Baugrößen GB / GD sind in einer speziellen Ausführung auch für die Parallelschaltung an einem gemeinsamen Line Connection Module geeignet. Hierbei sind zum selektiven Schutz der einzelnen Basic Line Modules netzseitige Sicherungen integriert. Diese Sicherungen erfordern eine Verbreiterung des Standard-Modules um 200 mm. In der Artikelnummer sind diese Geräte an dem „B“ in der drittletzten Stelle zu erkennen (Beispiel: 6SL3730-1T_41-**AA**3 ist die Standard-Ausführung ohne netzseitige Sicherungen, 6SL3730-1T_41-**BA**3 und 6SL3730-1T_41-**BC**3 sind die Ausführungen für Parallelschaltungen mit integrierten netzseitigen Sicherungen).

Die Anordnung der Basic Line Modules für Parallelschaltungen erfolgt jeweils rechts und links vom Line Connection Module. Der Aufbau dieser beiden Varianten ist prinzipiell identisch. Das links vom LCM angeordnete Basic Line Module verfügt lediglich über zusätzliche Verbindungsschienen. Die Unterscheidung geschieht durch die vorletzte Stelle der Artikelnummer. Ein „A“ kennzeichnet die rechte, ein „C“ die linke Variante.

Leistung bei 400 V [kW]	Basic Line Modules Artikel-Nr.	
Anschlussspannung 3AC 380 V – 480 V (Zwischenkreisspannung 510 V – 650 V)		
200	6SL3730-1TE34-2AA3	
250	6SL3730-1TE35-3AA3	
400	6SL3730-1TE38-2AA3	
560	6SL3730-1TE41-2AA3	
560	6SL3730-1TE41-2BA3	Für Parallelschaltung, Anbau rechts an LCM
560	6SL3730-1TE41-2BC3	Für Parallelschaltung, Anbau links an LCM
710	6SL3730-1TE41-5AA3	
710	6SL3730-1TE41-5BA3	Für Parallelschaltung, Anbau rechts an LCM
710	6SL3730-1TE41-5BC3	Für Parallelschaltung, Anbau links an LCM
900	6SL3730-1TE41-8AA3	
900	6SL3730-1TE41-8BA3	Für Parallelschaltung, Anbau rechts an LCM
900	6SL3730-1TE41-8BC3	Für Parallelschaltung, Anbau links an LCM
Anschlussspannung 3AC 500 V – 690 V (Zwischenkreisspannung 675 V – 930 V)		
180 / 250	6SL3730-1TG33-0AA3	
255 / 355	6SL3730-1TG34-3AA3	
400 / 560	6SL3730-1TG36-8AA3	
650 / 900	6SL3730-1TG41-1AA3	
650 / 900	6SL3730-1TG41-1BA3	Für Parallelschaltung, Anbau rechts an LCM
650 / 900	6SL3730-1TG41-1BC3	Für Parallelschaltung, Anbau links an LCM
800 / 1100	6SL3730-1TG41-4AA3	
800 / 1100	6SL3730-1TG41-4BA3	Für Parallelschaltung, Anbau rechts an LCM
800 / 1100	6SL3730-1TG41-4BC3	Für Parallelschaltung, Anbau links an LCM
1085 / 1500	6SL3730-1TG41-8AA3	
1085 / 1500	6SL3730-1TG41-8BA3	Für Parallelschaltung, Anbau rechts an LCM
1085 / 1500	6SL3730-1TG41-8BC3	Für Parallelschaltung, Anbau links an LCM

Artikelnummern der verschiedenen luftgekühlten Basic Line Modules

Es ist zu beachten, dass eine Parallelschaltung von Basic Line Modules nur mit Modules gleicher Leistung erfolgen kann. Bei der Dimensionierung ist aufgrund einer möglichen unsymmetrischen Stromaufteilung ein Strom-Derating von 7,5 % zu berücksichtigen.

Zu berücksichtigen sind auch die Hinweise zur Parallelschaltung im Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“ wie auch die Hinweise zur Verwendung von DRIVE-CLiQ-Leitungen und deren Verlegung im Abschnitt „Hinweise zum Umgang mit den Geräten / DRIVE-CLiQ-Verdrahtung“.

SINAMICS S120 Cabinet Modules

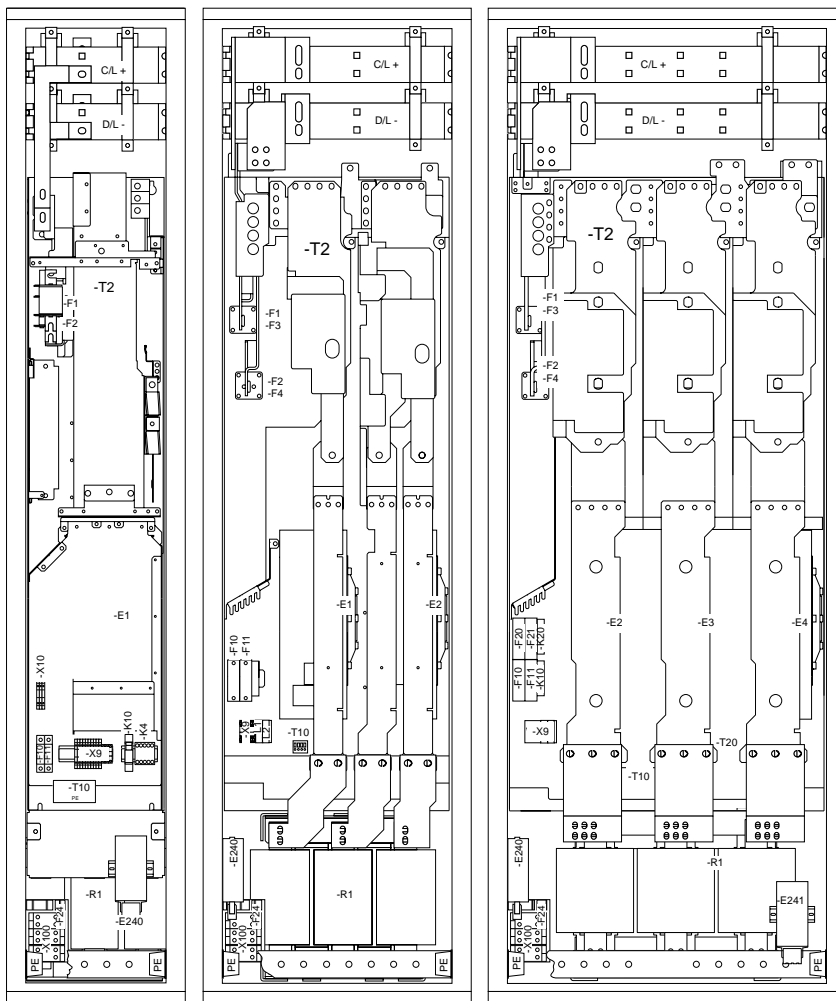
Projektierungshinweise

7.2.6 Smart Line Modules

7.2.6.1 Aufbau

Smart Line Modules sind bei den S120 Cabinet Modules in drei Baugrößen im Leistungsbereich 250 – 800 kW bei 400 V bzw. 450 – 1400 kW bei 690 V erhältlich.

Smart Line Modules sind in Kombination mit Line Connection Modules einsetzbar. Dazu ist eine direkte Verbindung der beiden Modularten miteinander erforderlich. Eine vom LCM räumlich getrennte Installation ist daher nicht realisierbar. Mögliche Kombinationen können dem Abschnitt „Line Connection Modules“ entnommen werden.



Luftgekühlte Smart Line Modules der Baugrößen GX, HX und JX

Smart Line Modules benötigen – im Gegensatz zu Active Line Modules – kein netzseitiges Filter. Es ist lediglich eine Netzdrossel mit einer bezogenen Kurzschlussleistung von $u_k = 4\%$ erforderlich. Diese Netzdrossel ist standardmäßig im Smart Line Module in der Ausführung als S120 Cabinet Module enthalten.

Eine Vorladeschaltung für den Zwischenkreis ist im Smart Line Module integriert. Der Spannungsabgriff der Vorladung ist vor dem Hauptschütz bzw. dem Leistungsschalter im Line Connection Module angeordnet und über einen separaten Sicherungs-Lasttrenner abgesichert, der ebenfalls im Line Connection Module angeordnet ist. Zu beachten ist, dass das Ladevermögen der Vorladeschaltung für den Zwischenkreis geräteabhängig und auf den maximal 4- bis 7,8-fachen Wert der im Gerät eingebauten Zwischenkreiskapazität begrenzt ist. Bitte beachten Sie die Hinweise im Kapitel „Projektierung der SINAMICS S120, Hinweise zu den Einbau- und Schrankgeräten“, Abschnitt „Überprüfung der maximalen Zwischenkreiskapazität“.

Netzseitig ist beim Smart Line Module ein Hauptschütz oder ein motorbetriebener Leistungsschalter zwingend erforderlich. Über die Option L44 beim Line Connection Module werden diese Bauelemente abgestimmt auf das entsprechende Smart Line Module im Line Connection Module untergebracht.

7.2.6.2 Zwischenkreissicherungen

Jedes Smart Line Module besitzt Zwischenkreissicherungen. Diese sind im Leistungsteil eines jeden Modules angeordnet.

7.2.6.3 Parallelschaltungen von Smart Line Modules

Zur Leistungserhöhung ist die Parallelschaltung von bis zu vier Smart Line Modules gleicher Leistung möglich. Die Parallelschaltung kann, wie bei anderen Line Modules auch, sowohl mit jeweils separaten Line Connection Modules erfolgen wie auch mit Line Connection Modules, an die zwei Smart Line Modules angeschlossen werden können.

Für diesen kompakten Aufbau von Parallelschaltungen stehen, ähnlich wie bei Basic Line Modules, auch Smart Line Modules mit "gespiegelten" Leistungsanschlüssen zur Verfügung. Geräte die links vom Line Connection Module angeordnet werden, besitzen in der Artikelnummer ein "C" an der vorletzten Stelle, z. B.: 6SL3730-6TE41-1BC3.

Die Parallelschaltung mit einem jeweils separat zugeordneten LCM kann mit Geräten sämtlicher Leistungen realisiert werden.

Leistung bei 400 V [kW]	Smart Line Modules Artikel-Nr.	
Anschlussspannung 3AC 380 V – 480 V (Zwischenkreisspannung 510 V – 650 V)		
250	6SL3730-6TE35-5AA3	
355	6SL3730-6TE37-3AA3	
500	6SL3730-6TE41-1AA3	
500	6SL3730-6TE41-1BA3	Für Parallelschaltung, Anbau rechts an LCM
500	6SL3730-6TE41-1BC3	Für Parallelschaltung, Anbau links an LCM
630	6SL3730-6TE41-3AA3	
630	6SL3730-6TE41-3BA3	Für Parallelschaltung, Anbau rechts an LCM
630	6SL3730-6TE41-3BC3	Für Parallelschaltung, Anbau links an LCM
800	6SL3730-6TE41-7AA3	
800	6SL3730-6TE41-7BA3	Für Parallelschaltung, Anbau rechts an LCM
800	6SL3730-6TE41-7BC3	Für Parallelschaltung, Anbau links an LCM
Leistung bei 500 V / 690 V [kW]		
Anschlussspannung 3AC 500 V – 690 V (Zwischenkreisspannung 675 V – 930 V)		
325 / 450	6SL3730-6TG35-5AA3	
510 / 710	6SL3730-6TG38-8AA3	
510 / 710	6SL3730-6TG38-8BA3	Für Parallelschaltung, Anbau rechts an LCM
510 / 710	6SL3730-6TG38-8BC3	Für Parallelschaltung, Anbau links an LCM
725 / 1000	6SL3730-6TG41-2AA3	
725 / 1000	6SL3730-6TG41-2BA3	Für Parallelschaltung, Anbau rechts an LCM
725 / 1000	6SL3730-6TG41-2BC3	Für Parallelschaltung, Anbau links an LCM
1015 / 1400	6SL3730-6TG41-7AA3	
1015 / 1400	6SL3730-6TG41-7BA3	Für Parallelschaltung, Anbau rechts an LCM
1015 / 1400	6SL3730-6TG41-7BC3	Für Parallelschaltung, Anbau links an LCM

Artikelnummern der verschiedenen luftgekühlten Smart Line Modules

Es ist zu beachten, dass eine Parallelschaltung von Smart Line Modules nur mit Modules gleicher Leistung erfolgen kann. Bei der Dimensionierung ist aufgrund einer möglichen unsymmetrischen Stromaufteilung ein Strom-Derating von 7,5 % zu berücksichtigen. Desweiteren ist zur Stromsymmetrierung bei der Parallelschaltung grundsätzlich eine 4 %-Drossel vor jedem Smart Line Module erforderlich. Diese ist bereits standardmäßig im Cabinet Module integriert.

Zu berücksichtigen sind auch die Hinweise zur Parallelschaltung im Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“ wie auch die Hinweise zur Verwendung von DRIVE-CLiQ-Leitungen und deren Verlegung im Abschnitt „Hinweise zum Umgang mit den Geräten / DRIVE-CLiQ-Verdrahtung“.

SINAMICS S120 Cabinet Modules

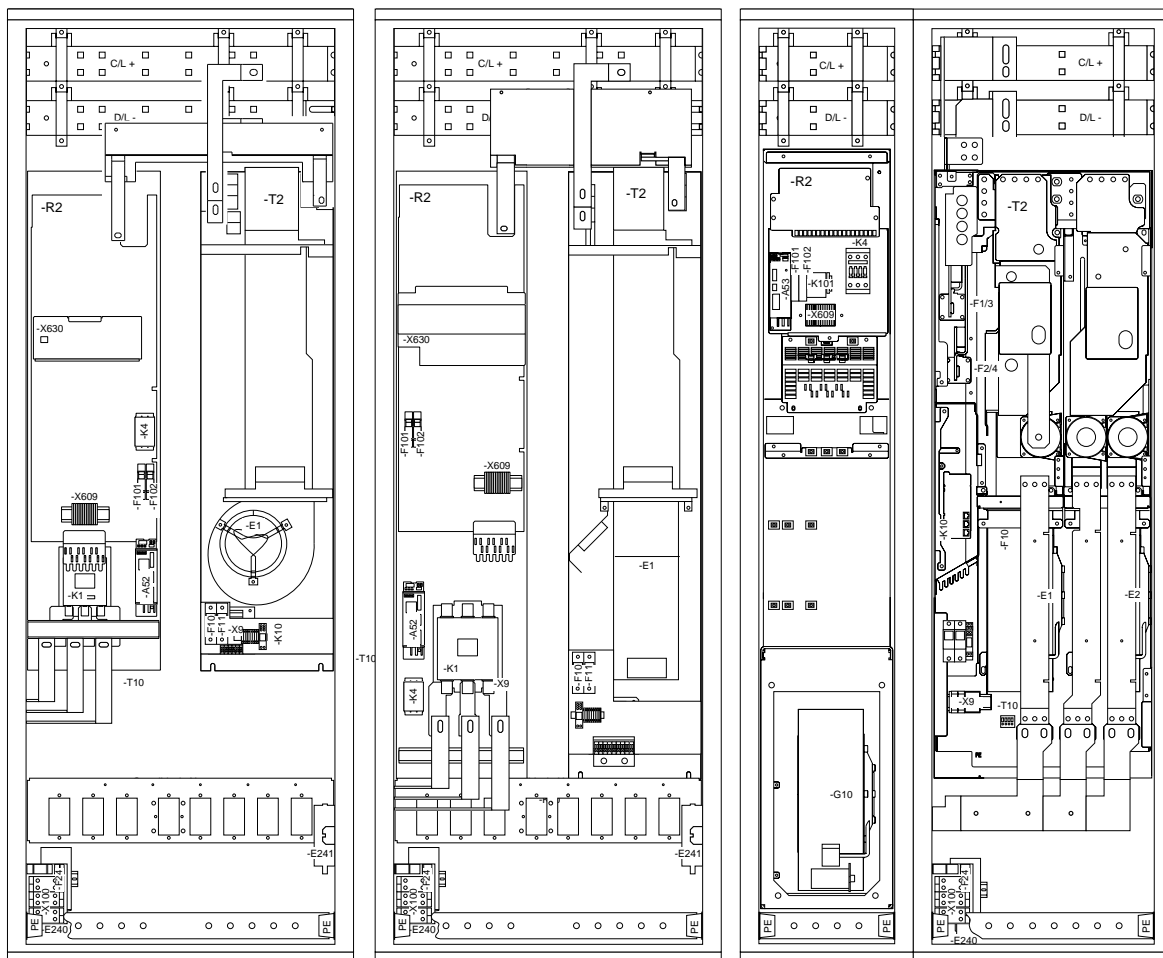
Projektierungshinweise

7.2.7 Active Line Modules + Active Interface Modules

7.2.7.1 Aufbau

Active Line Modules sind bei den SINAMICS S120 Cabinet Modules im Leistungsbereich 132 – 900 kW bei 400 V bzw. 630 – 1400 kW bei 690 V erhältlich und können grundsätzlich nur in Kombination mit den zugehörigen Active Interface Modules betrieben werden.

Active Line Modules mit den zugehörigen Active Interface Modules sind in Kombination mit Line Connection Modules einsetzbar. Dazu ist eine direkte Verbindung der beiden Modularten miteinander erforderlich. Eine vom LCM räumlich getrennte Installation ist daher nicht realisierbar. Mögliche Kombinationen können dem Abschnitt „Line Connection Modules“ entnommen werden.



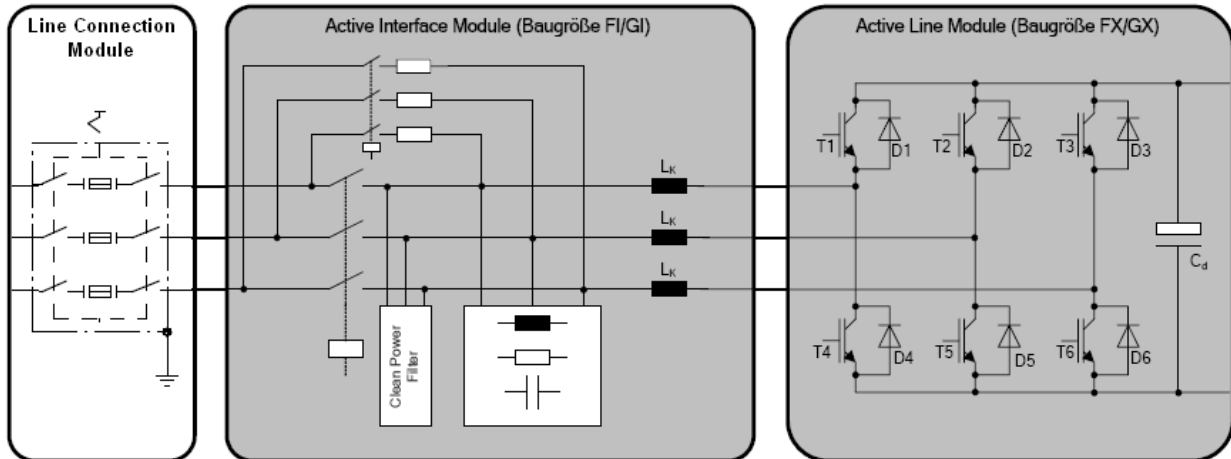
Luftgekühlte Active Line Modules mit zugehörigen Active Interface Modules der Baugrößen FX+FI, GX+GI und HX+HI

Active Line Modules werden als S120 Cabinet Modules nur in Kombination mit den zugehörigen Active Interface Modules ausgeliefert und haben eine gemeinsame Artikelnummer. Active Line Modules mit Active Interface Modules der Baugrößen FX+FI sowie GX+GI werden jeweils in einen gemeinsamen Schrankrahmen aufgebaut. Die Baugrößen mit höheren Leistungen sind in separaten Schränken untergebracht. Ohne ein Active Interface Module ist das Active Line Module nicht betreibbar. Die Gerätezusammenstellung beinhaltet bereits sämtliche benötigten Verbindungen untereinander und reduziert somit mögliche Fehlerquellen bei Projektierung, Montage und Inbetriebnahme.

Innerhalb des Verbandes aus Active Line Module und Active Interface Module ist das Voltage Sensing Module zur Netzspannungserfassung im Active Interface Module untergebracht. Die zugehörige DRIVE-CLiQ-Verbindung zum Active Line Module ist bereits enthalten. Der Einbau der Klemmleiste sowie der optionalen Control Unit CU320-2 erfolgt im Active Line Module.

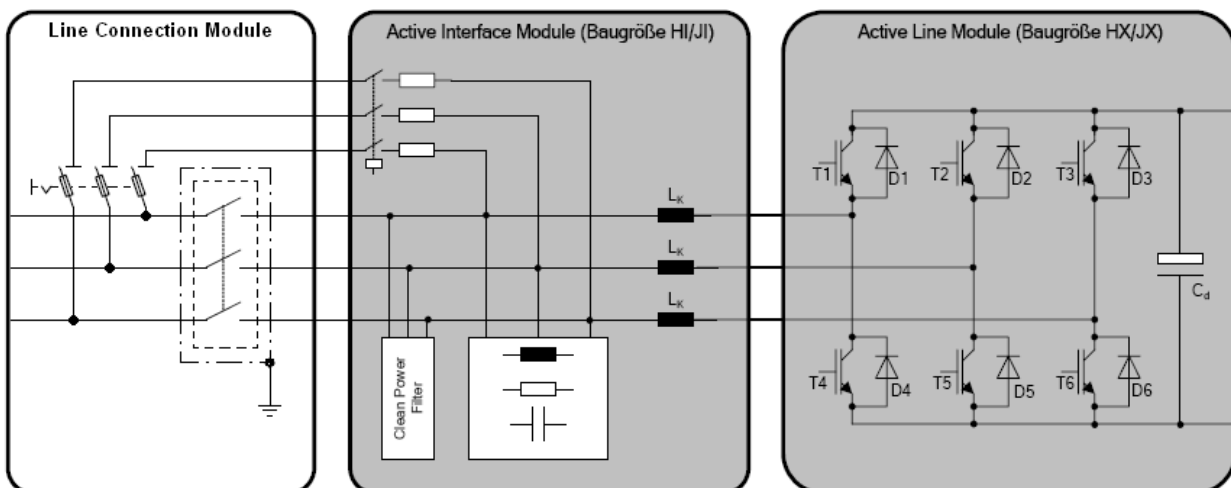
Die Stromversorgung des im Active Interface Modules eingebauten Gerätelüfters stellt eine Besonderheit im Spektrum der S120 Cabinet Modules dar. Dieser Lüfter wird – im Gegensatz zu allen anderen Modules – ohne Anpasstransformator ausgeliefert und benötigt daher den Anschluss an eine einphasige Wechselspannung von 230 V. Diese wird über das Line Connection Module zur Verfügung gestellt. Hierzu existiert ein abgesicherter Anschluss entweder zur Anbindung an das Hilfsspannungsversorgungssystem oder an eine externe Spannungsquelle.

Die Vorladeschaltung für die Zwischenkreiskondensatoren ist bei den verschiedenen Baugrößen der Active Line Modules unterschiedlich realisiert. Bei einem Active Infeed mit einem Active Line Module der Baugröße FX oder GX sind die Vorladekomponenten sowie das benötigte Überbrückungsschütz im zugehörigen Active Interface Module enthalten. Der Spannungsabgriff bzw. Anschluss befindet sich im Line Connection Module nach dem Hauptschalter.



Vorladung bei luftgekühlten Active Line Modules + Active Interface Modules der Baugrößen FX+FI und GX+GI

Bei einem Active Infeed mit einem Active Line Module der Baugröße HX oder JX sind die Vorladekomponenten im zugehörigen Active Interface Module enthalten, aber nicht das benötigte Überbrückungsschütz. Dieses befindet sich in Form eines Schützes oder eines Leistungsschalters im zugehörigen Line Connection Module. Der Spannungsabgriff der Vorladung erfolgt über einen separaten Sicherheits-Lasttrenner vor dem Überbrückungsschütz bzw. dem Leistungsschalter im Line Connection Module.



Vorladung bei luftgekühlten Active Line Modules + Active Interface Modules der Baugrößen HX+HI und JX+JI

Zu beachten ist, dass die Ladekapazität der Vorladeschaltung für die Ladung der Zwischenkreiskondensatoren eine geräteabhängige Begrenzung besitzt. Bitte beachten Sie die Hinweise im Kapitel „Projektierung der SINAMICS S120; Hinweise zu den Einbau- und Schrankgeräten“, Abschnitt „Überprüfung der maximalen Zwischenkreiskapazität“.

Die Verbindungen der Vorladeschaltung wie auch weitere Verbindungen, wie z. B. Steuerleitungen vom Active Line Module zum Leistungsschalter, sind bei den S120 Cabinet Modules bereits enthalten und über die Option L42 beim LCM entsprechend abgestimmt.

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

7.2.7.2 Zwischenkreissicherungen

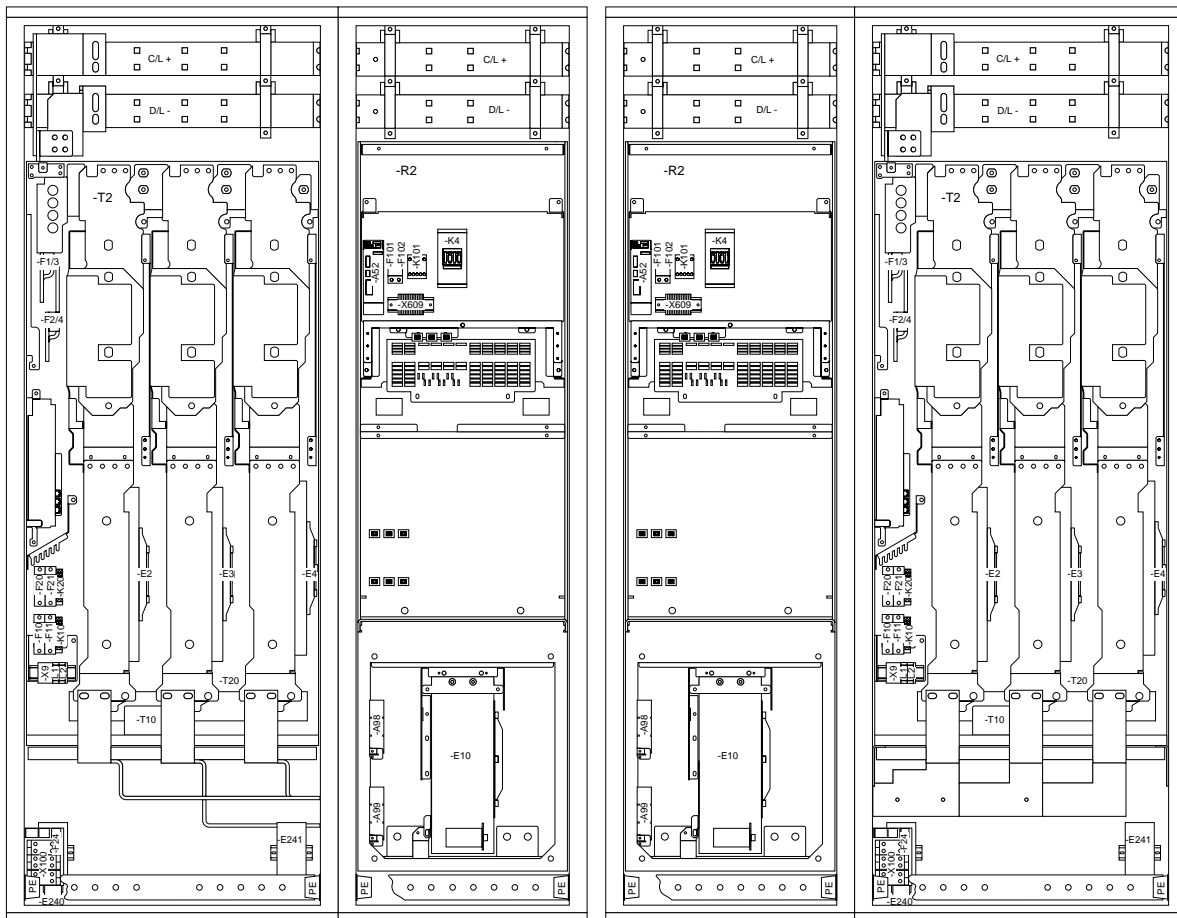
Jedes Active Line Module besitzt Zwischenkreissicherungen. Diese sind im Leistungsteil eines jeden Modules angeordnet.

7.2.7.3 Parallelschaltungen von Active Line Modules + Active Interface Modules

Zur Leistungserhöhung ist die Parallelschaltung von bis zu vier Active Line Modules jeweils gleicher Leistung möglich. Hierbei erhält jedes Active Line Module sein zugehöriges Active Interface Module. Die Parallelschaltung kann, wie bei anderen Line Modules auch, sowohl mit jeweils separaten Line Connection Modules erfolgen wie auch mit Line Connection Modules, an die zwei Active Line Modules mit den zugehörigen Active Interface Modules angeschlossen werden können.

Zur Parallelschaltung an einem gemeinsamen Line Connection Module stehen Active Line Modules zur Verfügung, die ähnlich wie bei Basic Line Modules und Smart Line Modules jeweils rechts oder links vom Line Connection Module angeordnet werden können. Hierdurch ergibt sich ein sehr kompakter Aufbau der Netzeinspeisung. Das links vom Line Connection Module angeordnete Active Line Module verfügt über "gespiegelte" Leistungsanschlüsse, erkennbar an der Artikelnummer mit einem "C" an der vorletzten Stelle, z. B.: 6SL3730-7T_41-BC3. Gegenüber dem rechts angeordneten Active Line Module ist beim links angeordneten Active Line Module das Active Interface Module zum Line Connection Module hin gedreht. Dies ermöglicht einen einfacheren Aufbau vor Ort, wenn das Active Line Module inkl. Active Interface Module separat vom LCM und nicht innerhalb einer Transporteinheit bestellt wird. Active Line Modules für die Anordnung rechts vom Line Connection Module besitzen keine gesonderte Artikelnummer.

Die Parallelschaltung mit einem jeweils separat zugeordneten LCM kann mit Geräten sämtlicher Leistungen realisiert werden.



Active Line Modules mit zugehörigen Active Interface Modules der Baugrößen JX+JI für Parallelschaltung zum Anbau links sowie rechts an ein Line Connection Module

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

Active Line Modules (inkl. Active Interface Modules)		
Leistung bei 400 V [kW]	Artikel-Nr.	
Anschlussspannung 3AC 380 V – 480 V (Zwischenkreisspannung 570 V – 720 V)		
132	6SL3730-7TE32-1BA3	
160	6SL3730-7TE32-6BA3	
235	6SL3730-7TE33-8BA3	
300	6SL3730-7TE35-0BA3	
380	6SL3730-7TE36-1BA3	
500	6SL3730-7TE38-4BA3	
630	6SL3730-7TE41-0BA3	
630	6SL3730-7TE41-0BC3	Für Parallelschaltung, Anbau links an LCM (gespiegelter Aufbau)
900	6SL3730-7TE41-4BA3	
900	6SL3730-7TE41-4BC3	Für Parallelschaltung, Anbau links an LCM (gespiegelter Aufbau)
Leistung bei 500 V / 690 V [kW]		
Anschlussspannung 3AC 500 V – 690 V (Zwischenkreisspannung 750 V – 1035 V)		
400 / 630	6SL3730-7TG35-8BA3	
580 / 800	6SL3730-7TG37-4BA3	
580 / 800	6SL3730-7TG37-4BC3	Für Parallelschaltung, Anbau links an LCM (gespiegelter Aufbau)
800 / 1100	6SL3730-7TG41-0BA3	
800 / 1100	6SL3730-7TG41-0BC3	Für Parallelschaltung, Anbau links an LCM (gespiegelter Aufbau)
1015 / 1400	6SL3730-7TG41-3BA3	
1015 / 1400	6SL3730-7TG41-3BC3	Für Parallelschaltung, Anbau links an LCM (gespiegelter Aufbau)

Artikelnummern der verschiedenen luftgekühlten Active Line Modules inkl. Active Interface Modules

Es ist zu beachten, dass eine Parallelschaltung von Active Line Modules nur mit Modules gleicher Leistung erfolgen kann. Bei der Dimensionierung ist aufgrund einer möglichen unsymmetrischen Stromaufteilung ein Strom-Derating von 5 % zu berücksichtigen.

Zu berücksichtigen sind auch die Hinweise zur Parallelschaltung im Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“ wie auch die Hinweise zur Verwendung von DRIVE-CLiQ-Leitungen und deren Verlegung im Abschnitt „Hinweise zum Umgang mit den Geräten / DRIVE-CLiQ-Verdrahtung“.

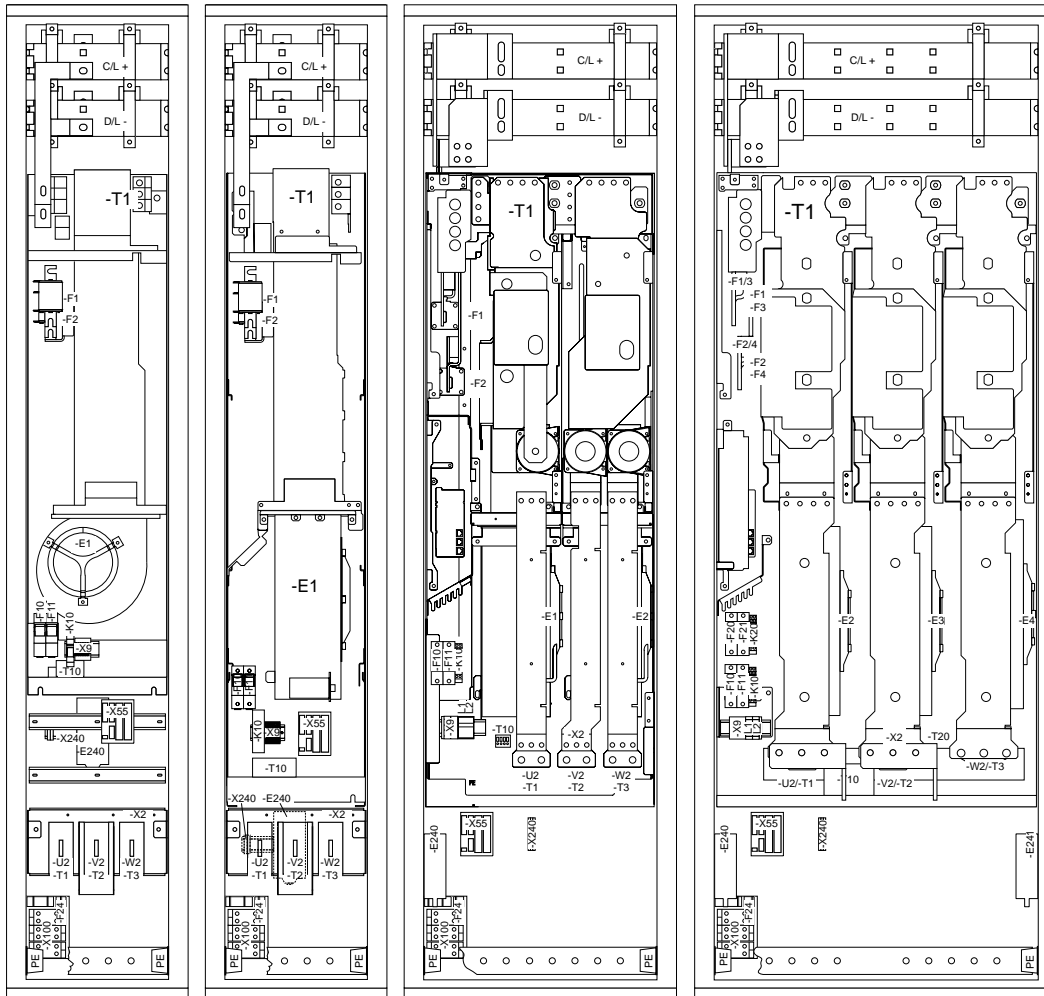
SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

7.2.8 Motor Modules

7.2.8.1 Aufbau

Motor Modules sind bei den SINAMICS S120 Cabinet Modules im gesamten Spektrum der S120 Motor Modules Bauform Chassis verfügbar. Speziell für Mehrmotorenantriebe angepasste Optionen und Aufbaukonzepte ermöglichen den Einsatz in sehr vielen Anwendungsbereichen.



Luftgekühlte Motor Modules der Baugrößen FX, GX, HX, JX

Die Unterschiede zwischen den Baugrößen sind, abgesehen vom Einsatz verschiedener Leistungsteile, sehr gering. In die Motor Modules sind umfangreiche EMV-Maßnahmen zur Erzielung einer hohen Störfestigkeit sowie einer geringen Störaussendung implementiert, z. B. durch EMV-gerechte Leitungsführungen, optimale Schirmauflagemöglichkeiten und metallische Abschirmungen. Spezielle Maßnahmen zur Führung der Kühlluft sorgen sowohl für einen kompakten Aufbau als auch für eine optimale Kühlung der Leistungsteile. Aufgrund der konstruktiven Gegebenheiten sind die beschriebenen Maßnahmen bei den verschiedenen Baugrößen unterschiedlich gelöst.

Zusätzlich besitzen die Baugrößen FX und GX ein spezielles Anschlussfeld für den Anschluss der Motorleitungen. Bei den Baugrößen HX und JX erfolgt der Anschluss direkt am Leistungsteil der eingebauten Chassis.

7.2.8.2 Zwischenkreissicherungen

Zwischenkreissicherungen sind im Leistungsteil eines jeden Motor Modules vorhanden. Beim Einsatz einer DC-Ankopplung / Option L37 sind die Sicherungen in den DC-Schalter integriert.

7.2.8.3 Parallelschaltung von Motor Modules zur Leistungserhöhung

7.2.8.3.1 Allgemeines

Bei der Parallelschaltung dürfen nur Motor Modules gleicher Spannung und Leistung sowie gleichen Typs verwendet werden. Werden SINAMICS S120 Motor Modules parallelgeschaltet, so kann es trotz der Stromausgleichsregelung zu Unsymmetrien in der Stromaufteilung kommen, so dass bei der Parallelschaltung mit einem Strom-Derating von 5 % gerechnet werden muss.

Bei Motoren mit einem gemeinsamen Wicklungssystem sind zur Entkopplung der parallel geschalteten Motor Modules Mindestleitungslängen zwischen den Motor Modules und dem Motor zu beachten. Können die angegebenen Mindestleitungslängen nicht eingehalten werden, so sind Motordrosseln bzw. -filter einzusetzen.

Ausführliche Informationen zum Thema Parallelschaltungen sind dem Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt „Umrichter-Parallelschaltungen“ zu entnehmen.

7.2.8.3.2 Minimale Motorleitungslängen bei Motoren mit gemeinsamen Wicklungssystem

Die folgende Tabelle gibt die minimal erforderlichen Motorleitungslängen für Parallelschaltungen von SINAMICS S120 Motor Modules der luftgekühlten S120 Cabinet Modules an, wobei unter der angegebenen Länge die Entfernung zwischen dem Ausgang eines jeden Motor Modules und dem Motoranschlusskasten entlang der Motorleitung zu verstehen ist.

Motor Module			Motorzuleitung
Baugröße	P _n bei 400 V [kW]	I _n [A]	Mindestlänge ¹⁾ [m]
Anschlussspannung DC 510 V bis 720 V			
FX	110	210	30
FX	132	260	27
GX	160	310	20
GX	200	380	17
GX	250	490	15
HX	315	605	13
HX	400	745	10
HX	450	840	9
JX	560	985	8
JX	710	1260	6
JX	800	1405	5

Motor Module			Motorzuleitung	Motor Module			Motorzuleitung
Baugröße	P _n bei 500 V [kW]	I _n [A]	Mindestlänge ¹⁾ [m]	Baugröße	P _n bei 690 V [kW]	I _n [A]	Mindestlänge ¹⁾ [m]
Anschlussspannung DC 675 V bis 900 V 2)				Anschlussspannung DC 890 V bis 1035 V 2)			
FX	55	85	80	FX	75	85	100
FX	55	100	72	FX	90	100	90
FX	75	120	65	FX	110	120	80
FX	90	150	55	FX	132	150	70
GX	110	175	50	GX	160	175	60
GX	132	215	40	GX	200	215	50
GX	160	260	32	GX	250	260	40
GX	200	330	25	GX	315	330	30
HX	250	410	20	HX	400	410	25
HX	315	465	18	HX	450	465	25
HX	400	575	15	HX	560	575	20
JX	500	735	13	JX	710	735	18
JX	560	810	11	JX	800	810	15
JX	630	910	10	JX	900	910	12
JX	710	1025	8,5	JX	1000	1025	10
JX	900	1270	7	JX	1200	1270	8

¹⁾ zulässige Toleranz: -20 %

²⁾ Diese Werte gelten für Geräteausprägungen mit den Anschlussspannungen 3AC 500 V bis 690 V (Artikel-Nr. 6SL3720-1TGxx-xAA3).

Mindestleitungslängen für die Parallelschaltung von S120 Motor Modules bei Motoren mit einem gem. Wicklungssystem

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

7.2.9 Booksize Base Cabinet / Booksize Cabinet Kits

7.2.9.1 Aufbau

Motor Modules der Bauform Booksize werden als Booksize Cabinet Kits werkseitig in Booksize Base Cabinets eingebaut und als komplette Einheit zusammen mit den schrankseitigen Anschlusskomponenten geliefert. Angeboten werden sämtliche Booksize Motor Modules in der Ausprägung mit interner Luftkühlung und lackierten Baugruppen.

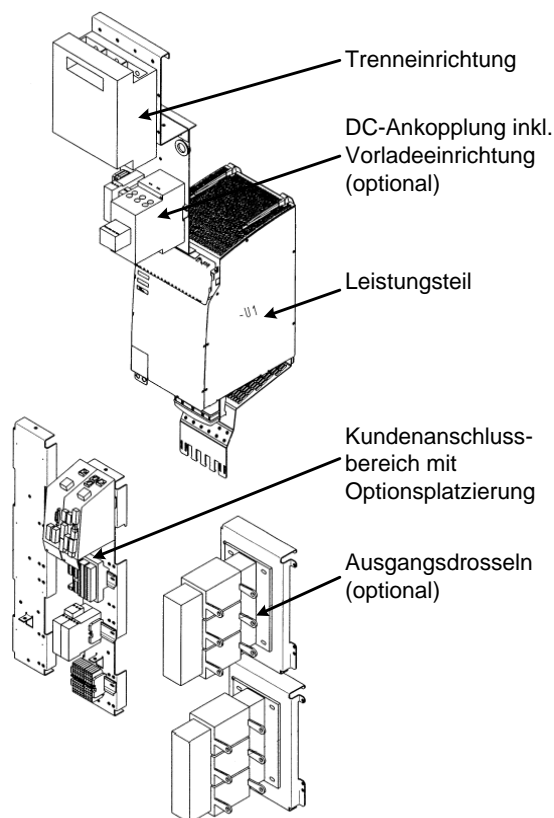
7.2.9.2 Booksize Base Cabinet

Basis eines kompletten Schrankes ist das Booksize Base Cabinet. In diesem befinden sich sämtliche Aufbaubleche zur Aufnahme von Komponentenpaketen, den Booksize Cabinet Kits.

Im Standard sind zwei Schrankbreiten als Booksize Base Cabinet, 800 mm und 1200 mm, erhältlich. Neben den Aufbaublechen sind weiterhin die PE-Schiene sowie das Hilfsspannungsversorgungssystem vorhanden.

7.2.9.3 Booksize Cabinet Kits

Das Planen / Bestücken von Booksize Cabinet Kits wird durch das Slotkonzept vereinfacht. Ein Slot / Booksize Cabinet Kit besitzt eine vorgegebene Schrankbreite, innerhalb dieser sind sämtliche Komponenten zum Betrieb eines SINAMICS S120 Booksize-Antriebs angeordnet. Die Anzahl von Slots innerhalb eines Base Cabinets wird nur durch die zur Verfügung stehende Schrankbreite bestimmt. Abhängig von der benötigten, leistungsbezogenen Einbaubreite kann somit eine unterschiedliche Anzahl von Booksize Cabinet Kits in ein Base Cabinet eingebaut werden.



Beispiel eines Booksize Cabinet Kits mit einer Breite von 200 mm

Die Basisausführung der Booksize Cabinet Kits besteht aus folgenden Komponenten:

- Motor Module Bauform Booksize
- Sicherungs-Lasttrennschalter pro eingebautem Motor Module
- Kundenklemmenleisten –X55.1 bzw. –X55.2 angeordnet im Anschlussbereich des Booksize Base Cabinets
- Schirmanschlussblech
- Komplett elektrische Anbindung an die Schnittstellen des Base Cabinets

Der Anschluss an die DC-Sammelschiene des Cabinet Modules erfolgt für jedes Booksize Cabinet Kit separat über einen eigenen Sicherungs-Lasttrennschalter. Die in die Geräte integrierte DC-Verbindungsschiene wird nicht zum Durchschleifen der Zwischenkreisspannung verwendet.

Die optionale DC-Ankopplung besteht aus einer Schutzkombination (siehe Kapitel „Optionenbeschreibungen“, Abschnitt „Option L37“), welche sich durch steckbare Schnittstellen begünstigt leicht austauschen lässt.

Mit einer optionalen Control Unit CU320-2 DP (Option K90) oder CU320-2 PN (Option K95) befindet sich zusätzlich die Kundenklemmenleiste –X55 im Anschlussbereich des Schrankes. Eine DRIVE-CLiQ-Verbindung wird zu dem Leistungsteil des Cabinet Kits werkseitig hergestellt.

Die optionalen Ausgangsdrosseln bzw. Motordrosseln finden ebenfalls Platz innerhalb eines Cabinet Kits. Mit dem Einsatz von Drosseln ist eine separate Motoranschlussklemme im Anschlussbereich des Schrankes vorhanden. Informationen zu den Ausgangsdrosseln bzw. Motordrosseln finden Sie im Kapitel „Optionenbeschreibungen“, Abschnitt „Option L08 / L09“.

Folgende Booksize Cabinet Kits sind verfügbar:

Artikel-Nr.	Typeleistung bei Zwischenkreis- spannung DC 600 V [kW]	Bemessungs-Ausgangsstrom I_n [A]	Breite Booksize Cabinet Kit [mm]
6SL3720-1TE21-0AB4	4,8	9	100
6SL3720-1TE21-8AB4	9,7	18	100
6SL3720-1TE23-0AB4	16	30	100
6SL3720-1TE24-5AB4	24	45	200
6SL3720-1TE26-0AB4	32	60	200
6SL3720-1TE28-5AB3	46	85	200
6SL3720-1TE31-3AB3	71	132	300

Verfügbare Booksize Cabinet Kits

7.2.9.4 Zwischenkreissicherungen

Die SINAMICS-Leistungsteile der Bauform Booksize besitzen integrierte Zwischenkreissicherungen im Plus-Pfad. Diese sind jedoch nicht wechselbar, sondern dienen nur dem Schutz vor Gefahren. Die Booksize Cabinet Kits beinhalten aus diesem Grund Lasttrenner mit integrierten Sicherungen im Plus- und im Minus-Pfad, welche die standardisierte Anbindung an die Zwischenkreisschiene des Cabinet Modules übernehmen. Die Auswahl der eingesetzten Sicherungen erfolgte nach selektiven Aspekten, so dass bei einem Fehler im Booksize-Gerät in aller Regel zuerst die Sicherung im Lasttrennschalter auslöst.

7.2.9.5 Planungsempfehlung, Besonderheiten

Eine Bestückung der Base Cabinets kann mit den Cabinet Kits variabel erfolgen. Eine Anordnungsreihenfolge sowie eine Größenzuordnung sind nicht vorgegeben. Die zur Verfügung stehende Breite eines Base Cabinet zum Einbau von Cabinet Kits errechnet sich aus Schrankbreite minus 200 mm. Damit stehen folgende nutzbare Einbaubreiten zur Verfügung:

Artikelnummer des Booksize Base Cabinet	Schrankbreite [mm]	Nutzbare Einbaubreite [mm]
6SL3720-1TX38-0AA3	800	600
6SL3720-1TX41-2AA3	1200	1000

Zuordnung zwischen Schrankbreite und nutzbarer Einbaubreite

Booksize Cabinet Kits sind immer in Verbindung mit mindestens einem Booksize Base Cabinet zu bestellen. Die Lieferung einzelner Booksize Cabinet Kits ist nicht möglich.

Die Komponentenanzahl innerhalb eines jeden Cabinet Kits wie auch die Anordnung innerhalb des gesamten Base Cabinets erfolgt nach dem Zonenkonzept. Zusätzlich erfolgt die Anordnung der Bauelemente in der Art, dass die freie Zugänglichkeit der Diagnoseelemente gewährleistet ist.

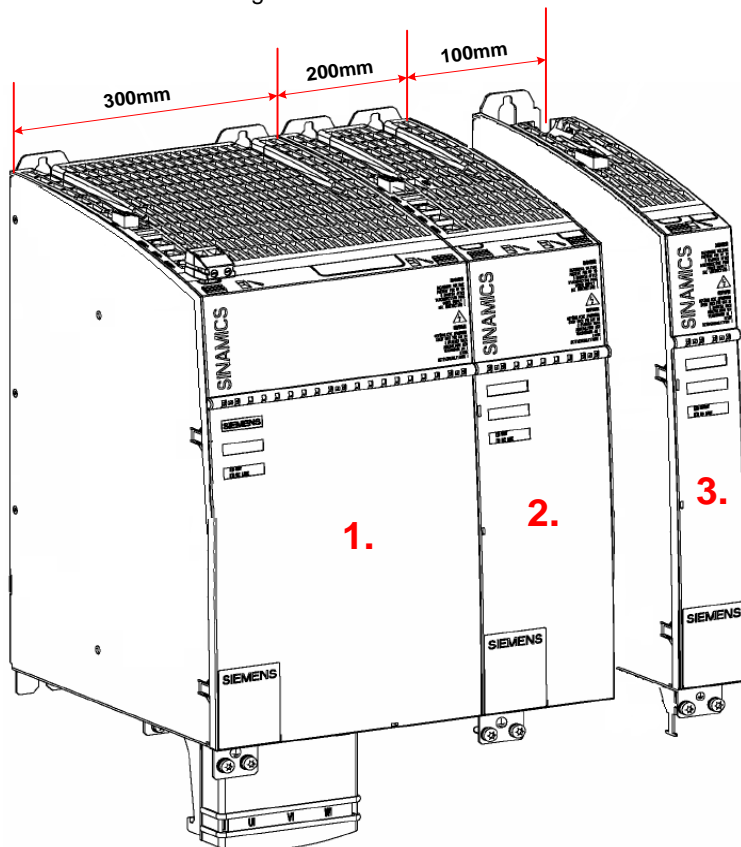
Zum komfortablen Anschluss von extern herangeführten Leitungen besitzen die Booksize Cabinet Kits sowohl die Kundenklemmenleisten –X55.1 bzw. –X55.2 als auch die Kundenklemmenleiste –X55 in Verbindung mit einer Control Unit CU320-2 DP (Option K90) oder CU320-2 PN (Option K95). Nähere Informationen können den gleichnamigen Abschnitten dieses Kapitels bzw. des Kapitels „Optionenbeschreibungen“ entnommen werden.

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

Die DRIVE-CLiQ-Verdrahtung innerhalb eines Cabinet Kits wird werksseitig ausgeführt. Übergreifende Verbindungen zwischen Cabinet Kits, z. B. von der Control Unit des Cabinet Kits >1< zum Motor Module des Cabinet Kits >2< können nicht standardisiert verlegt werden, da diese in Abhängigkeit von der Projektierung zu erfolgen haben und die benötigte Information bei der Bestellung in der Regel nicht vorliegt. Die erforderliche Leitungslänge berechnet sich zu ca. 300 mm von der Control Unit zum zugehörigen Leistungsteil + Breite des Booksize Cabinet Kits, dessen Leistungsteil verbunden werden soll. Wird eine Verbindung der Leistungsteile in Linientopologie (Leistungsteil an Leistungsteil) gewünscht, so sind bei der Leitungslängenberechnung die Breite des Booksize Cabinet Kits + mindestens 100 mm anzusetzen, um die Biegeradien und Anschlussstecker zu berücksichtigen. Es ist zu beachten, dass diese Berechnung für Verbindungen nach rechts gilt. Für Verbindungen nach links ist die Breite des benachbarten Cabinet Kits zu berücksichtigen.

Die beschriebenen Leitungen zwischen den einzelnen Cabinet Kits müssen separat bestellt werden.



Berechnung der DRIVE-CLiQ-Leitungslängen im Booksize-Verband

Beispiel:

In einem Booksize Base Cabinet sind gemäß oben dargestellter Abbildung drei Booksize Cabinet Kits eingesetzt. Dem zweiten bzw. mittleren wurde mit der Option K90 eine Control Unit CU320-2 DP zugeordnet. Das Leistungsteil des ersten Cabinet Kits soll an die Control Unit und das Leistungsteil des dritten Cabinet Kits an das Leistungsteil des zweiten angebunden werden.

Die benötigten Leitungslängen berechnen sich wie folgt:

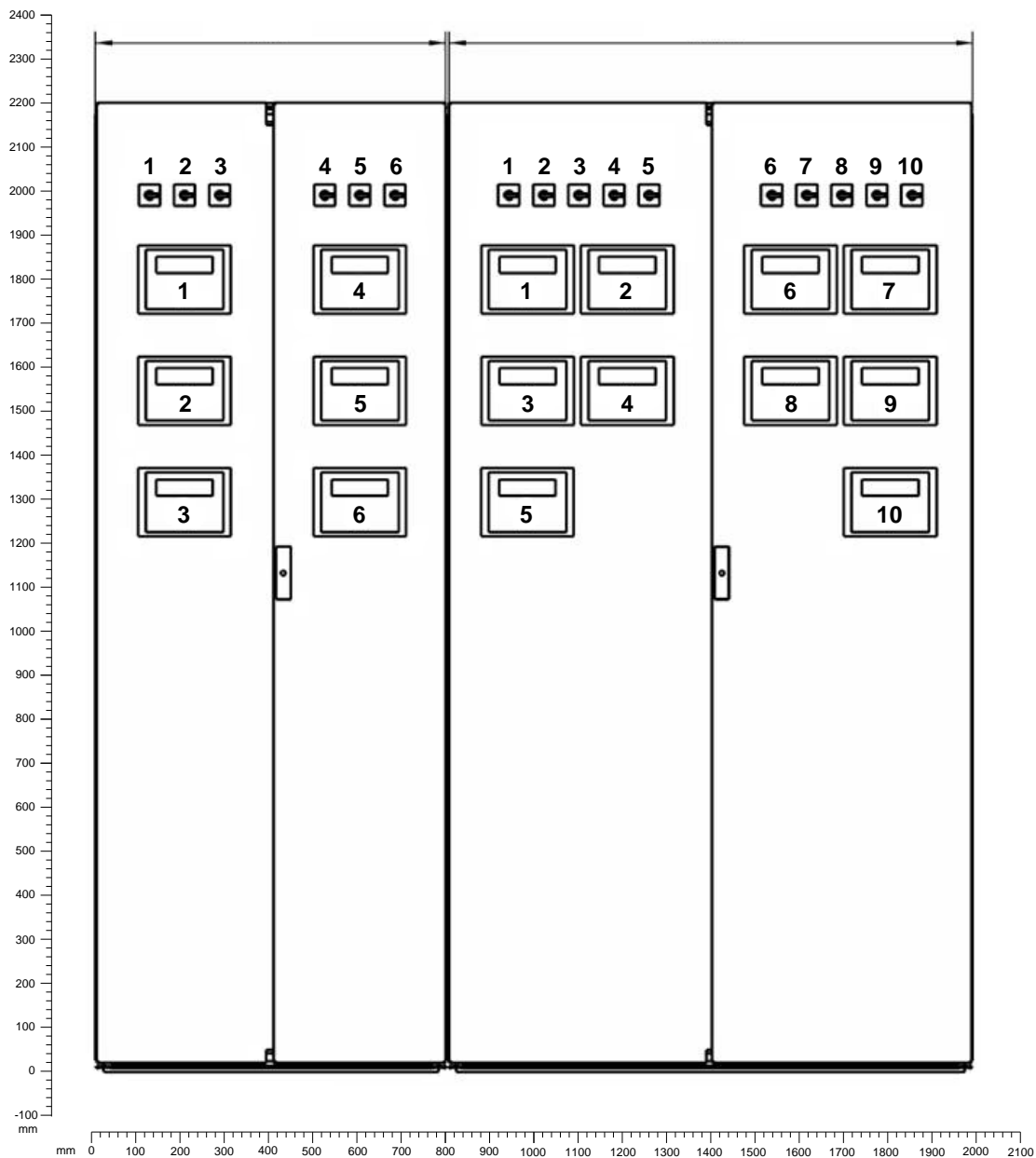
1. Der Anschluss des 2. Leistungsteils, dem mit der Option K90 die Control Unit zugeordnet ist, benötigt keine zusätzliche Leitung, weil sich beide Komponenten innerhalb eines Cabinet Kits befinden und bereits verdrahtet sind.
2. Das Leistungsteil des ersten Cabinet Kits benötigt eine Leitung von mindestens 300 mm (Breite des 1. Cabinet Kits) + 300 mm (Strecke vom 2. Leistungsteil zur zugehörigen Control Unit) = 600 mm. Gemäß Katalog wird folgende Leitung ausgewählt: 6SL3060-4AU00-0AA0 mit 600 mm.
3. Das Leistungsteil des dritten Cabinet Kits benötigt eine Leitung von mindestens 200 mm (Breite des 2. Cabinet Kits) + 100 mm (Biegeradius) = 300 mm. Gemäß Katalog wird folgende Leitung ausgewählt: 6SL3060-4AM00-0AA0 mit 360 mm.

Auf eine ordnungsgemäße Befestigung der Leitungen unter Einhaltung der zulässigen Biegeradien ist zu achten.

Die Schnittstellen des gesamten Schrankes sind konzeptionell so gestaltet, dass keine weitere Hilfsverdrahtung von außen erfolgen muss. Sämtliche Hilfsspannungsversorgungen sind über Absicherungen auf das Hilfsspannungsversorgungssystem aufgelegt.

Aufgrund des erhöhten Strombedarfs bei Zusammenstellungen mit vielen Cabinet Kits innerhalb eines Booksize Base Cabinets wird als 24 V-Stromversorgung ein Gerät des Typs SITOP eingesetzt. Dieses ist standardmäßig in jedem Booksize Base Cabinet enthalten und übernimmt die 24 V-Stromversorgung des gesamten Schrankes.

Die Führung der 24 V-Hilfsspannungsversorgung innerhalb eines Base Cabinets wurde so gestaltet, dass der Ausfall einzelner Geräte / Cabinet Kits keinerlei Auswirkungen auf andere Geräte hat. Die interne Hilfsspannungsversorgungsschiene der Booksize-Geräte kommt hierbei nicht zum Einsatz.



Booksize Base Cabinets mit maximaler Bestückung

Bei maximaler Bestückung sind in dem Base Cabinet der Breite 800 mm sechs Cabinet Kits und in dem Schrank der Breite 1200 mm zehn Cabinet Kits verfügbar (jeweils bei Einsatz von Cabinet Kits mit einer Breite von 100 mm). Innerhalb der Base Cabinets sind Einbauplätze definiert, welche nach der Bestellung vom Werk bestückt werden.

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

Eine bestimmte Reihenfolge ist bei der Bestellabwicklung nicht definiert. Muss hier eine definierte Abfolge von Booksize-Geräten innerhalb der Base Cabinets eingehalten werden, so teilen Sie dies bitte Ihrem Siemens-Ansprechpartner mit.

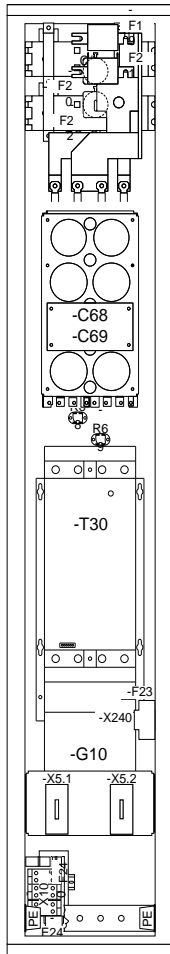
Booksize Base Cabinets kommen konstruktionsbedingt ohne Schranklüfter aus. Bei Schutzklassen oberhalb IP21 sind Lüfter eingebaut und werden über einen Thermostat angesteuert. Die Stromversorgung erfolgt über das Hilfsspannungsversorgungssystem des Schrankes.

Bitte beachten Sie die gegenüber den Leistungsteilen der Bauform Chassis unterschiedlichen Überlastdefinitionen und Deratingfaktoren der Booksize-Geräte. Nähere Hinweise können Sie dem Katalog D 21.4 / „SINAMICS S120 Antriebssystem“ entnehmen.

7.2.10 Central Braking Modules

7.2.10.1 Aufbau

Central Braking Modules werden an einer zentralen Stelle im Antriebsverband platziert. Sie begrenzen die Zwischenkreisspannung, wenn generatorische Energie in den Zwischenkreis geliefert wird und eine Energierückspeisung ins Netz nicht möglich ist. So wird z. B. ein zügigeres Abbremsen von Antrieben ermöglicht und es lassen sich generell unerwünschte Betriebsunterbrechungen aufgrund zu hoher kurzzeitiger Zwischenkreisspannung sicher vermeiden.



Überschreitet die Spannung der DC-Schiene im generatorischen Betrieb die Ansprechschwelle, so beginnt die in dem Cabinet Module eingebaute Braking Unit zu arbeiten und liefert Energie in den extern zu installierenden Bremswiderstand. Somit wird ein weiteres Ansteigen der Spannung verhindert. Die generatorische Energie wird dabei in Wärme umgewandelt.

Die Ansprechzeit der Braking Unit im Central Braking Module liegt im Bereich von 1 - 2 ms und die Toleranz der Ansprechschwelle im Bereich von 1,5 - 3 V. Die einstellbaren Ansprechschwellen und die zugehörigen Schalterstellungen der Braking Unit sind in der Tabelle am Ende dieser Seite angegeben.

Central Braking Modules sind eine Alternative zu den optionalen Braking Modules, die in die Power Modules der Bauform Chassis einbaubar sind (Option L61, L62 bzw. L64, L65), insbesondere dann, wenn hohe Bremsleistungen in einem Antriebsverband benötigt werden. Central Braking Modules arbeiten völlig eigenständig und benötigen lediglich eine Verbindung zum Zwischenkreis. Eine externe Steuerspannung ist nicht notwendig.

Die Braking Units dürfen an allen Netzformen betrieben werden.

Die Units besitzen eine integrierte Temperaturüberwachung. Ein standardmäßig vorhandener Lüfter unterstützt dabei die Kühlung des Leistungsteiles. Die An-/Abschaltung des Lüfters erfolgt temperaturgesteuert. Somit wird ein unnötiger Dauerbetrieb des Lüfters vermieden. Die zulässige Umgebungstemperatur beträgt 0 °C – 40 °C. Bei Temperaturen zwischen 40 °C und 50 °C ist eine Leistungsreduzierung gemäß folgender Berechnungsformel vorzunehmen:

$$P = [1 - 0,025 * (T - 40^{\circ}\text{C})] * P_n$$

Die Aufstellhöhe über NN kann bis zu 2000 m betragen. Bei Höhen über 1000 m ist eine Leistungsreduzierung zu berücksichtigen. Das Derating beträgt hierbei 1,5 % pro 100 m.

Neben der Temperatureauswertung sind als weitere Schutzfunktionen die Überwachung auf Überstrom und Überlast integriert.

Die Braking Units besitzen zudem Diagnose-LEDs zur Anzeige von Störungen wie auch einen Steuerausgang zur Übermittlung von Störungen. Über einen Steuereingang kann das Central Braking Module von extern gesperrt werden.

Central Braking Module

Zur Reduzierung der Spannungsbeanspruchung des Motors und des Umrichters kann beim Betrieb mit niedrigen Netzanschlussspannungen (380 V – 400 V bzw. 500 V bzw. 660 V) die Ansprechschwelle der Bremsenheit und damit die beim Bremsen auftretende Zwischenkreisspannung herabgesetzt werden. Damit geht allerdings auch die erzielbare Spitzenleistung mit dem Quadrat des Verhältnisses der Ansprechschwellen zurück.

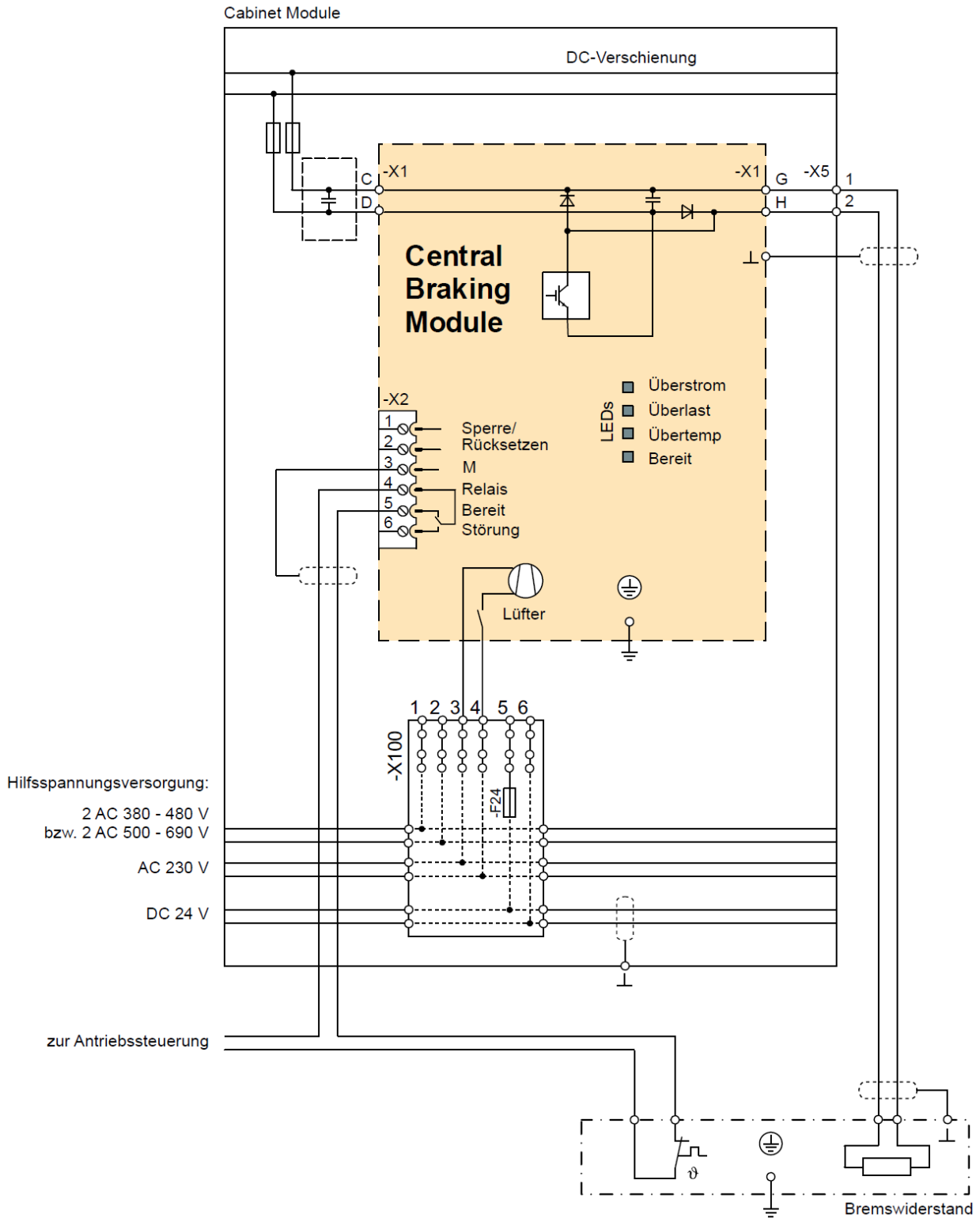
Werkseinstellung ist jeweils die obere Ansprechschwelle entsprechend der Schalterstellung 1 des Schalters S2. Die einstellbaren Ansprechschwellen und die zugehörigen Schalterstellungen (1 bzw. 2) sind der Tabelle zu entnehmen.

Netzanschlussspannung	Ansprechschwellen und zugehörige Schalterstellungen des Schalters S2	
3AC 380 V – 480 V	770 V (Schalterstellung 1)	bzw. 670 V (Schalterstellung 2)
3AC 500 V – 600 V	960 V (Schalterstellung 1)	bzw. 840 V (Schalterstellung 2)
3AC 660 V – 690 V	1155 V (Schalterstellung 1)	bzw. 1065 V (Schalterstellung 2)

Ansprechschwellen des Central Braking Modules und zugehörige Schalterstellungen des Schalters S2

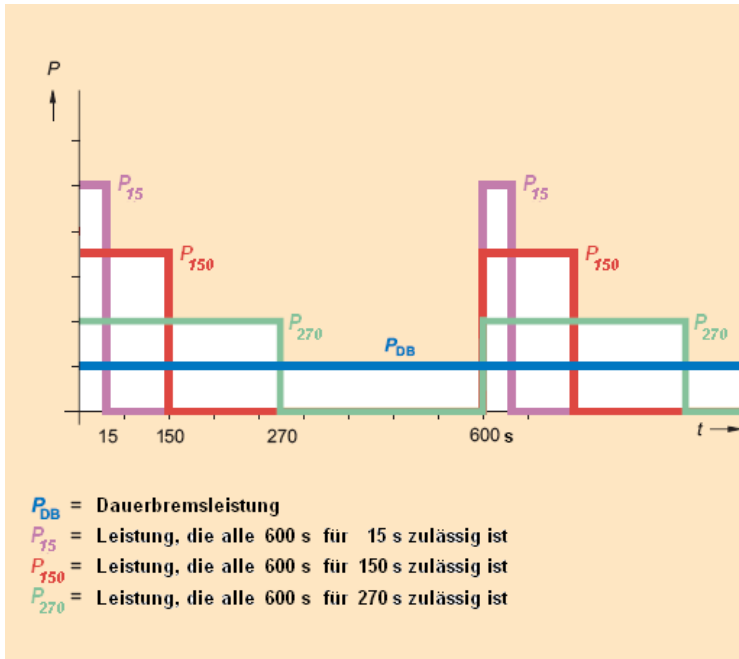
SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise



Anschluss des Central Braking Modules und des Bremswiderstandes bei luftgekühlten SINAMICS S120 Cabinet Modules

In den meisten Anwendungen werden die Central Braking Modules nur für gelegentliche Bremsvorgänge eingesetzt. Es ist aber auch ein Dauerbremsbetrieb möglich. Die zulässigen Bremsleistungen bei Lastspielen und im Dauerbetrieb sind in der folgenden Grafik dargestellt.



Standardlastspiele und Dauerbremsleistung der Central Braking Modules

Bei den angegebenen Standardlastspielen ergeben sich die folgenden Bremsleistungen für die obere Ansprechschwelle bzw. die hohe Bremseinsatzspannung:

Artikelnummer	Bremsleistungen der Braking Modules			
	P_{15} [kW]	P_{150} [kW]	P_{270} [kW]	P_{DB} [kW]
Anschlussspannung 3AC 380 V – 480 V / Zwischenkreisspannung DC 510 V – 720 V				
6SL3700-1AE35-0AA3	730	500	300	200
6SL3700-1AE41-0AA3	1380	1000	580	370
Anschlussspannung 3AC 500 V – 600 V / Zwischenkreisspannung DC 675 V – 900 V				
6SL3700-1AF35-5AA3	830	550	340	220
6SL3700-1AF41-1AA3	1580	1100	650	420
Anschlussspannung 3AC 660 V – 690 V / Zwischenkreisspannung DC 890 V – 1035 V				
6SL3700-1AH36-3AA3	920	630	380	240
6SL3700-1AH41-2AA3	1700	1200	720	460

Standardmäßige Bremsleistungen der Central Braking Modules

Der Ablauf zur Berechnung der erforderlichen Bremsleistung von Braking Modules ist in den Kapiteln „Projektierung der Umrichter-Einbaugeräte SINAMICS G130“ und „Projektierung der Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS G150“ ausführlich beschrieben. Er kann sinngemäß auf die Berechnung der hier beschriebenen Central Braking Modules übertragen werden, wobei jedoch folgende Unterschiede zu beachten sind.

- Die Lastspieldefinition der in die Geräte SINAMICS G130, G150 und S120 (Chassis und Cabinet Modules) integrierbaren Einbau-Braking Modules unterscheidet sich von der Lastspieldefinition der Central Braking Modules, was bei der Berechnung entsprechend zu berücksichtigen ist.
- Die Lastspieldefinitionen der Central Braking Modules und der zugehörigen Bremswiderstände sind nicht identisch, da die Bremswiderstände nur für sehr seltenes Bremsen ausgelegt sind.

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

7.2.10.2 Anordnung im Zwischenkreisverband

Die Central Braking Modules sind direkt zwischen den größten Leistungsteilen im Zwischenkreisverband anzuordnen, bevorzugt neben dem Infeed Module. Eine direkte Aneinanderreihung im Verband zur Erhöhung der Bremsleistung durch Parallelschaltung ist nicht zulässig. Hier sind Leistungsteile mit entsprechend großen Zwischenkreiskapazitäten zwischen den Central Braking Modules einzureihen.

Sind Dauerbremsleistungen beim Betrieb vorgesehen, so ist die direkte Anordnung neben kleinen Infeed Modules oder kleinen Motor Modules mit kleinen Zwischenkreiskapazitäten zu vermeiden, da die auftretenden Zwischenkreisströme sowohl deren Kapazitäten als auch die Kapazitäten im Central Braking Module selbst überlasten können, was eine Reduzierung der Lebensdauer der Leistungsteile oder des Braking Modules zur Folge haben kann.

Besonders zu beachten ist, dass benachbarte Leistungsteile nicht dauerhaft durch einen DC-Schalter (Option L37) vom Zwischenkreisverband genommen werden dürfen. Dies ist nur für die Dauer von Reparaturzwecken zulässig. Sollte dies für einen längeren Zeitraum erforderlich sein, so ist in diesem Fall die Sperre des Central Braking Modules zu aktivieren.

7.2.10.3 Zwischenkreissicherungen

Jedes Central Braking Module besitzt Zwischenkreissicherungen. Diese sind in der Verschiebung zwischen der Braking Unit und der Zwischenkreisschiene angeordnet

7.2.10.4 Parallelschaltung von Central Braking Modules

Zur Erhöhung der benötigten Bremsleistung können Central Braking Modules an einem gemeinsamen Zwischenkreis parallel betrieben werden. Die Braking Units verwenden eine spezielle Ansteuerschaltung mit weicher Einsetzschwelle. Damit ist der Parallelbetrieb der Braking Units mit guter Lastaufteilung ohne weitere Maßnahmen möglich.

Die Anordnung der Modules im Zwischenkreisverband kann ohne weitere Zusatzbeschaltungen oder Querverdrahtungen erfolgen. Neben den Regeln des Abschnitts „Anordnung im Zwischenkreisverband“, deren Einhaltung auch bei parallel betriebenen Central Braking Modules zwingend erforderlich ist, gelten folgende Hinweise:

- Jedes Central Braking Module muss seinen eigenen Bremswiderstand erhalten.
- Es dürfen nur Central Braking Modules gleicher Leistung parallel betrieben werden.
- Die Gesamtbremsleistung der Anordnung verringert sich aufgrund einer möglichen, toleranzbedingten, un-symmetrischen Lastaufteilung um 10 %.
- Die maximale Anzahl von Central Braking Modules je DC-Schiene sollte im Hinblick auf die Leistungsaufteilung auf ca. 4 beschränkt werden. Höhere Anzahlen sind auf Anfrage nach individueller Prüfung der Randbedingungen prinzipiell auch möglich.

7.2.10.5 Bremswiderstand

Über den Bremswiderstand wird die generatorische Energie des Antriebsverbandes abgebaut. Der Bremswiderstand wird direkt an das Braking Module angeschlossen. Die Platzierung des Bremswiderstandes erfolgt außerhalb des Schaltschranks bzw. außerhalb des Schaltanlagenraumes. Dadurch kann die entstehende Verlustwärme aus dem Aufstellbereich der Schaltschränke herausgeführt werden. Hiermit reduziert sich der Klimatisierungsaufwand im Schalt-raum. Ein Thermostat überwacht den Bremswiderstand auf Übertemperatur und meldet dies beim Überschreiten eines Grenzwertes über einen potenzialfreien Kontakt. Die Auslösetemperatur beträgt 120 °C. Dies entspricht einer Oberflächentemperatur der Widerstandselemente von ca. 400 °C.

Für die Central Braking Modules sind die Bremswiderstände separat zu bestellen. Die Schutzart beträgt IP21. Folgende Widerstände mit den angegebenen 15-Sekunden-Bremsleistungen sind im Standard verfügbar:

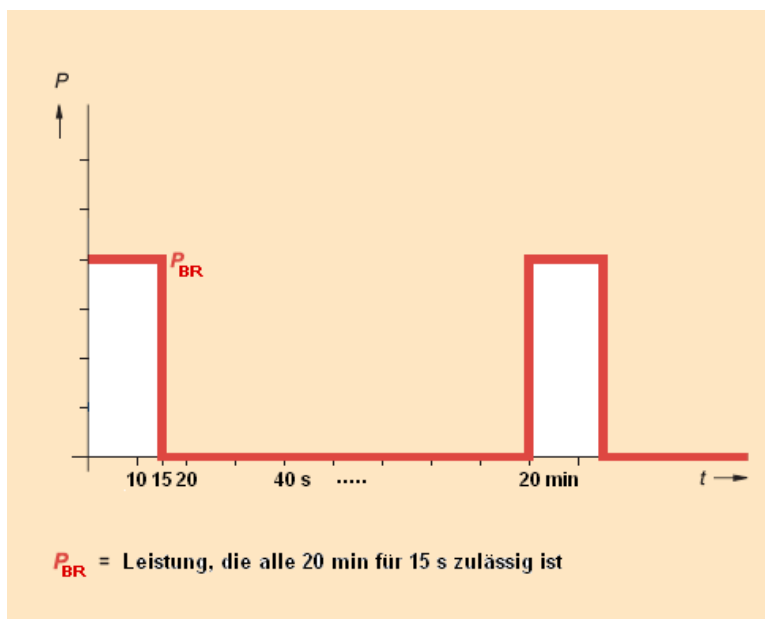
Artikelnummer des Central Braking Modules	Artikelnummer des zugehörigen Bremswiderstandes	Bremsleistung P _{BR} (15 s alle 20 min) [kW]	Abmessungen B x T x H [mm]	Widerstand R _{BR} [Ω]
Anschlussspannung 3AC 380 V – 480 V / Zwischenkreisspannung DC 510 V – 720 V				
6SL3700-1AE35-0AA3	6SL3000-1BE35-0AA0	500	960 x 620 x 790	0,95
6SL3700-1AE41-0AA3	6SL3000-1BE41-0AA0	1000	960 x 620 x 1430	0,49
Anschlussspannung 3AC 500 V – 600 V / Zwischenkreisspannung DC 675 V – 900 V				
6SL3700-1AF35-5AA3	6SL3000-1BF35-5AA0	550	960 x 620 x 1110	1,35
6SL3700-1AF41-1AA3	6SL3000-1BF41-1AA0	1100	960 x 620 x 1430	0,69
Anschlussspannung 3AC 660 V – 690 V / Zwischenkreisspannung DC 890 V – 1035 V				
6SL3700-1AH36-3AA3	6SL3000-1BH36-3AA0	630	960 x 620 x 1110	1,80
6SL3700-1AH41-2AA3	6SL3000-1BH41-2AA0	1200	960 x 620 x 1430	0,95

Zuordnungstabelle der standardmäßigen Bremswiderstände zu den Central Braking Modules

Hinweis:

Die in den Central Braking Modules eingebauten Braking Units sind in der Lage, eine größere Spitzenbremsleistung aufzubringen als die standardmäßig erhältlichen Bremswiderstände. Daher begrenzt die Bremsleistung P_{BR} der Bremswiderstände die in der obigen Tabelle angegebene zulässige Spitzenleistung für die jeweilige Kombination aus Central Braking Module und Bremswiderstand. Die 15-Sekunden-Spitzenleistung P_{BR} der Bremswiderstände entspricht der 150-Sekunden-Bremsleistung P_{150} der Central Braking Modules. Dabei ist jedoch zu beachten, dass der Betrieb der Bremswiderstände nur mit einer im Vergleich zum Central Braking Module erhöhten Lastspieldauer von 20 Minuten zulässig ist.

Die standardmäßig verfügbaren Bremswiderstände sind nur für gelegentlichen generatorischen Betrieb dimensioniert. Falls der Bremswiderstand für die anlagenseitigen Anforderungen nicht ausreicht, muss ein passender Bremswiderstand auftragspezifisch angefragt werden.



Lastspiel der Standard-Bremswiderstände

Zur Auswertung des an dem Bremswiderstand vorhandenen Thermostatkontaktes in der CU320-2 oder in einer überlagerten Steuerung muss dieser Kontakt, neben der Leistungsverbinding zum Central Braking Module, anlagenseitig verdrahtet werden. Um einen zuverlässigen thermischen Schutz des Bremswiderstandes zu gewährleisten, ist folgendes zu bedenken:

- Die vorgesehene Bremsleistung sollte anwendungsbedingt nicht überschritten werden.
- Beim Ansprechen des Thermostats ist folgendes sicherzustellen:
 - Auslösung eines Stillsetzens der generatorischen Antriebe, Einbindung in den Überwachungskreis der Wechselrichter "Externer Fehler" vorsehen.
 - Steuerungstechnische Maßnahmen, um ein Wiederanfahren des Antriebs bis zum Abkühlen des Bremswiderstandes zu verhindern.

Zwischen dem Central Braking Module und dem Bremswiderstand ist eine maximale Kabellänge von 100 m zulässig. Diese Leitungen sind kurzschluss- und erdschlussfest zu verlegen.

Der Bremswiderstand muss freistehend aufgestellt werden. Das Abstellen von Gegenständen auf und oberhalb des Bremswiderstandes ist nicht zulässig. Es sind Lüftungsfreiräume von 200 mm an allen Seiten der Komponente vorzusehen. Ein ausreichender Abstand zu brennbaren Gegenständen ist zwingend einzuhalten. Der Aufstellungsraum muss in der Lage sein, die vom Bremswiderstand umgesetzte Energie abführen zu können. Weiterhin sollten die Bremswiderstände nicht unter Brandmeldesensoren aufgestellt werden, da diese durch die entstehende Wärme auslösen können. Bei Aufstellung im Freien ist, bedingt durch die Schutzart IP21, eine Vorkehrung gegen eindringenden Niederschlag vorzusehen.

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

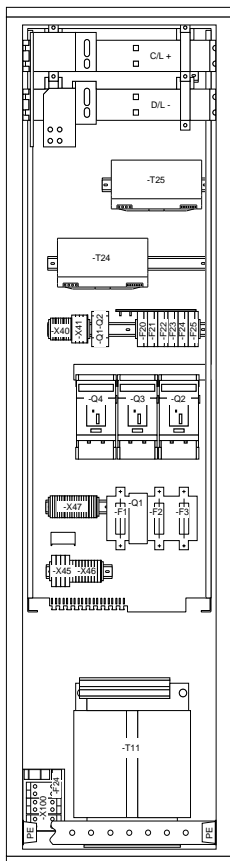
7.2.11 Auxiliary Power Supply Modules

7.2.11.1 Aufbau

Auxiliary Power Supply Modules werden vorzugsweise bei ausgedehnteren Anlagenverbänden eingesetzt, die einen hohen Hilfsstrombedarf haben und versorgen das Hilfsspannungsversorgungssystem der SINAMICS S120 Cabinet Modules mit drei Hilfsspannungen:

- Netzspannung U_{Netz} (Netzwechselfspannung, einphasig),
- Hilfsspannung $U = 230 \text{ V}$ (Wechselspannung, einphasig),
- Hilfsspannung $U = 24 \text{ V}$ (Gleichspannung).

An dieses Hilfsspannungsversorgungssystem sind u. a. die Lüfter der in die Cabinet Modules eingebauten SINAMICS S120 Chassis-Geräte angeschlossen. Außerdem versorgt das Hilfsspannungsversorgungssystem die Elektronikbaugruppen mit einer externen Spannung von DC 24 V, die bei nicht geladenem Zwischenkreis für den Betrieb der Elektronik erforderlich ist, um z. B. die Kommunikation über Bussysteme wie PROFIBUS oder PROFINET aufrecht zu erhalten.



Das Auxiliary Power Supply Module wird anlagenseitig an die vorhandene Netzspannung 380 V bis 690 V angeschlossen.

Es enthält in der Standardausführung folgende Komponenten:

- Sicherungs-Lasttrennschalter mit Sicherungsüberwachung zur externen Auswertung.
- Versorgung des Hilfsspannungsversorgungssystems mit drei abgesicherten Hilfsspannungen:
 - AC 380 V - 690 V (je nach vorhandener Netzspg.) zur Versorgung der Gerätelüfter
 - AC 230 V für die Speisung von 230 V-Verbrauchern
 - DC 24 V für die Elektronikstromversorgung
- Transformator mit Ausgangsspannung 230 V.
- Spannungsversorgung SITOP DC 24 V.
- Hilfsspannungsversorgungssystem 6-polig, fertig verdrahtet, einschließlich Zubehör zum Weiterschleifen zum nächsten Cabinet Module.
- PE-Schiene, vernickelt (60 mm x 10 mm), einschließlich Brücke zum Weiterschleifen zum nächsten Cabinet Module

Auxiliary Power Supply Module

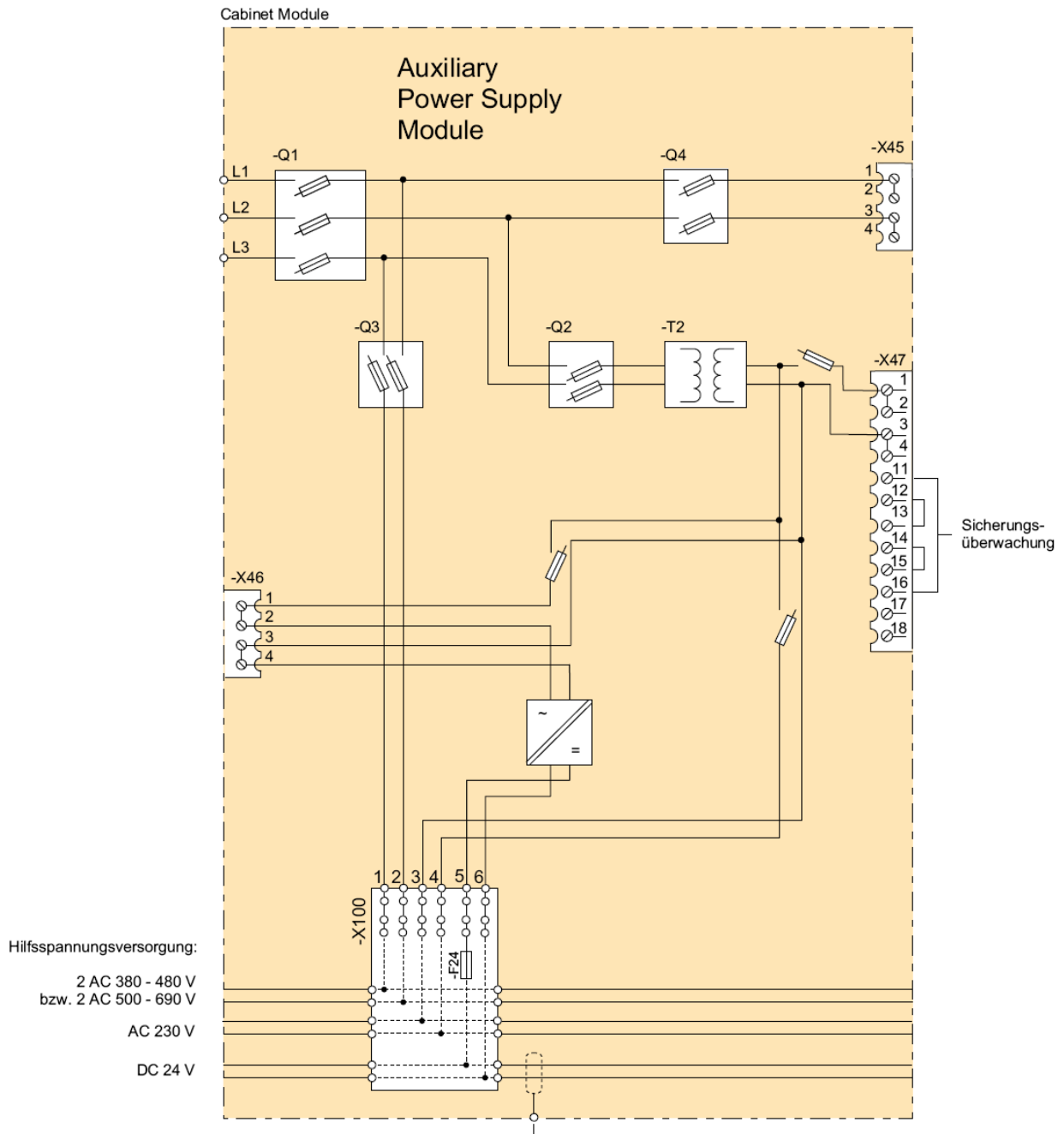
Hinweis:

Bei kleineren Anlagen ist der Einsatz eines Auxiliary Power Supply Modules zur Erzeugung der Hilfsspannungsversorgung oftmals nicht sinnvoll, wenn der Strombedarf der Hilfsversorgung gering ist. Hier kann die Einspeisung des Hilfsspannungsversorgungssystems vorteilhaft im Line Connection Module erfolgen. Wird bei geringem Hilfsstrombedarf die Anordnung der Hilfsversorgung im Line Connection Module gewünscht, so ist diese separat als Option zu bestellen (Kurzangabe K76 beim LCM, wenn alle drei Spannungen (Netzspannung 1AC, 230 V 1AC und 24 V DC) benötigt werden oder Kurzangabe K70, wenn nur die Netzspannung 1AC zur Versorgung der Lüfter der angeschlossenen S120 Cabinet Modules benötigt wird).

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

Die folgende Abbildung zeigt Aufbau und Komponenten des Auxiliary Power Supply Modules.



Aufbau des Auxiliary Power Supply Modules für luftgekühlte SINAMICS S120 Cabinet Modules

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

7.3 Flüssigkeitgekühlte Schrankgeräte SINAMICS S120 Cabinet Modules

7.3.1 Genereller Ablauf einer Projektierung

Ausgangspunkt für die Antriebsprojektierung sind die Leistungsanforderungen der einzelnen Motoren im Antriebsverband. Die Festlegung der Komponenten ist an physikalische Abhängigkeiten gebunden und wird üblicherweise in folgenden Schritten durchgeführt:

Schritt	Beschreibung des Projektierungsablaufes für flüssigkeitsgekühlte S120 Cabinet Modules
1.	Klärung der Antriebs- und Einspeiseart sowie der Netzanschlussspannung <ul style="list-style-type: none">• Basic Line Connection Module• Active Line Connection Module
2.	Festlegung der Randbedingungen und Einbindung in die Automatisierung
3.	Festlegung des Lastfalls, Berechnung des maximalen Lastmomentes, Festlegung des Motors
4.	Festlegung des SINAMICS S120 Motor Modules
5.	Wiederholung der Schritte 3. und 4. für weitere Antriebe (Achsen)
6.	Berechnung der erforderlichen Zwischenkreisleistung unter Berücksichtigung des Gleichzeitigkeitsfaktors und Festlegung des SINAMICS S120 Line Modules sowie der DC-Verschienung.
7.	Ergibt sich aus der Berechnung der erforderlichen Zwischenkreisleistung, dass zur Erreichung der Einspeiseleistung eine Parallelschaltung von Infeed Modules erforderlich wird, so sind die entsprechenden für die Parallelschaltung vorgesehenen Infeed Modules vorzusehen. Es können nur leistungsmäßig gleiche Infeed Modules parallelgeschaltet werden.
8.	Bestimmung der netzseitigen Leistungsoptionen (Hauptschalter, Sicherungen, Netzdrosseln, usw.)
9.	Überprüfung der Vorladung des Zwischenkreises anhand der Zwischenkreiskapazitäten
10.	Festlegung weiterer Systemkomponenten
11.	Berechnung des erforderlichen Volumenstromes des Kühlmittels und der vom Kühlmittel abzuführenden Verlustleistung
12.	Bestimmung des erforderlichen Heat Exchanger Modules
13.	Berechnung des Strombedarfs der Elektronikstromversorgung DC 24 V (siehe technische Daten der Cabinet Modules) sowie optionaler Komponenten.
14.	Berechnung des Strombedarfs der Komponenten AC 230 V (siehe technische Daten der Cabinet Modules).
15.	Berechnung des Strombedarfs von Pumpe und Steuerung im Heat Exchanger Module 3AC 380 bis 415 V bzw. 660 bis 690 V (siehe technische Daten des Heat Exchanger Modules)
16.	Bestimmung der Stromversorgungen für den Hilfsstrombedarf (Externe Einspeisung oder Option K76 oder Auxiliary Power Supply Module)
17.	Bestimmung der erforderlichen Regelungsperformance, Auswahl der SINAMICS S120 Control Unit u. der CompactFlash Card sowie Festlegung der Komponentenverdrahtung (DRIVE-CLiQ Topologie)
18.	Bestimmung der Komponenten für die elektrische Verbindungstechnik: Auswahl der DRIVE-CLiQ-Leitungen inklusive der DRIVE-CLiQ-Leitungen die anlagenseitig verlegt und angeschlossen werden müssen. Bestimmung der PROFIBUS-Leitungen, wenn die Kommunikation über PROFIBUS erfolgt und mehrere Control Units CU320-2 DP miteinander verbunden werden sollen. Entsprechendes gilt für Control Units CU320-2 PN. Alternativ: Wahl des auftragsspezifischen Integrations-Engineerings (siehe Katalog)
19.	Festlegung des Aufbaus der Komponenten des Antriebsverbandes
20.	Einteilung des Antriebsverbandes in Transporteinheiten

7.3.2 Dimensionierungshinweise für flüssigkeitsgekühlte S120 Cabinet Modules

7.3.2.1 Schutzarten der flüssigkeitsgekühlten S120 Cabinet Modules

Die Norm **EN 60529** behandelt den Schutz von elektrischen Betriebsmitteln durch Gehäuse, Abdeckungen und der gleichen und umfasst u. a.:

1. Schutz von Personen gegen Berühren unter Spannung stehender oder sich bewegender Teile innerhalb der Gehäuse und Schutz der Betriebsmittel gegen Eindringen von festen Fremdkörpern (Berührungs- und Fremdkörper-schutz)
2. Schutz der Betriebsmittel gegen Eindringen von Wasser (Wasserschutz)
3. Kurzzeichen für die international vereinbarten Schutzarten und die Schutzgrade.

Die Schutzarten werden durch ein Kurzzeichen angegeben, das sich aus den Kennbuchstaben IP und zwei Kennziffern für den Schutzgrad zusammensetzt.

Die folgende Tabelle zeigt die bei den flüssigkeitsgekühlten S120 Cabinet Modules möglichen Schutzarten. Standard ist IP21. Höhere Schutzarten sind optional verfügbar.

Schutzart	Erste Kennziffer (Berührungs- und Fremdkörperschutz)	Zweite Kennziffer (Schutz der Betriebsmittel vor Eindringen von Wasser)
IP21	Geschützt gegen feste Fremdkörper, Durchmesser 12,5 mm und größer	Geschützt gegen Tropfwasser. Senkrecht fallende Tropfen dürfen keine schädliche Wirkung haben.
IP23	Geschützt gegen feste Fremdkörper, Durchmesser 12,5 mm und größer	Geschützt gegen Sprühwasser. Wasser, das in einem Winkel bis zu 60° beiderseits der Senkrechten gesprüht wird, darf keine schädliche Wirkung haben.
IP43	Geschützt gegen feste Fremdkörper, Durchmesser 1 mm und größer	Geschützt gegen Sprühwasser. Wasser, das in einem Winkel bis zu 60° beiderseits der Senkrechten gesprüht wird, darf keine schädliche Wirkung haben.
IP55	Staubgeschützt Eindringen von Staub ist nicht vollständig verhindert, aber Staub darf nicht in einer solchen Menge eindringen, dass das zufriedenstellende Arbeiten des Gerätes oder die Sicherheit beeinträchtigt wird. Vollständiger Berührungsschutz	Geschützt gegen Strahlwasser (Düse). Wasser, das aus beliebigem Winkel gegen das Gehäuse gestrahlt wird, darf keine schädlichen Wirkungen haben.

Schutzarten der flüssigkeitsgekühlten S120 Cabinet Modules: Grundauf. IP21, höhere Schutzarten als Option M23 – M55

Zur sicheren Funktion der Schrankgeräte sind bei den verschiedenen Schutzarten keine weiteren Maßnahmen notwendig, sofern die Umgebungsbedingungen die spezifizierten Grenzwerte einhalten.

Schrankhöhe:	IP21 – IP43	2200 mm / Dach geschlossen; Lufteintritt durch Lüftungsgitter unten in den Türen, Luftaustritt durch Lüftungsgitter oben in den Türen; Schrank-Entwärmung erfolgt nur zu einem geringen Teil durch die Luft und hauptsächlich durch das Kühlmittel.
	IP55	2200 mm / Schrank geschlossen, Schrank-Entwärmung nur durch das Kühlmittel.

7.3.2.2 Erforderliche Querschnitte der DC-Verschienung und maximale Kurzschlussströme

Im Standard der S120 Cabinet Modules ist keine Zwischenkreisverschienung / DC-Verschienung enthalten. Diese ist den Cabinet Modules als Pflichtoption zuzuordnen. Die Dimensionierung ist abhängig von den Lastanforderungen und den Betriebsbedingungen des Antriebsverbandes sowie der individuellen Anordnung der Cabinet Modules. Die optionale Pflichtzuordnung dient der Fehlerreduzierung bei der Dimensionierung und zwingt zu einer durchdachten Festlegung der DC-Verschienung im Hinblick auf die betriebsmäßig und im Kurzschlussfall auftretenden Ströme.

Folgende Cabinet Modules sind von der Pflichtoption befreit:

- Auxiliary Power Supply Modules
- Heat Exchanger Modules

Bei Auxiliary Power Supply Modules kann bei Bedarf eine DC-Verschienung als Option bestellt werden. Bei Heat Exchanger Modules ist dies nicht möglich, so dass hier die Aufstellung innerhalb des Schrankverbandes immer so erfolgen muss, dass keine DC-Verschienung notwendig ist (z. B. am Anfang oder am Ende der Schrankreihe).

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

Zur Festlegung der erforderlichen DC-Verschienung sind die betriebsmäßig auftretenden Zwischenkreisströme in Abhängigkeit von der Leistung der einzelnen Motor Modules und den Betriebsbedingungen (Gleichzeitigkeitsfaktoren, Überlastfaktoren, motorischer/generatorischer Betrieb) zu bestimmen. Die DC-Verschienung kann zur Kostenoptimierung in unterschiedlichen Größen kombiniert werden. Bei der Auswahl ist darauf zu achten, dass die DC-Schienensysteme der jeweils benachbarten Cabinet Modules zueinander mechanisch kompatibel sind (siehe nachfolgende Tabelle und Optionen-Auswahlmatrix der S120 Cabinet Modules im Katalog D 21.3).

Options-Kurzangabe	DC-Schienensystem Bemessungsstrom I_d [A]	Anzahl parallele Schienen	Schienenabmessungen [mm]	Kompatibel zu	Zulässiger Stosskurzschlussstrom [kA]
M80	1170	1	60 x 10	M83	90
M81	1500	1	80 x 10	M84 und M86	85
M82	1840	1	100 x 10	M85 und M87	80
M83	2150	2	60 x 10	M80	180
M84	2730	2	80 x 10	M81 und M86	170
M85	3320	2	100 x 10	M82 und M87	160
M86	3720	3	80 x 10	M81 und M84	255
M87	4480	3	100 x 10	M82 und M85	240

Optional erhältliche DC-Verschienungen

Sollen flüssigkeitsgekühlte Netzeinspeisungen (Basic Line Connection Modules oder Active Line Connection Modules) in Parallelschaltung betrieben werden, so ist jeweils die Option M88 erforderlich (DC-Schienensystem für flüssigkeitsgekühlte netzseitige Cabinet Modules). Diese Option ist erforderlich, um eine durchgehende DC-Verschienung durch die parallel geschalteten Netzeinspeisungen zu erhalten, da die standardmäßigen Basic Line Connection Modules und Active Line Connection Modules im Line Connection Module keine DC-Verschienung enthalten.

Bei Anwendungen – wie z. B. einem Getriebeprüfstand – kann es vorkommen, dass ein Motor Module den Asynchronmotor für die Verbrennungsmotor-Simulation speist, während weitere Motor Modules die Asynchronmotoren zur Last-Simulation speisen. Während der Asynchronmotor zur Verbrennungsmotor-Simulation im motorischen Betrieb arbeitet, führen die Asynchronmotoren zur Last-Simulation die gesamte Energie in den Zwischenkreis zurück. Bezogen auf die Gesamtenergie bedeutet dies, dass nur ein geringer Teil der Energie aus dem Netz entnommen werden muss (Verlustleistung des gesamten Antriebsstranges sowie die Energie für geforderte Beschleunigungsvorgänge). Der Hauptenergieaustausch findet hier zwischen den Motor Modules über die DC-Schiene statt. Für die Auslegung der DC-Verschienung bedeutet dies im Falle einer Linienanordnung mit der Einspeisung am Anfang der Linie, dass in der Regel die Verschienung zwischen dem Line Module / der Einspeisung und dem ersten Motor Module im Querschnitt kleiner gewählt werden kann als die Verschienung zwischen den Motor Modules.

Die Anordnung der Modules ist anhand der jeweiligen Lastbedingungen und Gleichzeitigkeitsfaktoren zu wählen, um eine möglichst effiziente Dimensionierung der DC-Verschienung zu erhalten.

Nach der Festlegung der DC-Verschienung ist zu überprüfen, dass alle Teile der ausgewählten DC-Verschienung eine ausreichende Kurzschlussfestigkeit besitzen. Die zulässigen Stosskurzschlussströme sind der oben angegebenen Tabelle zu entnehmen. Die Beiträge der angeschlossenen Line Modules sowie Motor Modules zum Stosskurzschlussstrom sind in den Tabellen des Abschnitts „Kurzschlussströme auf der DC-Schiene“ im Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“ angegeben.

Die Verbindungen der Zwischenkreisschienen zwischen den Cabinet Modules erfolgt mittels spezieller Schienenbrücken, welche ein Teil des Schienensystems sind und sich bei der Auslieferung an der rechten Seite der Schiene eines Modules / der Transporteinheit befinden. Sie müssen nach dem Aneinanderreihen der Schrankmodule lediglich gelöst, in den Nachbarschrank geführt und wieder festgezogen werden.

Werden Cabinet Modules mit der Option Y11 als werksseitig zusammengesetzte Transporteinheiten bestellt, muss die DC-Verschienung innerhalb der Transporteinheit mit einheitlichem Querschnitt gewählt werden, weil in diesem Fall eine durchgehende Kupferschiene innerhalb der Transporteinheit verwendet wird.

7.3.2.3 Erforderliche Kabelquerschnitte für Netz- und Motoranschluss

Für den Netzanschluss können in der Regel ungeschirmte Kabel verwendet werden, wobei möglichst 3- oder 4-Leiter-Drehstromkabel zu verwenden sind. Für die Verbindung zwischen Umrichter und Motor wird dagegen grundsätzlich empfohlen, geschirmte, bei größeren Leistungen möglichst symmetrische 3-Leiter-Drehstromkabel zu verwenden und gegebenenfalls mehrere dieser Kabel parallel zu schalten. Dies hat im Wesentlichen zwei Gründe:

- Nur damit lässt sich die hohe Schutzart IP55 am Motoranschlusskasten problemlos erreichen, da die Kabelzuführung in den Anschlusskasten über Verschraubungen erfolgt und die Anzahl der Verschraubungen durch die Geometrie des Anschlusskastens begrenzt ist. Einzelkabel sind dafür weniger geeignet.

- Bei symmetrischen 3-Leiter-Drehstromkabeln ist die Summendurchflutung über den Kabelaußendurchmesser gleich Null und sie können problemlos in metallisch leitenden Kabelkanälen oder Kabelpritschen verlegt werden, ohne dass nennenswerte Ströme in den metallisch leitenden Verbindungen induziert werden (Erd- bzw. Ableitströme). Die Gefahr von induzierten Ableitströmen und damit von erhöhten Kabelmantelverlusten ist bei 1-Leiterkabeln wesentlich höher.

Der erforderliche Kabelquerschnitt richtet sich nach der Stromstärke, die im Kabel übertragen wird. Die zulässige Strombelastung von Kabeln ist z. B. in IEC 60364-5-52 festgelegt. Sie richtet sich zum einen nach den Umgebungsbedingungen wie der Temperatur und zum anderen nach der Art der Verlegung. Es ist zu berücksichtigen, ob Einzelverlegung der Kabel mit relativ guter Kühlung vorliegt, oder ob mehrere Kabel gemeinsam verlegt sind, die sehr viel schlechter belüftet sind und sich daher gegenseitig stärker aufheizen können. Hierbei wird auf die entsprechenden Korrekturfaktoren für diese Randbedingungen in IEC 60364-5-52 verwiesen. Für 3-Leiter-Kabel aus Kupfer und Aluminium mit PVC-Isolierung und einer zulässigen Leitertemperatur von 70 °C (z. B. Protodur NYY oder NYCWY) sowie einer Umgebungstemperatur von 40 °C können die Querschnitte nach folgender Tabelle zugrunde gelegt werden, die auf IEC 60364-5-52 basiert.

Querschnitt 3-Leiter-Kabel [mm ²]	Kupferkabel		Aluminiumkabel	
	Einzelverlegung [A]	mehrere Kabel nebeneinander liegend ¹⁾ [A]	Einzelverlegung [A]	mehrere Kabel nebeneinander liegend ¹⁾ [A]
3 x 2,5	22	17	17	13
3 x 4,0	30	23	23	18
3 x 6,0	37	29	29	22
3 x 10	52	41	40	31
3 x 16	70	54	53	41
3 x 25	88	69	68	53
3 x 35	110	86	84	65
3 x 50	133	104	102	79
3 x 70	171	133	131	102
3 x 95	207	162	159	124
3 x 120	240	187	184	144
3 x 150	278	216	213	166
3 x 185	317	247	244	190
3 x 240	374	292	287	224

¹⁾ Maximal 9 Kabel unmittelbar nebeneinander waagrecht auf einer Kabelpritsche liegend

Strombelastbarkeit von 3-Leiter-Kabeln aus Kupfer und Aluminium mit PVC-Isolierung und einer maximal zulässigen Leitertemperatur von 70 °C bei einer Umgebungstemperatur von 40 °C gemäß IEC 60364-5-52

Bei höheren Stromstärken müssen Kabel parallelgeschaltet werden.

Die maximal anschließbaren Kabelquerschnitte für den Netzanschluss an den Line Connection Modules und für den Motoranschluss an den Motor Modules sind den technischen Daten im Katalog D 21.3 zu entnehmen, die empfohlenen Kabelquerschnitte für den Motoranschluss sind identisch mit denen der Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS S150 und können dem Kapitel „Projektierung der Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS S150“, Abschnitt „Leitungsquerschnitte und Anschlüsse der Schrankgeräte SINAMICS S150“ entnommen werden.

Hinweis:

Die Empfehlungen für den nordamerikanischen Markt in AWG oder MCM sind den entsprechenden Normen NEC (National Electrical Code) bzw. CEC (Canadian Electrical Code) zu entnehmen.

Der Schutzleiter ist mit Rücksicht auf folgende Aufgaben zu dimensionieren:

- Im Erdschlussfall dürfen keine unzulässig hohen – durch Spannungsabfälle des Erdschlussstroms auf dem Schutzleiter verursachten – Berührungsspannungen auftreten (< AC 50 V bzw. < DC 120 V, IEC 61800-5-1, IEC 60 364, IEC 60 543).
- Der bei Erdschluss im Schutzleiter fließende Erdschlussstrom darf den Schutzleiter nicht unzulässig belasten.
- Ist es im Fehlerfall möglich, dass Dauerströme über den Schutzleiter fließen können, so ist der Schutzleiterquerschnitt für diesen Dauerstrom zu bemessen.
- Der Schutzleiterquerschnitt ist entsprechend EN 60 204-1, EN 60 439-1, IEC 60 364 auszuwählen.

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

Querschnitt Außenleiter mm ²	Mindestquerschnitt externer Schutzleiter mm ²
bis 16	mindestens Außenleiterquerschnitt
16 bis 35	16
ab 35	mindestens halber Außenleiterquerschnitt

7.3.2.4 Kühlluftbedarf der flüssigkeitsgekühlten S120 Cabinet Modules

Bei den flüssigkeitsgekühlten S120 Cabinet Modules wird der überwiegende Teil der anfallenden Verlustleistung über die Kühlflüssigkeit abgeführt.

Dennoch ist abhängig von der Schutzart der flüssigkeitsgekühlten S120 Cabinet Modules eine bestimmte Menge an Kühlluft zuzuführen. Dieser Kühlluftbedarf muss selbst bei schwierigen Randbedingungen zwingend gedeckt werden.

Bei den Schutzarten IP21 bis IP43 wird Kühlluft durch Lüftungsgitter im unteren Teil der Schranktüren von vorn angesaugt. Die erwärmte Luft wird durch oben in den Türen befindliche Lüfter und Lüftungsgitter nach vorn ausgeblasen. Das Dachblech ist geschlossen.

Bei der Schutzart IP55 ist der Schrank komplett geschlossen, so dass hier keine Luft von Außen zuzuführen ist. Die Innenluft wird jedoch schrank-intern durch Lüfter umgewälzt und über schrank-interne Luft/Wasser-Wärmetauscher gekühlt.

Die folgenden Tabellen zeigen den Kühlluftbedarf der flüssigkeitsgekühlten Cabinet Modules für Schutzarten < IP55:

Basic Line Connection Modules Schutzart < IP55		
Baugröße	P _n bei 400 V [kW]	Kühlluftbedarf [m ³ /s]
Anschlussspannung 3AC 380 V bis 480 V		
HL+FBL	360	0,272
JL+FBL	600	0,272
JL+GBL	830	0,272

Basic Line Connection Modules Schutzart < IP55		
Baugröße	P _n bei 690 V [kW]	Kühlluftbedarf [m ³ /s]
Anschlussspannung 3AC 500 V bis 690 V		
GL+FBL	355	0,272
HL+FBL	630	0,272
JL+GBL	1100	0,272
JL+GBL	1370	0,272

Active Line Connection Modules Schutzart < IP55		
Baugröße	P _n bei 400 V [kW]	Kühlluftbedarf [m ³ /s]
Anschlussspannung 3AC 380 V bis 480 V		
HL+HXL	380	0,272
JL+HXL	500	0,272
JL+JXL	630	0,272
JL+JXL	900	0,272

Active Line Connection Modules Schutzart < IP55		
Baugröße	P _n bei 690 V [kW]	Kühlluftbedarf [m ³ /s]
Anschlussspannung 3AC 500 V bis 690 V		
HL+HXL	800	0,272
JL+HXL	900	0,272
JL+JXL	1000	0,272
JL+JXL	1400	0,272
JL+JXL	1700	0,272

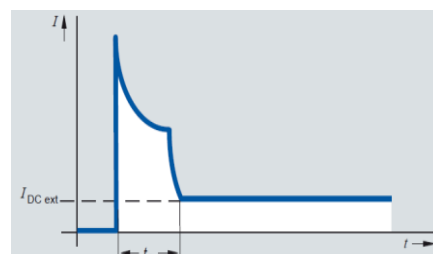
Motor Modules Schutzart < IP55		
Baugröße	P _n bei 400 V [kW]	Kühlluftbedarf [m ³ /s]
Anschlussspannung 3AC 380 V bis 480 V		
FXL	110	0,136
FXL	132	0,136
GXL	160	0,136
GXL	250	0,136
HXL	315	0,136
HXL	400	0,136
HXL	450	0,136
JXL	560	0,136
JXL	710	0,136
JXL	800 (1330 A)	0,136
JXL	800 (1405 A)	0,136

Motor Modules Schutzart < IP55		
Baugröße	P _n bei 690 V [kW]	Kühlluftbedarf [m ³ /s]
Anschlussspannung 3AC 500 V bis 690 V		
FXL	90	0,136
FXL	132	0,136
GXL	200	0,136
GXL	315	0,136
HXL	450	0,136
HXL	560	0,136
HXL	710	0,136
HXL	800	0,136
JXL	800	0,136
JXL	1000	0,136
JXL	1200	0,136
JXL	1500	0,136

7.3.2.5 Hilfsstrombedarf

Die flüssigkeitsgekühlten S120 Cabinet Modules benötigen zur korrekten Funktion die Bereitstellung von Hilfsenergie (1AC 230 V und DC 24 V). Der Strombedarf in jeder Spannungsebene muss bei der Projektierung berücksichtigt und von extern bereitgestellt werden. Auch die Absicherung der Hilfsenergie muss extern erfolgen.

Bei der Auswahl der externen 24 V-Versorgung ist zu beachten, dass beim Einschalten die Kondensatoren in den Elektronikversorgungen aller angeschlossenen Cabinet Modules geladen werden müssen. Die 24 V-Versorgung hat also zunächst eine Stromspitze zum Aufladen dieser Kondensatoren bereitzustellen. Diese kann ein Vielfaches des Stromes $I_{DC\ ext}$ betragen, welcher sich aus der Summe der Werte aller angeschlossenen Cabinet Modules gemäß den Tabellen auf den folgenden Seiten ergibt. Diese Stromspitze ist auch beim Einbau von Sicherungselementen, z. B. Leitungsschutzschaltern, zu beachten (Auslösecharakteristik C oder D). Die Stromspitze fließt über eine Zeit t_e von wenigen 100 ms. Der Scheitelwert wird durch die Impedanz der externen 24 V-Versorgung bzw. deren elektronisch begrenzten Maximalstrom bestimmt.



Typischer Verlauf des Einschaltstroms der externen 24 V-Versorgung

Einspeisemöglichkeiten für die Hilfsenergie (1AC 230 V und DC 24 V) bestehen bei Basic Line Connection Modules und Active Line Connection Modules in deren Line Connection Modules. Entweder werden die Hilfsspannungen von extern über die Klemme -X100 ins Line Connection Module eingespeist oder im Line Connection Module selbst durch die Option K76 "Hilfsspannungserzeugung (im Line Connection Module)" erzeugt. Bei ausgedehnten Anlagen mit hohem Hilfsstrombedarf kann gegebenenfalls der Einsatz eines Auxiliary Power Supply Modules sinnvoll sein.

Die folgenden Tabellen geben den Grundbedarf der jeweiligen S120 Cabinet Modules an und berücksichtigen keine Optionen (z. B. Control Units oder Schnittstellenbaugruppen wie TM31 oder SMC30).

Basic Line Connection Modules (Line Connection Module + Basic Line Module)

Folgende Komponenten sind bei der Hilfsspannungsversorgung zu berücksichtigen:

- 1AC 230 V: Hauptschutz / Leistungsschalter sowie Schrankbelüftung
- DC 24 V: Steuerung / Regelung

Basic Line Connection Modules			
Baugröße	P_n bei 400 V [kW]	1AC 230 V [A]	DC 24 V [A]
Anschlussspannung 3AC 380 V bis 480 V			
HL+FBL	360	1,2	0,8
JL+FBL	600	1,2	0,8
JL+GBL	830	1,2	0,8

Basic Line Connection Modules			
Baugröße	P_n bei 690 V [kW]	1AC 230 V [A]	DC 24 V [A]
Anschlussspannung 3AC 500 V bis 690 V			
GL+FBL	355	1,2	0,8
HL+FBL	630	1,2	0,8
JL+GBL	1100	1,2	0,8
JL+GBL	1370	1,2	0,8

Active Line Connection Modules (Line Connection Module + Active Interface Module + Active Line Module)

Folgende Komponenten sind bei der Hilfsspannungsversorgung zu berücksichtigen:

- 1AC 230 V: Vorladeschutz und Hauptschutz / Leistungsschalter sowie Schrankbelüftung
- DC 24 V: Steuerung / Regelung

Active Line Connection Modules			
Baugröße	P_n bei 400 V [kW]	1AC 230 V [A]	DC 24 V [A]
Anschlussspannung 3AC 380 V bis 480 V			
HL+HXL	380	1,2	1,77
JL+HXL	500	1,2	1,77
JL+JXL	630	1,2	1,70
JL+JXL	900	1,2	1,70

Active Line Connection Modules			
Baugröße	P_n bei 690 V [kW]	1AC 230 V [A]	DC 24 V [A]
Anschlussspannung 3AC 500 V bis 690 V			
HL+HXL	800	1,2	1,7
JL+HXL	900	1,2	1,7
JL+JXL	1000	1,2	1,7
JL+JXL	1400	1,2	1,7
JL+JXL	1700	1,2	1,7

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

Motor Modules

Folgende Komponenten sind bei der Hilfsspannungsversorgung zu berücksichtigen:

- 1AC 230 V: Schrankbelüftung
- DC 24 V: Steuerung / Regelung

Motor Modules			
Baugröße	P _n bei 400 V [kW]	1AC 230 V [A]	DC 24 V [A]
Anschlussspannung 3AC 380 V bis 480 V			
FXL	110	0,6	1,3
FXL	132	0,6	1,3
GXL	160	0,6	1,3
GXL	250	0,6	1,3
HXL	315	0,6	1,5
HXL	400	0,6	1,5
HXL	450	0,6	1,5
JXL	560	0,6	1,5
JXL	710	0,6	1,5
JXL	800 (1330 A)	0,6	1,5
JXL	800 (1405 A)	0,6	1,5

Motor Modules			
Baugröße	P _n bei 690 V [kW]	1AC 230 V [A]	DC 24 V [A]
Anschlussspannung 3AC 500 V bis 690 V			
FXL	90	0,6	1,3
FXL	132	0,6	1,3
GXL	200	0,6	1,3
GXL	315	0,6	1,3
HXL	450	0,6	1,5
HXL	560	0,6	1,5
HXL	710	0,6	1,5
HXL	800	0,6	1,5
JXL	800	0,6	1,5
JXL	1000	0,6	1,5
JXL	1200	0,6	1,5
JXL	1500	0,6	1,5

Heat Exchanger Modules

Heat Exchanger Modules benötigen die 3-phasige Netzspannung für die Pumpe:

- 3AC 380 V -10 % bis 415 V +10 % / 50 Hz bzw. mit Option C95: 3AC 440 V -10 % bis 480 V +10 % / 60 Hz
- 3AC 500 V -10 % bis 690 V +10 % / 50 Hz bzw. mit Option C97: 3AC 500 V -10 % bis 690 V +10 % / 60 Hz

Bei den Heat Exchanger Modules für die Netzspannung 3AC 500 V bis 690 V wird die Netzspannung mit einem Transformator an die Anschlussspannung der Pumpe (3AC 400 V / 50 Hz bzw. 3AC 460 V / 60 Hz) angepasst.

Die Elektronik des Heat Exchanger Modules wird durch das Hilfsspannungsversorgungssystem der S120 Cabinet Modules mit DC 24 V versorgt.

Folgende Komponenten sind bei der Hilfsspannungsversorgung zu berücksichtigen:

- 3AC U_{Netz}: Pumpe
- DC 24 V: Elektronik-Komponenten (Terminal Module TM31 und ggf. TM150)

Heat Exchanger Modules			
Baugröße	P _n [kW]	3AC U _{Netz} I _{Betrieb} / I _{Anlauf} [A] / [A]	DC 24 V [A]
Anschlussspannung 3AC 380 V bis 415 V / 50 Hz			
-	32	7,5 / 75	1,0
-	48	7,5 / 75	1,0
-	72	11,0 / 110	1,0
-	120	11,0 / 110	1,0

Heat Exchanger Modules			
Baugröße	P _n [kW]	3AC U _{Netz} I _{Betrieb} / I _{Anlauf} [A] / [A]	DC 24 V [A]
Anschlussspannung 3AC 500 V bis 690 V / 50 Hz			
-	32	4,4 / 44	1,0
-	48	4,4 / 44	1,0
-	72	6,4 / 64	1,0
-	120	6,4 / 64	1,0

Heat Exchanger Modules			
Baugröße	P _n [kW]	3AC U _{Netz} I _{Betrieb} / I _{Anlauf} [A] / [A]	DC 24 V [A]
Anschlussspannung 3AC 440 V bis 480 V / 60 Hz			
-	32	7,0 / 70	1,0
-	48	7,0 / 70	1,0
-	72	12,0 / 120	1,0
-	120	12,0 / 120	1,0

Heat Exchanger Modules			
Baugröße	P _n [kW]	3AC U _{Netz} I _{Betrieb} / I _{Anlauf} [A] / [A]	DC 24 V [A]
Anschlussspannung 3AC 500 V bis 690 V / 60 Hz			
-	32	4,1 / 41	1,0
-	48	4,1 / 41	1,0
-	72	7,0 / 70	1,0
-	120	7,0 / 70	1,0

Strombedarf zusätzlicher Komponenten

Der Anschluss der folgenden Komponenten erfolgt jeweils in den eingesetzten S120 Cabinet Modules nach der Absicherung zum Hilfsspannungsversorgungssystem. Der Strombedarf muss dem Grundbedarf des jeweiligen Cabinet Modules, welcher auf den vorherigen Seiten angegeben ist, hinzugerechnet werden.

Control Unit CU320-2	
Spannung	DC 24 V (20,4 V – 28,8 V)
Maximaler Strombedarf (bei DC 24 V) ohne Berücksichtigung von Digitalausgängen und Erweiterungen im Option-Slot	1,0 A
Maximale Absicherung	20 A
Digitaleingänge:	12 potenzialfreie Digitaleingänge 8 bidirektionale nicht potenzialfreie Digitalausgänge/Digitaleingänge
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Spannung 	-3 V bis +30 V
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Low-Pegel (ein offener Digitaleingang wird als „Low“ interpretiert) 	-3 V bis +5 V
<ul style="list-style-type: none"> ▪ High-Pegel 	+15 V bis +30 V
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Stromaufnahme (typ. bei DC 24 V) 	9 mA
Digitalausgänge (dauerkurzschlussfest):	8 bidirektionale nicht potenzialfreie Digitalausgänge/Digitaleingänge
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Spannung 	DC 24 V
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Maximaler Laststrom pro Digitalausgang 	500 mA
Terminal Module 31 (TM31)	
Spannung	DC 24 V (20,4 V – 28,8 V)
Maximaler Strombedarf (bei DC 24 V) ohne Berücksichtigung von Digitalausgängen und DRIVE-CLiQ-Versorgung	0,2 A
Digitalausgänge (dauerkurzschlussfest):	4 bidirektionale nicht potenzialfreie Digitalausgänge/Digitaleingänge
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Spannung 	DC 24 V
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Maximaler Laststrom pro Digitalausgang 	100 mA
Sensor Module Cabinet-Mounted 10 (SMC10)	
Spannung	DC 24 V (20,4 V – 28,8 V)
Maximaler Strombedarf (bei DC 24 V) ohne Berücksichtigung des Gebers	0,2 A
Sensor Module Cabinet-Mounted 20 (SMC20)	
Spannung	DC 24 V (20,4 V – 28,8 V)
Maximaler Strombedarf (bei DC 24 V) ohne Berücksichtigung des Gebers	0,2 A
Sensor Module Cabinet-Mounted 30 (SMC30)	
Spannung	DC 24 V (20,4 V – 28,8 V)
Maximaler Strombedarf (bei DC 24 V) ohne Berücksichtigung des Gebers	0,2 A
Advanced Operator Panel 30 (AOP30)	
Spannung	DC 24 V (20,4 V – 28,8 V)
Maximaler Strombedarf (bei DC 24 V):	
- ohne Hintergrundbeleuchtung	100 mA
- mit maximaler Hintergrundbeleuchtung	200 mA

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

7.3.2.6 Netzdrosseln

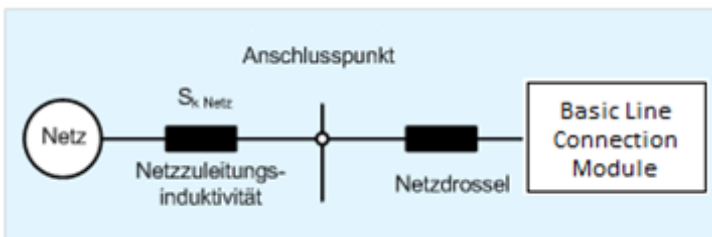
Netzdrosseln werden in Verbindung mit Basic Line Connection Modules ($u_k = 2\%$) eingesetzt.

Eine Netzdrossel ist immer dann erforderlich,

- wenn Gleichrichter an ein Netz mit hoher Netzkurzschlussleistung, d. h. mit niedriger Netzzuleitungsinduktivität angeschlossen werden,
- wenn mehrere Gleichrichter an einen gemeinsamen Netzanschlusspunkt angeschlossen werden,
- wenn Gleichrichter zur Leistungserweiterung im Parallelbetrieb arbeiten.

Die Netzdrossel glättet den vom Gleichrichter aufgenommenen Strom und reduziert somit die Oberschwingungsanteile im Netzstrom. Hierdurch werden die Zwischenkreiskondensatoren des Gleichrichters thermisch entlastet. Außerdem werden die Netzzurückwirkungen reduziert, d. h. sowohl die Oberschwingungsströme als auch die Oberschwingungsspannungen im speisenden Netz werden verringert.

Will man auf den Einsatz von Netzdrosseln verzichten, so muss die Netzzuleitungsinduktivität entsprechend groß bzw. die bezogene Kurzschlussleistung $RSC^1)$ genügend klein sein.

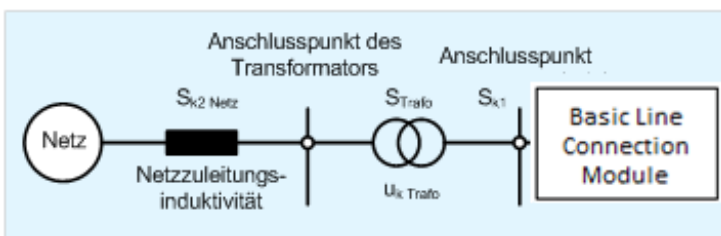


Für Basic Line Connection Modules gilt:

Leistung des BLCM kW	Netzdrossel kann entfallen bei RSC	Kurzangabe (Option)	Netzdrossel erforderlich bei RSC
< 200	≤ 43	L22	> 43
200 bis 500	≤ 33	L22	> 33
> 500	≤ 20	L22	> 20

Da in der Praxis oft nicht bekannt ist, an welcher Netzkonfiguration einzelne Basic Line Connection Modules betrieben werden, d. h. welche Netzkurzschlussleistung an der Anschlussstelle vorliegt, wird empfohlen, im Zweifelsfall stets eine Netzdrossel zu verwenden.

Auf die Netzdrossel kann nur dann verzichtet werden, wenn die in den oben stehenden Tabellen angeführten Werte für die bezogene Kurzschlussleistung RSC unterschritten werden. Dieses ist z. B. der Fall, wenn das Basic Line Connection Module über einen in der Leistung angepassten Transformator an das Netz angeschlossen ist und keine weiteren der o. a. Gründe den Einsatz einer Netzdrossel erforderlich machen.



¹⁾ $RSC = \text{Relative Short-Circuit Power}$ gemäß EN 60146-1-1:
Verhältnis der Kurzschlussleistung $S_{k \text{ Netz}}$ des Netzes zur Bemessungsscheinleistung (Grundscheinleistung) $S_{\text{Umrichter}}$ des Umrichters an seinem Anschlusspunkt

In diesem Fall ergibt sich die Netzkurzschlussleistung S_{k1} am Anschlusspunkt des Basic Line Connection Modules näherungsweise zu:

$$S_{k1} = \frac{S_{Trafo}}{u_{kTrafo} + \frac{S_{Trafo}}{S_{k2\text{Netz}}}}$$

Formelzeichen	Bedeutung
S_{Trafo}	Bemessungsscheinleistung des Transformators
$u_{k\ Trafo}$	bezogene Kurzschlussspannung des Transformators
$S_{k2\ \text{Netz}}$	Kurzschlussleistung der übergeordneten Spannungsebene

Netzdröseln sind immer zwingend erforderlich, wenn mehrere Gleichrichter an einen gemeinsamen Netzanschlusspunkt angeschlossen werden. Sie dienen neben der Glättung des Netzstromes auch zur netzseitigen Entkopplung der Gleichrichter. Diese Entkopplung ist die Voraussetzung für eine einwandfreie Funktion der Gleichrichterschaltung. Aus diesem Grunde muss jeder Gleichrichter mit einer eigenen Netzdrösel versehen werden und es ist nicht erlaubt, mehreren Gleichrichtern eine gemeinsame Netzdrösel zuzuordnen.

Eine weitere Konstellation, die den Einsatz von Netzdröseln erforderlich macht, ist der Parallelbetrieb von Gleichrichtern, bei dem diese an einen gemeinsamen Netzeinspeisepunkt angeschlossen sind. Dies ist üblicherweise bei 6-pulsigen Anordnungen der Fall. Die Netzdröseln symmetrieren die Stromaufteilung und sorgen dafür, dass kein Gleichrichter durch zu große Unsymmetrien überlastet wird.

7.3.2.7 Line Harmonics Filter

Line Harmonics Filter zur Reduktion der Netzzrückwirkungen stehen im Gerätespektrum der flüssigkeitsgekühlten SINAMICS S120 Cabinet Modules nicht zur Verfügung.

Zur Reduktion der Netzzrückwirkungen sind entweder 12-pulsige Schaltungen mit einem Dreiwicklungstransformator oder aktive Einspeisungen mit dem SINAMICS S120 Active Infeed zu verwenden.

7.3.2.8 Netzfilter

Die Einspeisungen der SINAMICS S120 Cabinet Modules besitzen standardmäßig ein integriertes Netzfilter zur Begrenzung der leitungsgebundenen Störaussendung gemäß EMV-Produktnorm IEC 61800-3, Kategorie C3 (Einsatz im industriellen Bereich bzw. in der Zweiten Umgebung). Dieses standardmäßige Netzfilter befindet sich beim Basic Line Connection Module im Basic Line Module und beim Active Line Connection Module im Active Interface Module.

Die zulässigen Motorleitungslängen für die verschiedenen S120 Einspeisungen, bis zu denen die Störspannungsgrenzwerte der oben genannten Kategorien sicher eingehalten werden können, sind dem Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt „Netzfilter (Funk-Entstörfilter bzw. EMV-Filter)“ zu entnehmen.

Unabdingbare Voraussetzung für die Einhaltung der Grenzwerte gemäß den o. g. Kategorien ist die Einhaltung der vorgeschriebenen Installationshinweise, da die Netzfilter nur bei fachgerechter Installation des Antriebes hinsichtlich Erdung und Schirmung ordnungsgemäß funktionieren. Details hierzu sind im Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt " Netzfilter (Funk-Entstörfilter bzw. EMV-Filter“ sowie im Kapitel „EMV-Aufbaurichtlinie“ beschrieben.

Der Einsatz der Netzfilter darf nur beim Betrieb der SINAMICS S120 Cabinet Modules an geerdeten Netzen (TN- oder TT-Netze mit geerdetem Sternpunkt) erfolgen. Beim Betrieb an ungeerdeten Netzen (IT-Netzen) ist das standardmäßig eingebaute Netzfilter vom PE-Potenzial zu trennen, indem der entsprechende Metallbügel bei der Inbetriebnahme entfernt wird (siehe Betriebsanleitung).

Hinweis:

Im Gegensatz zu den Einspeisungen der luftgekühlten S120 Cabinet Modules können flüssigkeitsgekühlte S120 Cabinet Modules zur Zeit nicht optional mit einem zusätzlichen Netzfilter (Option L00) zur Begrenzung der leitungsgebundenen Störaussendung gemäß EMV-Produktnorm IEC 61800-3, Kategorie C2 ausgerüstet werden.

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

7.3.2.9 Parallelschaltungen

SINAMICS S120 Cabinet Modules sind so konzipiert, dass Standardgeräte jederzeit auch zum Parallelbetrieb genutzt werden können. Zur Leistungserhöhung können im maximalen Ausbau bis zu vier gleiche Basic Line Connection Modules, vier gleiche Active Line Connection Modules oder vier gleiche Motor Modules (auf Anfrage bis zu sechs) als Parallelschaltung betrieben werden. Um eine durchgehende DC-Verschiebung durch die parallelgeschalteten Modules zu erhalten, ist bei Basic Line Connection Modules und Active Line Connection Modules die Option M88 erforderlich, da diese Modules im Standard keine DC-Verschiebung im Line Connection Module besitzen.

Da sich Unsymmetrien in der Stromaufteilung bei der Parallelschaltung von Cabinet Modules nicht vollständig vermeiden lassen, sind bei der Projektierung die nachfolgend angeführten Derating-Faktoren für Strom bzw. Leistung zu berücksichtigen:

Bezeichnung	Derating-Faktor bei Parallelschaltung von 2 bis 4 Modules	Maximal zulässige Anzahl der parallelgeschalteten Modules
Active Line Connection Modules	0,950	4
Basic Line Connection Modules	0,925	4
Motor Modules	0,950	4 (auf Anfrage bis zu 6)

Es dürfen nur identische Line Modules oder identische Motor Modules parallelgeschaltet werden. Identisch bedeutet in diesem Zusammenhang, dass Bemessungsspannung, Bemessungsstrom, Typeistung sowie die Versionsstände der Control Interface Modules CIM inkl. der zugehörigen Firmware-Stände gleich sein müssen. Zur Entkopplung von parallelgeschalteten Modules sind bei der Projektierung weitere Randbedingungen zu beachten (siehe Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt „Umrichter-Parallelschaltungen“).

Parallelgeschaltete Leistungsteile werden von einer gemeinsamen Control Unit über DRIVE-CLiQ angesteuert. Die separate Bestellung von schrankübergreifenden DRIVE-CLiQ-Leitungen ist hierbei zu berücksichtigen (siehe Abschnitt „DRIVE-CLiQ Verdrahtung“).

Ein Mischbetrieb von unterschiedlichen Line Modules (Basic Line Connection Modules mit Active Line Connection Modules) ist nicht zulässig.

7.3.2.10 Schrankgewichte

Die Schrankgewichte der flüssigkeitsgekühlten S120 Cabinet Modules sind bei der Projektierung zu beachten. Die Gewichte müssen entsprechend der gewünschten Konfiguration ermittelt und bei der Überprüfung der Tragfähigkeit des Bodens am Aufstellort berücksichtigt werden.

In den nachfolgenden Tabellen sind die Schrankgewichte der flüssigkeitsgekühlten S120 Cabinet Modules aufgelistet. Bei den angegebenen Gewichten handelt es sich um die Standardausführungen ohne Optionen. Das jeweilige Gewicht eines Schrankgerätes wird im mitgelieferten Prüfschein und auf dem Typenschild angegeben. Das dort angegebene Gewicht entspricht der tatsächlichen Ausführung des gelieferten Schrankgerätes.

Folgende Gewichte sind bei den flüssigkeitsgekühlten Cabinet Modules mindestens zu berücksichtigen:

Basic Line Connection Modules Standardausführung ohne Opt.			Basic Line Connection Modules Standardausführung ohne Opt.		
Baugröße	P _n bei 400 V [kW]	Gewicht [kg]	Baugröße	P _n bei 690 V [kW]	Gewicht [kg]
Anschlussspannung 3AC 380 V bis 480 V			Anschlussspannung 3AC 500 V bis 690 V		
HL+FBL	360	688	GL+FBL	355	578
JL+FBL	600	838	HL+FBL	630	668
JL+GBL	830	995	JL+GBL	1100	995
			JL+GBL	1370	1025
Active Line Connection Modules Standardausführung ohne Opt.			Active Line Connection Modules Standardausführung ohne Opt.		
Baugröße	P _n bei 400 V [kW]	Gewicht [kg]	Baugröße	P _n bei 690 V [kW]	Gewicht [kg]
Anschlussspannung 3AC 380 V bis 480 V			Anschlussspannung 3AC 500 V bis 690 V		
HL+HXL	380	1134	HL+HXL	800	1150
JL+HXL	500	1244	JL+HXL	900	1365
JL+JXL	630	1430	JL+JXL	1000	1520
JL+JXL	900	1470	JL+JXL	1400	1540
			JL+JXL	1700	1640

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

Motor Modules Standardausführung ohne Opt.		
Baugröße	P _n bei 400 V [kW]	Gewicht [kg]
Anschlussspannung 3AC 380 V bis 480 V		
FXL	110	280
FXL	132	280
GXL	160	320
GXL	250	320
HXL	315	350
HXL	400	350
HXL	450	350
JXL	560	460
JXL	710	460
JXL	800 (1330 A)	470
JXL	800 (1405 A)	460

Motor Modules Standardausführung ohne Opt.		
Baugröße	P _n bei 690 V [kW]	Gewicht [kg]
Anschlussspannung 3AC 500 V bis 690 V		
FXL	90	280
FXL	132	280
GXL	200	320
GXL	315	320
HXL	450	350
HXL	560	350
HXL	710	350
HXL	800	350
JXL	800	460
JXL	1000	460
JXL	1200	460
JXL	1500	480

Auxiliary Power Supply Modules		
Baugröße	I _n [A]	Gewicht [kg]
Anschlussspannung 3AC 380 V bis 690 V		
600 mm	25	160

Heat Exchanger Modules Standardausführung ohne Opt.¹⁾		
Baugröße	P _n [kW]	Gewicht [kg]
Anschlussspannung 3AC 380 V bis 415 V / 50 Hz 3AC 440 V bis 480 V / 60 Hz		
-	32	310
-	48	310
-	72	320
-	120	320

Heat Exchanger Modules Standardausführung ohne Opt.¹⁾		
Baugröße	P _n [kW]	Gewicht [kg]
Anschlussspannung 3AC 500 V bis 690 V / 50 Hz 3AC 500 V bis 690 V / 60 Hz		
-	32	350
-	48	350
-	72	360
-	120	360

¹⁾ Mit der Option W01 – Heat Exchanger Module, teilredundant mit 2 Pumpen – erhöht sich das Gewicht um 110 kg.

Bei allen Hebe- und Aufstellarbeiten sind die Schwerpunkte zu beachten. Ein Aufkleber mit genauen Angaben zum Schwerpunkt ist an jedem Schrank oder jeder Transporteinheit angebracht. Jeder Schrank bzw. jede Transporteinheit wird vor Auslieferung gewogen. Das auf dem der Auslieferung beigelegten Kontrollblatt angegebene Gewicht kann von den hier angegebenen Standardwerten geringfügig abweichen.

Das hohe Gewicht der Schrankgeräte erfordert entsprechende Hebezeuge und geschultes Personal.

7.3.3 Hinweise zum Umgang mit den flüssigkeitsgekühlten Geräten

7.3.3.1 Kundenklemmenleiste

Die flüssigkeitsgekühlten S120 Cabinet Modules besitzen im Gegensatz zu den luftgekühlten S120 Cabinet Modules aus konstruktiven Gründen keine Kundenklemmenleiste -X55 als Signalschnittstelle zur Peripherie.

Daher sind bei flüssigkeitsgekühlten S120 Cabinet Modules die Signalleitungen von der Peripherie und zur Peripherie direkt an den entsprechenden Baugruppen im Schrank anzuschließen:

- | | |
|---|---|
| - Control Unit (falls vorhanden) | Digitaleingänge DI und bidirektionale Ein- / Ausgänge DI / DO |
| - Control Interface Module CIM: | Sicherheitsfunktionen STO / SS1 sowie
Temperatursensoren KTY84, PT1000, PT100, PTC |
| - Safe Brake Adapter (falls vorhanden): | Bremsenansteuerung und -rückmeldung |

7.3.3.2 Hilfsspannungsversorgung

Die flüssigkeitsgekühlten S120 Cabinet Modules besitzen ein gegenüber den luftgekühlten S120 Cabinet Modules modifiziertes Hilfsspannungsversorgungssystem zur Verteilung der Hilfsspannungen im Schrankverband. Denn die bei luftgekühlten Cabinet Modules für die Versorgung der Lüfter benötigte Netzspannung 1AC kann bei flüssigkeitsgekühlten Cabinet Modules entfallen, so dass hier nur zwei Hilfsspannungen (1AC 230 V und DC 24 V) nötig sind.

Das Hilfsspannungsversorgungssystem der flüssigkeitsgekühlten Cabinet Modules besteht aus 2 Klemmenblöcken sowie den zugehörigen Verbindungsleitungen.

Einspeisemöglichkeiten bestehen bei Basic Line Connection Modules und Active Line Connection Modules in deren Line Connection Modules. Entweder werden die Hilfsspannungen von extern über die Klemme -X100 ins Line Connection Module eingespeist oder im Line Connection Module selbst durch die Option K76 "Hilfsspannungserzeugung (im Line Connection Module)" erzeugt. Bei ausgedehnten Anlagen mit hohem Hilfsstrombedarf kann gegebenenfalls der Einsatz eines Auxiliary Power Supply Modules sinnvoll sein.

Der maximale Einspeisestrom in das Hilfsspannungsversorgungssystem beträgt für 1AC 230 V und DC 24 V jeweils 28 A. Sollte der Strombedarf des Schrankverbandes die maximale Belastbarkeit überschreiten, so ist das Hilfsspannungsversorgungssystem in Teilabschnitte zu unterteilen und es sind mehrere Einspeisepunkte zu wählen.

Das Hilfsspannungsversorgungssystem jedes Cabinet Modules besteht aus 2 Klemmenblöcken sowie den zugehörigen Verbindungsleitungen. Der Klemmenblock -X140 ist für 1AC 230 V vorgesehen und der Klemmenblock -X150 für DC 24 V. Die Klemmen dienen zum Abgreifen benötigter Hilfsspannungen und die Verbindungsleitungen zum Weiter-schleifen an den Klemmenblock des benachbarten Cabinet Modules. Die Verbindungsleitungen bestehen aus zwei unterschiedlichen Leitungstypen:

- 2-adrige Leitung für 1AC 230 V,
- 2-adrige Leitung für DC 24 V.

Das Hilfsspannungsversorgungssystem wird funktionsfähig geliefert. Die benötigten Verbindungen von dem Klemmenblock in das jeweilige Cabinet Module hinein sind bereits werkseitig ausgeführt. Nur der Leitungsanschluss zum benachbarten Cabinet Module muss vor Ort erfolgen, indem die Leitungen mit den nächsten Anschlussklemmen verschraubt werden. Innerhalb von Transporteinheiten sind diese Verbindungen bereits hergestellt.

7.3.3.3 DRIVE-CLiQ Verdrahtung

Bei der Auslieferung der Cabinet Modules sind sämtliche DRIVE-CLiQ-Verbindungen innerhalb eines Schrankes bereits hergestellt. Dies geschieht unabhängig von den bestellten Optionen.

Schrankübergreifende Verbindungen können aufgrund der bei der Bestellung nicht bekannten Anlagenbedingungen im Zusammenhang mit der hohen Variabilität bezüglich der Verbindungsmöglichkeiten / des Topologieaufbaus nicht durchgeführt werden. Diese Leitungsverbindungen sind daher separat zu bestellen.

Die Verlegung der Leitungen innerhalb des Cabinet Modules soll gemäß den Vorgaben der EMV-Aufbaurichtlinie für Signalleitungen erfolgen. Hier ist ein Weg zu wählen, der einen störungsfreien Betrieb gewährleistet.

Die Leitungsführung erfolgt in der Regel hin zum Schrankholm. Von dort kann eine Verlegung im Schrankholm zum nächsten Schrank erfolgen.

Bei dieser Art der Verlegung treten zudem keine Behinderungen bezüglich des möglichen Tausches von Komponenten auf. Eine sichere Leitungsbefestigung ist ebenfalls gewährleistet.

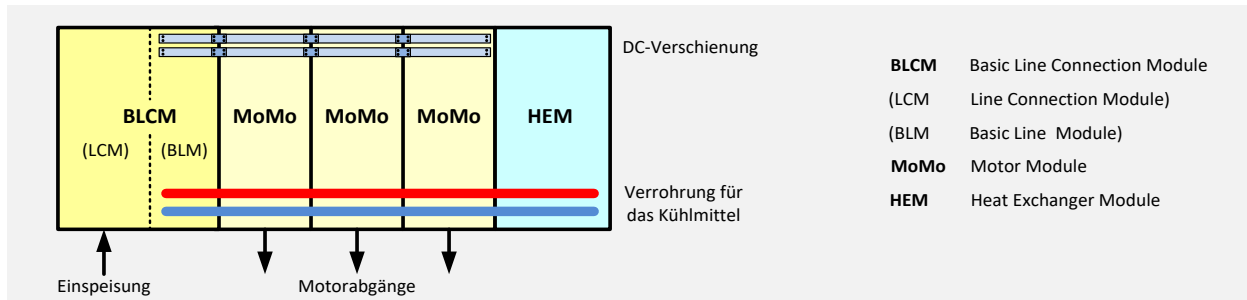
Als DRIVE-CLiQ-Leitungen dürfen grundsätzlich nur original Siemens-Leitungen verwendet werden, weil nur diese mit ihren speziellen Eigenschaften die fehlerfreie Funktion des Systems gewährleisten.

Auf Wunsch können schrankübergreifende DRIVE-CLiQ-Leitungen auch werkseitig verlegt werden. Dies ist z. B. mit dem auftragsspezifischen Integrations-Engineering (Artikelnummer 6SL3780-0Ax00-0AA0) durchführbar.

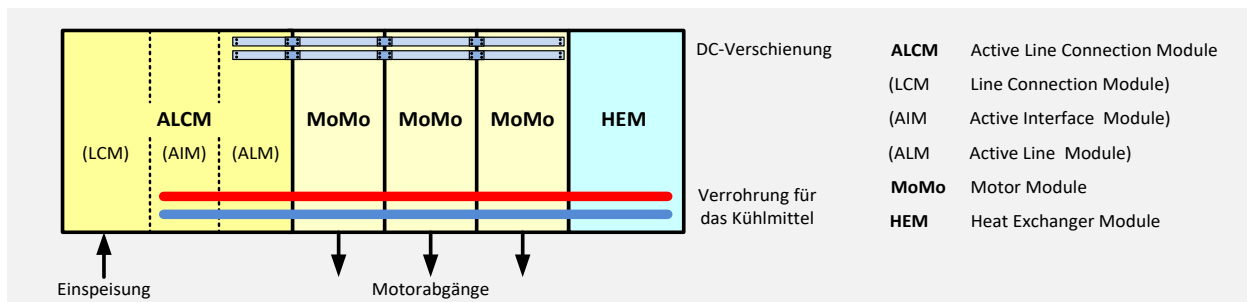
7.3.3.4 Schrankaufstellung

Standardaufstellung

Die Standardaufstellung der flüssigkeitsgekühlten Cabinet Modules erfolgt vorzugsweise von links nach rechts, beginnend mit den Einspeisungen (Basic Line Connection Modules oder Active Line Connection Modules) über die Motor Modules zu den Heat Exchanger Modules, wie es die folgende Abbildung zeigt.



Schrankverband bestehend aus einem Basic Line Connection Module, drei Motor Modules und Heat Exchanger Module



Schrankverband bestehend aus einem Active Line Connection Module, drei Motor Modules und Heat Exchanger Module

Hinsichtlich der Reihenfolge der Motor Modules sollten – von der Einspeisung aus gesehen – zunächst die Motor Modules größerer Leistung und dann die leistungsmäßig kleineren Motor Modules platziert werden. Dies ist nicht absolut zwingend notwendig, begünstigt jedoch die Dimensionierung der DC-Verschienung bei größeren Schrankverbänden, weil oftmals die Möglichkeit einer Querschnittsreduzierung genutzt werden kann, was einen Kostenvorteil ergibt. Nähere Informationen sind dem Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt „SINAMICS Wechselrichter bzw. Motor Modules“ zu entnehmen.

Am Ende des Schrankverbandes rechts außen ist das Heat Exchanger Module zu platzieren. Dies ist deshalb erforderlich, weil das Heat Exchanger Module aus konstruktiven Gründen nur ohne DC-Verschienung erhältlich ist.

An Anfang und Ende des kompletten Schrankverbandes sind zur Einhaltung der Schutzart Seitenwände vorzusehen (Bestellung der Option M26 / Seitenwand rechts bzw. der Option M27 / Seitenwand links).

Sollte bei ausgedehnten Schrankverbänden ein Auxiliary Power Supply Module zur Erzeugung der Hilfsspannungsvorsorgung benötigt werden, so ist dieses vorzugsweise am Anfang oder am Ende des Schrankverbandes zu platzieren. Bei der Anordnung am Ende des Schrankverbandes ist das Auxiliary Power Supply Module als vorletztes Cabinet Module zu platzieren und als letztes das Heat Exchanger Module, wie oben beschrieben.

Parallelschaltungen

Bei Parallelschaltungen von Einspeisungen zur Leistungserhöhung ist im Hinblick auf eine symmetrische Stromaufteilung und ein möglichst gleichzeitiges Ansprechen der netzseitigen Schutzeinrichtungen im Kurzschlussfall (Sicherungen bzw. Leistungsschalter), ein symmetrischer Aufbau anzustreben. Hierbei befinden sich die Basic Line Connection Modules bzw. die Active Line Connection Modules in der Mitte des Schrankverbandes.

Bei dieser Anordnung ist jeweils die Option M88 erforderlich (DC-Schienensystem für flüssigkeitsgekühlte netzseitige Cabinet Modules). Diese Option gewährleistet eine durchgehende DC-Verschienung durch die parallelgeschalteten Einspeisungen, da die standardmäßigen Basic Line Connection Modules und Active Line Connection Modules im Line Connection Module keine DC-Verschienung enthalten. Die Stromschienen der durchgehenden DC-Verschienung werden hinsichtlich der Stromtragfähigkeit gemäß der gewählten Option M80 – M87 ausgelegt.

Soll die Parallelschaltung von mehreren Basic Line Connection Modules zur Reduktion der Netzurückwirkungen als 12-pulsige Anordnung von einem Dreiwicklungstransformator gespeist werden, so darf nur eine gerade Anzahl von Basic Line Connection Modules ausgewählt werden (zwei oder vier BLCMs).

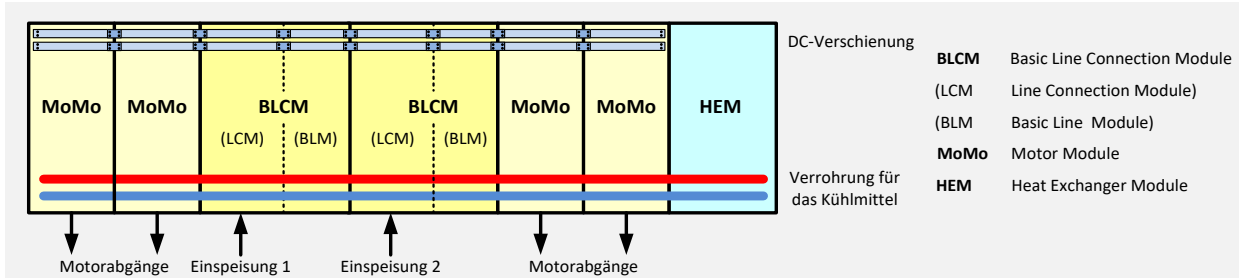
SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

Links und rechts von den Einspeisungen sind dann die Motor Modules angeordnet u. unmittelbar am Anfang oder am Ende des Schrankverbandes die Heat Exchanger Modules, wie in den folgenden Anordnungsbeispielen dargestellt.

7.3.3.5 Anordnungsbeispiele

12-pulsige Parallelschaltung von zwei Basic Line Connection Modules an einem Dreiwicklungstransformator

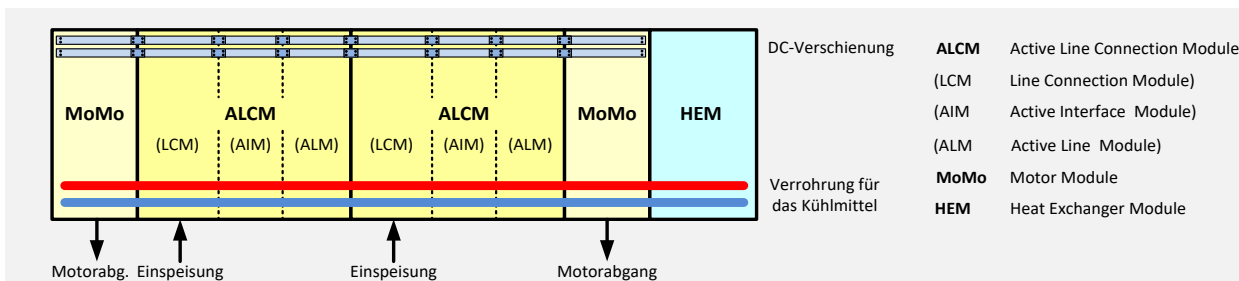


In dieser Konstellation ist bei beiden Basic Line Connection Modules die Option M88 zu bestellen, um eine durchgehende DC-Verschierung durch die parallelgeschalteten Einspeisungen zu erhalten. Bei sehr leistungsstarken Schrankverbänden kann es gegebenenfalls erforderlich sein, den Kühlkreislauf in zwei getrennte Kreisläufe zu unterteilen und zwei Heat Exchanger Modules einzusetzen. Diese sind dann am Anfang und am Ende des Verbandes zu platzieren.

Die 12-pulsige Parallelschaltung an einem Dreiwicklungstransformator ergibt niedrige Netzurückwirkungen. Die beiden Sekundärwicklungen müssen um jeweils 30° elektrisch gegeneinander geschwenkt ausgeführt sein (Schaltgruppe z. B. Dy5d0 oder Dy11d0).

Bei der Parallelschaltung von Basic Line Connection Modules ist wegen möglicher Stromunsymmetrien ein Strom-Derating von 7,5 % zu berücksichtigen.

Parallelschaltung von zwei Active Line Connection Modules an einem Zweiwicklungstransformator



In dieser Konstellation ist bei beiden Active Line Connection Modules die Option M88 zu bestellen, um eine durchgehende DC-Verschierung durch die parallelgeschalteten Einspeisungen zu erhalten. Bei sehr leistungsstarken Schrankverbänden kann es gegebenenfalls erforderlich sein, den Kühlkreislauf in zwei getrennte Kreisläufe zu unterteilen und zwei Heat Exchanger Modules einzusetzen. Diese sind dann am Anfang und am Ende des Verbandes zu platzieren.

Bei der Parallelschaltung von Active Line Connection Modules ist wegen möglicher Stromunsymmetrien ein Strom-Derating von 5 % zu berücksichtigen.

7.3.3.6 Türöffnungswinkel

Bei den Cabinet Modules werden Türen eingesetzt, deren Breite der Schrankbreite entspricht. Bis zu einer Schrankbreite von 600 mm werden einflügelige Schränke mit einem Türanschlag auf der rechten Seite benutzt. Darüber hinaus kommen zweiflügelige Schränke zum Einsatz.

Bei der Auslegung, z. B. von Fluchtwegen, sind folgende Angaben zu berücksichtigen:

- Maximale Türbreite: 600 mm
- Maximaler Türöffnungswinkel:
 - bei Schutzart IP23 und IP43 mit Lüftergittern in den Schranktüren 110 °
 - bei Schutzart IP21 und IP55 ohne Lüftergitter in den Schranktüren 135 °

7.3.4 Hinweise zum Kühlkreislauf und zur Kühlkreislaufprojektierung

7.3.4.1 Aufbau der flüssigkeitsgekühlten Cabinet Modules

Allgemeines

Die flüssigkeitsgekühlten SINAMICS S120 Cabinet Modules basieren auf den flüssigkeitsgekühlten Einbaugeräten SINAMICS S120 der Bauform Chassis. Daher gelten die für die flüssigkeitsgekühlten Einbaugeräte gültigen Aussagen des Kapitels „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt „Flüssigkeitsgekühlte Geräte SINAMICS S120“ prinzipiell auch für die SINAMICS S120 Cabinet Modules. Dies gilt insbesondere für die Anforderungen an den Kühlkreislauf und das Kühlmittel. Geringfügige Einschränkungen bestehen bei den S120 Cabinet Modules lediglich im Hinblick auf die bei der Schutzart IP55 zulässigen maximalen Kühlmitteltemperaturen.

Die in den flüssigkeitsgekühlten SINAMICS S120 Cabinet Modules eingesetzten flüssigkeitsgekühlten Einbaugeräte der Bauform Chassis besitzen zum überwiegenden Teil als Kühlkreismaterial Aluminium (alle Basic Line Modules, alle Active Line Modules sowie die meisten Motor Modules). Dieses wird direkt von dem Kühlmittel durchströmt. Hierdurch wird der bestmögliche Wärmeübergang zwischen Kühlkörper und Kühlmittel erreicht. Allerdings stellt das Kühlkreismaterial Aluminium auch hohe Anforderungen an den Kühlkreislauf.

Aus diesem Grunde ist für den Betrieb der flüssigkeitsgekühlten SINAMICS S120 Cabinet Modules ein geschlossener Kühlkreislauf immer zwingend erforderlich. Dieser geschlossene Kühlkreislauf wird durch den Einsatz eines Heat Exchanger Modules erzeugt, welches den umrichterseitigen, geschlossenen Feinwasserkreis speist und diesen vom anlagenseitigen Rohwasserkreis trennt. Der umrichterseitige, geschlossene Feinwasserkreis ist mit Wasser (als Kühlmittelbasis) sowie Kühlmittelzusätzen (Inhibitoren oder Frostschutzmitteln) zu befüllen, welche den Anforderungen für das Kühlkreismaterial Aluminium entsprechen, siehe nächsten Abschnitt.

7.3.4.2 Anforderungen an den umrichterseitigen Feinwasserkreis

Um korrosive elektrochemische Prozesse im umrichterseitigen, geschlossenen Feinwasserkreis zu unterbinden oder zumindest auf einem sehr niedrigen Niveau zu halten, das einen jahrelangen, störungsfreien Betrieb des Kühlkreislaufes ermöglicht, werden folgende Materialien verwendet:

- Verrohrung in den Cabinet Modules aus korrosionsbeständigem Kunststoff (PP-R)
- Anschluss der Komponenten in den Cabinet Modules mit isolierenden EPDM-Schläuchen
- Pumpe im Heat Exchanger Module aus korrosionsbeständigem Edelstahl
- Plattenwärmetauscher im Heat Exchanger Module aus korrosionsbeständigem Edelstahl

Als Kühlmittel für den umrichterseitigen, geschlossenen Feinwasserkreis ist ein Gemisch aus Wasser (als Kühlmittelbasis) und einem Inhibitor, oder ein Gemisch aus Wasser (als Kühlmittelbasis) und einem Frostschutzmittel vorgesehen. Das Wasser muss der angegebenen Spezifikation für Geräte mit Kühlkreismaterial Aluminium entsprechen.

Kühlmittelspezifikation für flüssigkeitsgekühlte SINAMICS S120 Cabinet Modules

Destilliertes, demineralisiertes, vollentsalztes Wasser oder deionisiertes Wasser mit reduzierter elektrischer Leitfähigkeit gemäß der folgenden Spezifikation (in Anlehnung an ISO 3696 / Qualität 3, bzw. in Anlehnung an IEC 60993) in Kombination mit einem Inhibitor oder einem Frostschutzmittel gem. den Angaben unten bzw. auf der nächsten Seite:

- Elektrische Leitfähigkeit beim Einfüllen < 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$ bzw. < 3 mS/m
- pH-Wert 5,0 bis 8,0
- Oxidierbare Bestandteile als Sauerstoff-Gehalt < 30 mg/l
- Rückstand nach Eindampfen und Trocknen bei 110°C < 10 mg/kg

Inhibitoren hemmen korrosive elektrochemische Prozesse. Sie sind als Zusatz zum Kühlwasser bei Geräten mit Kühlkreismaterial Aluminium absolut zwingend erforderlich. Als Inhibitoren sind einsetzbar:

- Clariant: Antifrogen N in einer Konzentration von 25 – 45 Vol%
- Fuchs: Anticorit S 2000 A in einer Konzentration von 4 - 5 Vol%

Frostschutzmittel verhindern das Einfrieren des Kühlmittels bei negativen Temperaturen und beinhalten Inhibitoren und Biozide, die für ein stabiles chemisches Gleichgewicht in geschlossenen Kühlkreisläufen sorgen. Bei flüssigkeitsgekühlten SINAMICS S120 Cabinet Modules sind als Frostschutz für den umrichterseitigen Feinwasserkreis die in der Tabelle angegebene Mittel zu verwenden. Bei zu geringer Konzentration wirkt der Frostschutz korrosiv, bei zu hoher Konzentration verschlechtert sich die Wärmeabfuhr zu sehr. Daher sind die angegebenen Minimal- und Maximalkonzentrationen unbedingt zu beachten. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass sich durch den Zusatz von Frostschutzmitteln die kinematische Zähigkeit des Kühlmittels vergrößert und eine entsprechende Anpassung der Druckverhältnisse erforderlich ist.

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

Frostschutzmittel	Antifrogen N	Antifrogen L	Dowcal 100
Hersteller	Clariant	Clariant	DOW
Chemische Basis	Ethylenglykol	Propylenglykol	Ethylenglykol
Mindestkonzentration	25 %	25 %	25 %
Frostschutz bei Mindestkonzentration	- 10 °C	- 10 °C	- 10 °C
Maximalkonzentration	45 %	48 %	45 %
Frostschutz bei Maximalkonzentration	- 30 °C	- 30 °C	- 30 °C
Enthaltene Inhibitoren	enthält nitrithaltige Inhibitoren	enthält nitrit-, amin-, borat- u. phosphatfreie Inhibitoren	enthält nitrit-, amin-, borat- u. phosphatfreie Inhibitoren
Wirkung als Biozid bei Konzentration	> 25 %	> 25 %	> 25 %

Betauungsschutz

Bei flüssigkeitsgekühlten Geräten kann warme Luft an den kalten Oberflächen von Kühlkörpern, Rohren und Schläuchen kondensieren. Diese Kondensation ist abhängig von der Temperaturdifferenz zwischen der Umgebungsluft und dem Kühlmittel sowie der Luftfeuchtigkeit der Umgebungsluft. Die Temperatur, bei der die in der Luft enthaltene Feuchtigkeit kondensiert, nennt man Taupunkttemperatur. Das bei der Kondensation entstehende Wasser kann Korrosion und elektrische Schäden wie z. B. Überschlüge im Leistungsteil verursachen, welche im Worst Case einen Totschaden des Gerätes zur Folge haben können. Daher muss eine Kondensation in den Geräten absolut zwingend vermieden werden.

Da die SINAMICS-Geräte beim Vorliegen entsprechender klimatischer Randbedingungen eine Kondensation nicht verhindern können, muss eine mögliche Kondensation durch entsprechende Projektierung und Einstellung des Kühlkreislaufes ausgeschlossen werden, d. h. es muss zwingend dafür gesorgt werden, dass die Temperatur des Kühlmittels immer über der Taupunkttemperatur der Umgebungsluft gehalten wird.

Dies wird bei den flüssigkeitsgekühlten S120 Cabinet Modules durch eine Temperaturregelung des Kühlmittels im Vorlauf des umrichterseitigen Feinwasserkreises erreicht. Die Regelung der Kühlmitteltemperatur im Vorlauf erfolgt auf einen festen, einstellbaren Sollwert und wird im Heat Exchanger Module unter Verwendung einer integrierten Steuerung in Kombination mit einem 3-Wege-Ventil (Bypass-Ventil) vorgenommen. Der Sollwert für die Kühlmitteltemperatur im Vorlauf ist in Abhängigkeit von der maximal zu erwartenden Umgebungstemperatur T_{max} sowie der maximal zu erwartenden relativen Luftfeuchtigkeit Φ_{max} festzulegen. Er berechnet sich aus der für T_{max} und Φ_{max} gültigen Taupunkttemperatur zuzüglich eines Sicherheitsabstands von ca. 2 °C (siehe auch: Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt „Flüssigkeitsgekühlte Geräte SINAMICS S120“, Unterabschnitt „Beispiel zur Regelung der Kühlmitteltemperatur zum Schutz vor Betauung/Kondensation“).

Die folgende Tabelle gibt die Taupunkttemperatur in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur T und der relativen Luftfeuchtigkeit Φ für einen Atmosphärendruck von 100 kPa (1 bar) an, was einer Aufstellhöhe von 0 bis ca. 500 m über NN entspricht. Da die Taupunkttemperatur mit abnehmendem Druck sinkt, liegen die Werte der Taupunkttemperatur bei größeren Aufstellhöhen unter den angegebenen Tabellenwerten. Somit liegt man stets auf der sicheren Seite, wenn man der Projektierung grundsätzlich die Tabellenwerte für die Aufstellhöhe Null zugrunde legt.

Umgebungstemperatur T	Relative Luftfeuchtigkeit Φ										
	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	85 %	90 %	95 %	100 %
10 °C	< 0 °C	< 0 °C	< 0 °C	0,2 °C	2,7 °C	4,8 °C	6,7 °C	7,6 °C	8,4 °C	9,2 °C	10,0 °C
20 °C	< 0 °C	2,0 °C	6,0 °C	9,3 °C	12,0 °C	14,3 °C	16,4 °C	17,4 °C	18,3 °C	19,1 °C	20,0 °C
25 °C	0,6 °C	6,3 °C	10,5 °C	13,8 °C	16,7 °C	19,1 °C	21,2 °C	22,2 °C	23,2 °C	24,1 °C	24,9 °C
30 °C	4,7 °C	10,5 °C	14,9 °C	18,4 °C	21,3 °C	23,8 °C	26,1 °C	27,1 °C	28,1 °C	29,0 °C	29,9 °C
35 °C	8,7 °C	14,8 °C	19,3 °C	22,9 °C	26,0 °C	28,6 °C	30,9 °C	32,0 °C	33,0 °C	34,0 °C	34,9 °C
40 °C	12,8 °C	19,1 °C	23,7 °C	27,5 °C	30,6 °C	33,4 °C	35,8 °C	36,9 °C	37,9 °C	38,9 °C	39,9 °C
45 °C	16,8 °C	23,3 °C	28,2 °C	32,0 °C	35,3 °C	38,1 °C	40,6 °C	41,8 °C	42,9 °C	43,9 °C	44,9 °C
50 °C	20,8 °C	27,5 °C	32,6 °C	36,6 °C	40,0 °C	42,9 °C	45,5 °C	46,6 °C	47,8 °C	48,9 °C	49,9 °C

Taupunkttemperatur in Abhängigkeit von der Umgebungstemp. T und der relativen Luftfeuchtigkeit Φ bei Aufstellhöhe Null

Beispiel:

Am Aufstellort der flüssigkeitsgekühlten S120 Cabinet Modules muss mit einer maximalen Umgebungstemperatur von $T_{\max} = 40\text{ °C}$ und einer maximalen relativen Luftfeuchtigkeit von $\Phi_{\max} = 80\%$ gerechnet werden. Daraus ergibt sich aus der Tabelle eine Taupunkttemperatur von $35,8\text{ °C}$. Unter Berücksichtigung des Sicherheitsabstandes von ca. 2 °C erhält man somit den Sollwert der Kühlmitteltemperatur im Vorlauf des Feinwasserkreises zu 38 °C .

7.3.4.3 Anforderungen an den anlagenseitigen Rohwasserkreis

Durch die Verwendung eines robusten Plattenwärmetauschers aus korrosionsbeständigem Edelstahl im Heat Exchanger Module, welches das anlagenseitigen Rohwasser vom umrichterseitigen Feinwasser trennt, bestehen geringe Anforderungen an die Qualität des Rohwassers.

Im Rohwasserkreis ist Wasser gemäß unten angegebener Spezifikation einzusetzen (Basis VDI 3803) oder ein Wasser-Frostschutz-Gemisch (Wasser gemäß unten angegebener Spezifikation (Basis VDI 3803) mit einem Frostschutzmittel gemäß Spezifikation für den Feinwasserkreis). Das Wasser darf keine korrosiven oder kalkablagernden Inhaltsstoffe haben.

• Elektrische Leitfähigkeit	< 2200 $\mu\text{S/cm}$ bzw. < 220 mS/m
• pH-Wert	7,5 bis 9,0
• Chlorid (Cl^-)	< 180 mg/l
• Sulfat (SO_4^{2-})	< 200 mg/l
• Ortho-Phosphat	< 50 mg/l
• Gelöstes Eisen	< 3,0 mg/l
• Gelöstes Kupfer	< 0,2 mg/l
• Biologische Belastung	< 50 KBE/ml
• SiO_2 als Kieselsäure	< 47 mg/l
• Aluminium	< 2,65 mg/l
• Fluorid	< 4,0 mg/l
• Gesamthärte	< 20 $^\circ\text{dH}$ ($T < 40\text{ °C}$)
• Korngröße mitgeführter Teile	< 0,5 mm
• SK 4,3 (oberer Grenzwert an polymeren Phosphaten für unbehandeltes Ergänzungswasser)	< 10 mmol/l
• Zulässiger Grenzwert von Schwebepartikeln	Keine Ablagerung von Festkörperpartikeln bei Strömungsgeschwindigkeiten $\geq 0,5\text{ m/s}$

7.3.4.4 Derating Daten der flüssigkeitsgekühlten S120 Cabinet Modules

Die flüssigkeitsgekühlten SINAMICS S120 Cabinet Modules basieren auf den flüssigkeitsgekühlten Einbaugeräten SINAMICS S120 Bauform Chassis sowie luftgekühlten Systemkomponenten wie z. B. Sicherungen, Lasttrennschaltern, Leistungsschaltern, Drosseln und Filtern.

Zulässiger Ausgangsstrom und maximale Ausgangsfrequenz als Funktion der Pulsfrequenz

Diese Informationen sind im Kapitel „Projektierung der SINAMICS S120, Hinweise zu Einbau- und Schrankgeräten“, Abschnitt „Bemessungsdaten, zulässige Ausgangsströme, maximale Ausgangsfrequenzen“ zu finden.

Zulässiger Strom als Funktion der Kühlmitteltemperatur im Feinwasserkreis und der Umgebungstemperatur

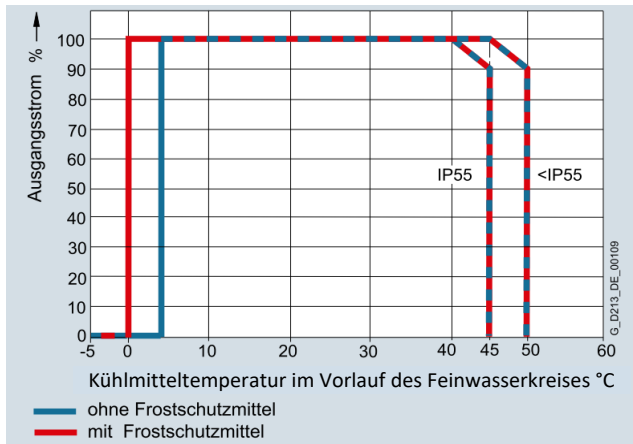
Die flüssigkeitsgekühlten S120 Cabinet Modules sowie die zugehörigen Systemkomponenten sind für eine Kühlmitteltemperatur im Vorlauf des Feinwasserkreises von 45 °C (bei Schutzarten $< \text{IP55}$) bzw. von 40 °C (bei Schutzart IP55) sowie eine Umgebungstemperatur von 45 °C bei einer Aufstellhöhe von bis zu 2000 m über NN bemessen. Werden flüssigkeitsgekühlte S120 Cabinet Modules bei höheren Kühlmitteltemperaturen im Vorlauf des Feinwasserkreises und/oder höheren Umgebungstemperaturen betrieben, so muss der Strom reduziert werden. Kühlmitteltemperaturen im Vorlauf des Feinwasserkreises $> 50\text{ °C}$ (bei Schutzarten $< \text{IP55}$) bzw. $> 45\text{ °C}$ (bei Schutzart IP55) sowie Umgebungstemperaturen $> 50\text{ °C}$ sind für die flüssigkeitsgekühlten S120 Cabinet Modules nicht zulässig. Die folgenden Diagramme geben den zulässigen Strom in Abhängigkeit von der Kühlmitteltemperatur im Vorlauf des Feinwasserkreises sowie der Umgebungstemperatur an.

SINAMICS S120 Cabinet Modules

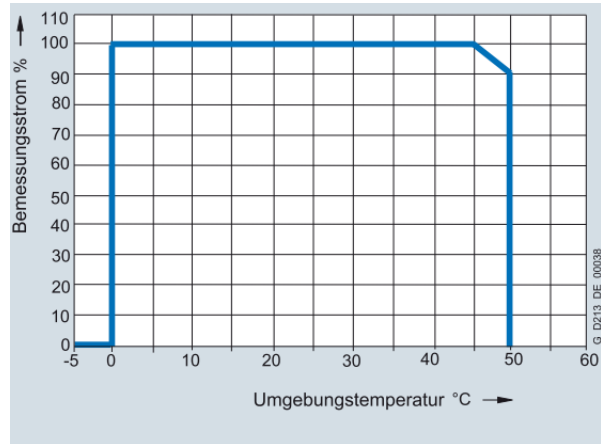
Projektierungshinweise

Hinweis:

Die Derating-Faktoren der beiden Diagramme sind nicht zu multiplizieren. Für die Dimensionierung ist der jeweils ungünstigste Derating-Faktor der beiden Diagramme maßgebend, so dass im ungünstigsten Fall ein Gesamt-Derating-Faktor von 0,9 gilt.



Strom-Derating als Funktion der Kühlmitteltemperatur im Vorlauf des umrichterseitigen Feinwasserkreises für die Schutzarten < IP55 sowie die Schutzart IP55

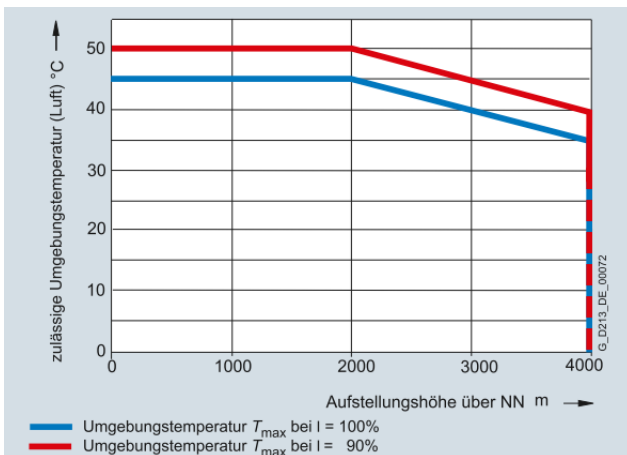


Strom-Derating als Funktion der Umgebungstemperatur

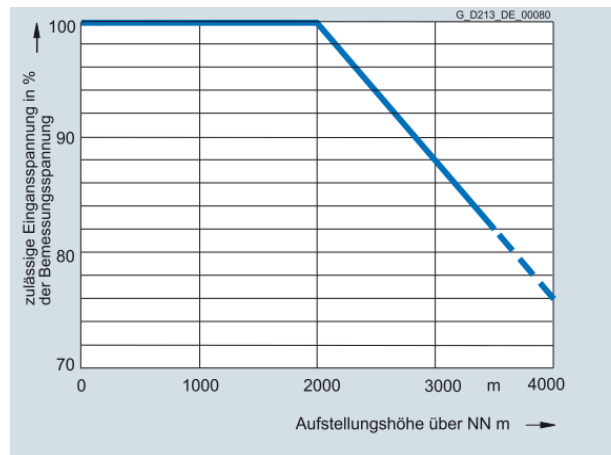
Aufstellhöhen größer 2000 m bis 4000 m über NN

Die flüssigkeitsgekühlten S120 Cabinet Modules sowie die zugehörigen Systemkomponenten sind für eine Aufstellhöhe von bis zu 2000 m über NN und eine Kühlmitteltemperatur im Vorlauf des Feinwasserkreises von 45 °C (bei Schutzarten < IP55) bzw. von 40 °C (bei Schutzart IP55) sowie eine Umgebungstemperatur von 45 °C bemessen. Werden flüssigkeitsgekühlte S120 Cabinet Modules in Aufstellhöhen größer 2000 m über NN betrieben, so ist zu berücksichtigen, dass mit zunehmender Aufstellhöhe der Luftdruck und damit die Dichte der Luft abnimmt. Durch die geringere Luftdichte sinkt sowohl die Kühlwirkung als auch das Isolationsvermögen der Luft. Daher sind sowohl die zulässige Umgebungstemperatur als auch die zulässige Eingangsspannung zu reduzieren.

Die folgenden Diagramme geben für Aufstellhöhen größer 2000 m bis 4000 m die zulässige Umgebungstemperatur und die zulässige Eingangsspannung in Abhängigkeit von der Aufstellhöhe an.



Umgebungstemperatur-Derating als Funktion d. Aufstellhöhe

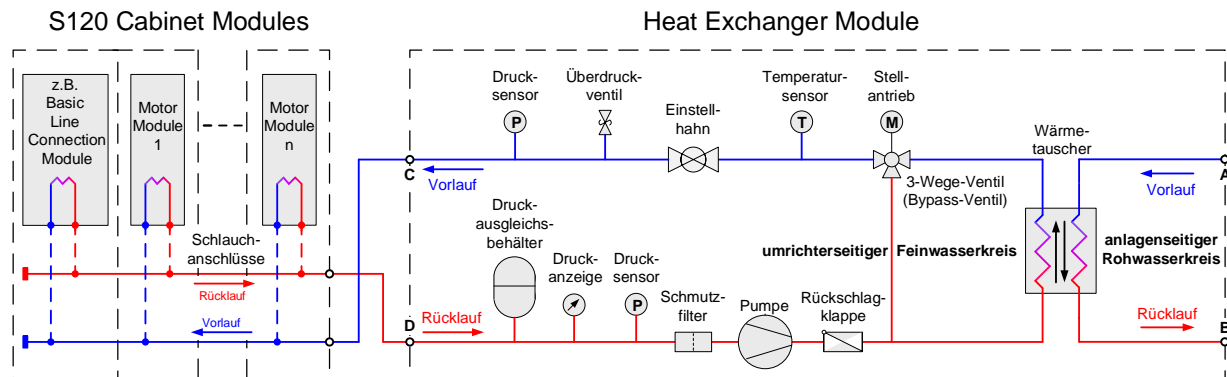


Eingangsspannungs-Derating als Funktion d. Aufstellhöhe

7.3.4.5 Hinweise zur Kühlkreislaufprojektierung

Allgemeines zum umrichterseitigen Feinwasserkreis

Die Leistungsteile der flüssigkeitsgekühlten S120 Cabinet Modules sind im umrichterseitigen Feinwasserkreis im Hinblick auf die Strömungsverhältnisse parallelgeschaltet. Der Druckabfall am gemeinsamen Vor- und Rücklauf ist durch einen hinreichend groß bemessenen Durchmesser der Verrohrung praktisch vernachlässigbar. Die Druckdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf des Feinwasserkreises wird durch die Pumpe im Heat Exchanger Module erzeugt.



S120 Cabinet Modules: Prinzipsdarstellung des umrichterseitigen Feinwasserkreises und des Heat Exchanger Modules

Der Druck der Pumpe im Heat Exchanger Module ist abhängig vom Volumenstrom. Daher stellt sich auch die Druckdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf des Feinwasserkreises in Abhängigkeit von der Anzahl der im Feinwasserkreis parallelgeschalteten S120 Cabinet Modules ein.

Bei abgeschalteter Pumpe stellt sich im umrichterseitigen Feinwasserkreis der Ruhedruck (Anlagenfülldruck) ein. Dieser wird bei der Befüllung des Feinwasserkreises in Kombination mit dem Vordruck des Druckausgleichsbehälters (Ausdehnungsgefäßes) eingestellt und darf auf der Saugseite der Pumpe einen Mindestwert nicht unterschreiten, um eine Schädigung der Pumpe durch Kavitation zu verhindern. Empfohlen wird für die Pumpe des Heat Exchanger Modules ein Ruhedruck (Anlagenfülldruck) von 210 kPa (2,1 bar).

Bei eingeschalteter Pumpe stellt sich die Druckdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf des Feinwasserkreises in Abhängigkeit von der Anzahl der im Feinwasserkreis parallelgeschalteten S120 Cabinet Modules ein. Der für die jeweiligen S120 Cabinet Modules erforderliche Volumenstrom dV/dt (Kühlmittelbedarf in l/min) kann den technischen Daten des Katalogs D 21.3 entnommen werden. Die Kühlkörper der Chassis-Leistungsteile sind über eine Blende (Stauscheibe) auf einen Druckabfall von 70 kPa (0,7 bar) – bezogen auf das Kühlmittel Wasser (H₂O) – ausgelegt, d. h. bei einem Druckabfall von 70 kPa (0,7 bar) am Kühlkörper stellt sich der Volumenstrom gemäß den technischen Daten des Katalogs D 21.3 ein, wenn als Kühlmittel Wasser verwendet wird. Daher sollte die minimale Druckdifferenz an den Kühlkörpern der Chassis-Leistungsteile bei mindestens 70 kPa (0,7 bar) liegen. Die maximale Druckdifferenz an den Kühlkörpern der Chassis-Leistungsteile sollte ca. 150 kPa (1,5 bar) nicht überschreiten, wenn Wasser als Kühlmittel verwendet wird, da bei höheren Druckdifferenzen (Druckabfällen) die Gefahr der Kavitation u. Abrasion wegen der hohen Strömungsgeschwindigkeit steigt. (Bei Zugabe von Frostschutzmitteln steigt die kinematische Zähigkeit des Kühlmittels an, so dass dann maximale Druckdifferenzen an den Kühlkörpern der Chassis-Leistungsteile von ca. 200 kPa (2 bar) bei min. Konzentration bis ca. 250 kPa (2,5 bar) bei max. Konzentration zulässig sind).

Neben den Druckabfällen am Kühlkörper der Chassis-Leistungsteile sind die Druckabfälle an den Verbindungsschläuchen zur Verrohrung des gemeinsamen Vor- und Rücklaufes, an den gegebenenfalls optional vorhandenen Schnellverschlüssen (Option M72), und an den gegebenenfalls zusätzlich vorhandenen Wärmetauschern bei der Schutzart IP55 (Option M55) zu berücksichtigen. Die zusätzlich vorhandenen Wärmetauscher bei der Schutzart IP55 sind bei den Einspeisungen (BLCM und ALCM) parallel zum Chassis-Leistungsteil, und bei den Motor Modules in Reihe mit dem Chassis-Leistungsteil an den Feinwasserkreis angeschlossen. All diese zusätzlichen Druckabfälle können – insbesondere beim Einsatz von Schnellverschlüssen sowie bei Motor Modules in der Schutzart IP55 – in ähnlicher Größenordnung liegen wie die Druckabfälle an den Kühlkörpern der Chassis-Leistungsteile. Daher sollte die minimale Druckdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf des Feinwasserkreises – bezogen auf das Kühlmittel Wasser (H₂O) – bei mindestens 100 - 150 kPa (1,0 - 1,5 bar) liegen.

Durch den Zusatz von Frostschutzmitteln erhöht sich die kinematische Zähigkeit des Kühlmittels, so dass die minimale Druckdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf des Feinwasserkreises erhöht werden muss, um den erforderlichen Volumenstrom dV/dt (Kühlmittelbedarf in l/min) gemäß den technischen Daten des Katalogs D 21.3 zu erreichen. Gemäß den Diagrammen des Kapitels „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt „Flüssigkeitsgekühlte Geräte SINAMICS S120“, welche den Druckabfall in Abhängigkeit vom Volumenstrom für Frostschutzmittel in unterschiedlichen Konzentrationen angeben, lässt sich die folgende Vorgehensweise für Wasser mit den zulässigen Frostschutzmitteln Antifrogen N, Dowcal 100 oder Antifrogen L ableiten: Bei Wasser mit der Mindestkonzentration des Frostschutzmittels ist die Druckdifferenz um etwa den Faktor 1,3 zu erhöhen und bei Wasser mit der Maximalkonzentration des Frostschutzmittels um etwa den Faktor 1,7. Daraus ergibt sich die minimale Druckdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf des Feinwasserkreises zu ca. 130 - 200 kPa (1,3 - 2 bar) bei der Mindestkonzentration des Frostschutzmittels und zu ca. 170 - 250 kPa (1,7 - 2,5 bar) bei der Maximalkonzentration des Frostschutzmittels. Hierdurch ist sichergestellt, dass sich im Feinwasserkreis im gesamten zulässigen Temperaturbereich des Kühlmittels ein hinreichender Volumenstrom durch die S120 Cabinet Modules einstellt.

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

Die Druckdifferenz, welche die Pumpe im Heat Exchanger Module bei sehr geringem Volumenstrom erzeugt, liegt bei ca 600 kPa (6 bar). Da die Druckdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf des Feinwasserkreises gemäß den oben beschriebenen Zusammenhängen zwischen 130 - 200 kPa (1,3 - 2 bar) bei der Minimalkonzentration des Frostschutzmittels und zwischen 170 - 250 kPa (1,7 - 2,5 bar) bei der Maximalkonzentration des Frostschutzmittels liegen soll, kann die Druckdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf des Feinwasserkreises mittels eines Einstellhahns im Vorlauf des Heat Exchanger Modules reduziert werden. Damit besteht die Möglichkeit, den Druck im Feinwasserkreis so zu drosseln, dass die eingesetzten S120 Cabinet Modules im Rahmen ihrer spezifizierten Daten hinsichtlich Druck und Volumenstrom betrieben werden.

Eine Druckreduktion durch den Einstellhahn ist besonders dann erforderlich, wenn der benötigte Volumenstrom der eingesetzten S120 Cabinet Modules deutlich unter dem Bemessungs-Volumenstrom des eingesetzten Heat Exchanger Modules liegt, weil dann der Druckabfall am Wärmetauscher des Heat Exchanger Modules sehr gering ist und praktisch der ganze von der Pumpe erzeugte Druck als Druckdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf des Feinwasserkreises anliegt.

Bei einem richtig dimensionierten und eingestellten Kühlsystem liegt die typische Erwärmung des Kühlmittels im Feinwasserkreis zwischen Vor- und Rücklauf bei voller Belastung der S120 Cabinet Modules bei ca. 6°C. Die Differenz zwischen der Kühlmitteltemperatur im Vorlauf des Feinwasserkreises und der Kühlmitteltemperatur im Vorlauf des Rohwasserkreises muss bei voller Belastung der S120 Cabinet Modules mindestens 7°C betragen.

7.3.4.6 Ablauf einer Kühlkreislaufprojektierung

1. Ermittlung des erforderlichen Sollwertes der Kühlmitteltemperatur im Vorlauf des Feinwasserkreises

Zu Beginn der Kühlkreislaufprojektierung muss der minimal erforderliche Sollwert T_{soll} der Kühlmitteltemperatur im Vorlauf des Feinwasserkreises ermittelt werden. Denn die Temperatur des Kühlmittels im Vorlauf des Feinwasserkreises muss zum Schutz vor Betauung der Leistungsteile in den S120 Cabinet Modules immer über der Taupunkttemperatur der Luft liegen. Die Taupunkttemperatur T_{Tp} der Luft ergibt sich aus der maximal zu erwartenden Umgebungstemperatur T_{max} sowie der maximal zu erwartenden relativen Luftfeuchtigkeit Φ_{max} gemäß Tabelle.

Umgebungs- temperatur T	Relative Luftfeuchtigkeit Φ										
	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	85 %	90 %	95 %	100 %
10 °C	< 0 °C	< 0 °C	< 0 °C	0,2 °C	2,7 °C	4,8 °C	6,7 °C	7,6 °C	8,4 °C	9,2 °C	10,0 °C
20 °C	< 0 °C	2,0 °C	6,0 °C	9,3 °C	12,0 °C	14,3 °C	16,4 °C	17,4 °C	18,3 °C	19,1 °C	20,0 °C
25 °C	0,6 °C	6,3 °C	10,5 °C	13,8 °C	16,7 °C	19,1 °C	21,2 °C	22,2 °C	23,2 °C	24,1 °C	24,9 °C
30 °C	4,7 °C	10,5 °C	14,9 °C	18,4 °C	21,3 °C	23,8 °C	26,1 °C	27,1 °C	28,1 °C	29,0 °C	29,9 °C
35 °C	8,7 °C	14,8 °C	19,3 °C	22,9 °C	26,0 °C	28,6 °C	30,9 °C	32,0 °C	33,0 °C	34,0 °C	34,9 °C
40 °C	12,8 °C	19,1 °C	23,7 °C	27,5 °C	30,6 °C	33,4 °C	35,8 °C	36,9 °C	37,9 °C	38,9 °C	39,9 °C
45 °C	16,8 °C	23,3 °C	28,2 °C	32,0 °C	35,3 °C	38,1 °C	40,6 °C	41,8 °C	42,9 °C	43,9 °C	44,9 °C
50 °C	20,8 °C	27,5 °C	32,6 °C	36,6 °C	40,0 °C	42,9 °C	45,5 °C	46,6 °C	47,8 °C	48,9 °C	49,9 °C

Als Sicherheitsabstand sind zur Taupunkttemperatur T_{Tp} ca. 2°C zu addieren, um den minimalen Sollwert T_{soll} der Kühlmitteltemperatur im Vorlauf des Feinwasserkreises zu erhalten.

$$T_{soll} = T_{Tp} (T_{max} \text{ und } \Phi_{max} \text{ gemäß Tabelle}) + 2 \text{ °C}$$

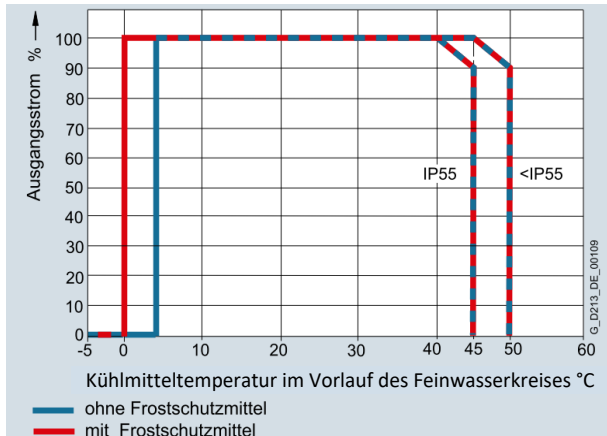
Der berechnete Sollwert T_{soll} der Kühlmitteltemperatur im Vorlauf des Feinwasserkreises ist bei der Inbetriebnahme an der Steuerung des Heat Exchanger Modules einzustellen. Die Steuerung hält den Sollwert mittels des 3-Wege-Ventils (Bypass-Ventils) im Feinwasserkreis des Heat Exchanger Modules konstant.

2. Ermittlung des durch die Temperaturverhältnisse bedingten Strom-Derating-Faktors der Leistungsteile

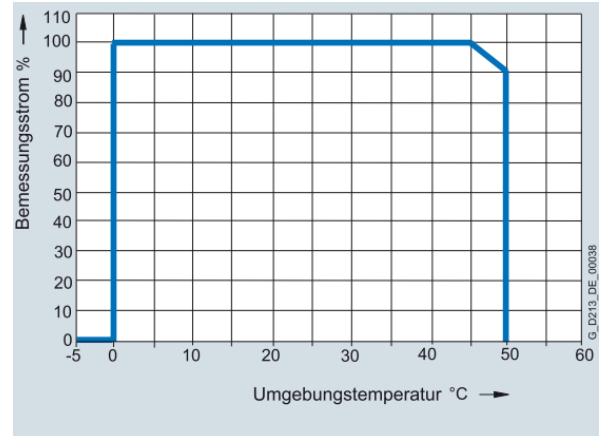
Die maximal zu erwartende Umgebungstemperatur T_{max} sowie der unter 1. berechnete Sollwert T_{soll} der Kühlmitteltemperatur im Vorlauf des Feinwasserkreises müssen unter Berücksichtigung der vorgesehenen Schutzart im zulässigen Bereich der entsprechenden Strom-Derating-Kennlinien liegen. Befinden sich die Kennlinien bei einer oder bei beiden Temperaturen unterhalb von 100 %, so ist die elektrische Dimensionierung aller S120 Cabinet Modules unter Berücksichtigung der entsprechenden Strom-Derating-Faktoren durchzuführen.

Hinweis:

Die Strom-Derating-Faktoren der beiden Diagramme sind nicht zu multiplizieren. Für die Dimensionierung ist der jeweils ungünstigste Strom-Derating-Faktor der beiden Diagramme maßgebend, so dass im ungünstigsten Fall ein Gesamt-Strom-Derating-Faktor von 0,9 gilt.



Strom-Derating als Funktion der Kühlmitteltemperatur im Vorlauf des umrichterseitigen Feinwasserkreises für die Schutzarten <IP55 sowie die Schutzart IP55

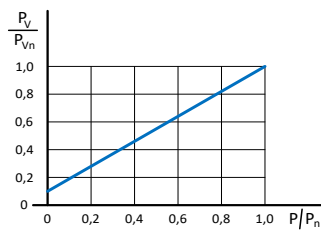


Strom-Derating als Funktion der Umgebungstemperatur

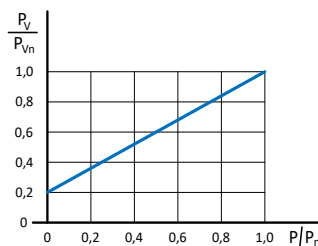
3. Dimensionierung und Auswahl aller S120 Cabinet Modules des Antriebsverbandes

Die elektrische Dimensionierung des gesamten Antriebsverbandes ist unter Berücksichtigung des unter 2. ermittelten Strom-Derating-Faktors durchzuführen. Daraus ergeben sich Art und Anzahl der an den internen Feinwasserkreis anzuschließenden S120 Cabinet Modules sowie deren elektrische Betriebsdaten (Strom und Leistung). Auf Basis dieser Daten sowie der vorgesehenen Schutzart werden für jedes S120 Cabinet Module die folgenden Größen ermittelt:

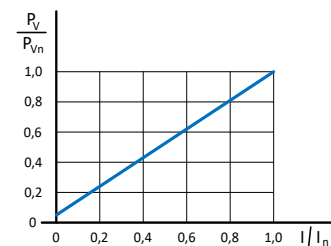
- **Kühlmittel-Volumenstrom dV/dt :**
Dieser ist den technischen Daten des Katalogs D 21.3 zu entnehmen. Dieser Wert gilt unabhängig von der tatsächlichen Auslastung des jeweiligen S120 Cabinet Modules, weil die Firmware der Chassis-Leistungsteile den Volumenstrom indirekt anhand der Temperatur im Vorlauf des Feinwasserkreises sowie der elektrischen Betriebsdaten überwacht.
- **An das Kühlmittel abgegebene Verlustleistung P_V :**
Diese ist den technischen Daten des Katalogs D 21.3 zu entnehmen. Die angegebenen Werte sind abhängig von der Schutzart (< IP55 bzw. IP55) und beziehen sich immer auf den Betrieb mit Bemessungsleistung P_n (Basic Line Connection Modules und Active Line Connection Modules) bzw. Bemessungsstrom I_n (Motor Modules). Bei Teillast können die Werte gemäß den folgenden Kennlinien in Abhängigkeit von der Leistung bzw. dem Ausgangsstrom reduziert werden:



Basic Line Connection Module



Active Line Connection Module



Motor Module

4. Ermittlung des Gesamtvolumenstroms und der Gesamtverlustleistung im Feinwasserkreis

Die unter 3. ermittelten Kühlmittel-Volumenströme dV/dt sowie die an das Kühlmittel abgegebenen Verlustleistungen P_V aller S120 Cabinet Modules sind zu addieren:

- **Gesamtvolumenstrom dV/dt_{gesamt} :**
$$dV/dt_{\text{gesamt}} = \sum dV/dt$$
- **Gesamtverlustleistung $P_{V\text{-gesamt}}$:**
$$P_{V\text{-gesamt}} = \sum P_V$$

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

5. Auswahl des Heat Exchanger Modules

Das Heat Exchanger Module ist auf Basis des Volumenstromes und der Verlustleistung auszuwählen.

- Der Bemessungs-Volumenstrom des Heat Exchanger Modules im Feinwasserkreis $dV/dt_{\text{HEM-Fein-n}}$ muss größer oder gleich dem unter 4. ermittelten Gesamtvolumenstrom dV/dt_{gesamt} sein, damit die in den Leistungsteilen der S120 Cabinet Modules implementierte Volumenstromüberwachung nicht anspricht:

$$dV/dt_{\text{HEM-Fein-n}} \geq dV/dt_{\text{gesamt}}$$

- Die Bemessungs-Kühlleistung des Heat Exchanger Modules $P_{\text{HEM-n}}$ muss größer oder gleich der unter 4. ermittelten Gesamtverlustleistung $P_{\text{V-gesamt}}$ sein, damit die Erwärmung des Kühlmittels zwischen Vor- und Rücklauf des Feinwasserkreises nicht zu groß wird und insbesondere bei hohen Vorlaufemperaturen im Feinwasserkreis die maximal zulässige Rücklauftemperatur von 58°C nicht überschritten wird:

$$P_{\text{HEM-n}} \geq P_{\text{V-gesamt}}$$

6. Ermittlung der erforderlichen Druckdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf des Feinwasserkreises

Die erforderliche Druckdifferenz Δp zwischen Vor- und Rücklauf des Feinwasserkreises ist abhängig von der Konzentration des Frostschutzmittels:

- $\Delta p \geq 130 - 200 \text{ kPa}$ (1,3 - 2,0 bar) bei Minimalkonzentration des Frostschutzmittels
- $\Delta p \geq 170 - 250 \text{ kPa}$ (1,7 - 2,5 bar) bei Maximalkonzentration des Frostschutzmittels

Die erforderliche Druckdifferenz Δp zwischen Vor- und Rücklauf des Feinwasserkreises ist bei der Inbetriebnahme mit Hilfe des entsprechenden Einstellhahns im Vorlauf des Feinwasserkreises im Heat Exchanger Module einzustellen.

7. Ermittlung der vom Feinwasserkreis in den Rohwasserkreis abführbaren Verlustleistung

Die vom Feinwasserkreis über den Wärmetauscher des Heat Exchanger Modules in den Rohwasserkreis abführbare Verlustleistung (Kühlleistung) ist abhängig von der Differenz der Temperaturen von Feinwasserkreis und Rohwasserkreis. Je größer diese Temperaturdifferenz ist, desto größer ist die abführbare Verlustleistung (Kühlleistung).

Die in den technischen Daten des Katalogs D 21.3 angegebene Bemessungs-Kühlleistung des Heat Exchanger Modules basiert auf einer Vorlauftemperatur im Feinwasserkreis von 45 °C und einer Vorlauftemperatur im Rohwasserkreis von 38 °C. Sie basiert somit auf einer Temperaturdifferenz von 7 °C sowie den Bemessungs-Volumenströmen im Feinwasserkreis und im Rohwasserkreis. Da das Heat Exchanger Module unter 5. nach dem erforderlichen Volumenstrom im Feinwasserkreis ausgewählt wurde, und man davon ausgehen kann, dass sich bei richtiger Dimensionierung auch der Bemessungs-Volumenstrom im anlagenseitigen Rohwasserkreis erreichen lässt, ergibt sich die vom Feinwasserkreis in den Rohwasserkreis abführbare Verlustleistung (Kühlleistung) $P_{\text{V-Fein-Roh}}$ aus der Bemessungs-Kühlleistung $P_{\text{HEM-n}}$ des unter 5. ausgewählten Heat Exchanger Modules sowie der Vorlauftemperatur im Feinwasserkreis $T_{\text{Vor-Fein}}$ und der Vorlauftemperatur im Rohwasserkreis $T_{\text{Vor-Roh}}$ zu:

$$P_{\text{V-Fein-Roh}} = P_{\text{HEM-n}} \cdot (T_{\text{Vor-Fein}} - T_{\text{Vor-Roh}}) / 7 \text{ °C}$$

Die in den Rohwasserkreis abführbare Verlustleistung $P_{\text{V-Fein-Roh}}$ muss größer oder gleich der unter 4. ermittelten Gesamtverlustleistung $P_{\text{V-gesamt}}$ sein:

$$P_{\text{V-Fein-Roh}} \geq P_{\text{V-gesamt}}$$

7.3.4.7 Beispiel zur Kühlkreislaufprojektierung

Für einen flüssigkeitsgekühlten Antriebsverband mit S120 Cabinet Modules werden ein S120 Active Line Connection Module und zwei S120 Motor Modules benötigt. Hierfür ist die Kühlkreislaufprojektierung durchzuführen. Dabei sind die folgenden Vorgaben und Randbedingungen zu berücksichtigen:

- Netzanschlussspannung: 690 V
- Schutzart der S120 Cabinet Modules: IP55
- Minimale Umgebungstemperatur (Anlage AUS): -5 °C
- Maximale Umgebungstemperatur im Betrieb: 40 °C
- Maximale relative Luftfeuchtigkeit im Betrieb: 80 %
- Maximale Rohwasser-Vorlauftemperatur: 30 °C

1. Ermittlung des erforderlichen Sollwertes der Kühlmitteltemperatur im Vorlauf des Feinwasserkreises

Bei der geforderten maximalen Umgebungstemperatur von 40 °C und der geforderten maximalen relativen Luftfeuchtigkeit von 80 % ergibt sich gemäß Tabelle eine Taupunkttemperatur von 35,8 °C.

Umgebungs- temperatur T	Relative Luftfeuchtigkeit Φ										
	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	85 %	90 %	95 %	100 %
10 °C	< 0 °C	< 0 °C	< 0 °C	0,2 °C	2,7 °C	4,8 °C	6,7 °C	7,6 °C	8,4 °C	9,2 °C	10,0 °C
20 °C	< 0 °C	2,0 °C	6,0 °C	9,3 °C	12,0 °C	14,3 °C	16,4 °C	17,4 °C	18,3 °C	19,1 °C	20,0 °C
25 °C	0,6 °C	6,3 °C	10,5 °C	13,8 °C	16,7 °C	19,1 °C	21,2 °C	22,2 °C	23,2 °C	24,1 °C	24,9 °C
30 °C	4,7 °C	10,5 °C	14,9 °C	18,4 °C	21,3 °C	23,8 °C	26,1 °C	27,1 °C	28,1 °C	29,0 °C	29,9 °C
35 °C	8,7 °C	14,8 °C	19,3 °C	22,9 °C	26,0 °C	28,6 °C	30,9 °C	32,0 °C	33,0 °C	34,0 °C	34,9 °C
40 °C	12,8 °C	19,1 °C	23,7 °C	27,5 °C	30,6 °C	33,4 °C	35,8 °C	36,9 °C	37,9 °C	38,9 °C	39,9 °C
45 °C	16,8 °C	23,3 °C	28,2 °C	32,0 °C	35,3 °C	38,1 °C	40,6 °C	41,8 °C	42,9 °C	43,9 °C	44,9 °C
50 °C	20,8 °C	27,5 °C	32,6 °C	36,6 °C	40,0 °C	42,9 °C	45,5 °C	46,6 °C	47,8 °C	48,9 °C	49,9 °C

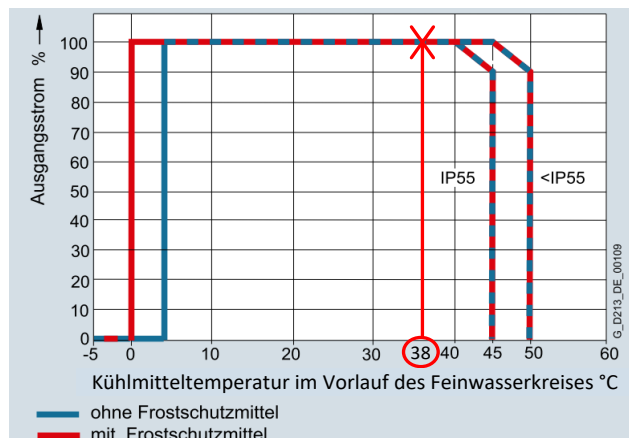
Daraus berechnet sich der minimale Sollwert T_{soll} der Kühlmitteltemperatur im Vorlauf des Feinwasserkreises zu

$$T_{\text{soll}} = T_{\text{Tp}} (T_{\text{max}} \text{ und } \Phi_{\text{max}} \text{ gemäß Tabelle}) + 2 \text{ °C} = 35,8 \text{ °C} + 2 \text{ °C} \approx 38 \text{ °C}$$

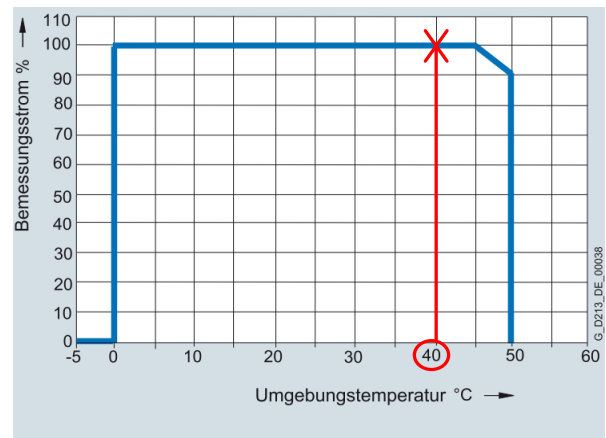
Der berechnete Sollwert T_{soll} der Kühlmitteltemperatur im Vorlauf des Feinwasserkreises ist bei der Inbetriebnahme an der Steuerung des Heat Exchanger Modules einzustellen. Die Steuerung hält den Sollwert mittels des 3-Wege-Ventils (Bypass-Ventils) im Feinwasserkreis des Heat Exchanger Modules konstant.

2. Ermittlung des durch die Temperaturverhältnisse bedingten Strom-Derating-Faktors der Leistungsteile

Die geforderte maximale Umgebungstemperatur T_{max} von 40 °C sowie der unter 1. berechnete Sollwert T_{soll} der Kühlmitteltemperatur im Vorlauf des Feinwasserkreises von 38 °C liegen unter Berücksichtigung der vorgesehenen Schutzart IP55 im zulässigen Bereich der entsprechenden Strom-Derating-Kennlinien und erfordern kein Strom-Derating in den S120 Leistungsteilen.



Strom-Derating als Funktion der Kühlmitteltemperatur im Vorlauf des umrichterseitigen Feinwasserkreises für die Schutzarten < IP55 sowie die Schutzart IP55



Strom-Derating als Funktion der Umgebungstemperatur

3. Dimensionierung und Auswahl aller S120 Cabinet Modules des Antriebsverbandes

Die elektrische Dimensionierung des gesamten Antriebsverbandes wird gemäß 2. ohne temperaturbedingte Strom-Derating-Faktoren durchgeführt. Für das vorliegende Beispiel zur Kühlkreislaufprojektierung wird angenommen, dass sich die folgenden S120 Cabinet Modules in Schutzart IP55 einschließlich der zugehörigen Auslastungen ergeben:

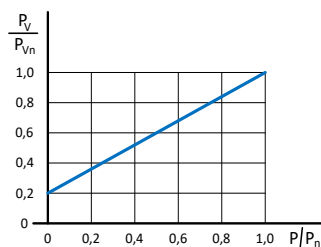
- Ein Active Line Connection Module: 690 V / 1700 kW / 1560 A / Auslastung 100 %
- Zwei Motor Modules: 690 V / 1000 kW / 1025 A / Auslastung 85 %

Für jedes dieser S120 Cabinet Modules werden der Volumenstrom und die abgegebene Verlustleistung bestimmt:

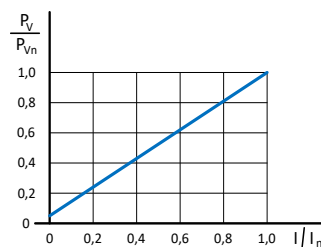
SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

- Kühlmittel-Volumenstrom dV/dt:
 - Active Line Connection Module IP55 / 690 V / 1700 kW / 1560 A / Auslastung 100 %
→ dV/dt = 70 l/min gemäß Katalog D 21.3 (unabhängig von der Auslastung)
 - Motor Module IP55 / 690 V / 1000 kW / 1025 A / Auslastung 85 %
→ dV/dt = 27 l/min gemäß Katalog D 21.3 (unabhängig von der Auslastung)
 - Motor Module IP55 / 690 V / 1000 kW / 1025 A / Auslastung 85 %
→ dV/dt = 27 l/min gemäß Katalog D 21.3 (unabhängig von der Auslastung)
- An das Kühlmittel abgegebene Verlustleistung P_V:
 - Active Line Connection Module IP55 / 690 V / 1700 kW / 1560 A / Auslastung 100 %
→ P_V (100 %) = 1,0 x 39,2 kW = 39,2 kW gem. Katalog D 21.3 u. Derating-Kennlinie unten
 - Motor Module IP55 / 690 V / 1000 kW / 1025 A / Auslastung 85 %
→ P_V (85 %) = 0,85 x 11,2 kW = 9,5 kW gem. Katalog D 21.3 u. Derating-Kennlinie unten
 - Motor Module IP55 / 690 V / 1000 kW / 1025 A / Auslastung 85 %
→ P_V (85 %) = 0,85 x 11,2 kW = 9,5 kW gem. Katalog D 21.3 u. Derating-Kennlinie unten



Active Line Connection Module



Motor Module

4. Ermittlung des Gesamtvolumenstroms und der Gesamtverlustleistung im Feinwasserkreis

Die unter 3. ermittelten Kühlmittel-Volumenströme dV/dt sowie die an das Kühlmittel abgegebenen Verlustleistungen P_V aller S120 Cabinet Modules werden addiert:

- Gesamtvolumenstrom dV/dt_{gesamt} :
dV/dt_{gesamt} = (70 + 27 + 27) l/min = 124 l/min
- Gesamtverlustleistung P_{V-gesamt} :
P_{V-gesamt} = (39,2 + 9,5 + 9,5) kW = 58,2 kW

5. Auswahl des Heat Exchanger Modules

Das Heat Exchanger Module wird auf Basis des Volumenstromes und der Verlustleistung ausgewählt.

- dV/dt_{HEM-Fein-n} ≥ dV/dt_{gesamt} → dV/dt_{HEM-Fein-n} ≥ 124 l/min
- P_{HEM-n} ≥ P_{V-gesamt} → P_{HEM-n} ≥ 58,2 kW

Damit wird aus dem Katalog D 21.3 das Heat Exchanger Module mit folgenden Daten ausgewählt:

- Bemessungs-Kühlleistung: 72 kW ≥ 58,2 kW
- Bemessungs-Volumenstrom im Feinwasserkreis: 197 l/min ≥ 124 l/min

6. Ermittlung der erforderlichen Druckdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf des Feinwasserkreises

Die erforderliche Druckdifferenz Δp zwischen Vor- und Rücklauf des Feinwasserkreises ist abhängig von der Konzentration des Frostschutzmittels. Bei der geforderten minimalen Umgebungstemperatur von -5 °C ist die Minimalkonzentration erforderlich. Daraus ergibt sich die einzustellende Druckdifferenz zu

$$\Delta p \geq 130 - 200 \text{ kPa (1,3 – 2,0 bar)}$$

Die erforderliche Druckdifferenz Δp zwischen Vor- und Rücklauf des Feinwasserkreises ist bei der Inbetriebnahme mit Hilfe des entsprechenden Einstellhahns im Vorlauf des Feinwasserkreises im Heat Exchanger Module einzustellen.

7. Ermittlung der vom Feinwasserkreis in den Rohwasserkreis abführbaren Verlustleistung

Mit der gegebenen maximalen Rohwasser-Vorlauftemperatur von 30 °C berechnet sich die vom Feinwasserkreis in den Rohwasserkreis abführbare Verlustleistung (Kühlleistung) $P_{V\text{-Fein-Roh}}$ aus der Bemessungs-Kühlleistung $P_{\text{HEM-n}}$ des unter 5. ausgewählten Heat Exchanger Modules sowie der Vorlauftemperatur im Feinwasserkreis $T_{\text{Vor-Fein}}$ und der Vorlauftemperatur im Rohwasserkreis $T_{\text{Vor-Roh}}$ zu:

$$P_{V\text{-Fein-Roh}} = P_{\text{HEM-n}} \cdot (T_{\text{Vor-Fein}} - T_{\text{Vor-Roh}}) / 7 \text{ °C} = 72 \text{ kW} \cdot (38 \text{ °C} - 30 \text{ °C}) / 7 \text{ °C} = 82 \text{ kW}.$$

Die in den Rohwasserkreis abführbare Verlustleistung von 82 kW ist deutlich größer als die unter 4. ermittelte Gesamtverlustleistung des Antriebsverbandes von 58,2 kW und kann daher problemlos abgeführt werden.

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

7.3.5 Basic Line Connection Modules

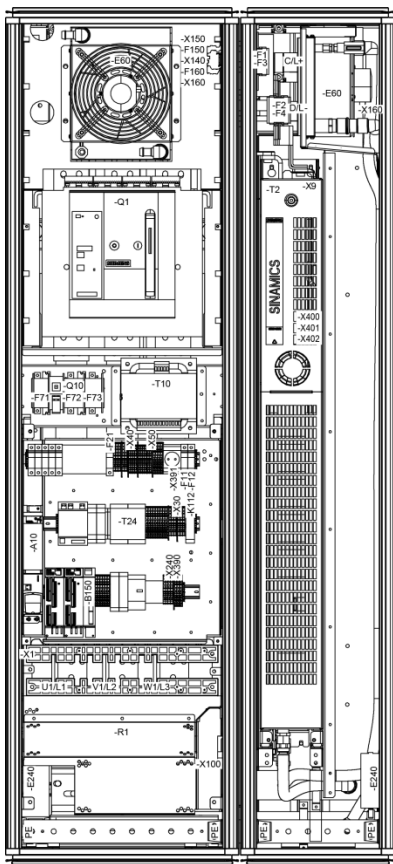
7.3.5.1 Aufbau

SINAMICS S120 Basic Line Connection Modules sind Netzeinspeisungen für den Zweiquadrantbetrieb. Sie bestehen aus einem Line Connection Module und einem flüssigkeitsgekühlten Basic Line Module.

Hinweis:

Im Unterschied zu den luftgekühlten S120 Cabinet Modules, bei denen Line Connection Modules und Basic Line Modules als separate Schrankkomponenten verfügbar sind, gibt es bei flüssigkeitsgekühlten S120 Cabinet Modules nur optimal aufeinander abgestimmte, untrennbare Kombinationen aus Line Connection Modules und Basic Line Modules, welche als Basic Line Connection Modules bezeichnet werden.

Basic Line Connection Modules sind bei den flüssigkeitsgekühlten S120 Cabinet Modules im Leistungsbereich von 360 - 830 kW bei 400 V bzw. 355 - 1370 kW bei 690V erhältlich.



Beispiel eines Basic Line Connection Modules in der Schutzart IP55 (Line Connection Module (links) + Basic Line Module (rechts))

Das Line Connection Module (im Bild links dargestellt) enthält die netzseitigen Anschlüsse, Sicherungslasttrennschalter (≤ 800 A) bzw. Leistungsschalter (> 800 A) und verbindet das Netz mit dem Basic Line Module.

Das Basic Line Module (im Bild rechts dargestellt) besitzt eine gesteuerte Thyristorbrücke. Die Vorladung des Zwischenkreises erfolgt über die Veränderung des Steuerwinkels. Im Betrieb werden die Thyristoren mit Steuerwinkel 0° betrieben, so dass sie sich praktisch wie Dioden verhalten.

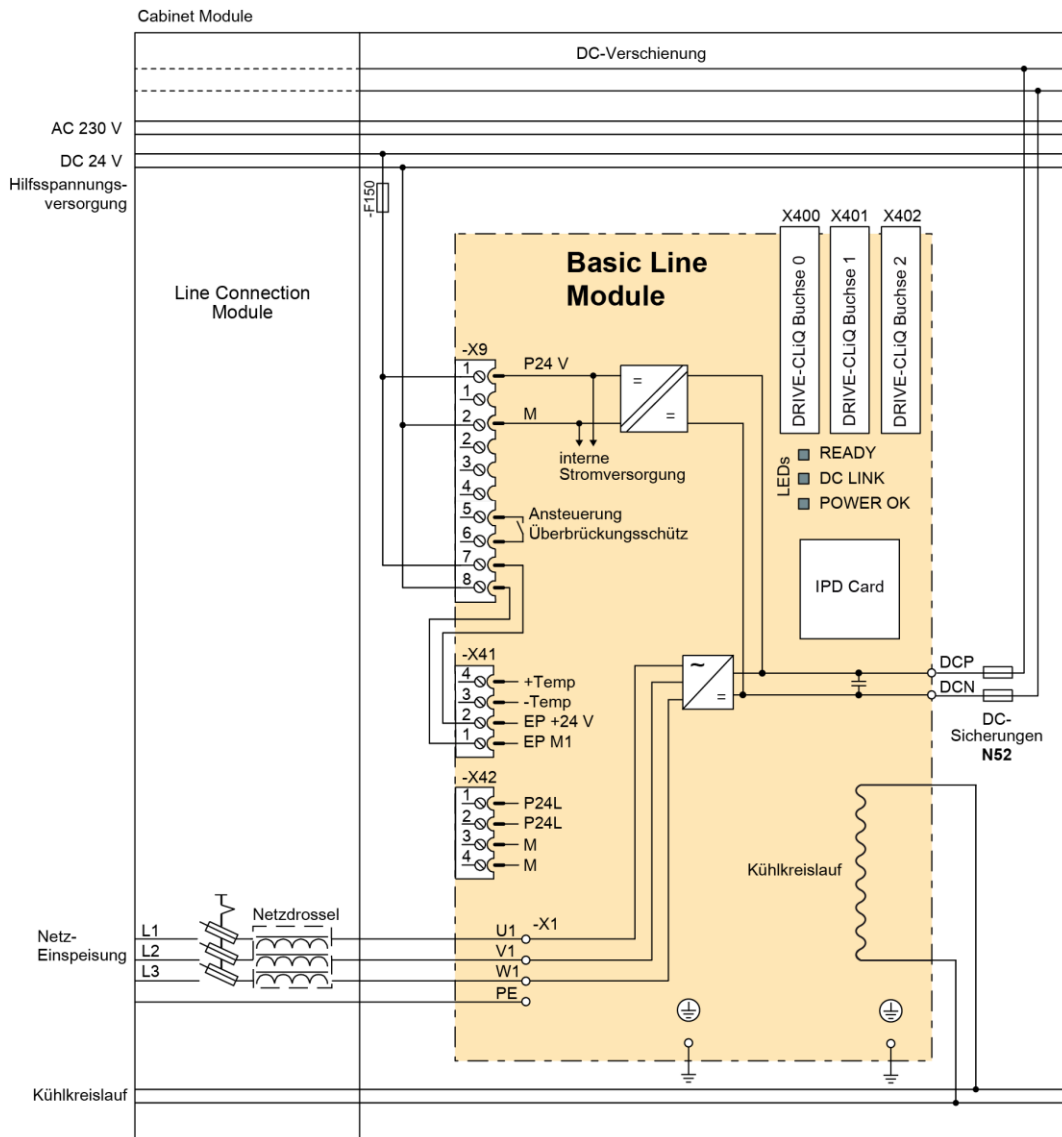
Jedes Basic Line Module benötigt den Anschluss an eine Control Unit. Diese kann als Option im Line Connection Module angeordnet werden. Es ist aber auch möglich, die Control Unit benachbarter S120 Cabinet Modules wie z. B. Motor Modules zu nutzen.

Zu beachten ist, dass das Ladevermögen für den Zwischenkreis gerätespezifisch begrenzt ist. Bitte beachten Sie die Hinweise im Kapitel „Projektierung der SINAMICS S120, Hinweise zu den Einbau- und Schrankgeräten“, Abschnitt „Überprüfung der maximalen Zwischenkreiskapazität“.

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

Basic Line Connection Module



Beispiel eines flüssigkeitsgekühlten Basic Line Connection Modules (≤ 800 A) mit Sicherungslasttrennschalter und Netzdrössel im Line Connection Module sowie DC-Sicherungen (Option N52) im Basic Line Module

Basic Line Connection Modules	
Leistung bei 400 V [kW]	Artikel-Nr.
Anschlussspannung 3AC 380 V – 480 V (Zwischenkreisspannung 510 V – 650 V)	
360	6SL3735-1TE37-4LA3
600	6SL3735-1TE41-2LA3
830	6SL3735-1TE41-7LA3
Leistung bei 500 V / 690 V [kW]	
Anschlussspannung 3AC 500 V – 690 V (Zwischenkreisspannung 675 V – 930 V)	
245 / 355	6SL3735-1TG34-2LA3
420 / 630	6SL3735-1TG37-3LA3
750 / 1100	6SL3735-1TG41-3LA3
950 / 1370	6SL3735-1TG41-7LA3

Leistungen und Artikelnummern der verschiedenen Basic Line Connection Modules

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

7.3.5.2 Zwischenkreissicherungen

Basic Line Connection Modules besitzen standardmäßig keine DC-Sicherungen.

Werden DC-Sicherungen gewünscht, so können diese über die Option N52 bestellt werden. Die DC-Sicherungen sind im Schrank an der Verbindungsschiene zur DC-Verschienung angeordnet und nicht im Leistungsteil selbst untergebracht.

7.3.5.3 Parallelschaltungen von Basic Line Connection Modules

Basic Line Connection Modules können auch in Parallelschaltung betrieben werden. Es sind bis zu vier identische Basic Line Connection Modules parallelschaltbar.

Hinweis:

Im Unterschied zu den luftgekühlten S120 Cabinet Modules, bei denen spezielle Line Connection Modules und Basic Line Modules für Parallelschaltungen zur Verfügung stehen, können bei flüssigkeitsgekühlten S120 Cabinet Modules nur die standardmäßigen Basic Line Connection Modules parallel geschaltet werden.

Folgende Punkte sind dabei zu beachten:

- Es gelten die grundsätzlichen Regeln zur Parallelschaltung von S120 Basic Line Modules gemäß dem Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung, Abschnitt „Umrichter-Parallelschaltungen“.
- Zur netzseitigen Absicherung sind in den parallel geschalteten Line Connection Modules zwingend Lasttrennschalter mit Sicherungen (≤ 800 A) bzw. Leistungsschalter (> 800 A) erforderlich. Die Überwachung muss über die Klemmen -X50 der jeweiligen Line Connection Modules realisiert werden (Rückmeldung Sicherungslasttrennschalter bzw. Rückmeldung Leistungsschalter).
- Zur Absicherung zur DC-Schiene wird der Einsatz von Zwischenkreissicherungen empfohlen (Option N52).
- Um eine durchgehende DC-Verschienung durch alle parallel geschalteten Basic Line Connection Modules zu erhalten, muss jeweils die Option M88 bestellt werden. Dies ist deshalb erforderlich, weil die standardmäßigen Basic Line Connection Modules im Line Connection Module keine DC-Verschienung enthalten.

Zu berücksichtigen sind auch die DRIVE-CLiQ-Leitungen von den jeweiligen parallel geschalteten Basic Line Connection Modules zur gemeinsamen Control Unit.

7.3.6 Active Line Connection Modules

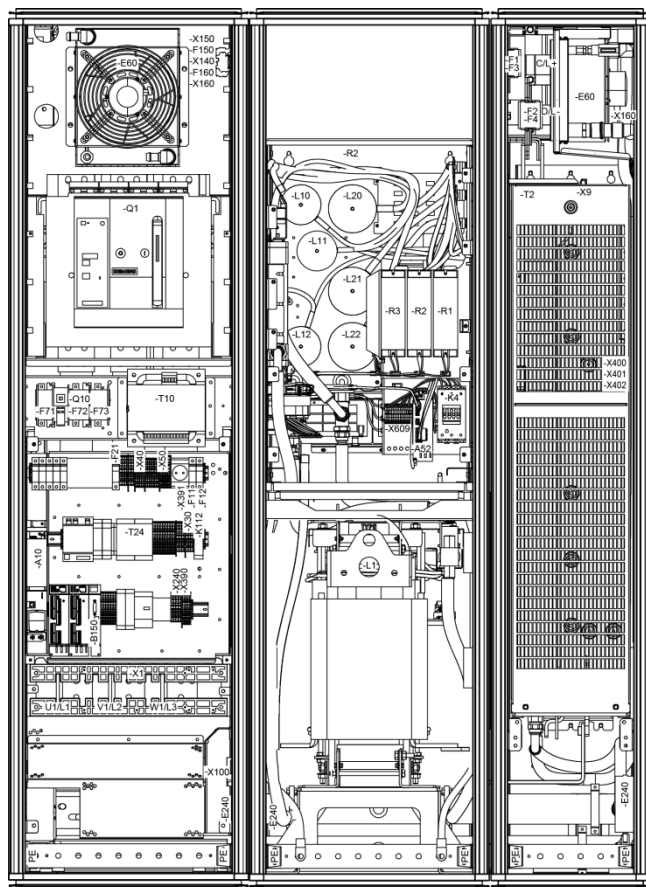
7.3.6.1 Aufbau

SINAMICS S120 Active Line Connection Modules sind aktive Netzeinspeisungen für den Vierquadrantbetrieb. Sie bestehen aus einem Line Connection Module und einem flüssigkeitsgekühlten Active Line Module inkl. zugehörigem flüssigkeitsgekühlten Active Interface Module.

Hinweis:

Im Unterschied zu den luftgekühlten S120 Cabinet Modules, bei denen Line Connection Modules und Active Line Modules inkl. Active Interface Modules als separate Schrankkomponenten verfügbar sind, gibt es bei flüssigkeitsgekühlten S120 Cabinet Modules nur optimal aufeinander abgestimmte, untrennbare Kombinationen aus Line Connection Modules und Active Line Modules inkl. Active Interface Modules, welche als Active Line Connection Modules bezeichnet werden.

Active Line Connection Modules sind bei den flüssigkeitsgekühlten S120 Cabinet Modules im Leistungsbereich von 380 - 900 kW bei 400 V bzw. 800 - 1700 kW bei 690V erhältlich.



Beispiel eines Active Line Connection Modules in der Schutzart IP55 (Line Connection Module (links) + Active Line Module (rechts) inkl. Active Interface Module (Mitte))

Das Line Connection Module (im Bild links dargestellt) enthält die netzseitigen Anschlüsse, Sicherungslasttrennschalter und Hauptschütz (≤ 800 A) bzw. Leistungsschalter (> 800 A) und verbindet das Netz mit dem Active Interface Module.

Das Active Interface Module (im Bild in der Mitte dargestellt) enthält das flüssigkeitsgekühlte netzseitige Clean Power Filter für das Active Line Module, die Netzspannungserfassungsbaugruppe VSM sowie die Vorladung (Vorladeschütz mit Vorladewiderständen).

Das Active Line Module (im Bild rechts dargestellt) besitzt eine aktiv gepulste, geregelte Ein- / Rückspeisung.

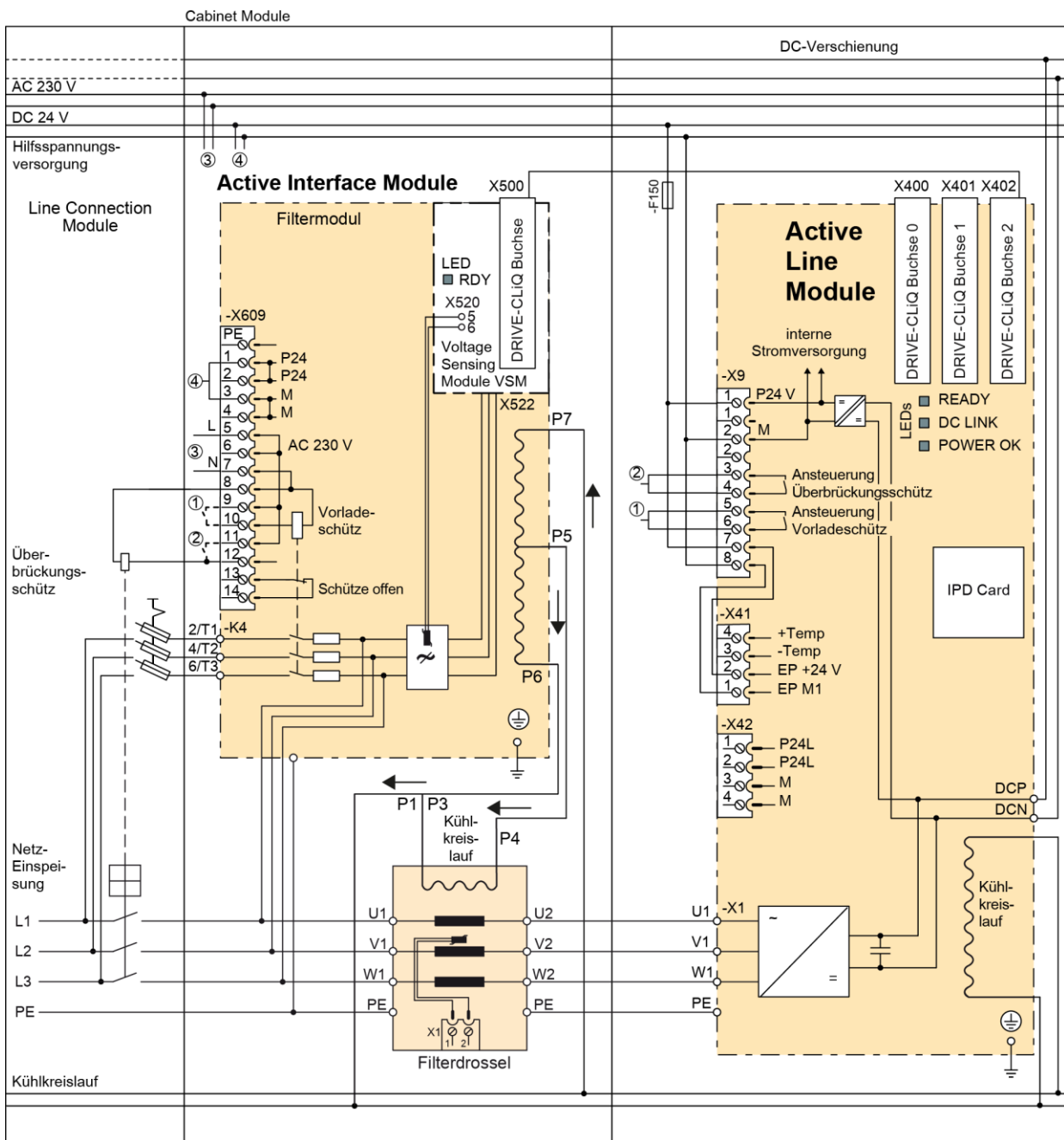
SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

Jedes Active Line Module benötigt den Anschluss an eine Control Unit. Diese kann als Option im Line Connection Module angeordnet werden. Es ist aber auch möglich, die Control Unit benachbarter S120 Cabinet Modules wie z. B. Motor Modules zu nutzen.

Zu beachten ist, dass das Ladevermögen für den Zwischenkreis gerätespezifisch begrenzt ist. Bitte beachten Sie die Hinweise im Kapitel „Projektierung der SINAMICS S120, Hinweise zu den Einbau- und Schrankgeräten“, Abschnitt „Überprüfung der maximalen Zwischenkreiskapazität“.

Active Line Connection Module



Beispiel eines flüssigkeitsgekühlten Active Line Connection Modules (> 800 A) mit Leistungsschalter im Line Connection Module sowie einem flüssigkeitsgekühlten Active Line Module inklusive flüssigkeitsgekühltem Active Interface Module

Active Line Connection Modules	
Leistung bei 400 V [kW]	Artikel-Nr.
Anschlussspannung 3AC 380 V – 480 V (Zwischenkreisspannung 570 V – 720 V)	
380	6SL3735-7TE36-1LA3
500	6SL3735-7TE38-4LA3
630	6SL3735-7TE41-0LA3
900	6SL3735-7TE41-4LA3
Leistung bei 500 V / 690 V [kW]	
Anschlussspannung 3AC 500 V – 690 V (Zwischenkreisspannung 750 V – 1035 V)	
560 / 800	6SL3735-7TG37-4LA3
620 / 900	6SL3735-7TG38-1LA3
780 / 1100	6SL3735-7TG41-0LA3
965 / 1400	6SL3735-7TG41-3LA3
1180 / 1700	6SL3735-7TG41-6LA3

Leistungen und Artikelnummern der verschiedenen Active Line Connection Modules

7.3.6.2 Zwischenkreissicherungen

Active Line Connection Modules besitzen standardmäßig keine DC-Sicherungen.

Werden DC-Sicherungen gewünscht, so können diese über die Option N52 bestellt werden. Die DC-Sicherungen sind im Schrank an der Verbindungsschiene zur DC-Verschienung angeordnet und nicht im Leistungsteil selbst untergebracht.

7.3.6.3 Parallelschaltungen von Active Line Connection Modules

Active Line Connection Modules können auch in Parallelschaltung betrieben werden. Es sind bis zu vier identische Active Line Connection Modules parallelschaltbar.

Hinweis:

Im Unterschied zu den luftgekühlten S120 Cabinet Modules, bei denen spezielle Line Connection Modules und Active Line Modules für Parallelschaltungen zur Verfügung stehen, können bei flüssigkeitsgekühlten S120 Cabinet Modules nur die standardmäßigen Active Line Connection Modules parallel geschaltet werden.

Folgende Punkte sind dabei zu beachten:

- Es gelten die grundsätzlichen Regeln zur Parallelschaltung von S120 Active Line Modules gemäß dem Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung, Abschnitt „Umrichter-Parallelschaltungen“.
- Zur netzseitigen Absicherung sind in den parallel geschalteten Line Connection Modules zwingend Lasttrennschalter mit Sicherungen (≤ 800 A) bzw. Leistungsschalter (> 800 A) erforderlich. Die Überwachung muss über die Klemmen -X50 der jeweiligen Line Connection Modules realisiert werden (Rückmeldung Sicherungslasttrennschalter bzw. Rückmeldung Leistungsschalter).
- Zur Absicherung zur DC-Schiene wird der Einsatz von Zwischenkreissicherungen empfohlen (Option N52).
- Um eine durchgehende DC-Verschienung durch alle parallel geschalteten Active Line Connection Modules zu erhalten, muss jeweils die Option M88 bestellt werden. Dies ist deshalb erforderlich, weil die standardmäßigen Active Line Connection Modules im Line Connection Module keine DC-Verschienung enthalten.

Zu berücksichtigen sind auch die DRIVE-CLiQ-Leitungen von den jeweiligen parallel geschalteten Active Line Connection Modules zur gemeinsamen Control Unit.

SINAMICS S120 Cabinet Modules

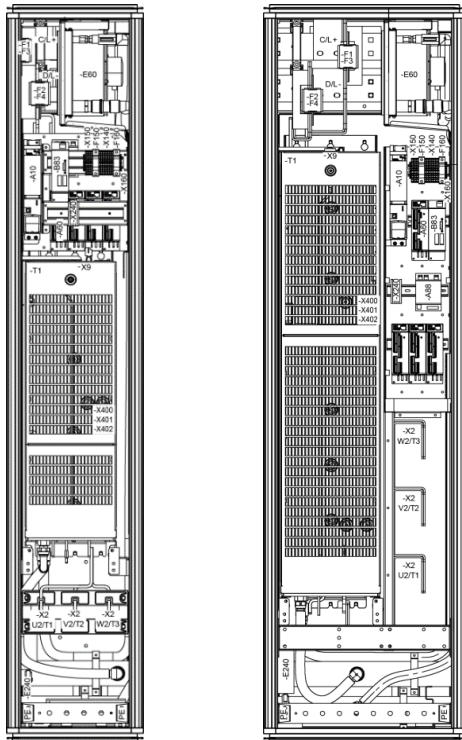
Projektierungshinweise

7.3.7 Motor Modules

7.3.7.1 Aufbau

Motor Modules erzeugen aus der Gleichspannung der DC-Schiene ein Drehstromsystem mit variabler Frequenz und Spannung zur Speisung der Motoren.

Motor Modules sind bei den flüssigkeitsgekühlten SINAMICS S120 Cabinet Modules im Leistungsbereich von 110 - 800 kW bei 400 V bzw. 90 - 1500 kW bei 690 V erhältlich.



Beispiele von Motor Modules der Baugrößen HXL (links) und JXL (rechts) in der Schutzart IP55

Die Anschlusslaschen für die Motorleitungen befinden sich bei Motor Modules der Baugröße FXL, GXL und HXL unterhalb des flüssigkeitsgekühlten Chassis-Gerätes. Bei der Baugröße JXL sind die Anschlusslaschen für die Motorleitungen wegen der größeren Höhe des flüssigkeitsgekühlten Chassis-Gerätes rechts neben das flüssigkeitsgekühlte Chassis-Gerät geführt.

Motorseitige Optionen L07, L08 und L10 (du/dt-Filter compact / Motordrossel / du/dt-Filter) sind in Vorbereitung und erfordern ein separates Zusatz-Schrankfeld, welches rechts neben dem Motor Module angeordnet wird.

Motor Module	Ausgangs-Bemessungsstrom	Artikel-Nr.
Leistung bei 400 V [kW]	[A]	
Anschlussspannung 3AC 380 V – 480 V (Zwischenkreisspannung 510 V – 720 V)		
110	210	6SL3725-1TE32-1AA3
132	260	6SL3725-1TE32-6AA3
160	310	6SL3725-1TE33-1AA3
250	490	6SL3725-1TE35-0AA3
315	605	6SL3725-1TE36-1AA3
400	745	6SL3725-1TE37-5AA3
450	840	6SL3725-1TE38-4AA3
560	985	6SL3725-1TE41-0AA3
710	1260	6SL3725-1TE41-2AA3
800	1330	6SL3725-1TE41-4AS3
800	1405	6SL3725-1TE41-4AA3

Leistungen und Artikelnummern der verschiedenen Motor Modules (400 V)

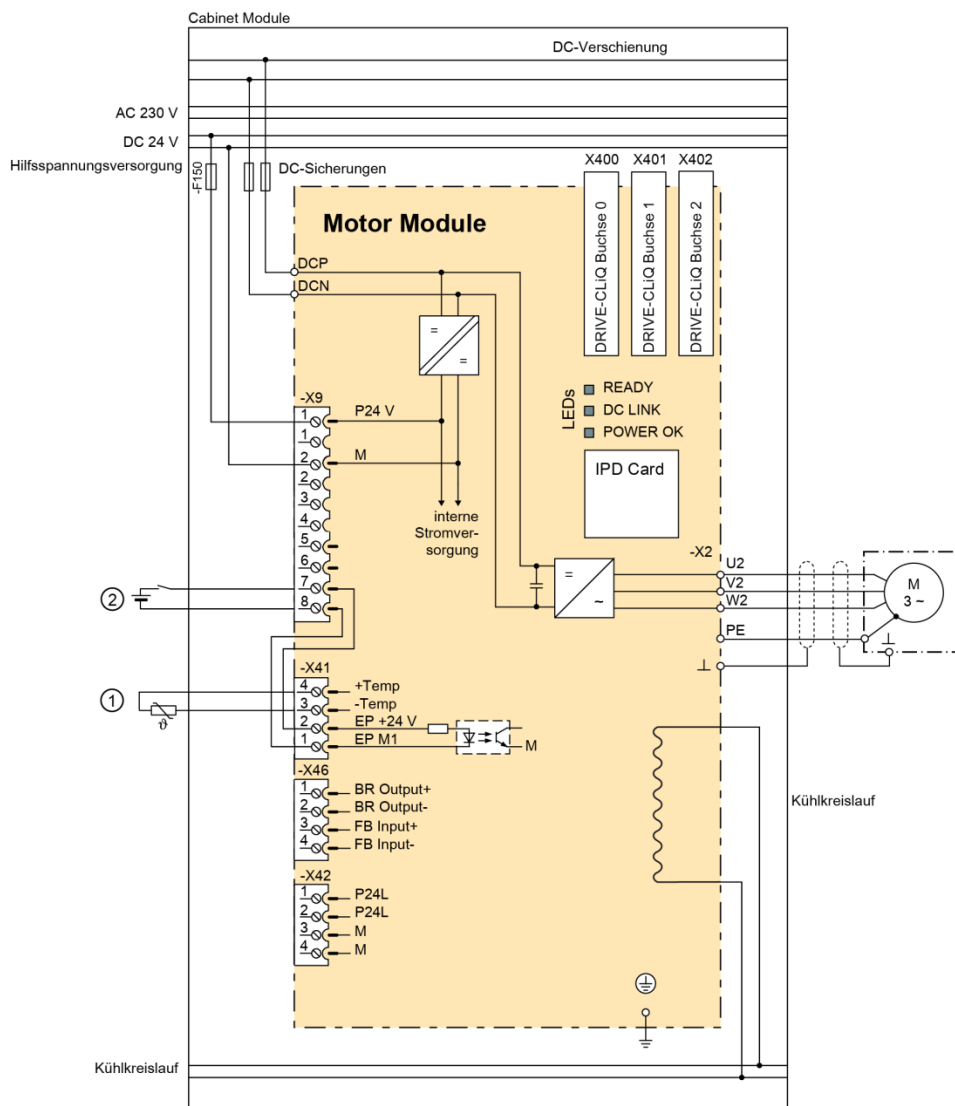
SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

Motor Module Leistung bei 500 V / 690 V [kW]	Ausgangs-Bemessungsstrom [A]	Artikel-Nr.
Anschlussspannung 3AC 500 V – 690 V (Zwischenkreisspannung 675 V – 1035 V)		
55 / 90	100	6SL3725-1TG31-0AA3
90 / 132	150	6SL3725-1TG31-5AA3
132 / 200	215	6SL3725-1TG32-2AA3
200 / 315	330	6SL3725-1TG33-3AA3
315 / 450	465	6SL3725-1TG34-7AA3
400 / 560	575	6SL3725-1TG35-8AA3
500 / 710	735	6SL3725-1TG37-4AA3
560 / 800	810	6SL3725-1TG38-0AA3
560 / 800	810	6SL3725-1TG38-1AA3
710 / 1000	1025	6SL3725-1TG41-0AA3
900 / 1200	1270	6SL3725-1TG41-3AA3
1000 / 1500	1560	6SL3725-1TG41-6AP3

Leistungen und Artikelnummern der verschiedenen Motor Modules (500 V – 690 V)

Motor Module



Beispiel eines flüssigkeitsgekühlten Motor Modules mit DC-Sicherungen zwischen Motor Module und DC-Schiene

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

7.3.7.2 Zwischenkreissicherungen

DC-Sicherungen sind standardmäßig in jedem Motor Module vorhanden. Die DC-Sicherungen sind im Schrank an der Verbindungsschiene zur DC-Verschienung angeordnet und nicht im Leistungsteil selbst untergebracht.

7.3.7.3 Parallelschaltung von Motor Modules zur Leistungserhöhung

7.3.7.3.1 Allgemeines

Bei der Parallelschaltung dürfen nur Motor Modules gleicher Spannung und Leistung sowie gleichen Typs verwendet werden. Werden SINAMICS S120 Motor Modules parallelgeschaltet, so kann es trotz der Stromausgleichsregelung zu Unsymmetrien in der Stromaufteilung kommen, so dass bei der Parallelschaltung mit einem Strom-Derating von 5 % gerechnet werden muss.

Bei Motoren mit einem gemeinsamen Wicklungssystem sind zur Entkopplung der parallel geschalteten Motor Modules Mindestleitungslängen zwischen den Motor Modules und dem Motor zu beachten. Können die angegebenen Mindestleitungslängen nicht eingehalten werden, so sind Motordrosseln bzw. -filter einzusetzen.

Ausführliche Informationen zum Thema Parallelschaltungen sind dem Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt „Umrichter-Parallelschaltungen“ zu entnehmen.

7.3.7.3.2 Minimale Motorleitungslängen bei Motoren mit gemeinsamen Wicklungssystem

Die folgende Tabelle gibt die minimal erforderlichen Motorleitungslängen für Parallelschaltungen von SINAMICS S120 Motor Modules der flüssigkeitsgekühlten S120 Cabinet Modules an, wobei unter der angegebenen Länge die Entfernung zwischen dem Ausgang eines jeden Motor Modules und dem Motoranschlusskasten entlang der Motorleitung zu verstehen ist.

Motor Module			Motorzuleitung Mindestlänge ¹⁾ [m]
Baugröße	P _n bei 400 V [kW]	I _n [A]	
Anschlussspannung DC 510 V bis 720 V			
FXL	110	210	30
FXL	132	260	27
GXL	160	310	20
GXL	250	490	15
HXL	315	605	13
HXL	400	745	10
HXL	450	840	9
JXL	560	985	8
JXL	710	1260	6
JXL	800	1330	5
JXL	800	1405	5

Motor Module				Motor Module			
Baugröße	P _n bei 500 V [kW]	I _n [A]	Motorzuleitung Mindestlänge ¹⁾ [m]	Baugröße	P _n bei 690 V [kW]	I _n [A]	Motorzuleitung Mindestlänge ¹⁾ [m]
Anschlussspannung DC 675 V bis 900 V ²⁾				Anschlussspannung DC 890 V bis 1035 V ²⁾			
FXL	55	100	72	FXL	90	100	90
FXL	90	150	55	FXL	132	150	70
GXL	132	215	40	GXL	200	215	50
GXL	200	330	25	GXL	315	330	30
HXL	315	465	18	HXL	450	465	25
HXL	400	575	15	HXL	560	575	20
HXL	500	735	13	HXL	710	735	18
HXL	560	810	13	HXL	800	810	18
JXL	560	810	11	JXL	800	810	15
JXL	710	1025	8,5	JXL	1000	1025	10
JXL	900	1270	7	JXL	1200	1270	8
JXL	1000	1560	6	JXL	1500	1560	7

¹⁾ zulässige Toleranz: -20 %

²⁾ Diese Werte gelten für Geräteausprägungen mit den Anschlussspannungen 3AC 500 V bis 690 V (Artikel-Nr. 6SL3725-1TGxx-xAA3).

Mindestleitungslängen für die Parallelschaltung von S120 Motor Modules bei Motoren mit einem gem. Wicklungssystem

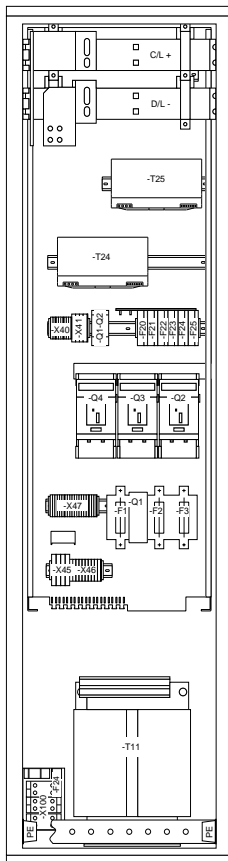
7.3.8 Auxiliary Power Supply Modules

7.3.8.1 Aufbau

Auxiliary Power Supply Modules werden vorzugsweise bei ausgedehnteren Anlagenverbänden eingesetzt, die einen hohen Hilfsstrombedarf haben und versorgen das Hilfsspannungsversorgungssystem der SINAMICS S120 Cabinet Modules mit zwei Hilfsspannungen:

- Hilfsspannung $U = 230\text{ V}$ (Wechselspannung, einphasig),
- Hilfsspannung $U = 24\text{ V}$ (Gleichspannung).

Dieses Hilfsspannungsversorgungssystem versorgt u. a. die Lüfter der bei der Schutzart IP55 erforderlichen schrank-internen Luft/Wasser-Wärmetauscher mit AC 230 V. Außerdem versorgt das Hilfsspannungsversorgungssystem die Elektronikbaugruppen mit einer externen Spannung von DC 24 V, die bei nicht geladenem Zwischenkreis für den Betrieb der Elektronik erforderlich ist, um z. B. die Kommunikation über Bussysteme wie PROFIBUS oder PROFINET aufrecht zu erhalten.



Das Auxiliary Power Supply Module wird anlagenseitig an die vorhandene Netzspannung 380 V bis 690 V angeschlossen (Stromaufnahme: Maximal 25 A).

Es enthält in der Standardausführung folgende Komponenten:

- Sicherungs-Lasttrennschalter mit Sicherungsüberwachung zur externen Auswertung.
- Transformator mit Ausgangsspannung AC 230 V.
- Spannungsversorgung SITOP DC 24 V.
- PE-Schiene, vernickelt (60 mm x 10 mm), einschließlich Brücke zum Weiterschleifen zum nächsten Cabinet Module
- Rohre für den Vor- und Rücklauf des Feinwasserkreises
- Versorgung des Hilfsspannungsversorgungssystems und weiterer externer Verbraucher mit zwei abgesicherten Hilfsspannungen:
 - AC 230 V für die Speisung von 230 V-Verbrauchern, wie z.B. Lüfter der schrank-internen Luft/Wasser-Wärmetauscher bei der Schutzart IP55:
(Stromabgabe: - Maximal 10 A an das Hilfsspannungsversorgungssystem
- Maximal 10 A an die Kundenklemme -X47)
 - DC 24 V für die Elektronikstromversorgung:
(Stromabgabe: - Maximal 20 A an das Hilfsspannungsversorgungssystem)

Hinweis:

In der Standardausführung enthält das Auxiliary Power Supply Module keine DC-Verschienung. Wenn das Auxiliary Power Supply Module nicht am Anfang oder Ende des Schrankverbandes angeordnet werden kann, sondern an einer Stelle im Schrankverband angeordnet werden muss, welche eine DC-Verschienung erforderlich macht, so ist die DC-Verschienung als Option bestellbar und im oberen Bereich des Cabinet Modules angeordnet, wie in der nebenstehenden Aufbauskizze dargestellt.

Auxiliary Power Supply Module

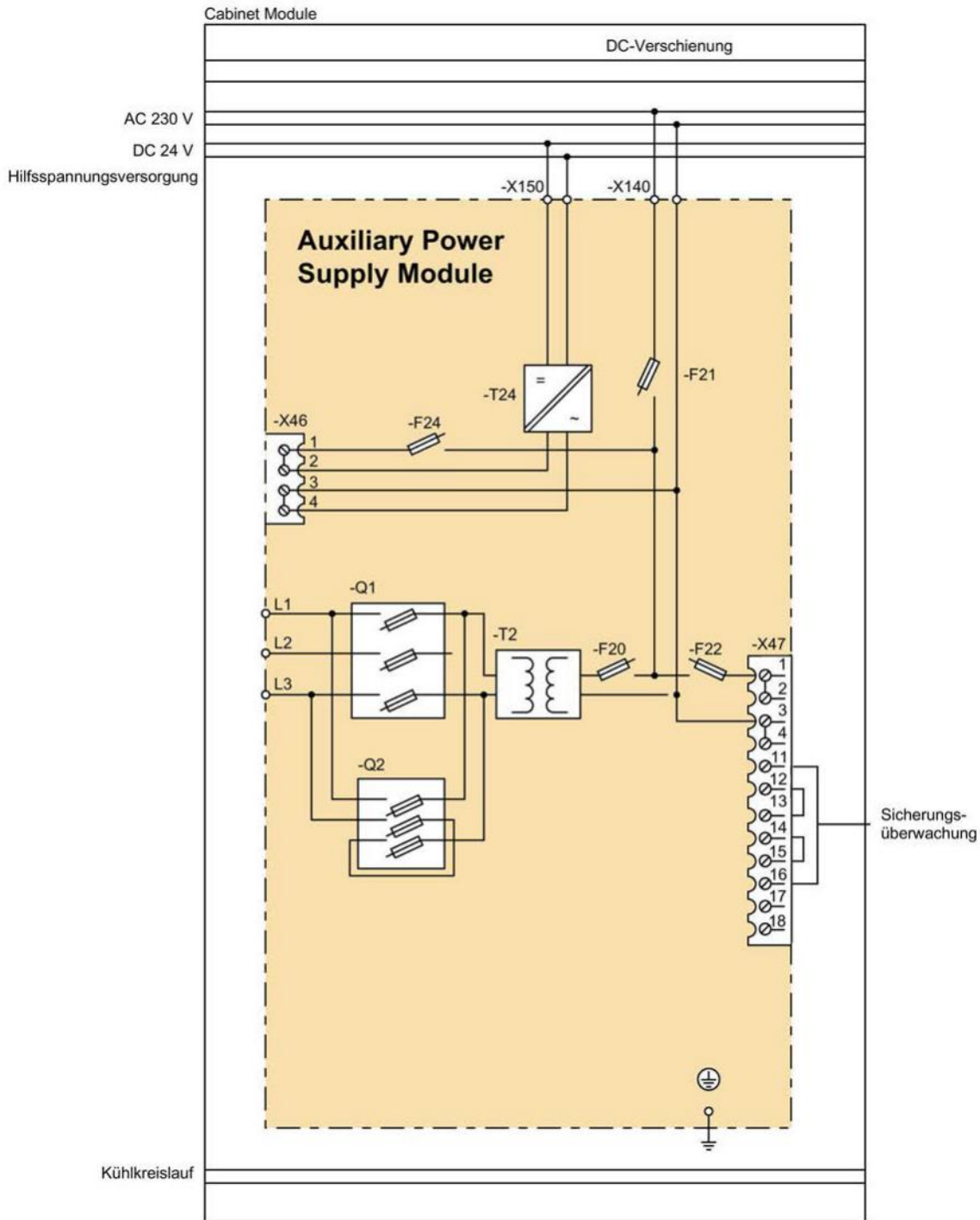
Hinweis:

Bei kleineren Anlagen ist der Einsatz eines Auxiliary Power Supply Modules zur Erzeugung der Hilfsspannungsversorgung oftmals nicht sinnvoll, wenn der Strombedarf der Hilfsversorgung gering ist. Hier kann die Hilfsenergie im Line Connection Module des Basic Line Connection Modules bzw. des Active Line Connection Modules erzeugt und dort abgesichert in das Hilfsspannungsversorgungssystem eingespeist werden. In diesem Fall ist im Basic Line Connection Module bzw. im Active Line Connection Module die Option K76 zu bestellen.

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

Die folgende Abbildung zeigt Aufbau und Komponenten des Auxiliary Power Supply Modules 6SL3705-0MX22-0AA3.

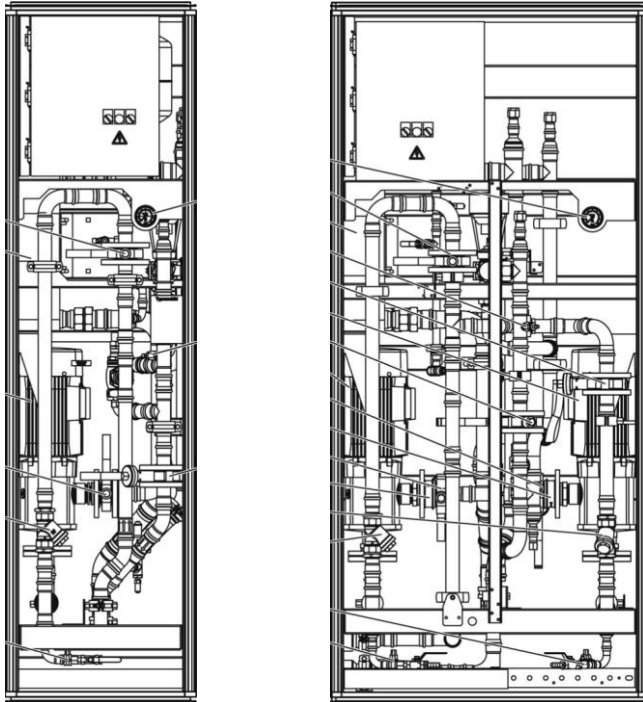


Aufbau des Auxiliary Power Supply Modules für flüssigkeitsgekühlte SINAMICS S120 Cabinet Modules

7.3.9 Heat Exchanger Modules

7.3.9.1 Aufbau und Funktionsweise

Heat Exchanger Modules speisen den umrichterseitigen, geschlossenen Feinwasserkreis der flüssigkeitsgekühlten SINAMICS S120 Cabinet Modules und trennen diesen vom anlagenseitigen Rohwasserkreis. Sie bestehen im Wesentlichen aus einer Pumpe, einem Wasser/Wasser-Wärmetauscher und einem 3-Wege-Ventil einschließlich der zugehörigen Armaturen und Sensoren. Steuerung und Regelung erfolgen über eine Control Unit CU320-2.



Beispiele von Heat Exchanger Modules:

Links mit einer Pumpe (standard) und rechts teilredundant mit zwei Pumpen (Option W01)

Das Kühlmittel des umrichterseitigen Feinwasserkreises wird durch die im Betrieb anfallende Verlustleistung der S120 Cabinet Modules erwärmt. Es wird durch die Pumpe (optional auch zwei Pumpen in Redundanzschaltung) umgewälzt und durchströmt den Wasser/Wasser-Wärmetauscher aus Edelstahl, der an den anlagenseitigen Rohwasserkreis angeschlossen ist. Dadurch wird das Kühlmittel des umrichterseitigen Feinwasserkreises durch das anlagenseitige Rohwasser abgekühlt und fließt zurück in die S120 Cabinet Modules.

Der Betauungsschutz erfolgt durch die Regelung der Kühlmitteltemperatur im Vorlauf des umrichterseitigen Feinwasserkreises. Die Regelung wird in einer Control Unit CU320-2 oder CU310-2 (ab V1.2 auf Anfrage) in Kombination mit einem 3-Wege-Ventil (Bypass-Ventil) im Heat Exchanger Module vorgenommen.

Der Betriebsdruck zwischen Vor- und Rücklauf des Feinwasserkreises kann mittels eines Einstellhahns im Vorlauf des Heat Exchanger Modules reduziert werden. Damit besteht die Möglichkeit, Druck und Volumenstrom im Feinwasserkreis so einzustellen, dass die eingesetzten S120 Cabinet Modules im Rahmen ihrer spezifizierten Daten hinsichtlich Druck und Volumenstrom betrieben werden. Eine Drosselung durch den Einstellhahn ist besonders dann sinnvoll bzw. erforderlich, wenn nur kleine Antriebsverbände an dem Heat Exchanger Module betrieben werden.

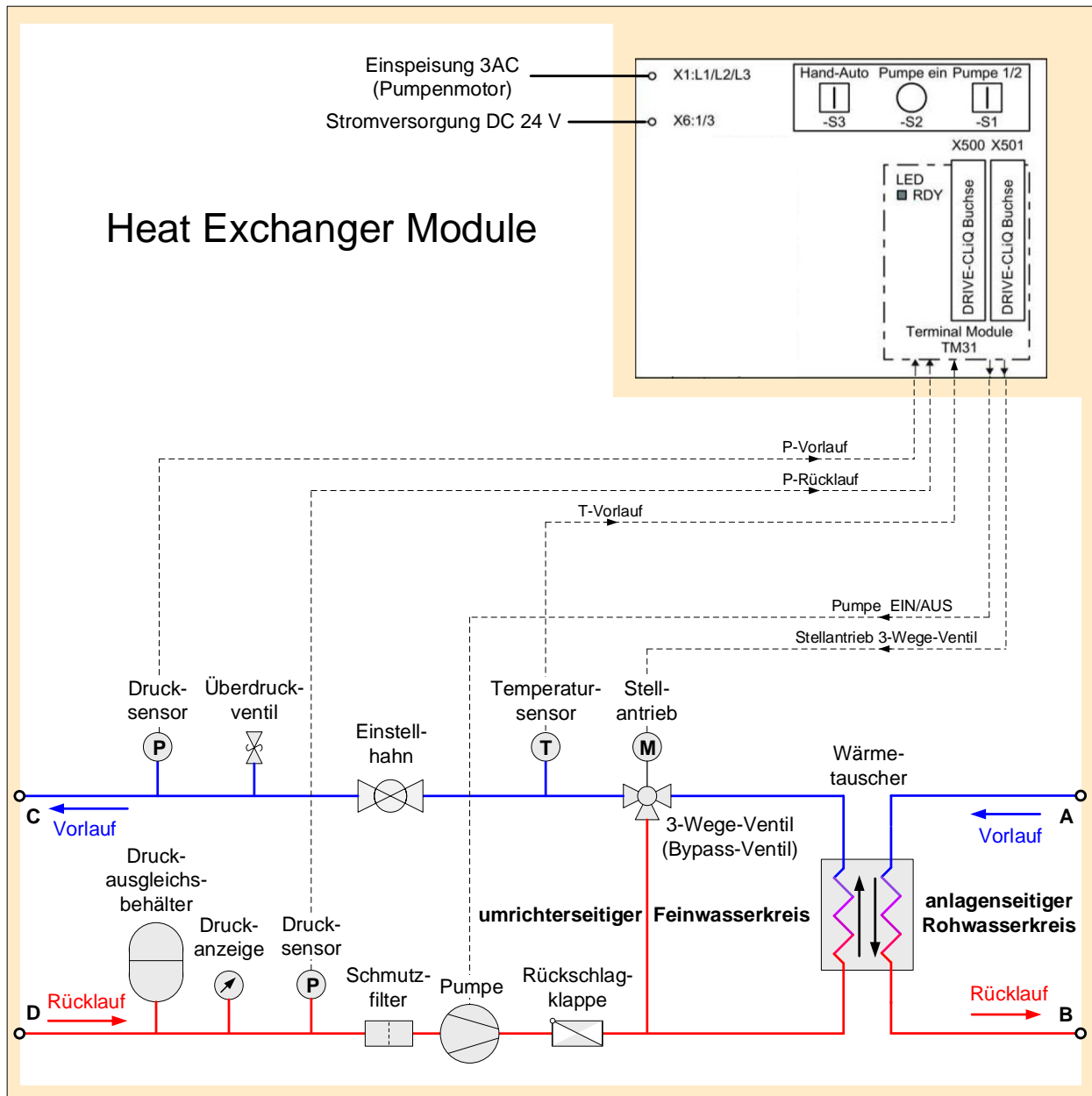
Heat Exchanger Modules stehen für folgende Netzanschlussspannungen und Kühlleistungen zur Verfügung:

Netzanschlussspannung	Kühlleistung
3AC 380 V -10 % – 415 V +10 % / 50 Hz (standard)	32 kW / 48 kW / 72 kW / 120 kW
3AC 440 V -10 % – 480 V +10 % / 60 Hz (mit Option C95)	
3AC 500 V -10 % – 690 V +10 % / 50 Hz (standard)	32 kW / 48 kW / 72 kW / 120 kW
3AC 500 V -10 % – 690 V +10 % / 60 Hz (mit Option C97)	

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

Die folgende Abbildung zeigt den Aufbau und die wichtigsten Komponenten des Heat Exchanger Modules



Aufbau und wichtigste Komponenten des Heat Exchanger Modules in der Standardausführung ohne Optionen

Ansteuerung, Regelung und Überwachung des Heat Exchanger Modules werden als „Technology Extension HEM“ in einer Control Unit CU320-2 vorgenommen. Eine detaillierte Beschreibung erfolgt im Funktionshandbuch SINAMICS HEM Heat Exchanger Module. Voraussetzung: Firmware-Version 4.8 für SINAMICS S120, STARTER 4.5 und Technology Extension Paket HEM, welches zum Download zur Verfügung steht. Die Control Unit CU320-2 steuert über DRIVE-CLiQ-Verbindungen und die Schnittstellenbaugruppe TM31 im Heat Exchanger Module die Pumpe, regelt über den Stellantrieb des 3-Wege-Ventils die Vorlauftemperatur im umrichterseitigen Feinwasserkreis und überwacht den Kühlkreislauf.

Die Integration der Technology Extension HEM in eine Control Unit des SINAMICS Antriebssystems ermöglicht die Einbindung in überlagerte Steuerungssysteme zur Visualisierung der Signale und Meldungen. Die aktuellen Systemeigenschaften werden in Zustandswörtern dargestellt, die Druckistwerte sowie die Temperaturistwerte können über PZD-Verschaltungen an die überlagerte Steuerung weitergegeben werden.

Zur Erleichterung der Inbetriebnahme der Schnittstellenbaugruppe TM31 im Heat Exchanger Module existieren interaktive Skript-Dateien die die Parametrierung übernehmen. Sie sind Bestandteil des Software-Pakets Technology Extension HEM.

Die Technology Extension HEM übernimmt folgende Aufgaben.

- Anlagenspezifische Einstellung des Heat Exchanger Modules über Parameter
 - Verschiedene Abschalt-Szenarien applikativ einstellbar
 - Automatisches Wiedereinschalten nach Quittieren
- Ansteuerung der Pumpe(n)
- Überwachung der Motorschutzschalter, der Druckistwerte und der Temperaturistwerte
- Regelung der Vorlauftemperatur im Feinwasserkreislauf mittels Stellventil
- Anzeige aller Systemparameter
- Betriebsstundenzähler
- Funktionalitäten zur Betauungsvermeidung
 - Automatischer Betrieb zur Betauungsvermeidung
 - Temperatursollwert erhöhen
 - Betauungswarnung

Folgende Überwachungsfunktionen stehen zur Verfügung:

- Temperaturüberwachung
- Drucküberwachung
- Drahtbruchüberwachung
- Wartungsintervallüberwachung
- Erkennung von Leckagen (Option W49)
- Durchflussüberwachung (Option W62)

Aufgrund dieser Überwachungsfunktionen ist für einen störungsfreien Betrieb des Kühlsystems sowohl eine sorgfältige Projektierung des Kühlsystems als auch eine sorgfältige Inbetriebnahme erforderlich. Bei der Inbetriebnahme sind insbesondere die Druckverhältnisse im Feinwasserkreis über den Einstellhahn richtig einzustellen als auch der Sollwert für die Vorlauftemperatur im Feinwasserkreis. Die Projektierung des Kühlsystems, einschließlich der Ermittlung der richtigen Druckverhältnisse und des richtigen Sollwertes für die Vorlauftemperatur im Feinwasserkreis, ist im Abschnitt „Hinweise zum Kühlkreislauf und zur Kühlkreislaufprojektierung“ beschrieben.

Bei S120 Antriebsverbänden mit einer Control Unit für die Einspeisung und einer oder mehreren Control Units für die angeschlossenen Motor Modules empfiehlt sich die Steuerung des Heat Exchanger Modules durch die Control Unit der Einspeisung. Hierdurch lässt sich die Pumpe des Heat Exchanger Modules zusammen mit der Einspeisung des S120 Antriebsverbandes ein- und ausschalten sowie überwachen. Das Heat Exchanger Module muss aber nicht zwingend von einer Control Unit des Antriebsverbandes gesteuert werden, sondern kann auch mit einer separaten Control Unit ausgestattet werden. Die Ansteuerung muss dann über die überlagerte Steuerung erfolgen.

Erforderliche Versorgungsspannungen für die Heat Exchanger Modules

- Netzspannung für die Pumpe:
 - 3AC 380 V -10 % – 415 V +10 % / 50 Hz standard
 - 3AC 440 V -10 % – 480 V +10 % / 60 Hz mit Option C95
 - oder
 - 3AC 500 V -10 % – 690 V +10 % / 50 Hz standard
 - 3AC 500 V -10 % – 690 V +10 % / 60 Hz mit Option C97
- Hilfsspannung für die Elektronik des Heat Exchanger Modules:
 - DC 24 V (20,4 V28,8 V)

SINAMICS S120 Cabinet Modules

Projektierungshinweise

Stromaufnahme und Leistungsaufnahme der Heat Exchanger Modules

Kühlleistung	32 kW	48 kW	72 kW	120 kW
3AC 380 V -10 % – 415 V +10 % / 50 Hz				
Stromaufnahme				
• Betriebsstrom, gesamt, bei 3AC 400 V 50/60 Hz	7,5 / 7,0 A	7,5 / 7,0 A	11,0 / 12,0 A	11,0 / 12,0 A
• maximaler Anlaufstrom, ca.	75 / 70 A	75 / 70 A	110 / 120 A	110 / 120 A
• Elektronikstrom, DC 24 V	1,0 A	1,0 A	1,0 A	1,0 A
Leistungsaufnahme, maximal, bei 3AC 400V 50/60 Hz	3,5 / 4,7 kW	3,5 / 4,7 kW	5,5 / 6,4 kW	5,5 / 6,4 kW
3AC 500 V -10 % – 690 V +10 % / 50/60 Hz				
Stromaufnahme				
• Betriebsstrom, gesamt, bei 3AC 690 V 50/60 Hz	4,4 / 4,1 A	4,4 / 4,1 A	6,4 / 7,0 A	6,4 / 7,0 A
• maximaler Anlaufstrom, ca.	44 / 41 A	44 / 41 A	64 / 70 A	64 / 70 A
• Elektronikstrom, DC 24 V	1,0 A	1,0 A	1,0 A	1,0 A
Leistungsaufnahme, maximal, bei 3AC 690 V 50/60 Hz	3,5 / 4,7 kW	3,5 / 4,7 kW	5,5 / 6,4 kW	5,5 / 6,4 kW

7.3.10 Braking Modules

Im Rahmen der flüssigkeitsgekühlten SINAMICS S120 Cabinet Modules stehen zur Zeit keine flüssigkeitsgekühlten Braking Modules zur Verfügung. Werden Braking Modules benötigt, so bestehen auf Anfrage folgende Möglichkeiten:

- Einsatz von luftgekühlten Central Braking Modules der Gerätereihe SINAMICS S120 Cabinet Modules (siehe „Luftgekühlte Schrankgeräte SINAMICS S120 Cabinet Modules“, Abschn. „Central Braking Modules“)
- Einsatz flüssigkeitsgekühlter Motor Modules, die als 3-phasige Braking Module betrieben werden

8 Projektierung der Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS S150

8.1 Allgemeine Hinweise

Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS S150 sind komplett anschlussfertige AC/AC-Umrichter großer Leistung im Standardschaltschrank. Mit einem umfangreichen Paket elektrischer und mechanischer Optionen lassen sie sich leicht an die jeweiligen Anforderungen anpassen.

Sie sind für Anwendungen mit sehr hohen Ansprüchen an die Regelungsperformance – sowohl netz- als auch motorseitig – konzipiert.

Sie besitzen netzseitig eine hochdynamische, gepulste Ein- / Rückspeiseeinheit in IGBT-Technik für uneingeschränkten Vierquadrantenbetrieb (Active Infeed mit AFE-Technologie). Die in den Katalogen angegebenen Ströme stehen sowohl im Einspeise- als auch im Rückspeisebetrieb in voller Höhe zur Verfügung. Das eingangsseitige Clean Power Filter garantiert ein äußerst netzfrendliches Verhalten mit sehr geringen Netzurückwirkungen. Der Netzstrom enthält nur sehr geringe Oberschwingungsanteile und damit treten auch in der Netzspannung kaum Oberschwingungen auf. Die überwiegende Anzahl der Strom- und Spannungsüberschwingungen liegt beim Active Infeed typischerweise deutlich unterhalb von 1 % des Bemessungsstromes bzw. der Bemessungsspannung. Die Gesamtverzerrungsfaktoren des Stromes THD(I) und der Spannung Leiter-Leiter THD(U) liegen bei Betrieb mit Nennstrom typischerweise im Bereich von ca. 3 %. Dadurch werden die strengen Grenzwerte der Norm IEEE 519:2014 (Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems) typischerweise eingehalten. Nähere Informationen zum SINAMICS Active Infeed sind im „Kapitel Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt „SINAMICS Infeeds und deren Eigenschaften“ zu finden.

Der motorseitige Wechselrichter besitzt eine hochwertige Vektorregelung (Antriebsobjekt des Typs Vector) und kann auch mit Servoregelung betrieben werden (Antriebsobjekt des Typs Servo). Durch verschiedene optionale Drehzahlgeberschnittstellen lassen sich sowohl Asynchronmotoren als auch Synchronmotoren mit allen gängigen Arten von Drehzahlgebern betreiben (Inkrementalgeber TTL / HTL, SSI-Geber, sin/cos-Geber, Absolutwertgeber EnDat, Resolver).

Müssen Antriebe mit Umrichtern SINAMICS S150 auch bei einem Netzausfall gezielt stillgesetzt werden, z. B. bei NOT-AUS der Kategorie 1, so können die Geräte optional mit Bremsseinheiten ausgerüstet werden (Optionen L61, L62, L64, L65).

Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS S150 eignen sich besonders für Antriebe mit

- hohen dynamischen Regelungsanforderungen
- häufigen Bremszyklen mit hohen Bremsenergien
- sehr geringen Netzurückwirkungen

Schrankgeräte SINAMICS S150 stehen für folgende Netzanschlussspannungen und Leistungen zur Verfügung:

Netzanschlussspannung	Umrichtertypleistung
3AC 380 V – 480 V	110 kW - 800 kW bei 400 V
3AC 500 V – 690 V	55 kW - 900 kW bei 500 V 75 kW - 1200 kW bei 690 V

Netzanschlussspannungen und Leistungsbereiche der Schrankgeräte SINAMICS S150

Die Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS S150 bieten die Möglichkeit zum Einbau von netz- und motorseitigen Komponenten sowie zusätzlicher Überwachungsgeräte.

Sie sind in Schrankbreiten ab 1400 mm in Rastermaßschritten von 200 mm lieferbar.

Die Schrankgeräte werden im Standard in der Schutzart IP20 ausgeführt und sind optional auch in den Schutzarten IP21, IP23, IP43 und IP54 erhältlich.

Zum Bedienen und Beobachten sowie zur Inbetriebnahme enthalten Schrankgeräte SINAMICS S150 standardmäßig das Komfort-Bedienfeld AOP30 in der Schranktür.

Als Kundenschnittstelle steht an der standardmäßig eingesetzten Control Unit CU320-2 DP eine PROFIBUS-Schnittstelle zur Verfügung. Wird anstelle der standardmäßig eingesetzten Control Unit CU320-2 DP eine CU320-2 PN eingesetzt (Option K95), so steht anstelle der PROFIBUS-Schnittstelle eine PROFINET-Schnittstelle zur Verfügung.

Digitale Ein- und Ausgänge sind standardmäßig auf der Control Unit CU320-2 vorhanden. Optional kann das Terminal Board TB30 im Slot der CU320-2 eingesetzt werden (Option G62) und/oder das Terminal Module TM31 (Optionen G60 bzw. G61). Diese Optionen stellen zusätzliche digitale und analoge Ein- / Ausgänge zur Verfügung.

8.2 Bemessungsdaten und Dauerbetrieb der Umrichter

Anwendungsschwerpunkte

Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS S150 sind für hohe Anforderungen an Dynamik und Genauigkeit der Regelung konzipiert und werden mit einer hochwertigen Vektorregelung betrieben. Standard ist die geberlose Vektorregelung. Optional können Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS S150 auch mit verschiedenen Drehzahlgeberschnittstellen ausgestattet werden: SMC10 (Option K46 für Resolver), SMC20 (Option K48 für sin/cos-Geber und Absolutwertgeber EnDat), SMC30 (Option K50 für Inkrementalgeber TTL/HTL). Nähere Angaben zur Regelungsperformance sind dem Kapitel „Projektierung der SINAMICS S120, Hinweise zu den Einbau- und Schrankgeräten“, Abschnitt „Regelungstechnische Eigenschaften“ zu entnehmen.

SINAMICS S150 besitzen eine hochdynamische, gepulste Ein-/Rückspeiseeinheit in IGBT-Technik für Vierquadrantbetrieb. Diese regelt die Zwischenkreisspannung und hält diese unabhängig von Netzspannungsschwankungen auf einem konstanten Wert, der mit der Werkseinstellung beim 1,5-fachen Wert der parametrisierten Netzanschlussspannung liegt. Sie sind daher für den Betrieb an instabilen Netzen mit größeren Netzspannungsschwankungen besonders geeignet.

Das eingangsseitige Clean Power Filter sorgt für einen nahezu netzrückwirkungsfreien Betrieb. Die Schrankgeräte eignen sich daher besonders für Anwendungen, die hohe Anforderungen an die Netzqualität stellen.

Netzanschlussspannungen

Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS S150 stehen für die folgenden Netzanschlussspannungen zur Verfügung:

- 3AC 380 V – 480 V
- 3AC 500 V – 690 V

Die dauerhaft zulässige Spannungstoleranz beträgt $\pm 10\%$, kurzzeitig sind -15% zulässig ($< 1\text{ min}$). Es ist zu beachten, dass bei kurzfristigen Netzunterspannungen durch die konstante Zwischenkreisspannung die Ausgangsspannung und damit auch die Ausgangsleistung konstant gehalten werden kann, solange genügend Reserven hinsichtlich des Netzstromes vorhanden sind.

Ausnutzbare Ausgangsströme

Die in den Auswahl- und Bestelldaten angegebenen Ausgangsströme können im gesamten Ausgangsfrequenz- bzw. Drehzahlbereich genutzt werden. Beim Betrieb mit niedrigen Ausgangsfrequenzen $< 10\text{ Hz}$ und gleichzeitig hohen Ausgangsströmen $> 75\%$ des Bemessungsstromes I_N sind zeitliche Einschränkungen zu berücksichtigen, die abhängig von der jeweiligen Anwendung sind. Diese sind im Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt „Wechselastfestigkeit der IGBT-Module und Leistungsteile“ beschrieben.

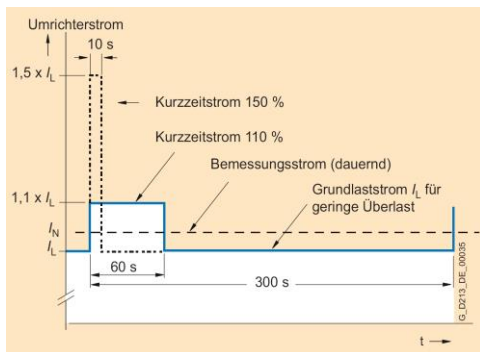
Der angegebene Bemessungs-Ausgangsstrom ist der maximale, thermisch dauerhaft zulässige Ausgangsstrom. Bei Ausnutzung dieses Stromes bieten die Geräte keine Überlastreserven.

Überlastfähigkeit, Lastspieldefinitionen

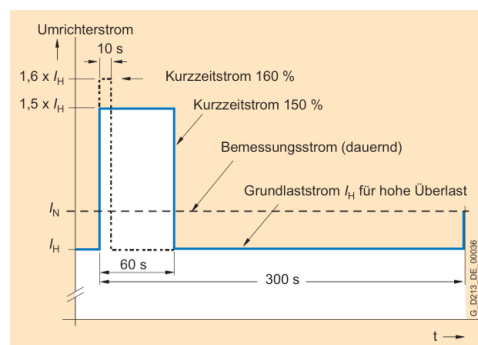
Besteht die Notwendigkeit Losbrechmomente zu überwinden oder treten größere Stoßlasten auf, so ist dies bei der Projektierung zu berücksichtigen. In diesem Falle ist dem Betrieb ein Grundlaststrom zugrunde zu legen, der niedriger ist, als der Bemessungs-Ausgangsstrom. Dafür stehen dann Überlastreserven zur Verfügung. Im Folgenden sind die Lastspieldefinitionen für Betrieb mit geringer Überlast und mit hoher Überlast angegeben.

- Dem Grundlaststrom I_L für geringe Überlast liegt das Lastspiel 110% für 60 s bzw. 150% für 10 s zugrunde.
- Dem Grundlaststrom I_H für hohe Überlast liegt das Lastspiel 150% für 60 s bzw. 160% für 10 s zugrunde.

Die Überlasten gelten unter der Voraussetzung, dass der Umrichter vor und nach der Überlast mit seinem Grundlaststrom betrieben wird, wobei eine Lastspieldauer von 300 s zugrunde gelegt ist.



Lastspieldefinition für geringe Überlast



Lastspieldefinition für hohe Überlast

Überlast- und Übertemperaturschutz

Die Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS S150 verfügen über einen wirkungsvollen Überlast- und Übertemperaturschutz, der die Umrichter vor thermischer Überlastung schützt.

An verschiedenen Stellen im Umrichter (Zuluft, Regelungselektronik, Gleichrichter Kühlkörper, Wechselrichter Kühlkörper) werden die Temperaturen mit Sensoren gemessen und in das so genannte "Thermische Modell" eingespeist. Dieses errechnet laufend die Temperatur an den kritischen Punkten der Leistungsbaulemente. Somit kann der Umrichter vor thermischer Überlastung, sei es durch zu hohe Ströme oder durch zu hohe Umgebungstemperaturen wirkungsvoll geschützt werden. Zusätzlich wird die Auslastung des motorseitigen Wechselrichters durch die so genannte I²t-Erfassung kontrolliert. Wird die Auslastung des Wechselrichters oder die Temperatur an irgendeinem Punkt des Umrichters zu hoch, so reagiert der Umrichter mit der über Parameter in der Firmware einstellbaren Überlastreaktion. Hier kann ausgewählt werden, ob der Umrichter im Überlastfall die Ausgangsfrequenz und den Ausgangsstrom oder die Pulsfrequenz reduzieren soll. Eine sofortige Abschaltung ist ebenfalls parametrierbar.

Maximale Ausgangsfrequenz

Bei den Schrankgeräten SINAMICS S150 ist aufgrund der werkseitig eingestellten Pulsfrequenz von $f_{Puls} = 1,25 \text{ kHz}$ (Stromreglertakt = 400 μs) bzw. $f_{Puls} = 2,00 \text{ kHz}$ (Stromreglertakt = 250 μs) die maximale Ausgangsfrequenz auf ca. 100 Hz bzw. ca. 160 Hz begrenzt. Höhere Ausgangsfrequenzen lassen sich nur durch die Erhöhung der Pulsfrequenz erreichen. Da mit erhöhter Pulsfrequenz die Schaltverluste im motorseitigen IGBT-Wechselrichter zunehmen, muss der Ausgangsstrom entsprechend reduziert werden.

Zulässiger Ausgangsstrom und maximale Ausgangsfrequenz als Funktion der Pulsfrequenz

Die folgende Tabelle gibt die Bemessungs-Ausgangsströme der Umrichter SINAMICS S150 mit werkseitig eingestellter Pulsfrequenz sowie die Strom-Derating-Faktoren (zulässige Ausgangsströme bezogen auf den Bemessungs-Ausgangsstrom) bei höheren Pulsfrequenzen an.

Die zu den orange markierten Feldern zugehörigen Pulsfrequenzen können ohne Änderung des werkseitig eingestellten Stromreglertaktes durch einfache Parameteränderung – auch während des Betriebs – angewählt werden. Die zu den grau markierten Feldern zugehörigen Pulsfrequenzen erfordern eine Änderung des werkseitig eingestellten Stromreglertaktes und können daher nur bei der Inbetriebnahme angewählt werden. Die Zuordnung zwischen Stromreglertakten und möglichen Pulsfrequenzen ist dem Listenhandbuch (Parameterliste) zu entnehmen.

Unter bestimmten Randbedingungen (Netzspannung im unteren Bereich des zulässigen Weitspannungsbereiches, geringe Umgebungstemperatur, eingeschränkter Drehzahlbereich) kann das Strom-Derating bis zu Pulsfrequenzen, die der doppelten Werkseinstellung entsprechen, teilweise oder sogar vollständig vermieden werden. Nähere Angaben hierzu sind im Abschnitt „Betrieb der Umrichter mit erhöhter Pulsfrequenz“ zu finden.

Typeleistung bei 400 V	Bemessungs- Ausgangsstrom bzw. Strom-Derating-Faktor bei Pulsfrequenz		Strom-Derating-Faktor bei Pulsfrequenz				
			1,25 kHz	2,0 kHz	2,5 kHz	4,0 kHz	5,0 kHz
3AC 380 V – 480 V							
110 kW		210 A	95 %	82 %	74 %	54 %	50 %
132 kW		260 A	95 %	83 %	74 %	54 %	50 %
160 kW		310 A	97 %	88 %	78 %	54 %	50 %
200 kW		380 A	96 %	87 %	77 %	54 %	50 %
250 kW		490 A	94 %	78 %	71 %	53 %	50 %
315 kW	605 A	83 %	72 %	64 %	60 %	40 %	36 %
400 kW	745 A	83 %	72 %	64 %	60 %	40 %	36 %
450 kW	840 A	87 %	79 %	64 %	55 %	40 %	37 %
560 kW	985 A	92 %	87 %	70 %	60 %	50 %	47 %
710 kW	1260 A	92 %	87 %	70 %	60 %	50 %	47 %
800 kW	1405 A	97 %	95 %	74 %	60 %	50 %	47 %

SINAMICS S150: Zulässiger Ausgangsstrom (Strom-Derating-Faktor) als Funktion der Pulsfrequenz

SINAMICS S150

Projektierungshinweise

Typeleistung bei 690 V	Bemessungs-Ausgangsstrom bzw. Strom-Derating-Faktor bei Pulsfrequenz		Strom-Derating-Faktor bei Pulsfrequenz						
			1,25 kHz	2,0 kHz	2,5 kHz	4,0 kHz	5,0 kHz	7,5 kHz	8,0 kHz
			3AC 500 V – 690 V						
75 kW	85 A	93 %	89 %	71 %	60 %	40 %			
90 kW	100 A	92 %	88 %	71 %	60 %	40 %			
110 kW	120 A	92 %	88 %	71 %	60 %	40 %			
132 kW	150 A	90 %	84 %	66 %	55 %	35 %			
160 kW	175 A	92 %	87 %	70 %	60 %	40 %			
200 kW	215 A	92 %	87 %	70 %	60 %	40 %			
250 kW	260 A	92 %	88 %	71 %	60 %	40 %			
315 kW	330 A	89 %	82 %	65 %	55 %	40 %			
400 kW	410 A	89 %	82 %	65 %	55 %	35 %			
450 kW	465 A	92 %	87 %	67 %	55 %	35 %			
560 kW	575 A	91 %	85 %	64 %	50 %	35 %			
710 kW	735 A	87 %	79 %	64 %	55 %	35 %			
800 kW	810 A	97 %	95 %	71 %	55 %	35 %			
900 kW	910 A	92 %	87 %	67 %	55 %	33 %			
1000 kW	1025 A	91 %	86 %	64 %	50 %	30 %			
1200 kW	1270 A	87 %	79 %	55 %	40 %	25 %			

SINAMICS S150: Zulässiger Ausgangsstrom (Strom-Derating-Faktor) als Funktion der Pulsfrequenz (Fortsetzung)

Pulsfrequenz	Maximal erreichbare Ausgangsfrequenz (abgerundete Zahlenwerte)
1,25 kHz	100 Hz
2,00 kHz	160 Hz
2,50 kHz	200 Hz
≥ 4,00 kHz	300 Hz

Maximal erreichbare Ausgangsfrequenz als Funktion der Pulsfrequenz mit werkseitig eingestellten Stromreglertakten

Zulässiger Ausgangsstrom als Funktion der Umgebungstemperatur

Die Umrichter SINAMICS S150 sowie die zugehörigen Systemkomponenten sind für eine Umgebungstemperatur von 40 °C und Aufstellhöhen bis zu 2000 m über NN bemessen. Werden die Umrichter SINAMICS S150 bei höheren Umgebungstemperaturen als 40 °C betrieben, so muss der Ausgangsstrom reduziert werden. Höhere Umgebungstemperaturen als 50 °C sind für die Schrankgeräte SINAMICS S150 nicht zulässig. Die folgenden Tabellen geben den zulässigen Ausgangsstrom in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur für die verschiedenen Schutzarten an.

Aufstellhöhe über NN m	Strom-Derating-Faktor bei einer Umgebungstemperatur (Zulufttemperatur) von						
	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C	40 °C	45 °C	50 °C
0 ... 2000	100 %					93,3 %	86,7 %

Strom-Derating-Faktoren in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur (Zulufttemperatur) für Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS S150 in den **Schutzarten IP20, IP21, IP23 und IP43**

Aufstellhöhe über NN m	Strom-Derating-Faktor bei einer Umgebungstemperatur (Zulufttemperatur) von						
	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C	40 °C	45 °C	50 °C
0 ... 2000	100 %				93,3 %	86,7 %	80,0 %

Strom-Derating-Faktoren in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur (Zulufttemperatur) für Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS S150 in der **Schutzart IP54**

Aufstellhöhen größer 2000 m bis 5000 m über NN

Die Umrichter SINAMICS S150 sowie die zugehörigen Systemkomponenten sind für Aufstellhöhen bis 2000 m über NN und eine Umgebungstemperatur von 40 °C bemessen. Sollen die Umrichter SINAMICS S150 in Aufstellhöhen größer 2000 m über NN betrieben werden, so ist zu berücksichtigen, dass mit zunehmender Aufstellhöhe der Luftdruck und damit die Dichte der Luft abnimmt. Durch die geringere Luftdichte sinkt sowohl die Kühlwirkung als auch das Isolationsvermögen der Luft.

Aufstellhöhen größer 2000 m bis 5000 m lassen sich erreichen, wenn die folgenden zwei Maßnahmen angewendet werden.

1. Maßnahme: Reduktion der Umgebungstemperatur und des Ausgangsstromes

Wegen der verminderten Kühlwirkung muss einerseits die Umgebungstemperatur reduziert werden und andererseits die Verlustwärme im Umrichter durch die Reduktion des Ausgangsstromes verringert werden, wobei niedrigere Umgebungstemperaturen als 40 °C zur Kompensation gegengerechnet werden können. Die folgenden Tabellen geben die zulässigen Ausgangsströme für die Schrankgeräte SINAMICS S150 in Abhängigkeit von Aufstellhöhe und Umgebungstemperatur für die verschiedenen Schutzarten an. Die zulässige Kompensation zwischen Aufstellhöhe und Umgebungstemperaturen kleiner 40 °C (Zulufttemperatur am Lufteintritt des Schrankgerätes) ist in den angegebenen Werten berücksichtigt. Die Werte gelten unter der Voraussetzung, dass der in den technischen Daten angegebene Kühlluftstrom durch die Schrankaufstellung gewährleistet ist.

Aufstellhöhe über NN m	Strom-Derating-Faktor bei einer Umgebungstemperatur (Zulufttemperatur) von						
	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C	40 °C	45 °C	50 °C
0 ... 2000						93,3 %	86,7 %
2001 ... 2500					96,3 %		
2501 ... 3000		100 %		98,7 %			
3001 ... 3500							unzulässiger Bereich
3501 ... 4000			96,3 %				
4001 ... 4500		97,5 %					
4501 ... 5000	98,2 %						

Strom-Derating-Faktoren in Abhängigkeit von Aufstellhöhe und Umgebungstemperatur (Zulufttemperatur) für Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS S150 in den **Schutzarten IP20, IP21, IP23 und IP43**

Aufstellhöhe über NN m	Strom-Derating-Faktor bei einer Umgebungstemperatur (Zulufttemperatur) von						
	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C	40 °C	45 °C	50 °C
0 ... 2000					93,3 %	86,7 %	80,0 %
2001 ... 2500		100 %		96,3 %	89,8 %		
2501 ... 3000				98,7 %	92,5 %		
3001 ... 3500				94,7 %			
3501 ... 4000		96,3 %	90,7 %				unzulässiger Bereich
4001 ... 4500	97,5 %	92,1 %					
4501 ... 5000	93,0 %						

Strom-Derating-Faktoren in Abhängigkeit von Aufstellhöhe und Umgebungstemperatur (Zulufttemperatur) für Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS S150 in der **Schutzart IP54**

2. Maßnahme: Einsatz eines Trenntransformators zur Reduktion transienter Überspannungen gemäß IEC 61800-5-1

Durch den Trenntransformator, der in nahezu allen Anwendungsfällen ohnehin zur Speisung der SINAMICS-Geräte eingesetzt wird, wird die Überspannungskategorie III, für die die Geräte ausgelegt sind, auf die Überspannungskategorie II reduziert. Dadurch werden die Anforderungen an das Isolationsvermögen der Luft geringer. Ein zusätzliches Spannungs-Derating (Reduktion der Eingangsspannung) ist nicht erforderlich, wenn die folgenden Randbedingungen eingehalten werden:

- Der Trenntransformator muss aus einem Niederspannungsnetz oder einem Mittelspannungsnetz gespeist werden und darf nicht direkt aus einem Hochspannungsnetz versorgt werden.
- Der Trenntransformator darf einen oder mehrere Umrichter versorgen.
- Die Leitungen zwischen dem Trenntransformator und dem Umrichter bzw. den Umrichtern müssen so verlegt sein, dass ein direkter Blitzeinschlag ausgeschlossen ist, d. h. es dürfen keine Freileitungen verwendet werden.
- Die folgenden Netzformen sind zulässig:
 - TN-Netze mit geerdetem Sternpunkt (kein geerdeter Außenleiter, keine IT-Netze).

Die beschriebenen Maßnahmen sind nur zulässig für Umrichter SINAMICS S150 in der Spannungsebene 3AC 380 V – 480 V. (Maßnahmen für Umrichter 3AC 500 V – 690 V auf Anfrage).

8.3 Werkmäßige Vorbelegung der Kundenschnittstelle bei SINAMICS S150 mit TM31

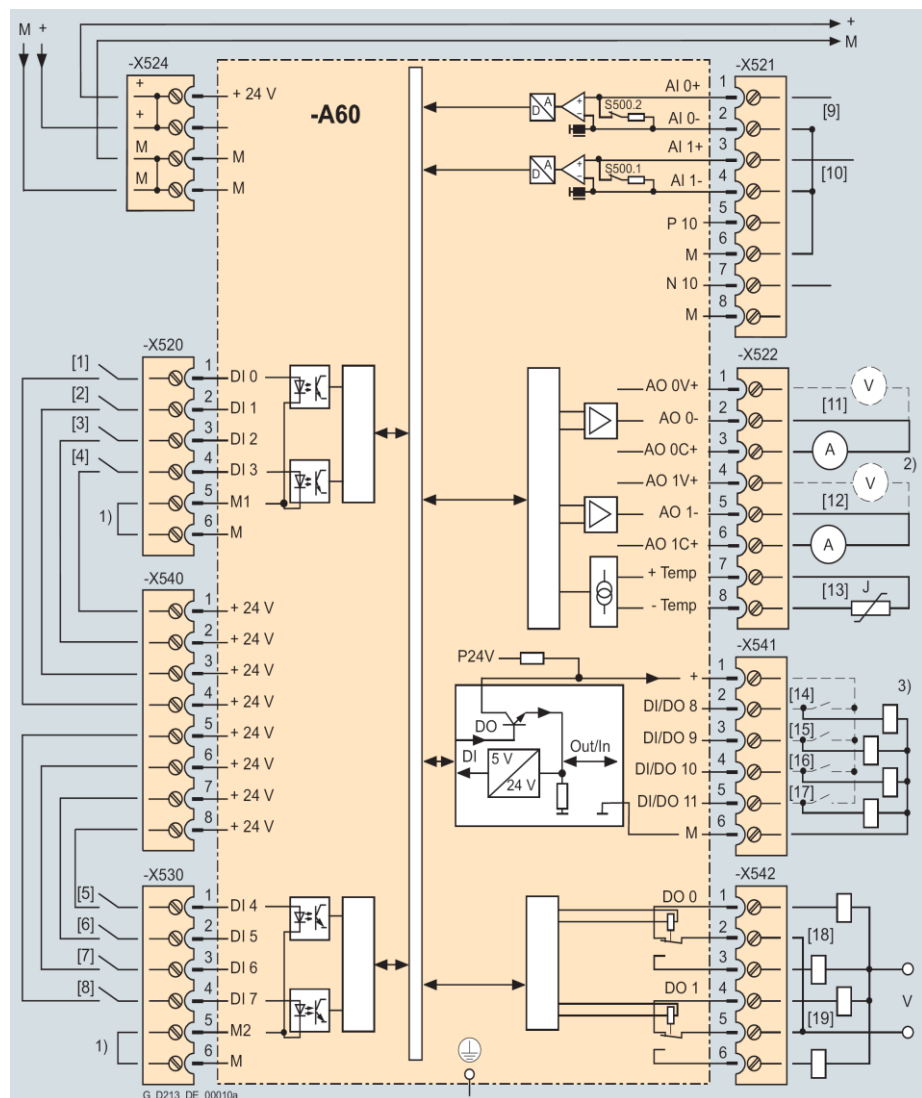
Als Schnittstelle zur Steuerung steht standardmäßig auf der Control Unit CU320-2 DP eine PROFIBUS-Schnittstelle zur Verfügung oder – beim Einsatz einer Control Unit CU320-2 PN (Option K95) – eine PROFINET-Schnittstelle.

Optional kann die Kundenklemmenleiste auf dem Terminal Module TM31 (Option G60) genutzt werden. Damit ist die Anbindung an die überlagerte Steuerung mittels digitaler und analoger Signale sowie der Anschluss zusätzlicher Geräte möglich.

Die optionale Kundenklemmenleiste auf dem Terminal Module TM31 enthält:

- 8 Digitaleingänge (DI)
- 4 bidirektionale Ein- / Ausgänge (DI/DO)
- 2 Analogeingänge (differential) (AI)
- 2 Analogausgänge (AO)
- 2 Relaisausgänge (Wechsler) (DO)
- 1 Eingang für Temperatursfühler KTY84 bzw. PT1000 bzw. PTC-Kaltleiter (Temp)
- Hilfsspannungsausgang ± 10 V zur analogen Sollwertvorgabe
- Hilfsspannungsausgang +24 V für Digitaleingänge

- [1] Antrieb EIN/AUS1
- [2] Sollwert höher / Festsollwert Bit 0
- [3] Sollwert tiefer / Festsollwert Bit 1
- [4] Störung quittieren
- [5] Wechselrichter Freigabe
- [6] Als Digitaleingang frei parametrierbar
- [7] Als Digitaleingang frei parametrierbar
- [8] Als Digitaleingang frei parametrierbar
- [9] Analogeingang zur Drehzahlsollwert-Vorgabe
- [10] Analogeingang (reserveiert)
- [11] Analogausgang Drehzahlistwert
- [12] Analogausgang Motorstromwert
- [13] Anschlussmöglichkeit eines KTY84 od. PT1000 Temperatursfühlers od. PTC-Kaltleiters
- [14] Einschaltbereit (als Digitalausgang werksseitig vorbelegt)
- [15], [16], [17] Als Digitalein- / -ausgänge frei parametrierbar (werksseitig als Digitaleingänge vorbelegt)
- [18] Rückmeldung "Wechselrichterfreigabe"
- [19] Rückmeldung "Umrichter keine Störung"



Optionale Kundenklemmenleiste auf dem Terminal Module TM31 (Option G60)

- 1) Für dieses Schaltungsbeispiel müssen die Brücken eingelegt werden (M: interne Masse, M1 bzw. M2: extern)
- 2) Als Strom- oder Spannungsquelle parametrierbar
- 3) Als Digitalein- / -ausgang einzeln parametrierbar (Werkseinstellung: als Ausgang vorbelegt)

Klemme	Nr.	Art	Vorbelegung	Bemerkung
X540:1 - 8	P24	DC 24 V Versorgungsspannung für die Eingänge DI0 bis DI7 und DI/DO8 bis DI/DO11		
X520:1	DI0	Digitaleingang galvanisch getrennt über Optokoppler	EIN / AUS1	Eingänge sind frei parametrierbar
X520:2	DI1		Sollwert höher / Festsollwert Bit 0	
X520:3	DI2		Sollwert tiefer / Festsollwert Bit 1	
X520:4	DI3		Störung quittieren	
X520:5	M1	Bezugsmasse für Digitaleingänge DI0 bis DI3		
X520:6	M	Bezugsmasse für P24 Hilfsspannung für die Digitaleingänge		
X530:1	DI4	Digitaleingang galvanisch getrennt über Optokoppler	Wechselrichter Freigabe	Umrichter steht in "stand-by" und wartet auf die Freigabe
X530:2	DI5			Eingänge sind frei parametrierbar
X530:3	DI6			
X530:4	DI7			
X530:5	M2	Bezugsmasse für Digitaleingänge DI4 bis DI7		
X530:6	M	Bezugsmasse für P24 Hilfsspannung für die Digitaleingänge		
X541:1	P24			
X541:2	DI/DO8	Digitalein-/ -ausgänge potenzialgebunden	Einschaltbereit (als Digitalausgang vorbelegt)	Ein- / Ausgänge sind frei parametrierbar (vorbelegt)
X541:3	DI/DO9			als Eingang vorbelegt
X541:4	DI/DO10			als Eingang vorbelegt
X541:5	DI/DO11			als Eingang vorbelegt
X541:6	M	Bezugsmasse der P24 und Masse der Digitalein-/ -ausgänge		
X521:1	AI 0 +	Analogeingänge als Differenzeingänge aufgebaut für folgende Bereiche: -10 V bis +10 V + 4 mA bis +20 mA	Drehzahlsollwert Werkseinstellung 0 bis 20 mA	Positiver Differenzeingang für Spannung / Strom
X521:2	AI 0 -			Negativer Differenzeingang für Spannung / Strom
X521:3	AI 1 +	-20 mA bis +20 mA 0 mA bis +20 mA	reserviert	Positiver Differenzeingang für Spannung / Strom
X521:4	AI 1 -	Die Anwahl Spannungs- / Stromeingang erfolgt über den Schalter S500		Negativer Differenzeingang für Spannung / Strom
X521:5	P10	Hilfsspannung ± 10 V (10 mA) zum Anschluss eines Potentiometers zur Sollwertvorgabe über einen Analogeingang		+ 10 V
X521:6	M			Bezugsmasse für ± 10 V
X521:7	N10			- 10 V
X521:8	M			Bezugsmasse für ± 10 V
X522:1	AO 0V+	Analogausgänge für folgende Bereiche: -10 V bis +10 V + 4 mA bis +20 mA -20 mA bis +20 mA 0 mA bis +20 mA	Drehzahlwert Werkseinstellung 0 bis 20 mA	Analogausgang Spannung +
X522:2	AO 0-			Gemeinsamer Bezugspunkt für Strom / Spannung
X522:3	AO 0C+		Motorstromwert Werkseinstellung 0 bis 20 mA	Analogausgang Strom +
X522:4	AO 1V+			Analogausgang Spannung +
X522:5	AO 1-		Gemeinsamer Bezugspunkt für Strom / Spannung	
X522:6	AO 1C+		Analogausgang Strom +	
X522:7	KTY+	Temperatursensor KTY84 (0 bis 200 °C) oder PT1000 oder PTC (R _{kalt} ≤ 1,5 kΩ)		Der Fühlertyp muss parametriert werden.
X522:8	KTY-			
X542:1	DO 0.NC	Relaisausgang Wechsler	Rückmeldung: Wechselrichter Freigabe	Öffner
X542:2	DO 0.COM	max. Schaltspannung: AC 250 V, DC 30 V		Basis
X542:3	DO 0.NO	max. Schaltleistung bei AC 250 V: 2000 VA max. Schaltleistung bei DC 30 V: 240 W		Schließer
X542:4	DO 1.NC	Relaisausgang Wechsler	Rückmeldung: Umrichter keine Störung	Öffner
X542:5	DO 1.COM	max. Schaltspannung: AC 250 V, DC 30 V		Basis
X542:6	DO 1.NO	max. Schaltleistung bei AC 250 V: 2000 VA max. Schaltleistung bei DC 30 V: 240 W		Schließer

Werkseinstellung der optionalen Kundenklemmenleiste auf dem Terminal Module TM31 (Option G60)

Hinweis:

Werden an die analogen Ein- und Ausgänge des Terminal Modules TM31 Leitungen mit mehr als ca. 3 - 4 m Länge angeschlossen, so sind aus Gründen der Elektromagnetischen Verträglichkeit Trennverstärker zu verwenden. Hierdurch lassen sich Störeinkopplungen in die analoge Signalübertragung minimieren und störteste analoge Übertragungsstrecken auch bei größeren Leitungslängen realisieren. Weitere Informationen zum EMV-gerechten Aufbau sind dem Kapitel „EMV-Aufbaurichtlinie“ zu entnehmen.

8.4 Leitungsquerschnitte und Anschlüsse der Schrankgeräte SINAMICS S150

8.4.1 Empfohlene und maximal anschließbare Kabelquerschnitte für Netz- u. Motoranschluss

Die nachfolgenden Tabellen zeigen die empfohlenen bzw. maximal anschließbaren netz- und motorseitigen Leitungsanschlüsse. Die empfohlenen Querschnitte basieren auf den im Katalog D 21.3 angegebenen Sicherungen. Sie gelten für waagrecht in Luft verlegte 3-Leiter-Kabel aus Kupfer mit PVC-Isolierung und einer zulässigen Leitertemperatur von 70 °C (z. B. Protodur NYY oder NYCWY) bei einer Umgebungstemperatur von 40 °C sowie Einzelverlegung. Bei abweichenden Bedingungen (Kabelverlegung, Kabelhäufung, Umgebungstemperatur) sind die entsprechenden Korrekturfaktoren gemäß IEC 60364-5-52 zu berücksichtigen.

Bei der Verwendung von Aluminiumkabeln sind die in den Tabellen angegebenen, empfohlen Querschnitte um den Faktor 1,3 zu vergrößern. Dies kann entweder durch die Erhöhung des Leiterquerschnitts oder durch die Erhöhung der Anzahl der parallelen Leitungen erfolgen. Dabei ist zu beachten, dass die maximal zulässigen Leitungsquerschnitte am Umrichter nicht überschritten werden u. die Anschließbarkeit am Motoranschlusskasten gewährleistet ist.

Leistung bei 400 V bzw. 690 V [kW]	Umrichter SINAMICS S150 Typ 6SL3710-...	Gewicht (Standardausf.) [kg]	Netzanschluss			Motoranschluss			Schrankerdung	
			Empfohlener Querschnitt ¹⁾ IEC [mm ²]	Maximaler Leitungsquerschnitt IEC [mm ²]	Befestigungsschraube M12 (Anzahl Bohrungen)	Empfohlener Querschnitt ¹⁾ IEC [mm ²]	Maximaler Leitungsquerschnitt IEC [mm ²]	Befestigungsschraube M12 (Anzahl Bohrungen)	Befestigungsschraube M12 (Anzahl Bohrungen)	Bemerkung
3AC 380 V – 480 V										
110	7LE32-1AA3	708	2x70	4x240	(2)	2x50	2x150	(2)	(2)	
132	7LE32-6AA3	708	2x95	4x240	(2)	2x70	2x150	(2)	(2)	
160	7LE33-1AA3	892	2x120	4x240	(2)	2x95	2x150	(2)	(2)	
200	7LE33-8AA3	980	2x120	4x240	(2)	2x95	2x150	(2)	(2)	
250	7LE35-0AA3	980	2x185	4x240	(2)	2x150	2x240	(2)	(2)	
315	7LE36-1AA3	1716	2x240	4x240	(2)	2x185	4x240	(2)	(2)	
400	7LE37-5AA3	1731	3x185	4x240	(2)	2x240	4x240	(2)	(10)	Schiene
450	7LE38-4AA3	1778	4x150	8x240	(4)	3x185	4x240	(2)	(16)	Schiene
560	7LE41-0AA3	2408	4x185	8x240	(4)	4x185	6x240	(3)	(18)	Schiene
710	7LE41-2AA3	2408	4x240	8x240	(4)	4x240	6x240	(3)	(18)	Schiene
800	7LE41-4AA3	2408	6x185	8x240	(4)	6x185	6x240	(3)	(18)	Schiene
3AC 500 V – 690 V										
75	7LG28-5AA3	708	50	4x240	(2)	35	2x70	(2)	(2)	
90	7LG31-0AA3	708	50	4x240	(2)	50	2x150	(2)	(2)	
110	7LG31-2AA3	708	70	4x240	(2)	70	2x150	(2)	(2)	
132	7LG31-5AA3	708	95	4x240	(2)	70	2x150	(2)	(2)	
160	7LG31-8AA3	892	120	4x240	(2)	95	2x150	(2)	(2)	
200	7LG32-2AA3	892	2x70	4x240	(2)	120	2x150	(2)	(2)	
250	7LG32-6AA3	892	2x95	4x240	(2)	2x70	2x185	(2)	(2)	
315	7LG33-3AA3	892	2x120	4x240	(2)	2x95	2x240	(2)	(2)	
400	7LG34-1AA3	1716	2x185	4x240	(2)	2x120	4x240	(2)	(2)	
450	7LG34-7AA3	1716	2x185	4x240	(2)	2x150	4x240	(2)	(2)	
560	7LG35-8AA3	1716	2x240	4x240	(2)	2x185	4x240	(2)	(2)	
710	7LG37-4AA3	2300	3x185	8x240	(4)	3x150	6x240	(3)	(18)	Schiene
800	7LG38-1AA3	2408	4x150	8x240	(4)	3x185	6x240	(3)	(18)	Schiene
900	7LG38-8AA3	2408	4x150	8x240	(4)	4x150	6x240	(3)	(18)	Schiene
1000	7LG41-0AA3	2408	4x185	8x240	(4)	4x185	6x240	(3)	(18)	Schiene
1200	7LG41-3AA3	2408	4x240	8x240	(4)	4x240	6x240	(3)	(18)	Schiene

¹⁾ Die Empfehlungen für den nordamerikanischen Markt in AWG oder MCM sind den entsprechenden Normen NEC (National Electrical Code) bzw. CEC (Canadian Electrical Code) zu entnehmen.

8.4.2 Erforderliche Kabelquerschnitte für Netz- und Motoranschluss

Für den Netzanschluss können in der Regel ungeschirmte Kabel verwendet werden, wobei möglichst 3- oder 4-Leiter-Drehstromkabel zu verwenden sind. Für die Verbindung zwischen Umrichter und Motor wird dagegen grundsätzlich empfohlen, geschirmte, bei größeren Leistungen möglichst symmetrische 3-Leiter-Drehstromkabel zu verwenden und gegebenenfalls mehrere dieser Kabel parallel zu schalten. Dies hat im Wesentlichen zwei Gründe:

- Nur damit lässt sich die hohe Schutzart IP55 am Motoranschlusskasten problemlos erreichen, da die Kabelzuführung in den Anschlusskasten über Verschraubungen erfolgt und die Anzahl der Verschraubungen durch die Geometrie des Anschlusskastens begrenzt ist. Einzelkabel sind dafür weniger geeignet.
- Bei symmetrischen 3-Leiter-Drehstromkabeln ist die Summendurchflutung über den Kabelaußendurchmesser gleich Null und sie können problemlos in metallisch leitenden Kabelkanälen oder Kabelpritschen verlegt werden, ohne dass nennenswerte Ströme in den metallisch leitenden Verbindungen induziert werden (Erd- bzw. Ableitströme). Die Gefahr von induzierten Ableitströmen und damit von erhöhten Kabelmantelverlusten ist bei 1-Leiterkabeln wesentlich höher.

Der erforderliche Kabelquerschnitt richtet sich nach der Stromstärke, die im Kabel übertragen wird. Die zulässige Strombelastung von Kabeln ist z. B. in IEC 60364-5-52 festgelegt. Sie richtet sich zum einen nach den Umgebungsbedingungen wie der Temperatur und zum anderen nach der Art der Verlegung. Es ist zu berücksichtigen, ob Einzelverlegung der Kabel mit relativ guter Kühlung vorliegt, oder ob mehrere Kabel gemeinsam verlegt sind, die sehr viel schlechter belüftet sind und sich daher gegenseitig stärker aufheizen können. Hierbei wird auf die entsprechenden Korrekturfaktoren für diese Randbedingungen in IEC 60364-5-52 verwiesen. Für 3-Leiter-Kabel aus Kupfer und Aluminium mit PVC-Isolierung und einer zulässigen Leitertemperatur von 70 °C (z. B. Protodur NYY oder NYCWY) sowie einer Umgebungstemperatur von 40 °C können die Querschnitte nach folgender Tabelle zugrunde gelegt werden, die auf IEC 60364-5-52 basiert.

Querschnitt 3-Leiter-Kabel [mm ²]	Kupferkabel		Aluminiumkabel	
	Einzelverlegung [A]	mehrere Kabel nebeneinander liegend ¹⁾ [A]	Einzelverlegung [A]	mehrere Kabel nebeneinander liegend ¹⁾ [A]
3 x 2,5	22	17	17	13
3 x 4,0	30	23	23	18
3 x 6,0	37	29	29	22
3 x 10	52	41	40	31
3 x 16	70	54	53	41
3 x 25	88	69	68	53
3 x 35	110	86	84	65
3 x 50	133	104	102	79
3 x 70	171	133	131	102
3 x 95	207	162	159	124
3 x 120	240	187	184	144
3 x 150	278	216	213	166
3 x 185	317	247	244	190
3 x 240	374	292	287	224

¹⁾ Maximal 9 Kabel unmittelbar nebeneinander waagrecht auf einer Kabelpritsche liegend

Strombelastbarkeit von 3-Leiter-Kabeln aus Kupfer und Aluminium mit PVC-Isolierung und einer maximal zulässigen Leitertemperatur von 70 °C bei einer Umgebungstemperatur von 40 °C gemäß IEC 60364-5-52

Bei höheren Stromstärken müssen Kabel parallelgeschaltet werden.

Hinweis:

Die Empfehlungen für den nordamerikanischen Markt in AWG oder MCM sind den entsprechenden Normen NEC (National Electrical Code) bzw. CEC (Canadian Electrical Code) zu entnehmen.

8.4.3 Erdung und Schutzleiterquerschnitt

Der Schutzleiter ist mit Rücksicht auf folgende Aufgaben zu dimensionieren:

- Im Erdschlussfall dürfen keine unzulässig hohen – durch Spannungsabfälle des Erdschlussstroms auf dem Schutzleiter verursachten – Berührungsspannungen auftreten ($< AC 50 V$ bzw. $< DC 120 V$, IEC 61800-5-1, IEC 60 364, IEC 60 543).
- Der bei Erdschluss im Schutzleiter fließende Erdschlussstrom darf den Schutzleiter nicht unzulässig belasten.
- Ist es im Fehlerfall möglich, dass Dauerströme über den Schutzleiter fließen können, so ist der Schutzleiterquerschnitt für diesen Dauerstrom zu bemessen.
- Der Schutzleiterquerschnitt ist entsprechend EN 60 204-1, EN 60 439-1, IEC 60 364 auszuwählen.

Querschnitt Außenleiter mm ²	Mindestquerschnitt externer Schutzleiter mm ²
bis 16	mindestens Außenleiterquerschnitt
16 bis 35	16
ab 35	mindestens halber Außenleiterquerschnitt

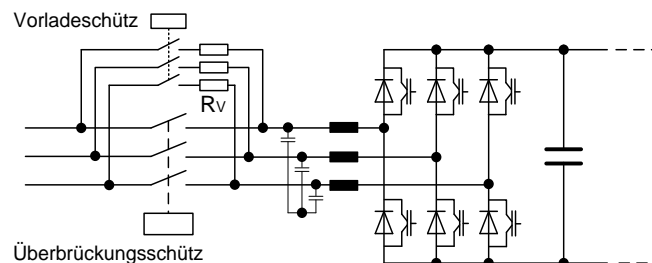
Hinweis:

Die Empfehlungen für den nordamerikanischen Markt in AWG oder MCM sind den entsprechenden Normen NEC (National Electrical Code) bzw. CEC (Canadian Electrical Code) zu entnehmen.

- Schaltanlage und Motoren sind meistens mit einem lokalen Erder separat geerdet. Bei dieser Konstellation fließt im Erdschlussfall der Erdschlussstrom über die parallelen Erdverbindungen und teilt sich auf. Trotz der nach obiger Tabelle verwendeten, relativ geringen Schutzleiterquerschnitte treten bei dieser Erdung dann keine unzulässigen Berührungsspannungen auf.
Aus den Erfahrungen mit unterschiedlichen Erdungskonstellationen, empfehlen wir jedoch, die Erdleitung vom Motor direkt zum Umrichter zurückzuführen. Aus EMV-Gründen und um Lagerströme zu vermeiden, sollte bei größeren Leistungen symmetrisch aufgebauten 3-Leiter-Drehstromkabeln der Vorzug vor 4-Leiterkabeln gegeben werden. Der Schutz- bzw. PE-Leiter muss bei 3-Leiterkabeln getrennt verlegt oder im Motorkabel symmetrisch angeordnet werden. Die Symmetrie des PE-Leiters wird durch einen Leiter erreicht, der alle Außenleiter umgibt oder durch ein Kabel mit symmetrischer Anordnung der drei Außenleiter und drei Erdleiter. Nähere Angaben hierzu sind im Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“ in den Abschnitten "Lagerströme durch steile Spannungsflanken am Motor" und "Netzfilter" zu finden sowie im Kapitel „EMV-Aufbaurichtlinie“.
- Die Umrichter begrenzen durch ihre schnelle Regelung den Laststrom (Motor- und Erdschlussstrom) auf einen Effektivwert entsprechend dem Bemessungsstrom. Aufgrund dieser Sachlage empfehlen wir, den Schutzleiterquerschnitt für die Erdung des Schaltschranks generell wie den Außenleiterquerschnitt auszuführen.

8.5 Vorladung des Zwischenkreises und Vorladeströme

Bei den Umrichtern SINAMICS S150 erfolgt die Vorladung des Zwischenkreises verlustbehaftet über Vorladewiderstände in den Active Interface Modules. Zur Vorladung wird der Umrichter netzseitig über ein Vorladeschütz und Vorladewiderstände R_v mit dem speisenden Netz verbunden. Nach beendeter Vorladung wird das Überbrückungsschütz geschlossen und das Vorladeschütz wieder geöffnet.



Vorladung bei Umrichter-Schrankgeräten SINAMICS S150 über Vorladeschütz und Vorladewiderstände

Aufgrund des Vorladeprinzips über ohmsche Widerstände R_v erfolgt die Vorladung verlustbehaftet, wobei die Vorladewiderstände thermisch so ausgelegt sind, dass sie den Zwischenkreis ihres Umrichters S150 vorladen können, ohne überlastet zu werden.

In der folgenden Tabelle sind die zu Beginn der Vorladung auftretenden Netzströme als Effektivwerte für Netzanschlussspannungen 400 V bzw. 690 V angegeben. Bei abweichenden Netzanschlussspannungen sind die Werte proportional zur Netzspannung umzurechnen.

Die angegebenen Vorladeströme klingen nach einer e-Funktion ab, bis die Vorladung nach typischerweise 1 - 2 s abgeschlossen ist. Aufgrund der Erwärmung der Vorladewiderstände während der Vorladung ist maximal alle 3 Minuten eine vollständige Vorladung des DC-Zwischenkreises zulässig.

Typeleistung S150 bei 400 V bzw. 690 V	Bemessungs- Ausgangsstrom	Zu Beginn der Vorladung des Zwischenkreises auftretender Netzstrom (Anfangs-Effektivwert) bei 400 V bzw. 690 V
[kW]	[A]	[A]
3AC 380 V – 480 V		
110	210	29
132	260	29
160	310	59
200	380	59
250	490	59
315	605	91
400	745	91
450	840	91
560	985	182
710	1260	182
800	1405	182
3AC 500 V – 690 V		
75	85	29
90	100	29
110	120	29
132	150	29
160	175	58
200	215	58
250	260	58
315	330	58
400	410	86
450	465	86
560	575	86
710	735	172
800	810	172
900	910	172
1000	1025	172
1200	1270	172

Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS S150: Zu Beginn der Vorladung auftretende Netzströme (Anfangs-Effektivwerte)

8.6 Netzseitige Komponenten

8.6.1 Netzsicherungen

Zur Begrenzung der Schäden bei einem schwerwiegenden Bauteildefekt im Umrichter werden die Doppelfunktions-sicherungen (3NE1...) empfohlen. Diese haben folgende Eigenschaften:

- Superflink,
- geringe Lichtbogenspannung,
- gute Strombegrenzung.

8.6.2 Netzfilter

Die Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS S150 besitzen standardmäßig ein integriertes Netzfilter zur Begrenzung der leitungsgebundenen Störaussendung gemäß EMV-Produktnorm IEC 61800-3, Kategorie C3, bis zu Motorleitungslängen von 300 m (Einsatz im industriellen Bereich bzw. in der Zweiten Umgebung).

Mit dem optional erhältlichen, zusätzlichen Netzfilter (Option L00) sind die Umrichter bis zu Motorleitungslängen von 300 m für den Einsatz gemäß EMV-Produktnorm IEC 61800-3, Kategorie C2, geeignet.

Unabdingbare Voraussetzung für die Einhaltung der Grenzwerte gemäß den o. g. Kategorien ist die Einhaltung der vorgeschriebenen Installationshinweise, da die Netzfilter nur bei fachgerechter Installation des Antriebes hinsichtlich Erdung und Schirmung ordnungsgemäß funktionieren. Details hierzu sind im Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt "Netzfilter" sowie im Kapitel „EMV-Aufbaurichtlinie“ beschrieben.

Der Einsatz der Netzfilter darf nur beim Betrieb der Umrichter an geerdeten Netzen (TN- oder TT-Netze mit geerdetem Sternpunkt) erfolgen. Beim Betrieb an ungeerdeten Netzen (IT-Netzen) ist das standardmäßig eingebaute Netzfilter vom PE-Potenzial zu trennen, indem der entsprechende Metallbügel bei der Inbetriebnahme entfernt wird (siehe Betriebsanleitung). Ein Einsatz der optional erhältlichen, zusätzlichen Netzfilter (Option L00) zur Einhaltung der Grenzwerte gemäß EMV-Produktnorm IEC 61800-3, Kategorie C2 ist in ungeerdeten Netzen nicht möglich.

8.7 Komponenten am Zwischenkreis

8.7.1 Bremsseinheiten

Bremsseinheiten (Braking Modules und externe Bremswiderstände) können optional eingesetzt werden, wenn Antriebe mit Umrichtern SINAMICS S150 auch bei einem Netzausfall gezielt stillgesetzt werden müssen, z. B. bei einem Notrückzug oder bei einem NOT-AUS der Kategorie 1.

Der Einsatz von Bremsseinheiten zur Unterstützung der Ein-/ Rückspeiseeinheit im Rückspeisebetrieb ist ebenfalls möglich, z. B. wenn nur ein bestimmter Bruchteil der Einspeiseleistung als Rückspeiseleistung ins Netz zurückgespeist werden darf. In diesem Fall kann der generatorische Strom entsprechend begrenzt werden und die Bremsseinheit muss in der Lage sein, die überschüssige generatorische Leistung aufzunehmen. Diese Möglichkeit sollte jedoch nur genutzt werden, wenn der Umrichter an einem relativ starren Netz betrieben wird.

Braking Modules stehen als Optionen L61 und L64 mit Dauerbremsleistungen von 25 kW (P₂₀-Leistung 100 kW) sowie als Optionen L62 und L65 mit Dauerbremsleistungen von 50 kW (P₂₀-Leistung 200 kW) zur Verfügung. Die Braking Modules enthalten die Leistungselektronik und die zugehörige Ansteuerung. Sie sind zum Einbau in die Powerblöcke der S150 Schrankgeräte konzipiert. Ihre Kühlung erfolgt über den Abluftstrom der Leistungsteile. Die zugehörigen Bremswiderstände sind außerhalb des Umrichterschrankes aufzustellen.

Bei der Auswahl der Optionen L61 – L65 ist zu beachten, dass den Weitspannungsgeräten SINAMICS S150 mit Anschlussspannungen von 3AC 500 V bis 690 V je nach Netzanschlussspannung am Aufstellort Braking Modules für 3AC 500 V bis 600 V (L64, L65) oder Braking Modules für 3AC 660 V bis 690 V (L61, L62) zuzuordnen sind.

Nähere Angaben zu den Bremsseinheiten sowie Dimensionierungsvorschriften enthalten die Kapitel „Projektierung der Umrichter-Einbaugeräte SINAMICS G130“ und „Projektierung der Umrichter-Schrankgeräte SINAMICS G150“. Diese Kapitel enthalten darüber hinaus Berechnungsbeispiele zur Auswahl der Braking Modules und Bremswiderstände.

8.8 Lastseitige Komponenten und Leitungen

8.8.1 Motordrossel

Durch das schnelle Schalten des IGBT-Umrichters ergeben sich hohe Spannungsanstiege du/dt am Umrichter Ausgang. Diese führen beim Einsatz langer Motorleitungen zu einer zusätzlichen Strombelastung des Umrichters durch kapazitive Umladeströme und begrenzen dadurch die anschließbaren Leitungslängen.

Außerdem wird durch die hohen Spannungsanstiege, sowie die von diesen hervorgerufenen Spannungsspitzen an den Motoranschlüssen, die elektrische Wicklungsbelastung der Motoren gegenüber dem direkten Netzbetrieb erhöht. Die Motordrosseln (Option L08) reduzieren die kapazitiven Umladeströme in den Motorleitungen und begrenzen in Abhängigkeit von der Motorleitungslänge den Spannungsanstieg du/dt an den Motoranschlüssen.

Weitere Informationen sind im Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt "Motordrosseln" zu finden.

8.8.2 du/dt-Filter plus VPL und du/dt-Filter compact plus VPL

Das du/dt-Filter plus VPL (Option L10) sowie das du/dt-Filter compact plus VPL (Option L07) setzen sich aus zwei Komponenten zusammen, der du/dt-Drossel und dem Spannungsbegrenzungsnetzwerk (Voltage Peak Limiter), welches die Spannungsspitzen abschneidet und die Energie zurück in den Zwischenkreis speist.

Die du/dt-Filter plus VPL und die du/dt-Filter compact plus VPL sind für Motoren mit unbekannter bzw. nicht ausreichender Spannungsfestigkeit des Isoliersystems einzusetzen. Standard- und Transnorm-Asynchronmotoren von Siemens benötigen sie – je nach Motorenreihe – in der Regel erst bei Anschlussspannungen > 460 V bzw. > 500 V, sofern motorseitig keine Sonderisolierung für Umrichterbetrieb eingesetzt wird. Nähere Informationen enthält das Kapitel „Motoren“.

Die du/dt-Filter plus VPL begrenzen die Spannungsanstiegsgeschwindigkeit auf Werte < 500 V/μs und die typischen Spannungsspitzen am Motor auf folgende Werte:

- \hat{U}_{LL} (typisch) < 1000 V für $U_{Netz} < 575 V$
- \hat{U}_{LL} (typisch) < 1250 V für $660 V < U_{Netz} < 690 V$

Die du/dt-Filter compact plus VPL begrenzen die Spannungsanstiegsgeschwindigkeit auf Werte < 1600 V/μs und die typischen Spannungsspitzen am Motor auf folgende Werte:

- \hat{U}_{LL} (typisch) < 1150 V für $U_{Netz} < 575 V$
- \hat{U}_{LL} (typisch) < 1400 V für $660 V < U_{Netz} < 690 V$

Eine ausführliche Beschreibung ist im Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt "du/dt-Filter plus VPL und du/dt-Filter compact plus VPL" zu finden.

8.8.3 Sinusfilter

Sinusfilter (Option L15) sind LC-Tiefpassfilter und stellen die aufwändigste Filterlösung dar. Sie reduzieren die Spannungssteilheiten du/dt und die Spitzenspannungen \hat{U}_{LL} noch wesentlich mehr als du/dt-Filter, aber der Betrieb mit Sinusfilter bringt deutliche Einschränkungen mit sich hinsichtlich der einstellbaren Pulsfrequenz sowie der Spannungs- und Stromausnutzung des motorseitigen Wechselrichters (Spannungs- und Strom-Derating).

Eine ausführliche Beschreibung sowie die Derating-Daten sind im Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt "Sinusfilter" zu finden.

8.8.4 Maximal anschließbare Motorleitungslängen

Die Tabellen geben die maximal anschließbaren Motorleitungslängen an. Die Werte gelten sowohl für die in den Tabellen empfohlenen als auch für alle anderen üblichen Motorleitungen.

SINAMICS S150		Maximal zulässige Motorleitungslänge	
Netzanschlussspannung	Typeleistung bei 400 V bzw. 690 V	Geschirmte Leitung z. B. Protodur NYCWY	Ungeschirmte Leitung z. B. Protodur NYY
Ohne Drossel und ohne Filter			
3AC 380 V – 480 V	110 kW – 800 kW	300 m ¹⁾	450 m ¹⁾
3AC 500 V – 690 V	75 kW – 1200 kW	300 m ¹⁾	450 m ¹⁾
Mit einer Motordrossel (Option L08)			
3AC 380 V – 480 V	110 kW – 800 kW	300 m	450 m
3AC 500 V – 690 V	75 kW – 1200 kW	300 m	450 m
Mit du/dt-Filter plus VPL (Option L10)			
3AC 380 V – 480 V	110 kW – 800 kW	300 m	450 m
3AC 500 V – 690 V	75 kW – 1200 kW	300 m	450 m
Mit du/dt-Filter compact plus VPL (Option L07)			
3AC 380 V – 480 V	110 kW – 800 kW	100 m	150 m
3AC 500 V – 690 V	75 kW – 1200 kW	100 m	150 m
Mit Sinusfilter (Option L15)			
3AC 380 V – 480 V	110 kW – 250 kW	300 m	450 m
3AC 500 V – 690 V	110 kW – 132 kW	300 m	450 m

¹⁾ Für Pulsfrequenzen größer als die Werkseinstellung gelten reduzierte Motorleitungslängen (Werte auf Anfrage)

Zulässige Motorleitungslängen für SINAMICS S150

Durch die Reihenschaltung von zwei Motordrosseln lassen sich die zulässigen Leitungslängen noch weiter erhöhen auf 525 m bei geschirmten Leitungen und auf 787 m bei ungeschirmten Leitungen.

Eine zweite Motordrossel ist keine Standardoption und erfordert u. U. einen Zusatzschrank. Daher ist eine zweite Motordrossel nur auf Anfrage erhältlich.

8.9 Option L04 (Einspeisemodul eine Leistungsstufe niedriger ausgelegt)

Die Option L04 bietet die Möglichkeit, das Einspeisemodul (Active Line Module ALM + Active Interface Module AIM) im Schrankgerät SINAMICS S150 eine Leistungsstufe niedriger auszuwählen als das Motor Module.

Diese Option ist verfügbar für die Typeleistungen 160 kW, 250 kW, 315 kW, 400 kW und 560 kW im Anschlussspannungsbereich 3AC 380 V - 480 V.

Die Option L04 kann sinnvoll bei Anwendungen eingesetzt werden, bei denen die Standardauslegung des SINAMICS S150 eine unnötig hohe Strom- bzw. Leistungsreserve im Einspeisemodul beinhaltet. Dies sind z. B.:

- Anwendungen, in denen das Motor Module des S150 mit höheren Pulsfrequenzen betrieben wird. In diesem Fall reduzieren sich Ausgangsstrom und Ausgangsleistung gemäß dem gerätespezifischen Strom-Derating-Faktor k_{Puls} , so dass auch nur eine entsprechend reduzierte Eingangsleistung erforderlich ist. Die Option L04 ist in der Regel sinnvoll einsetzbar bei Pulsfrequenzen mit der doppelten Werkseinstellung und höher.
- Anwendungen, in denen der S150 nur im generatorischen Betrieb arbeitet und die Systemverluste nicht aus dem Netz, sondern aus dem am Motor Module betriebenen Generator gedeckt werden. Hierdurch reduziert sich die Eingangsleistung um die Systemverluste.
- Anwendungen mit Motoren, die einen sehr geringen Leistungsfaktor im Vergleich zu typischen 2- und 4-poligen Asynchronmotoren aufweisen. In diesem Fall ist der Blindstromanteil im Motorstrom, der aus dem Zwischenkreis gedeckt wird, relativ hoch, und der Wirkstromanteil im Motorstrom, der über das Einspeisemodul gedeckt wird, relativ gering, so dass nur eine entsprechend reduzierte Eingangsleistung erforderlich ist. Die Option L04 ist in der Regel sinnvoll einsetzbar ab 8-poligen Motoren.
- Anwendungen, in denen ein hohes Drehmoment und somit ein hoher Motorstrom nur unterhalb des Bemessungspunktes des Motors gefordert wird. Dies ist z. B. bei Antrieben der Fall, die ein hohes Losbrechmoment erfordern.

Mit der Option L04 sollte der S150 grundsätzlich nur mit dem netzseitigen Leistungsfaktor $\cos\varphi_{Netz} = 1$ betrieben werden und somit nur Wirkleistung aus dem Netz aufnehmen, was der Werkseinstellung entspricht. Eine zusätzliche Blindleistungskompensation am Netz ist wegen der mit der Option L04 reduzierten Eingangsleistung nicht sinnvoll.

Da mit der Option L04 das Einspeisemodul des S150 (Active Line Module ALM + Active Interface Module AIM) die begrenzende Komponente für die zu erreichende Ausgangsleistung des S150 darstellt, können die in den technischen Daten angegebenen Ausgangsströme des Motor Modules nur voll genutzt werden, solange das Einspeisemodul die benötigte Leistung bzw. den benötigten Strom aus dem Netz zur Verfügung stellen kann.

Die Berechnungsformeln, mit denen sich aus der geforderten mechanischen Wellenleistung des Motors der erforderliche Netzstrom des S150 berechnen lässt, sind im Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt „Active Infeed“ zu finden. Anhand dieser Formeln lässt sich überprüfen, ob der Einsatz der Option L04 möglich ist.

In der folgenden Tabelle sind die zulässigen Eingangs- und Ausgangsströme der Umrichter SINAMICS S150 in der Standardausführung sowie mit der Option L04 angegeben.

Typeleistung SINAMICS S150 im Standard bei 400 V [kW]	zulässiger Ausgangsstrom [A]	zulässiger Eingangsstrom	
		im Standard [A]	mit Option L04 [A]
160	310	310	260
250	490	490	380
315	605	605	490
400	745	745	605
560	985	985	840

SINAMICS S150: Zulässige Ausgangsströme und zulässige Eingangsströme im Standard und mit der Option L04

Berechnungsbeispiel 1:

Ein Umrichter SINAMICS S150 / 400 V / 400 kW / 745 A soll einen schnell laufenden Motor mit einem Bemessungsstrom von 535 A und einer Bemessungsfrequenz von 200 Hz speisen. Dazu wurde der Antrieb mit einer Pulsfrequenz von 2,5 kHz projektiert. Dieser Wert entspricht der doppelten Werkseinstellung.

Es ist zu überprüfen, ob bei diesem Antrieb die Option L04 eingesetzt werden kann.

Durch die Anhebung der Pulsfrequenz auf 2,5 kHz muss der Ausgangsstrom des Umrichters reduziert werden. Der Strom-Derating-Faktor beträgt 72 %, so dass Ausgangsstrom und Ausgangsleistung auf 72 % der nominellen Werte reduziert sind. Daher benötigt der Antrieb auch nur noch 72 % der nominellen Eingangsleistung bzw. des nominellen Eingangsstromes. Bei einem nominellen Eingangsstrom im Standard von 745 A benötigt der Umrichter jetzt nur noch 536 A. Da dieser Wert unter dem Wert von 605 A gemäß der letzten Spalte in der oben angegebenen Tabelle liegt, kann ein Umrichter mit der Option L04 eingesetzt werden.

Berechnungsbeispiel 2:

Ein Umrichter SINAMICS S150 mit 400 V / 560 kW / 985 A soll einen 8-poligen Motor SIMOTICS TN Serie N-compact 1LA8 speisen mit 400 V / 500 kW / 920 A und einem Wirkungsgrad $\eta = 96,4 \%$ ($P_{V-Mot} = 18,67 \text{ kW}$) sowie einem Leistungsfaktor $\cos\varphi_{Mot} = 0,81$.

Es ist zu überprüfen, ob bei diesem Antrieb die Option L04 eingesetzt werden kann.

Die folgenden Berechnungsformeln sind dem Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt „Active Infeed“ entnommen und entsprechend auf den Umrichter SINAMICS S150 umgesetzt.

Ausgehend von der mechanischen Leistung P_{mech} an der Motorwelle von 500 kW erhält man die dem Netz zu entnehmende elektrische Wirkleistung P_{Netz} , indem man zur mechanischen Leistung P_{mech} die Verlustleistung des Motors $P_{V Mot}$ und die Verlustleistung des SINAMICS S150 $P_{V S150}$ hinzu addiert:

$$\begin{aligned} P_{Netz} &= P_{mech} & + & P_{V Mot} & + & P_{V S150} \\ &= 500 \text{ kW} & + & 18,67 \text{ kW} & + & 27,25 \text{ kW} \\ &= 545,92 \text{ kW}. \end{aligned}$$

Der erforderliche Netzstrom I_{Netz} des SINAMICS S150 berechnet sich bei einem netzseitigen Leistungsfaktor von $\cos\varphi_{Netz} = 1$ (Werkseinstellung des SINAMICS S150) zu:

$$\begin{aligned} I_{Netz} &= P_{Netz} & / & (\sqrt{3} \cdot U_{Netz} & \cdot & \cos\varphi_{Netz}) \\ &= 545,92 \text{ kW} & / & (\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} & \cdot & 1,0) \\ &= 788 \text{ A} \end{aligned}$$

Da dieser Wert unter dem Wert von 840 A gemäß der letzten Spalte in der oben angegebenen Tabelle liegt, kann ein Umrichter mit der Option L04 eingesetzt werden.

9 Optionenbeschreibungen der Schrankgeräte

Die Kurzbeschreibungen aller bei den Schrankgeräten SINAMICS G150, SINAMICS S120 Cabinet Modules und SINAMICS S150 verfügbaren Optionen sind in den Katalogen D 11 und D 21.3 enthalten. Im folgenden Kapitel wird daher nur auf einige ausgewählte Optionen näher eingegangen, die über die Kurzbeschreibungen hinausgehende Erläuterungen erfordern.

9.1 Option G33 (Communication Board CBE20)

Diese Option ist verfügbar bei SINAMICS G150, SINAMICS S120 Cabinet Modules, SINAMICS S150.

Das Communication Board CBE20 ist eine Schnittstellenbaugruppe zur Kommunikation über PROFINET-IO.

Es wird benötigt, wenn eine Control Unit CU320-2 DP (PROFIBUS) an ein PROFINET-IO-Netzwerk angeschlossen werden soll. Das Communication Board CBE20 ist zum Einbau in den Option Slot der Control Unit CU320-2 vorgesehen und ermöglicht den Anschluss der SINAMICS-Geräte über die Control Unit CU320-2 an ein PROFINET-IO-Netzwerk. Das CBE20 unterstützt die Echtzeitklassen PROFINET IO Realtime (RT) und PROFINET IO Isochronous Realtime (IRT). Mit dem Communication Board CBE20 wird ein SINAMICS-Gerät zum PROFINET-IO-Device.



Communication Board Ethernet CBE20

Das Communication Board CBE20 wird auch benötigt, wenn eine Kommunikation zwischen mehreren Control Units über den SINAMICS Link erfolgen soll, der den direkten Datenaustausch zwischen mehreren Control Units CU320-2 ohne übergeordnete Steuerung ermöglicht. Dies gilt unabhängig davon, ob es sich um Control Units CU320-2 DP (PROFIBUS) oder Control Units CU320-2 PN (PROFINET) handelt. Andere Teilnehmer als die SINAMICS Control Units CU320-2 und die Control Units CUD des SINAMICS DCM können in diese Kommunikation nicht eingebunden werden. Mögliche Anwendungsfälle für den SINAMICS Link sind:

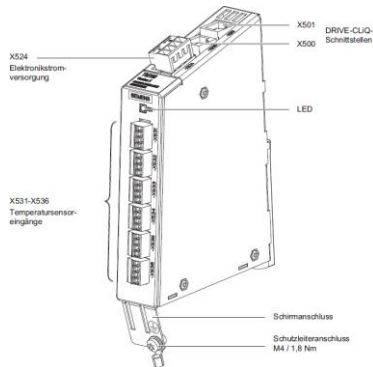
- Momentenverteilung bei mehreren Antrieben
- Sollwertkaskadierung bei mehreren Antrieben
- Lastverteilung bei materialgekoppelten Antrieben
- Master-Slave-Funktion bei aktiven Einspeisungen (Active Infeed)
- Kopplungen zwischen SINAMICS G bzw. SINAMICS S mit CU320-2 und SINAMICS DCM mit CUD

Beim SINAMICS Link sind Bustakte von 500 μ s, 1000 μ s oder 2000 μ s einstellbar. Der Stromreglertakt muss so gewählt werden, dass sich der eingestellte Bustakt als ganzzahliges Vielfaches des Stromreglertaktes ergibt. Diese Bedingung ist mit den Stromreglertakten 125 μ s, 250 μ s und 500 μ s erfüllt, wobei der Wert 125 μ s nur bei SINAMICS S einstellbar ist und nicht bei SINAMICS G. Mit dem SINAMICS Link sind bei einem Stromreglertakt von 500 μ s und einem Bustakt von 2000 μ s (2 ms) Übertragungszeiten von 3 ms realisierbar. Bei Nutzung des SINAMICS Links ist es nicht mehr möglich, zusätzlich zum SINAMICS Link eine taktsynchrone PROFIBUS-Kommunikation zu nutzen.

Da das Communication Board CBE20 in den Option Slot der Control Unit CU320-2 gesteckt wird, ist die Option G33 bei den SINAMICS S120 Cabinet Modules nur in Verbindung mit der Option K90 / Control Unit CU320-2 DP oder K95 / Control Unit CU320-2 PN bestellbar.

Weiterführende Informationen sind im Funktionshandbuch „SINAMICS S120 Antriebsfunktionen“ zu finden.

9.2 Optionen G51 – G54 (Terminal Module TM150)



Diese Optionen sind verfügbar für folgende Schrankgeräte:

- SINAMICS G150
 - Option G51 / 1 Terminal Module TM150; zusätzliche TM150 auf Anfrage möglich
- SINAMICS S120 Cabinet Modules
 - Option G51 / 1 Terminal Module TM150
 - Option G52 / 2 Terminal Modules TM150
 - Option G53 / 3 Terminal Modules TM150 ¹⁾
 - Option G54 / 4 Terminal Modules TM150 ¹⁾ zusätzliche TM150 auf Anfrage möglich
- SINAMICS S150
 - Option G51 / 1 Terminal Module TM150; zusätzliche TM150 auf Anfrage möglich

¹⁾ nicht bei flüssigkeitsgekühlten S120 Motor Modules

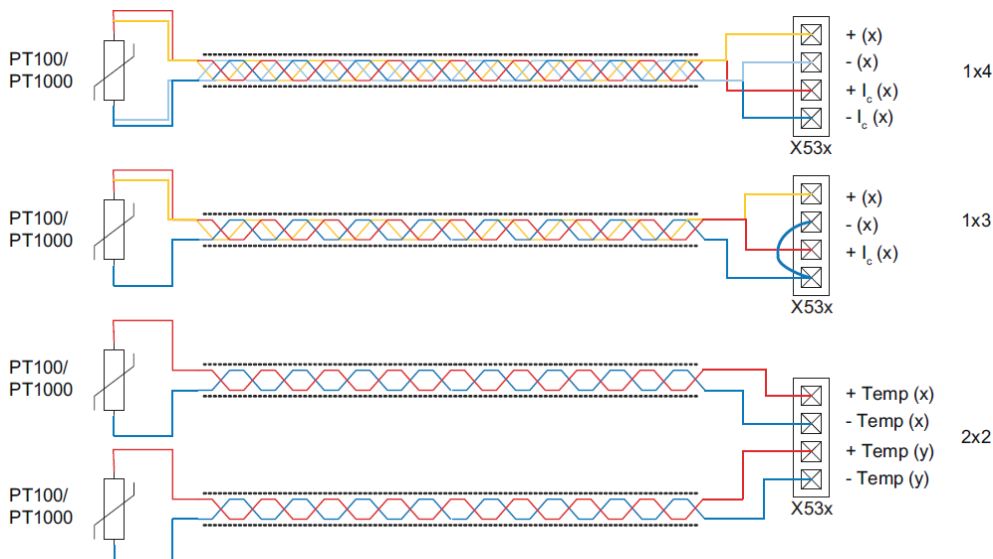
Übersicht

Das Terminal Module TM150 ist eine Schnittstellenbaugruppe zur Auswertung von bis zu 12 Temperatursensoren. Es wird über DRIVE-CLiQ mit der Control Unit CU320-2 verbunden und ist ab Firmware-Version 4.5 einsetzbar. So kann z. B. die gemessene Wicklungstemperatur des Motors dem thermischen Motormodell der Regelung zur Verfügung gestellt werden oder es können die gemessenen Temperaturen von Motorwicklungen, Motorlagern, usw. über die PROFIBUS- bzw. PROFINET-Schnittstelle der Control Unit CU320-2 zur überlagerten Steuerung weitergeleitet werden. Das Terminal Module TM150 deckt den Temperaturbereich von -99°C bis +250°C ab und kann folgende Temperatursensoren auswerten:

- PT100 (mit Überwachung auf Drahtbruch und Kurzschluss)
- PT1000 (mit Überwachung auf Drahtbruch und Kurzschluss)
- KTY84-130 (mit Überwachung auf Drahtbruch und Kurzschluss)
- PTC (mit Überwachung auf Kurzschluss)
- Bimetall-Öffner (ohne Überwachung)

Die Temperatursensorauswertung kann in 2-, 3- oder 4-Leiter-Technik erfolgen. Mit 2-Leiter-Technik können bis zu 12 Temperatursensoren ausgewertet werden, mit 3- oder 4-Leiter-Technik bis zu 6 Temperatursensoren.

Im Folgenden sind die Anschlussmöglichkeiten von Temperatursensoren PT100 / PT1000 mit 2x2 Leitern, 3 Leitern und 4 Leitern an den Temperatursensoreingängen des Terminal Modules TM150 dargestellt.



Anschluss von Temperatursensoren PT100 / PT1000 mit 2x2 Leitern, 3 Leitern und 4 Leitern an das TM150

Die Verbindungsleitungen zu den Temperatursensoren müssen grundsätzlich geschirmt sein. Der Leitungsschirm muss beidseitig großflächig mit dem Erdpotenzial verbunden werden. Temperatursensorleitungen, die gemeinsam mit der Motorleitung geführt werden, müssen paarweise verdreht und separat geschirmt sein. Die maximal zulässige Leitungslänge zu den Temperatursensoren beträgt 300 m.

Optionenbeschreibungen

Projektierungshinweise

Das Terminal Module TM150 besitzt keine Potenzialtrennung zwischen seinen Eingängen für die Temperatursensoren und der Auswerte-Elektronik, so dass nur Temperatursensoren angeschlossen werden dürfen, die entweder auf Erdpotenzial liegen oder den Anforderungen der Schutztrennung gemäß EN 61800-5-1 entsprechen.

Aufbau

Auf dem Terminal Module TM150 befinden sich:

- 6/12 Temperatursensoreingänge (je nach Anschlussart) für KTY84-130, PT1000, PT100, PTC oder Bimetall-Öffner (je Klemmenblock kann die Auswertung für 1x2 Leiter, 2x2 Leiter, 3 Leiter oder 4 Leiter parametrisiert werden)
- 2 DRIVE-CLiQ-Buchsen
- 1 Anschluss für die Elektronikstromversorgung über den DC-24-V-Einspeisestecker
- 1 PE/Schutzleiter-Anschluss

Das Terminal Module TM150 eignet sich zum Aufschnappen auf eine Hutschiene TH 35 nach EN 60715 (IEC 60715).

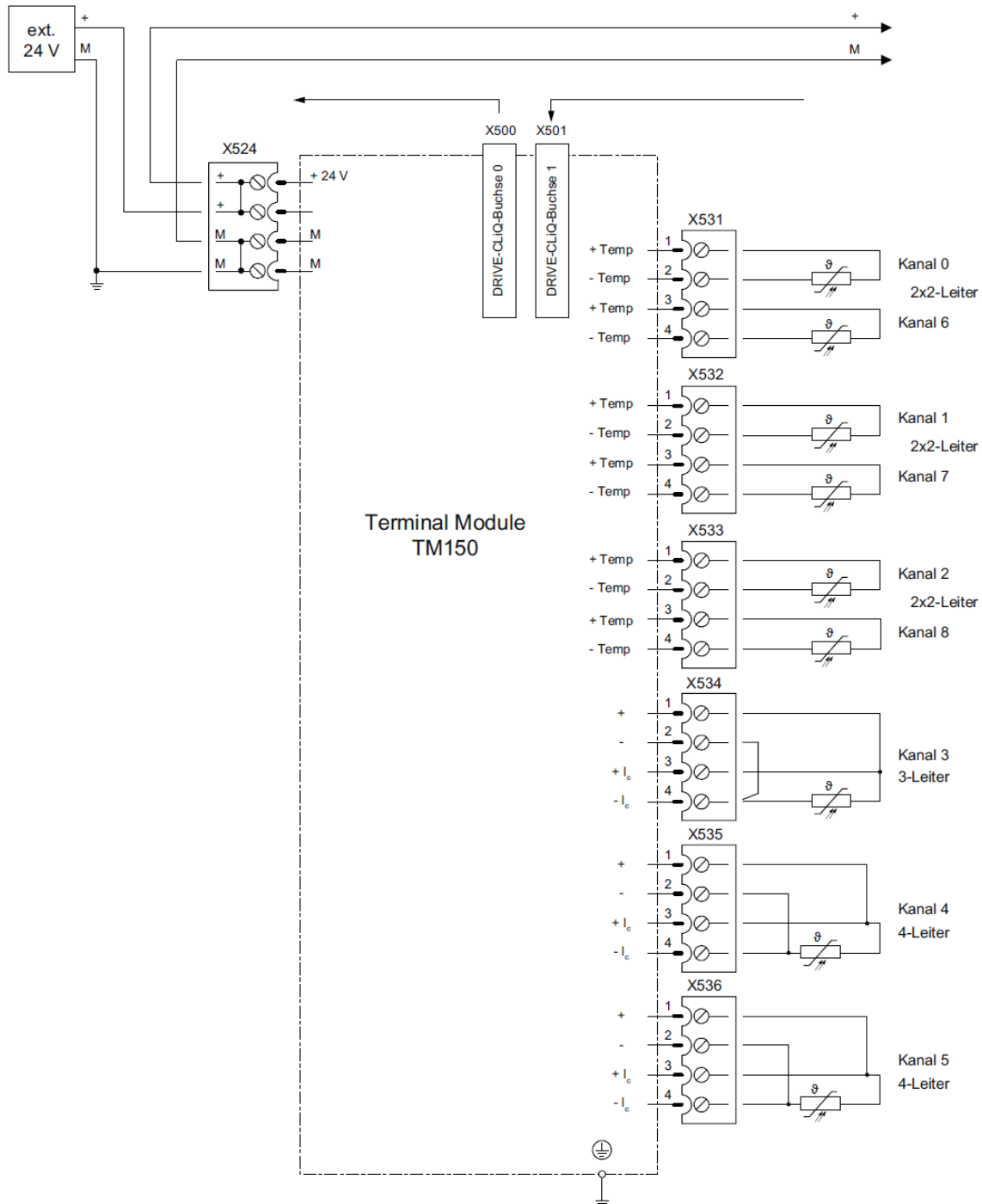
Der Signalleitungsschirm kann mittels einer Schirmanschlussklemme an dem Terminal Module TM150 aufgelegt werden, z. B. Typ SK8 der Fa. Phoenix Contact oder Typ KLBÜ CO 1 der Fa. Weidmüller.

Der Status des Terminal Modules TM150 wird über eine mehrfarbige LED angezeigt.

Technische Daten

Terminal Module TM150 6SL3055-0AA00-3LA0	
Strombedarf, typ. / max. bei DC 24 V	ca. 0,1 A / 0,5 A
• Anschlussquerschnitt, max.	2,5 mm ²
• Absicherung, max.	20 A
Temperatursensoreingänge Die Eingänge können folgende Temperatursensoren auswerten: KTY84-130, PT1000, PT100, PTC oder Bimetall-Öffner. Die Eingänge je Klemmenblock sind für die Auswertung von 1x2 Leitern, 2x2 Leitern, 3 Leitern oder 4 Leitern parametrisierbar.	
• Zulässiger Temperaturbereich	-99°C bis +250°C
• Anschlussquerschnitt, max.	1,5 mm ²
• Strom je Sensor, etwa	0,8 mA
• Sichere Trennung gemäß EN 61800-5-1	Nein
Verlustleistung	< 10 W
PE-Anschluss	Schraube M4
Maße	
• Breite	30 mm
• Höhe	150 mm (+ Schirmanschlussblech 28 mm)
• Tiefe	119 mm
Gewicht, etwa	0,41 kg
Konformitäten	CE

Im Folgenden ist ein Anschlussbeispiel für das Terminal Module TM150 mit verschiedenen Sensoren dargestellt.



Anschlussbeispiel für das Terminal Module TM150 mit verschiedenen Temperatursensoren in 2-, 3- und 4-Leiter-Technik

9.3 Option K82 (Klemmenmodul zur Ansteuerung der Safety Funktionen STO und SS1)

Diese Option ist verfügbar bei SINAMICS G150, SINAMICS S120 Cabinet Modules (nur für Luftkühlung, derzeit noch nicht für Flüssigkeitskühlung), SINAMICS S150.

Die Safety Funktion Safe Torque Off (STO) verhindert den unbeabsichtigten Anlauf des Motors aus dem Stillstand. Die Safety Funktion Safe Stop 1 (SS1) bremst den drehenden Motor an einer Bremsrampe ab und geht dann in den Zustand STO über, so dass ein Wiederanlauf des Motors sicher verhindert wird. Diese beiden Sicherheitsfunktionen sind standardmäßig in den Schrankgeräten SINAMICS G150, S120 Cabinet Modules und S150 enthalten.

Optionenbeschreibungen

Projektierungshinweise

Folgende Randbedingungen sind bei der Nutzung / Verschaltung dieser Sicherheitsfunktionen zu berücksichtigen:

- Gleichzeitige Aktivierung / Deaktivierung an Control Unit und Leistungsteil.
- Ansteuerung mit DC 24 V.
- Gemäß IEC 61800-5-1 und UL 508 ist an den Steueranschlüssen und Klemmen nur der Anschluss von sicher getrennten Schutzkleinspannungen (PELV) erlaubt.
- Gleichstromversorgungsleitungen sind bis zu einer Leitungslänge von 10 m zulässig.
- Ungeschirmte Signalleitungen sind bis zu einer Leitungslänge von 30 m ohne Zusatzbeschaltung gestattet. Bei größeren Leitungslängen sind geschirmte Leitungen zu verwenden oder es muss eine geeignete Beschaltung zum Überspannungsschutz eingesetzt werden.
- Maximaler Anschlussquerschnitt der Klemmen: Der Anschluss der bei den S120 Cabinet Modules eingesetzten Komponenten befindet sich an der Control Unit CU320-2 sowie am Leistungsteil (Bauform Book-size) oder aber an der CIM-Baugruppe des Leistungsteils (Bauform Chassis), siehe Kapitel „Geräteübergreifende SINAMICS-Projektierung“, Abschnitt „Safety Integrated / Antriebsintegrierte Sicherheitsfunktionen“. Der anschließbare Leitungsquerschnitt beträgt 1,5 mm² an der CU320-2 und am Leistungsteil der Chassis-Geräte (CIM-Baugruppe).
- Aufgrund der Anordnung auf verschiedenen Komponenten sind diese Klemmen im Schrank verteilt angeordnet.
- Die ungehinderte Benutzung der Klemmen im Schrank wird u. U. durch andere Bauteile wie z. B. Sicherheitsabdeckungen etc. behindert.

Die Option K82 wurde speziell dazu entwickelt, diese Einschränkungen bei der Nutzung an die praktischen Anlagenbedürfnisse anzupassen und eine einfache Handhabung zu ermöglichen.

Dies wird erreicht durch den Einsatz von Koppelrelais, deren Ansteuerung im variablen Spannungsbereich von 24 V bis 230 V DC/AC potenzialgetrennt erfolgt. Über einen optional einsetzbaren Rückmeldepfad ist die Anzeige des Zustandes der Funktion "Safe Torque Off" oder „Safe Stop 1“ möglich. Dies kann z. B. zur Anbindung einer externen Steuerung oder Meldeleuchte erforderlich sein. Die verwendeten Relais besitzen zusätzlich einen zweiten Abschaltpfad, mit dem weitere Sicherheitskreise angeschaltet werden können. Der Einsatz der Relais erlaubt außerdem die Benutzung von ungeschirmten Steuerleitungen mit Längen größer als 30 m bei der Ansteuerung der Sicherheitsfunktionen. Die Option K82 kann auch vorteilhaft eingesetzt werden, wo aufgrund der räumlichen Ausdehnung kein idealer Potenzialausgleich vorhanden ist.

Sämtliche Signale sind auf einer kompakten Kundenschnittstelle zusammengefasst. Für die Verdrahtung zur Anlagenumgebung existiert lediglich eine Klemmenleiste, die bei allen Modules identisch ausgeführt ist. Der mögliche Anschlussquerschnitt beträgt durchgängig 2,5 mm².

Funktionsweise

Über zwei Relais (K41 und K42) werden die zwei unabhängigen Kanäle der integrierten Sicherheitsfunktionen angesteuert. Das Relais K41 steuert dabei das für die Sicherheitsfunktion benötigte Signal auf der Control Unit an und das Relais K42 das für die Sicherheitsfunktion benötigte Signal auf dem Motor Module. Die Aktivierungs- und Deaktivierung muss gleichzeitig erfolgen. Der aufgrund mechanischer Schaltvorgänge nicht vermeidbare Zeitverzug ist über Parameter in der Firmware anpassbar. Die Schaltung ist drahtbruchsicher aufgebaut, d. h., die Sicherheitsfunktion ist aktiv, wenn die Steuerspannung der Relais wegfällt. Aus den in Reihe geschalteten Öffner-Kontakten der Relais kann eine Rückmeldung zur Information, Diagnose bzw. Fehlersuche abgeleitet werden.

Eine Verdrahtung der Rückmeldung kann optional erfolgen und ist nicht Bestandteil des Sicherheitskonzeptes. Das Rückmeldesignal ist nicht notwendig zur Erfüllung der zertifizierten Normen.

Die Ansteuerung der Sicherheitsfunktion ist zweikanalig auszuführen. Als Betätigungselement ist ein Schalter gemäß ISO 13850 / EN 418 mit Zwangsöffnung gemäß IEC 60947-5-1 oder eine zertifizierte Sicherheitssteuerung zu verwenden.

Folgende maximale Leitungslängen sind zur Ansteuerung der Sicherheitsfunktionen anschließbar (gilt für Hin- und Rückleiter):

- AC (Leitungskapazität: 300 pF/m):
 - 24 V: 5000 m
 - 110 V: 800 m
 - 230 V: 200 mDie Werte gelten für 50 Hz. Bei 60 Hz sind die Leitungslängen um 20 % zu vermindern.
- DC (minimaler Querschnitt 0,75 mm² / maximal anschließbarer Querschnitt 2,5 mm²):
 - 1500 m

Weiterhin unterstützt die Option K82 ein Konzept zur vereinfachten Verdrahtung der Sicherheitsfunktionen Safe Torque Off und Safe Stop 1 innerhalb von Gruppenantrieben. Eine durchdachte Klemmenanordnung und Leitungsanbindung gestattet eine optimale und übersichtliche Leitungsverlegung in der Anlage ohne Querverbindungen. Mögliche Aneinanderreihungen sowie Gruppierungen von Modulen sind bereits in der Ausführung der Klemmenleiste berücksichtigt. Die Klemmenreihe ist bequem im unteren Bereich des Schrankes erreichbar.

Die Rückmeldefade können mit Spannungen bis zu 250 V DC/ AC betrieben werden. Folgende Bemessungs-Betriebsströme sind bei den Rückmeldekontakten (X41: 5/6) zu beachten:

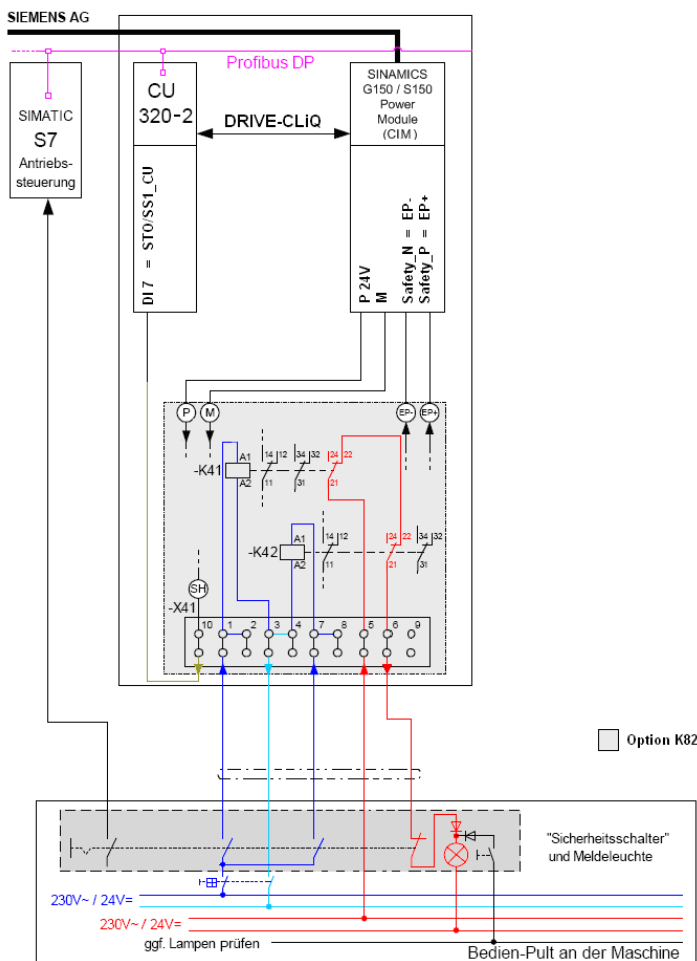
- AC-15 (nach IEC 60947-5-1): 24 V - 230 V: 3 A
- DC-13 (nach IEC 60947-5-1): 24 V: 1 A
110 V: 0,2 A
230 V: 0,1 A

Minimale Kontaktbelastung DC 5 V / 1 mA bei 1 ppm Fehler. Absicherung maximal 4 A (Sicherung schweißfrei, Betriebsklasse gL/gG bei $I_k \geq 1$ kA).

Beispiel 1:

Das erste Beispiel zeigt die Verschaltung der Option K82 bei den Umrichter-Schrankgeräten SINAMICS G150 und S150.

Die Antriebssteuerung SIMATIC S7 ist für die Sicherheitsfunktionen STO und SS1 nicht notwendig und nur beispielhaft dargestellt.



Verschaltung der Option K82 bei Schrankgeräten G150 und S150 (ohne Parallelschaltung)

Optionenbeschreibungen

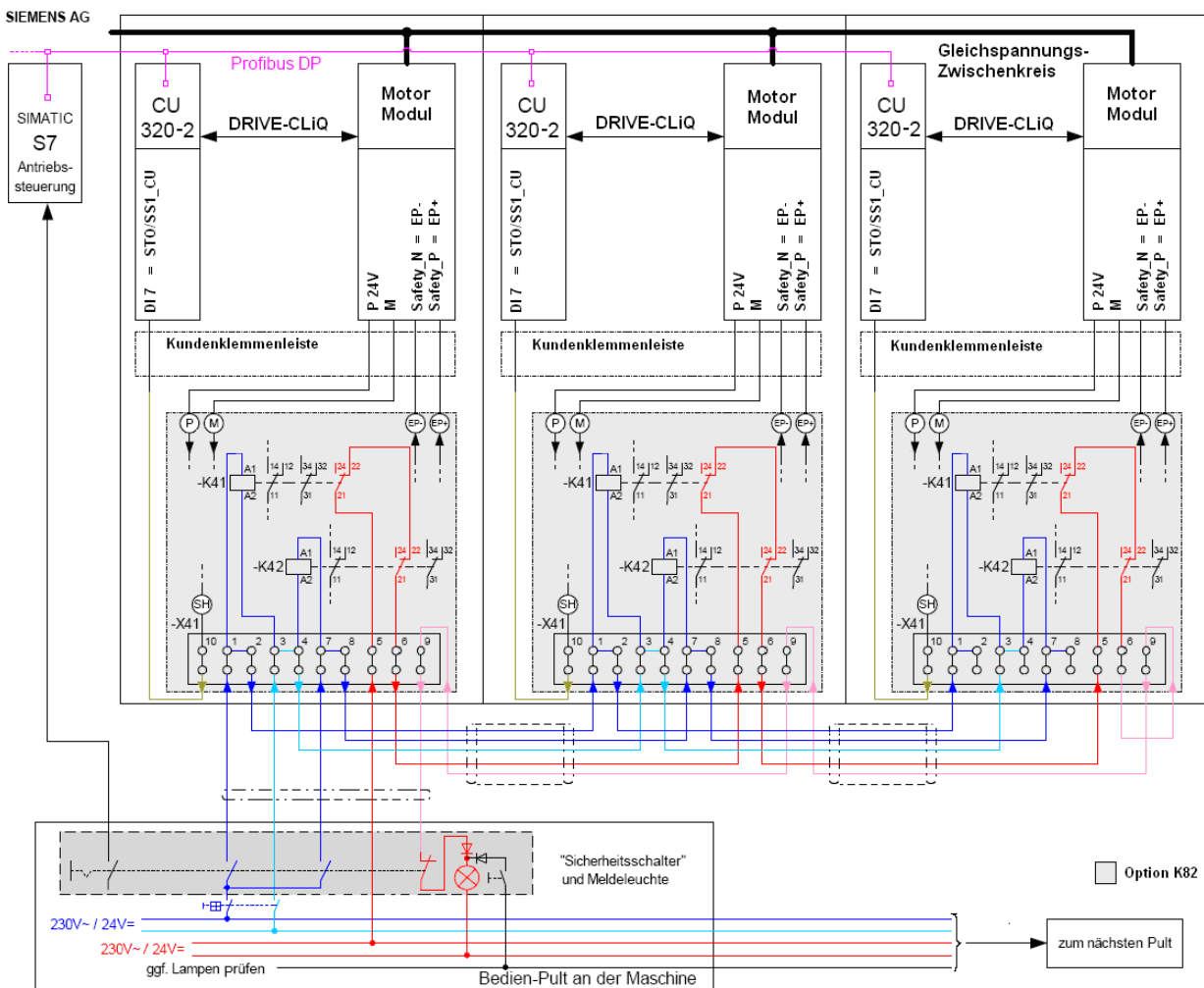
Projektierungshinweise

Beispiel 2:

Das zweite Beispiel zeigt, wie bei S120 Cabinet Modules mit Motor Modules der Bauform Chassis durch einen zentral gelegenen Sicherheitsschalter sämtliche Motor Modules einer Sicherheitsgruppe geschaltet werden können. Aufgrund der Klemmengestaltung bzw. Klemmenanordnung ist zwischen den einzelnen Cabinet Modules das Verlegen von nur einer einzigen mehradrigen Leitung notwendig.

Innerhalb eines jeden Cabinet Modules sind bereits sämtliche Verbindungen zwischen Control Unit, Leistungsteil (CIM-Baugruppe), Kundenklemmenleiste –X55 und der Option K82 verdrahtet. Der Schrank ist somit anschlussfertig.

Die Antriebssteuerung SIMATIC S7 ist für die Sicherheitsfunktionen STO und SS1 nicht notwendig und nur beispielhaft dargestellt.



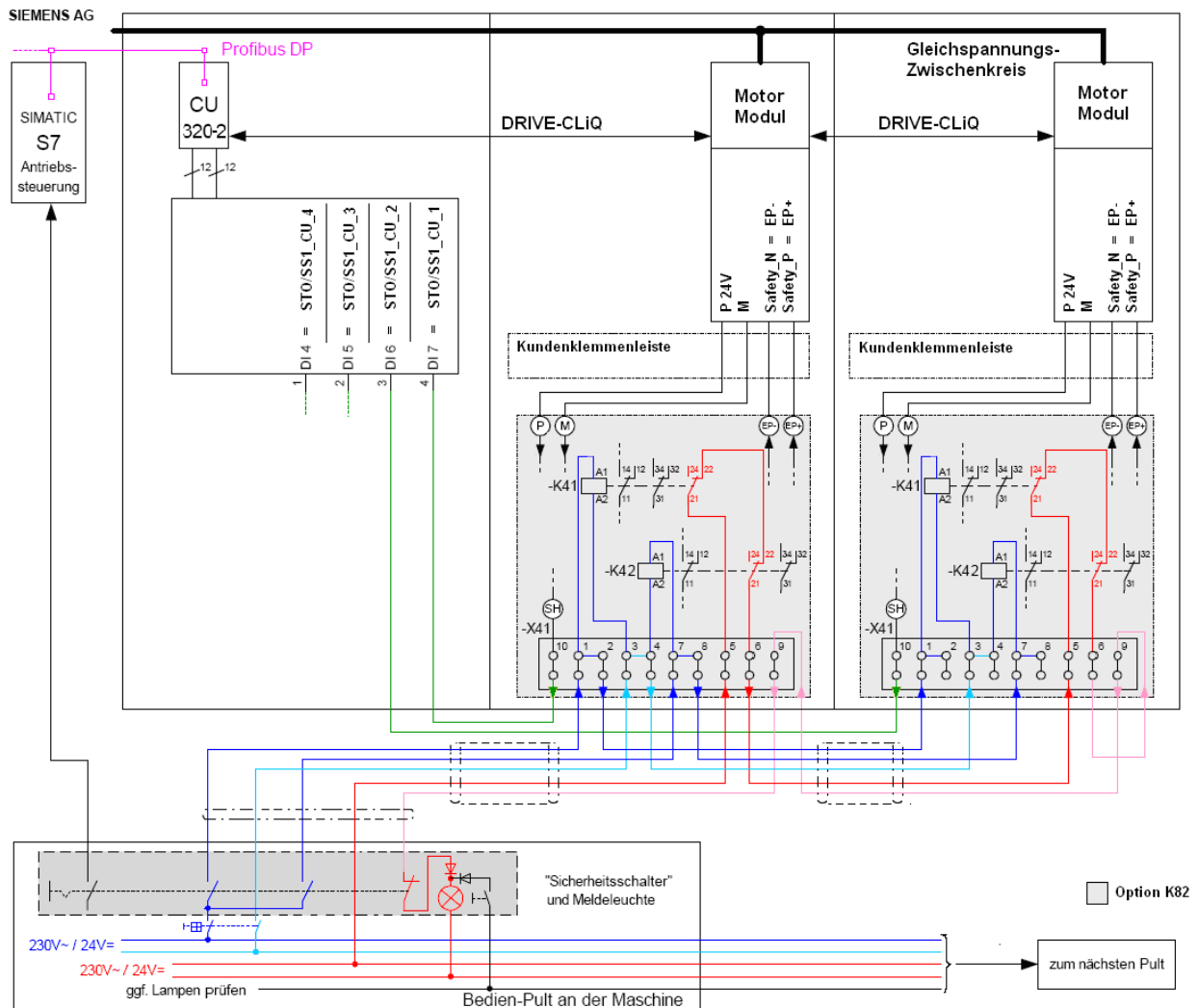
Verschaltung der Option K82 bei S120 Cabinet Modules mit einer CU320-2 je Motor Module und zentr. Sicherheitsschalter

Beispiel 3:

Das dritte Beispiel zeigt, wie bei S120 Cabinet Modules mit Motor Modules der Bauform Chassis mehrere Motor Modules von einer gemeinsamen Control Unit gesteuert und über einen gemeinsamen Sicherheitsschalter betrieben werden können.

Es werden dieselben Schnittstellen wie im Beispiel zuvor verwendet. Es müssen lediglich noch die Signale zur gemeinsamen Control Unit geführt werden.

Die Antriebssteuerung SIMATIC S7 ist für die Sicherheitsfunktionen STO und SS1 nicht notwendig und nur beispielhaft dargestellt.



Verschaltung der Option K82 bei S120 Cabinet Modules mit einer gemeinsamen CU320-2 für mehrere Motor Modules

Die Inbetriebnahme sowie die Freischaltung der Funktionen „Safe Torque Off“ und „Safe Stop 1“ in der Firmware sind grundsätzlich immer vorzunehmen.

Die Funktionen Safe Torque Off und Safe Stop 1 sind zertifiziert und erfüllen die Anforderungen gemäß

- Kategorie 3 gemäß DIN EN ISO 13849-1
- Performance Level (PL) d gemäß DIN EN ISO 13849-1
- Safety Integrity Level (SIL) 2 gemäß IEC 61508

Das Zertifikat bezieht sich jeweils auf definierte Hard- und Firmware-Versionen.

Die Option K82 ist ebenfalls zertifiziert und besitzt ein separates Zertifikat.

Weitergehende Informationen zu den Sicherheitsfunktionen Safe Torque Off und Safe Stop 1 sind im Kapitel „Geräteübergreifende SINAMICS-Projektierung“, Abschnitt „Safety Integrated / Antriebsintegrierte Sicherheitsfunktionen“ zu finden sowie in den Funktionshandbüchern „SINAMICS S120 Safety Integrated“ und „SINAMICS G130 / G150 / S120 Chassis / S120 Cabinet Modules / S150 Safety Integrated“.

Eine Liste der zertifizierten Komponenten und Firmware-Versionen sowie die PFH-Werte sind auf Anfrage erhältlich. Diese Informationen können auch dem Safety Evaluation Tool entnommen werden, welches im Internet zur Verfügung steht.

Optionenbeschreibungen

Projektierungshinweise

9.4 Option K90 (CU320-2 DP), K95 (CU320-2 PN) und K94 (Performance-Erweiterung)

Diese Optionen sind verfügbar bei SINAMICS S120 Cabinet Modules (Luftkühlung und Flüssigkeitskühlung). Die Option K95 ist darüber hinaus auch bei SINAMICS G150 und S150 verfügbar, wenn an Stelle der standardmäßig vorhandenen CU320-2 DP eine CU320-2 PN gewünscht wird.

Allen SINAMICS S120 Line Modules und allen Motor Modules, d. h.

- Basic Line Modules,
- Smart Line Modules,
- Active Line Modules,
- Motor Modules der Booksize Cabinet Kits,
- Motor Modules der Bauform Chassis,

kann über die Option K90 eine Control Unit CU320-2 DP (PROFIBUS) oder über die Option K95 eine Control Unit CU320-2 PN (PROFINET) mit zugehöriger CompactFlash Card zugeordnet werden, welche Kommunikations-, Steuerungs- und Regelungsfunktionen übernimmt. Die Control Unit CU320-2 DP besitzt eine standardmäßige PROFIBUS-Schnittstelle und die Control Unit CU320-2 PN eine standardmäßige PROFINET-Schnittstelle. Die CompactFlash Card trägt die Firmware für SINAMICS S120.

Die **Optionen K90 und K95** bestehen jeweils aus der entsprechenden Control Unit CU320-2 mit einer CompactFlash Card **ohne Performance-Erweiterung**. Damit kann die jeweilige Control Unit CU320-2 maximal 3 Servo-Achsen oder 3 Vektor-Achsen oder 6 U/f-Achsen regeln. Nähere Informationen zu den möglichen Mengengeräten sind dem Kapitel „Projektierung der SINAMICS S120, Hinweise zu Einbau und Schrankgeräten“, Abschnitt „Regelungstechnische Eigenschaften“, Unterabschnitt „Bestimmung der erforderlichen Regelungsperformance der Control Unit CU320-2“ zu entnehmen.

Die volle Rechenleistung der Control Unit CU320-2 ist erst mit der Firmware-Option Performance-Erweiterung verfügbar. Damit kann die Control Unit CU320-2 maximal 6 Servo-Achsen oder 6 Vektor-Achsen oder 12 U/f-Achsen regeln. Wird eine Control Unit CU320-2 mit Performance-Erweiterung benötigt, so ist zusätzlich zur Option K90 bzw. K95 die Option K94 zu bestellen. Mit der **Optionskombination K90 / K94** wird die Control Unit CU320-2 DP, und mit der **Optionskombination K95 / K94** die Control Unit CU320-2 PN mit einer CompactFlash Card **mit Performance-Erweiterung** geliefert.

Die Performance-Erweiterung wird in Form einer Lizenz geliefert, die als Lizenzierungsschlüssel werksseitig auf der CompactFlash Card hinterlegt ist. Die Performance-Erweiterung lässt sich auch nachträglich vor Ort freischalten, z. B. wenn zum Zeitpunkt der Bestellung noch nicht bekannt war, dass eine Performance-Erweiterung erforderlich ist. Zwingend notwendig für die Freischaltung ist die Seriennummer der CompactFlash Card und die Artikel-Nr. der freizuschaltenden Firmware-Option. Damit kann über eine Lizenz-Datenbank der zugehörige Lizenzierungsschlüssel erworben und die Firmware-Option freigeschaltet werden. Der Lizenzierungsschlüssel ist nur für die identifizierte CompactFlash Card gültig und kann nicht auf andere CompactFlash Cards übertragen werden.

In der Artikel-Nr. der mit der CU320-2 gelieferten CompactFlash Card mit der Firmware für SINAMICS S120 sind die Firmware-Version und die Performance-Erweiterung verschlüsselt. Die Artikel-Nr. befindet sich auf dem Aufkleber auf der CompactFlash Card.

Artikel-Nr.:	6SL3054-0 __ 0_-1BA0	
Firmware-Version	1	B
	2	C
	3	D
	4	E
	5	F
	.1	B
	.2	C
	.3	D
	.4	E
	.5	F
	.6	G
	.7	H
	.8	J
Ohne Performance-Erweiterung		0
Mit Performance - Erweiterung		1

Verschlüsselung von Firmware-Version und Performance-Erweiterung in der Artikelnummer der CompactFlash Card mit der Firmware für SINAMICS S120

Hinweis:

Die Control Unit CU320-2 benötigt zwingend eine CompactFlash Card mit einer Speicherkapazität von 1 GB (ab 4.6 HF3: 2 GB). Die CU320-2 DP benötigt mind. Firmware-Vers. 4.3, die CU320-2 PN mind. Firmware-Vers. 4.4.

Ältere CompactFlash Cards der Control Unit CU320 mit einer Speicherkapazität von 64MB oder weniger sowie Firmware-Versionen 2.6 oder niedriger können in der Control Unit CU320-2 nicht verwendet werden.

9.5 Option L08 (Motordrossel) / L09 (Zwei Motordrosseln in Reihe)

Die Option L08 ist verfügbar bei SINAMICS G150, SINAMICS S120 Cabinet Modules (z. Zt. nur für Luftkühlung / für Flüssigkeitskühlung in Vorbereitung), SINAMICS S150.

Die Option L09 ist verfügbar bei SINAMICS S120 Cabinet Modules / Booksize Cabinet Kits.

Die Option L08 / Motordrossel wird fertig verdrahtet bzw. verschient mit dem Schrankgerät ausgeliefert. Bei SINAMICS G150, SINAMICS S120 Cabinet Modules mit den Chassis-Baugrößen FX und GX sowie bei den Geräten SINAMICS S150 ist die Motordrossel innerhalb des Schrankes unter dem Leistungsteil platziert, bei den Geräten SINAMICS S120 Cabinet Modules mit den Chassis-Baugrößen HX und JX ist ein Zusatzschrank mit einer Breite von 600 mm rechts neben dem Motor Module erforderlich.

Bei SINAMICS S120 Cabinet Modules mit Booksize Cabinet Kits ist die Motordrossel immer innerhalb des Booksize Base Cabinets platziert und dem entsprechenden Booksize-Leistungsteil zugeordnet.

Mit der Option L09 können SINAMICS S120 Cabinet Modules mit Booksize Cabinet Kits eine Reihenschaltung aus zwei Motordrosseln erhalten. Mehr als zwei Motordrosseln je Booksize Motor Module sind nicht einsetzbar. Double Motor Modules können standardmäßig nur mit einer Motordrossel ausgestattet werden (Option L08).

Die Motordrosseln sind innerhalb eines jeden Cabinet Kits gemäß dem Zonenkonzept geschirmt aufgebaut. Dies beeinflusst jedoch nicht die Zugänglichkeit. Zum komfortableren Anschluss der Motorleitungen sind im Anschlussbereich des Booksize Base Cabinets Anschlussklemmen und Schirmauflagemöglichkeiten für geschirmte Motorleitungen vorhanden. Die Verdrahtung vom Anschlussbereich zur Drossel und weiter zum Motor Module ist bereits standardmäßig realisiert. Der spezielle Schrankaufbau stellt die Elektromagnetische Verträglichkeit sicher.

Artikel-Nr. des Booksize Cabinet Kit	Bemessungs- ausgangsstrom des Motor Modules [A]	geschirmte Leitung Max. zulässige Leitungslänge zwischen Motordrossel und Motor bei		ungeschirmte Leitung Max. zulässige Leitungslänge zwischen Motordrossel und Motor bei	
		1 Drossel Option L08 [m]	2 Drosseln Option L09 [m]	1 Drossel Option L08 [m]	2 Drosseln Option L09 [m]
6SL3720-1TE21-0AB4	9	135	-	200	-
6SL3720-1TE21-8AB4	18	160	320	240	480
6SL3720-1TE23-0AB4	30	190	375	280	560
6SL3720-1TE24-5AB4	45	200	400	300	600
6SL3720-1TE26-0AB4	60	200	400	300	600
6SL3720-1TE28-5AB3	85	200	400	300	600
6SL3720-1TE31-3AB3	132	200	400	300	600

Zulässige Motorleitungslängen beim Einsatz von einer oder zwei Motordrosseln bei Booksize Cabinet Kits

Die Motordrosseln der Booksize Cabinet Kits sind für eine maximale Pulsfrequenz von 4 kHz geeignet. Die maximal zulässige Ausgangsfrequenz beträgt beim Einsatz von Motordrosseln 120 Hz.

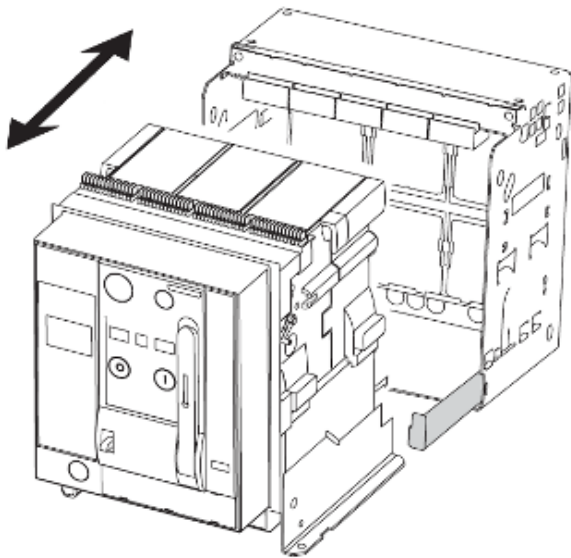
Weitere Hinweise zu Beschränkungen bezüglich der Motorleitungslängen bei Geräten der Bauformen Chassis und Booksize können auch dem Kapitel „Projektierung der SINAMICS S120, Hinweise zu den Einbau- und Schrankgeräten“, Abschnitt „Maximal anschließbare Motorleitungslängen“ entnommen werden.

9.6 Option L25 (Leistungsschalter in Einschubtechnik)

Diese Option ist verfügbar bei SINAMICS S120 Cabinet Modules (Luftkühlung und Flüssigkeitskühlung).

Line Connection Modules mit einem Eingangsstrom > 800 A sind standardmäßig mit Festeinbau-Leistungsschaltern ausgeführt. Mit der Option L25 sind diese Leistungsschalter auch in Einschubtechnik erhältlich. Dies ermöglicht die Realisierung einer sichtbaren Trennstelle.

Die Einschubtechnik sollte dort eingesetzt werden, wo eine hohe Anlagenverfügbarkeit oder eine hohe Schalthäufigkeit notwendig ist. Durch die Einschub- / Stecktechnik ist eine schnelle Austauschbarkeit des Leistungsschalters gewährleistet.



Leistungsschalter SENTRON 3WL in Einschubtechnik

Neben der standardmäßig vorhandenen Ausstattung verfügen SENTRON 3WL Leistungsschalter in Einschubtechnik zusätzlich über folgende Funktionen:

- Positionsanzeige im Bedienpult des Einschubschalters
- Unverlierbare Handkurbel zum Verfahren des Einschubschalters
- Einschubrahmen mit Führungsschienen zur einfachen Handhabung des Einschubschalters
- Abschließbarkeit des Einschubschalters gegen Verschieben
- Einschubschalter kann im eingeschalteten Zustand nicht verschoben werden
- Nennstromkodierung zwischen Einschubrahmen und Einschubschalter und somit Sicherheit gegen vertauschen.

9.7 Option L34 (Ausgangsseitiger Leistungsschalter)

Diese Option ist verfügbar bei SINAMICS S120 Cabinet Modules (nur für Luftkühlung, nicht für Flüssigkeitskühlung).

Die Option L34 / ausgangsseitiger Leistungsschalter wurde für Antriebe mit permanenterregten Synchronmaschinen konzipiert, um den Motor vom Wechselrichter trennen zu können, wobei die Trennung auch bei voller Last erfolgen kann.

Rotierende permanenterregte Synchronmaschinen erzeugen an ihren Anschlüssen eine Spannung proportional zur Drehzahl. Die Motorklemmenspannung liegt somit ebenfalls an den Wechselrichterausgangsklemmen sowie am Zwischenkreis und den damit verbundenen Komponenten an.

Zur Trennung im Fehlerfall oder für Wartungsarbeiten steht bei den SINAMICS S120 Cabinet Modules ein ausgangsseitiger Leistungsschalter als Option für die Motor Module der Bauform Chassis zur Verfügung.

Die Option L34 wird für folgende Anwendungen mit permanenterregten Drehstrom-Synchronmaschinen benötigt:

- Antriebe mit großem Trägheitsmoment, die längere Zeit für den Auslauf benötigen und während dieser Zeit eine Spannung an den Motoranschlüssen erzeugen.
- Mechanisch gekoppelte Nebenantriebe, die durch einen Hauptantrieb mitgezogen werden können.
- Zur Wartung und Reparatur des Wechselrichters, wenn die Maschine nicht durch eine mechanische Bremse sicher stillgesetzt werden kann.
- Bei Betrieb mit hoher Feldschwächung im Zusammenspiel mit einer geeigneten Begrenzung der Zwischenkreisspannung im Umrichter (z. B. Braking Unit), die im Falle einer Störabschaltung des Wechselrichters eine Überladung des Zwischenkreises bis zum Öffnen des Schalters wirksam verhindert. Nähere Informationen hierzu sind im Kapitel „Hinweise zur Antriebsdimensionierung“, Abschnitt „Antriebe mit permanenterregten Drehstrom-Synchronmotoren“ zu finden.

Die Option L34 besteht aus einem Leistungsschalter, welcher sich in einem separaten Zusatzschrank rechts vom Motor Module befindet. Die Breite des Zusatzschrankes beträgt 400 mm für die Baugrößen FX und GX sowie 600 mm für die Baugrößen HX und JX. Die Ansteuerung erfolgt über den Wechselrichter sowie ein Terminal Module, welches wie der Leistungsschalter selbst, Bestandteil der Option L34 ist und komplett verdrahtet ausgeliefert wird. Eine BICO-Verschaltungslogik auf Basis der freien Funktionsblöcke unterstützt die Inbetriebnahme. Externe Fern-Ausschalter können an die Option angebunden werden.

Leistungsschalter unterliegen begrenzten Lastspielen. Um die Lebensdauer der ausgangsseitigen Leistungsschalter zu erhöhen, werden diese nicht geöffnet, wenn der Wechselrichter einen normalen „AUS“ Befehl (OFF1, OFF2, OFF3) erhält. Standardmäßig erfolgt die Auslösung durch den Zustand „Störung“ am Motor Module, durch den Ausfall der Hilfsversorgungsspannung für die Option L34 oder durch eine Betätigung des „AUS“-Taster am Leistungsschalter bzw. eine entsprechende externe Ansteuerung. Beim Betätigen des „AUS“-Tasters direkt am Leistungsschalter wird zusätzlich das Motor Module abgeschaltet (Impulssperre).

9.8 Option L37 (DC-Ankopplung)

Diese Option ist verfügbar bei SINAMICS S120 Cabinet Modules (nur für Luftkühlung / nicht für Flüssigkeitskühlung).

Sollen einzelne Motor Modules im Betrieb von der DC-Schiene getrennt oder wieder zugeschaltet werden, ohne den gesamten Antriebsverband spannungsfrei schalten zu müssen, so kommt die Option L37 / DC-Ankopplung zum Einsatz. Diese Option beinhaltet eine Vorladeeinrichtung zur Vorladung des Zwischenkreises des zuzuschaltenden Motor Modules, die beim Wiedereinschalten automatisch aktiviert wird.

Bei den S120 Cabinet Modules mit Motor Modules der Bauform Chassis wird ein handbetätigter Lasttrennschalter verwendet. Die Option L37 beinhaltet hier einen äußerst kompakten Schalter, welcher mit einem neuartigen Bedienkonzept ausgestattet ist. Dieses kombiniert eine einfache Handhabbarkeit mit einer hohen Bediensicherheit.

Bei den S120 Cabinet Modules mit Booksize Cabinet Kits wird eine Schützkombination eingesetzt, welche eine identische Bedienphilosophie aufweist wie der handbetätigte Lasttrennschalter bei den Motor Modules der Bauform Chassis.

Frei verfügbare Meldekontakte zur Schalterstellung erleichtern die Integration der Option L37 in die Anlagenüberwachung. Die Schalthandlungen können so überwacht werden oder aber auch weitere Vorgänge auslösen.

Sind einem Motor Module sowohl eine Control Unit als auch eine DC-Ankopplung als Option zugeordnet, dann ist eine Verbindung zwischen der Control Unit und dem Lasttrennschalter / der Schützkombination zur Schaltüberwachung bereits werksseitig hergestellt. Befindet sich die zugehörige Control Unit in einem anderen Cabinet Module bzw. einer anderen Transporteinheit, dann muss die Verbindung anlagenseitig über die Standardschnittstelle hergestellt werden.

Funktionsweise

Die Option L37 besitzt einen Schalthebel in der Tür. Die Betätigung verfügt über drei Stufen und zwei Schalterstellungen.

Stufe	Schalterstellung	Relais auf CIM	Zustand
1	0	offen	AUS: Die Kontakte sind geöffnet.
2	1	offen	Vorladung: Die Vorladewiderstände sind zugeschaltet und der Zwischenkreis wird vorgeladen.
3	1	angezogen	Betrieb: Die Vorladewiderstände sind abgeschaltet und das Leistungsteil ist direkt mit der DC-Schiene verbunden.

Bei den Motor Modules der Bauform Chassis erfolgt das Zuschalten an die DC-Schiene dadurch, dass zunächst der Schalthebel manuell von der Schalterstellung 0 (Stufe 1) in die Schalterstellung 1 (Stufe 2) bewegt wird. Damit werden die Vorladewiderstände zugeschaltet und der Zwischenkreis des Motor Modules wird vorgeladen. Mit dem EIN-Befehl bzw. der Impulsfreigabe für das Motor Module wird dann über ein Relais auf der Elektronik des Motor Modules (Control Interface Module CIM) der Schalter automatisch in die Stufe 3 geschaltet und damit wird das Leistungsteil direkt mit der DC-Schiene verbunden. Bei den Motor Modules der Booksize Cabinet Kits übernimmt ein Zeitrelais die Schaltung in die Stufe 3 und löst somit die direkte Verbindung mit der DC-Schiene aus.

Achtung:

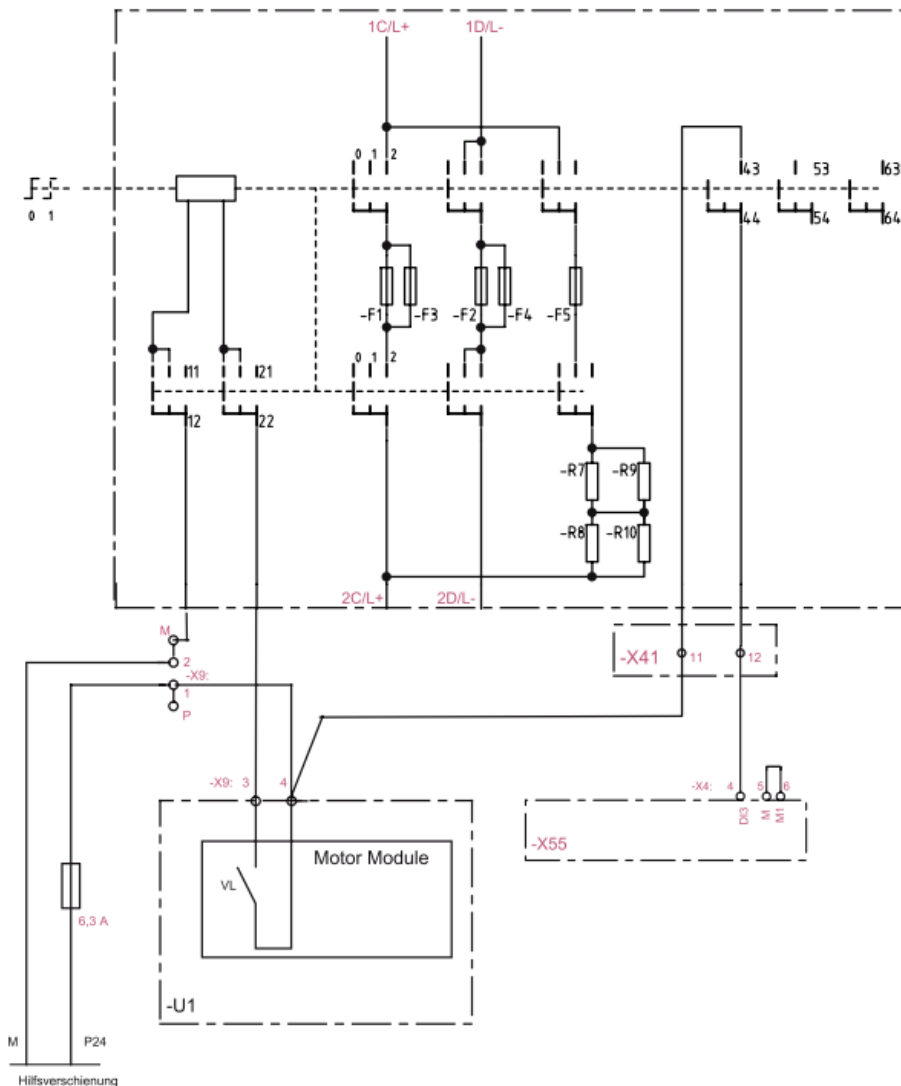
Die Rücknahme des EIN-Befehls löst kein Rückschalten des Schalters von der Stufe 3 in die Stufe 2 oder gar die in die Stufe 1 aus.

Das Ausschalten der DC-Ankopplung ist nur manuell möglich. Hierzu wird der Schalthebel manuell von der Schalterstellung 1 direkt in die Schalterstellung 0 bewegt. Dadurch erfolgt ein direkter Übergang von der Stufe 3 in die Stufe 1 unter Umgehung der Vorladung (Stufe 2). Eine Fehlbedienung ist hierdurch nicht möglich.

Um die größtmögliche Sicherheit für das Bedienpersonal zu gewährleisten, können Schalthandlungen aus der Schalterstellung 0 heraus verhindert werden. Hierzu ist es möglich, ein Schloss in die vorgesehene Einsparung einzuhängen. Mit dem Lasttrennschalter in der Schalterstellung 1 ist ein Öffnen der Schranktür nicht zulässig.

Das folgende Bild zeigt das Funktionsprinzip der DC-Ankopplung am Beispiel eines S120 Cabinet Modules mit einem S120 Motor Module der Bauform Chassis in Baugröße JX.

Prinzipschaltbild



Funktionsprinzip der DC-Ankoppelung am Beispiel eines Cabinet Modules mit einem Motor Module der Baugröße JX.

Folgende Optionen können nicht zusammen mit der Option L37 bestellt werden:

- Option L61 / L62 (Bremsen zum Einbau in die Powerblocks der Motor Modules)

9.9 Option M59 (Schranktür geschlossen)

Diese Option ist verfügbar bei SINAMICS S120 Cabinet Modules (nur für Luftkühlung / nicht für Flüssigkeitskühlung). Bei flüssigkeitsgekühlten S120 Cabinet Modules sind geschlossene Türen Bestandteil der Option M55 (IP55).

Werden die Cabinet Modules auf Doppelböden oder Kanälen aufgestellt, bei denen eine forcierte Belüftung durch den Doppelboden oder den Kanal erfolgt, so können sie mit geschlossenen Schranktüren bestellt werden.

Anlagenseitig ist dann sicherzustellen, dass kein Schmutz, leitfähiger Staub oder Feuchtigkeit in die Cabinet Modules gelangen kann. Ist der Raum unterhalb der Cabinet Modules begehbar, muss anlagenseitig ein Berührungsschutz sichergestellt werden.

Um einen ausreichenden Lufteintrittsquerschnitt zu gewährleisten, entfallen die standardmäßig vorhandenen Bodenbleche. Kabelführungen dürfen den Lufteintritt durch die Öffnungen im Schrankboden nicht behindern.

Der Kühlluftbedarf ist sicherzustellen gemäß den Angaben im Kapitel „Projektierung der modularen Schrankgeräte SINAMICS S120 Cabinet Modules“, Abschnitt „Dimensionierungs- und Auswahlhinweise“.

9.10 Option Y11 (Werksseitiger Zusammenbau zu Transporteinheiten)

Diese Option ist verfügbar bei SINAMICS S120 Cabinet Modules.

Mit dieser Option können mehrere Cabinet Modules als werksseitig zusammengebaute Transporteinheiten mit einer Gesamtbreite bis zu 2400 mm bestellt werden, wodurch ein schnellerer und einfacherer Zusammenbau der Cabinet Modules am Aufstellort ermöglicht wird.

Innerhalb der Transporteinheiten sind die Cabinet Modules bereits mechanisch und elektrisch miteinander verbunden. Eine zusätzliche Verdrahtung bzw. Verschienung vor Ort muss daher nicht mehr erfolgen. Es ist jedoch zu beachten, dass diese Aussage nicht für die schrankübergreifenden DRIVE-CLiQ-Verbindungen gilt. Diese müssen nach wie vor aufgrund der werkseitig nicht vorhandenen Informationen separat bestellt und vor Ort verlegt werden.

Bei der Auswahl der DC-Verschienung (Optionen M80 bis M87) ist darauf zu achten, dass diese innerhalb einer Transporteinheit einheitlich und kompatibel zu den benachbarten Cabinet Modules ausgeführt werden muss, da innerhalb von Transporteinheiten durchgehende Verschienen eingesetzt werden. Dieser Aspekt ist auch bei der Zuführung von Hilfsspannungen zu berücksichtigen. Sollen die Hilfsspannungen in verschiedene Hilfsspannungskreise aufgeteilt werden, so ist dies nicht innerhalb einer Transporteinheit möglich. Hierfür sind separate Transporteinheiten zu wählen.

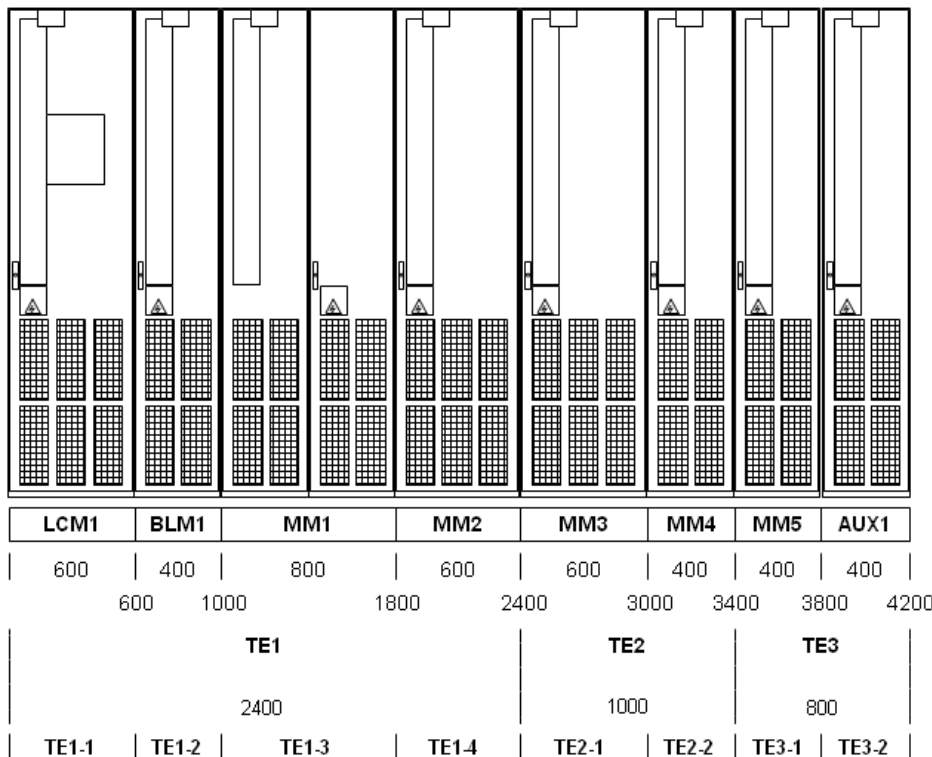
Bei der Bestellung sind die zu einer Transporteinheit gehörenden Cabinet Modules und deren Anordnungsreihenfolge von links nach rechts im Klartext gemäß folgender Syntax anzugeben:

Klartextangabe zur Bestellung: **TE 1 - 1...6**

- Transporteinheit
- Laufende Nummer der Transporteinheit
- Position des Cabinet Modules innerhalb der Transporteinheit (von links nach rechts)

Die Option Y11 ist insbesondere bei der Zusammenstellung von Line Connection Modules mit Line Modules bei luftgekühlten Cabinet Modules zu empfehlen, da z. B. bei bestimmten Ausprägungen die erforderlichen Vorladeschaltungen und Anschlussverschienen mit einbezogen werden können. Dabei sind die Zuordnungstabellen im Kapitel „Projektierung der modularen Schrankgeräte SINAMICS S120 Cabinet Modules, Abschnitt “Line Connection Modules“ zu beachten.

Beispiel eines luftgekühlten Schrankverbandes:



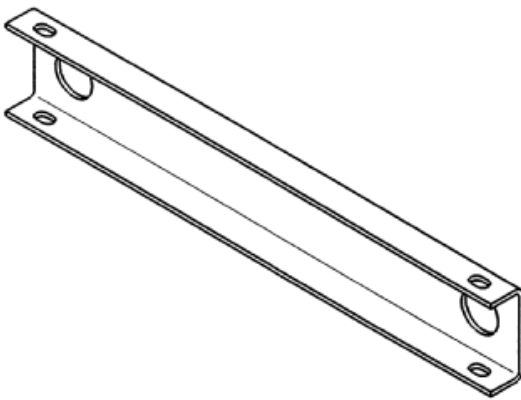
Schrankbreite [mm]
Gesamtlänge [mm]
Zusammenstellung zu Transporteinheiten
Länge der TE [mm]
Klartextangabe zur Option Y11

Optionenbeschreibungen

Projektierungshinweise

In der dargestellten Zusammenstellung von Cabinet Modules sind fünf Motor Modules mit Geräten der Bauform Chassis an ein Basic Line Module angeschlossen. Sowohl das Line Connection Module als auch das Auxiliary Power Supply Module sind der Konstellation entsprechend ausgelegt. In der ersten Transporteinheit sind das Line Connection Module und das Basic Line Module sowie zwei Motor Modules enthalten. Hierbei wurde die maximale Länge der Transporteinheit von 2,4 m ausgenutzt. Innerhalb dieser Einheit wird mit der Option M83 für alle Cabinet Modules eine einheitliche Zwischenkreisverschiebung gewählt. Prinzipiell können die übrigen Cabinet Modules mit einer Restlänge von 1,8 m einer weiteren einzelnen Transporteinheit zugeordnet werden. Doch die Forderung nach einer separaten Hilfsspannungsversorgung des Motor Modules 5 macht den Einsatz einer dritten Transporteinheit nötig. Die DC-Verschiebung kann bei den Transporteinheiten 2 und 3 gegebenenfalls dem geringeren Strombedarf entsprechend kleiner ausgewählt werden (z. B. M80).

Die zur Verbindung der einzelnen Transporteinheiten benötigten Teile sind den Einheiten beigelegt. Es ist zu beachten, dass bei verschiedenen Hilfsspannungskreisen – wie in dem Beispiel beschrieben – keine durchgängige Verbindung des Hilfsspannungsversorgungssystems erfolgen darf und die einzelnen Abschnitte (in dem Beispiel TE1+2) separat an das Auxiliary Power Supply Module angeschlossen werden müssen.



Zur Auslieferung wird eine Transporteinheit mit einer Krantransportschiene versehen, so dass hier die Option M90 entfällt.

10 Hinweise zur Antriebsdimensionierung

10.1 Allgemeines

Der Betrieb von Motoren an Pulsrichterern bringt gegenüber dem Betrieb direkt am Netz einige Besonderheiten mit sich.

1. Im Umrichterbetrieb werden die Motoren mit pulsweitenmodulierten, rechteckförmigen Spannungen gespeist. Im Vergleich zur Speisung mit sinusförmiger Netzspannung entstehen dadurch
 - erhöhte Spannungsbelastungen an der Motorwicklung,
 - erhöhte Lagerströme in den Wälzlagern des Motors und
 - überschwingungsbehaftete Motorströme, und als deren Folge
 - Zusatzverluste im Motor,
 - zusätzliche Motorgeräusche und
 - Drehmomentpendelungen an der Welle.
2. Mit dem Umrichter kann die Motordrehzahl verstellt werden, indem die Motorfrequenz verändert wird. Dabei ist folgendes zu berücksichtigen:
 - Unterhalb der Bemessungsdrehzahl muss das ausnutzbare Drehmoment beachtet und gegenüber dem Bemessungsdrehmoment gegebenenfalls reduziert werden, da bei eigenbelüfteten Standard- und Transnorm-Asynchronmotoren die Kühlverhältnisse von der Drehzahl abhängen und mit sinkender Drehzahl schlechter werden.
 - Oberhalb der Bemessungsdrehzahl muss das ausnutzbare Drehmoment gegenüber dem Bemessungsdrehmoment reduziert werden, da der magnetische Fluss im Motor mit steigender Drehzahl abnimmt und der Motor zunehmend in der Feldschwächung betrieben wird.

Der erste Aspekt – die Folgen der Speisung des Motors mit rechteckförmigen Spannungen – wird im Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“ behandelt. Deshalb wird an dieser Stelle nicht näher darauf eingegangen.

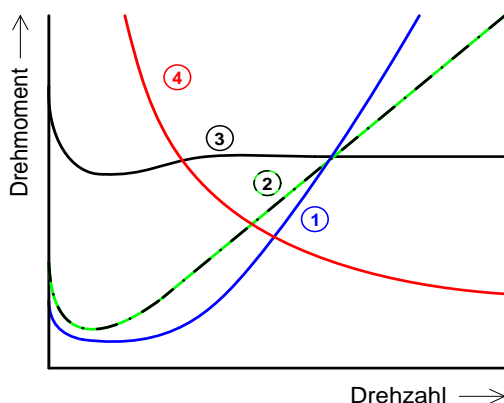
Der zweite Aspekt – die Auswirkungen der Drehzahlverstellung auf die Antriebsdimensionierung – ist Gegenstand der folgenden Seiten.

Alle wesentlichen Aspekte des Umrichterbetriebes von Asynchronmotoren werden auch in folgenden Normen beschrieben:

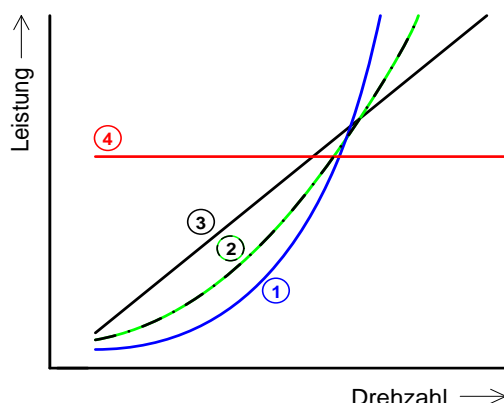
- IEC/TS 60034-17:2006 „Drehende elektrische Maschinen – Teil 17: Umrichtergespeiste Induktionsmotoren mit Käfigläufer – Anwendungsleitfaden“.
- IEC/TS 60034-25:2007 „Drehende elektrische Maschinen – Teil 25: Leitfaden für den Entwurf und das Betriebsverhalten von Induktionsmotoren mit Käfigläufer, die speziell für Umrichterbetrieb bemessen sind“.
- IEC 60034-18-41:2019 „Drehende elektrische Maschinen – Teil 18-41: Qualifizierung und Qualitätsprüfungen für teilentladungsfreie elektrische Isoliersysteme (Typ I) in drehenden elektrischen Maschinen, die von Spannungsumrichtern gespeist werden“.

Typische Lastmomente in Abhängigkeit von der Drehzahl

Die in der Praxis auftretenden Lastmomente M_L können in ihrer Abhängigkeit von der Drehzahl n im Wesentlichen durch vier Drehmoment-Drehzahl-Kennlinien charakterisiert werden.



Drehmoment M_L in Abhängigkeit von der Drehzahl n



Leistung P_L in Abhängigkeit von der Drehzahl n

Antriebsdimensionierung

Projektierungshinweise

- ① Drehmoment proportional zum Quadrat der Drehzahl / Leistung proportional zur dritten Potenz der Drehzahl
(Arbeit durch Gas- und Flüssigkeitsreibung)
Diese Charakteristik gilt z. B. für Ventilatoren, Kreiselpumpen, Kolbenmaschinen, die in ein offenes Rohrnetz fördern, Schiffsantriebe, Maschinen mit Schleuderwirkung.
- ② Drehmoment proportional zur Drehzahl / Leistung proportional zum Quadrat der Drehzahl
(Arbeit durch Formänderung)
Diese Charakteristik gilt z. B. für Kalander, Walzen und Drahtziehmaschinen.
- ③ Drehmoment nahezu konstant / Leistung proportional zur Drehzahl
(Arbeit durch Verdichtung, Gleit- und Rollreibung, Heben gegen die Schwerkraft, Zerspanen)
Diese Charakteristik gilt z. B. für Kolben- und Schraubenverdichter bei Förderung gegen konstanten Druck, Extruder, Mischer, Mühlen, Förderbänder, Bandanlagen für Blech / Papier / Folien, Winden, Hub- und Fahrwerke sowie Werkzeugmaschinen mit gleichbleibender Schnittkraft.
- ④ Drehmoment umgekehrt proportional zur Drehzahl / Leistung konstant
(Wickelarbeit, Zugkraft und Zugeschwindigkeit konstant)
Diese Charakteristik gilt z. B. für Haspeln, Drehmaschinen und Rundschälmaschinen.

Im Folgenden werden die beiden in der Praxis am häufigsten vorkommenden Antriebskonstellationen betrachtet:

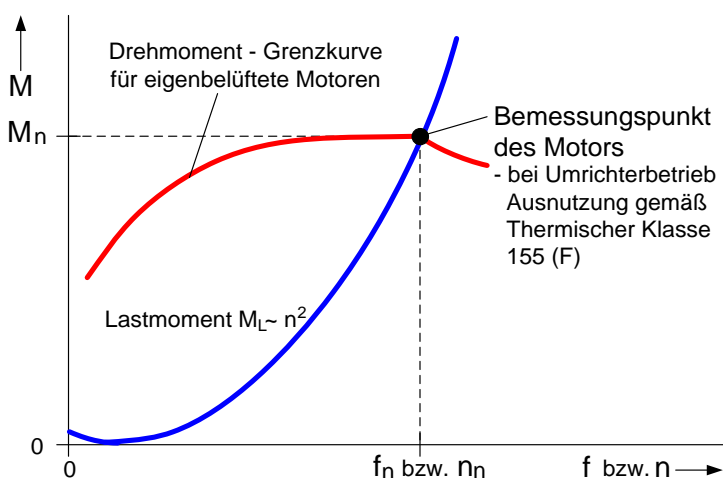
- Antriebe mit quadratischem Lastmoment $M_L \sim n^2$,
und
- Antriebe mit konstantem Lastmoment $M_L = \text{const.}$

Für beide Antriebskonstellationen werden die prinzipielle Vorgehensweise und die zu beachtenden Randbedingungen erläutert.

Für konkrete Anwendungsfälle wird die Auswahl geeigneter Umrichter und Motoren durch das Projektierungstool „SIZER for Siemens Drives“ unterstützt.

10.2 Antriebe mit quadratischem Lastmoment

Typische Antriebe mit quadratischem Lastmoment $M_L \sim n^2$ sind z. B. Strömungsmaschinenantriebe (Ventilatoren und Kreiselpumpen). Sie benötigen bei ihrer Bemessungsdrehzahl das volle Drehmoment. Erhöhte Anlaufmomente oder Laststöße treten üblicherweise nicht auf. Deshalb ist keine bzw. nur eine sehr geringe Überlastfähigkeit des Umrichters erforderlich.



Antrieb mit quadratischem Lastmoment $M_L \sim n^2$ und eigenbelüftetem Motor

Auswahl eines geeigneten Umrichters oder Motor Modules für Antriebe mit quadratischem Lastmoment

Der Bemessungs-Ausgangsstrom des Umrichters oder Motor Modules muss mindestens so groß sein wie der Motorstrom I_{Mot} im geforderten Lastpunkt.

Wird der Motor im geforderten Lastpunkt mit seinen Bemessungsdaten (M_n und n_n sowie U_n und I_{Mot-n}) betrieben, wie in dem oben abgebildeten Diagramm dargestellt, so muss der Bemessungs-Ausgangsstrom des Umrichters oder Motor Modules mindestens so groß sein wie der Bemessungsstrom I_{Mot-n} des Motors.

Wird der Motor im geforderten Lastpunkt unterhalb seiner Bemessungsdaten bei Teillast betrieben (Konstantflussbereich mit Bemessungsfluss), so muss der Bemessungs-Ausgangsstrom des Umrichters oder Motor Modules mindestens so groß sein wie der Motorstrom I_{Mot} im Lastpunkt, der sich bei typischen Asynchronmotoren in guter Näherung nach folgender Formel berechnen lässt:

$$I_{Mot} = \sqrt{I_{\mu}^2 + \left(\frac{M}{M_n}\right)^2 \cdot I_{Wirk-n}^2} \cdot$$

Hierin ist:

- I_{μ} Magnetisierungstrom (Leerlaufstrom) des Motors. Dieser berechnet sich aus dem Bemessungsstrom I_{Mot-n} des Motors und dem Bemessungsleistungsfaktor $\cos\varphi_{Mot-n}$ des Motors zu

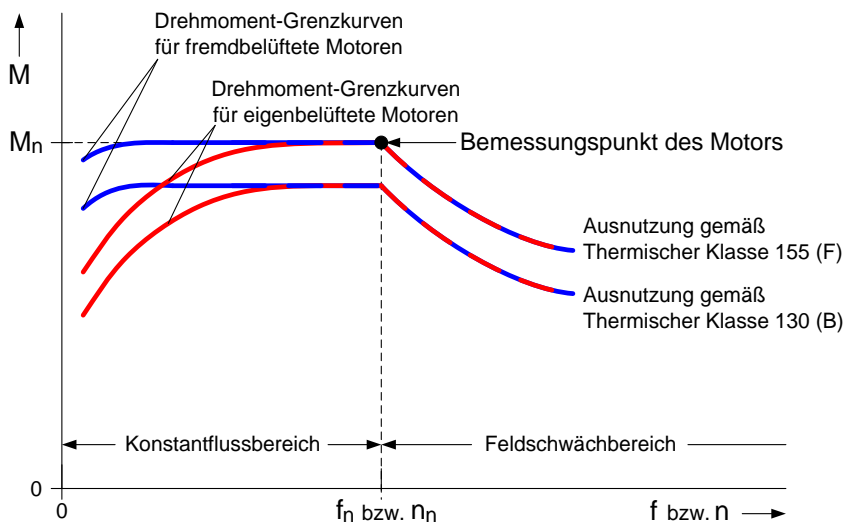
$$I_{\mu} = I_{Mot-n} \sqrt{1 - \cos\varphi_{Mot-n}} \cdot$$

- M Drehmoment des Motors im betrachteten Lastpunkt
- M_n Bemessungsdrehmoment des Motors
- I_{Wirk-n} Bemessungswirkstrom des Motors. Dieser berechnet sich aus dem Bemessungsstrom I_{Mot-n} des Motors und dem Magnetisierungstrom I_{μ} des Motors zu

$$I_{Wirk-n} = \sqrt{I_{Mot-n}^2 - I_{\mu}^2} \cdot$$

Es ist zu beachten, dass übliche Asynchronmotoren, die bei direktem Netzbetrieb im Bemessungspunkt nach der Thermischen Klasse 130 (früher Wärmeklasse B) ausgenutzt werden, bei Umrichterbetrieb im Bemessungspunkt aufgrund der Zusatzverluste üblicherweise nach der Thermischen Klasse 155 (früher Wärmeklasse F) ausgenutzt werden.

Dürfen die Motoren auch im Umrichterbetrieb nur nach der Thermischen Klasse 130 (früher Wärmeklasse B) ausgenutzt werden, so ist eine Drehmomentreduzierung bzw. Leistungsreduzierung vorzunehmen, wie im folgenden Diagramm qualitativ dargestellt. Diese ist abhängig von der Motorenreihe und beträgt typischerweise ca. 10 % bis 15 %. Nähere Informationen sind den Dokumentationen der jeweiligen Motorenreihen zu entnehmen.



Typischer Verlauf der im Dauerbetrieb thermisch zulässigen Drehmomente von Siemens Asynchron-Motoren in Abhängigkeit von Drehzahl, Belüftung und thermischer Ausnutzung (Thermische Klasse)

10.3 Antriebe mit konstantem Lastmoment

Typische Antriebe mit konstantem Lastmoment $M_L = \text{const.}$ sind z. B. Hebezeugantriebe oder Extruderantriebe. Konstantmomentantriebe benötigen in einem definierten Drehzahlstellbereich ein weitgehend konstantes Drehmoment. Zusätzlich können zeitlich befristet Losbrechmomente oder Beschleunigungsmomente zu überwinden sein. Daher ist in aller Regel eine Überlastfähigkeit des Umrichters erforderlich.

Drehzahlbereich kleiner Bemessungsdrehzahl (Grunddrehzahlbereich bzw. Konstantflussbereich)

Eigenbelüftete Motoren besitzen einen auf der Welle mitlaufenden Lüfter. Sie können daher im Dauerbetrieb ihr volles Bemessungsdrehmoment nicht im gesamten Grunddrehzahlbereich $n < n_n$ aufbringen, weil die Kühlwirkung mit abnehmender Drehzahl immer mehr nachlässt. Deshalb ist bei eigenbelüfteten Motoren je nach geforderter Minimaldrehzahl bzw. je nach gefordertem Drehzahlstellbereich eine entsprechende Drehmoment- bzw. Leistungsreduzierung vorzunehmen (rote Grenzkurven in dem oben dargestellten Diagramm).

Fremdbelüftete Motoren besitzen einen separat angetriebenen Lüfter. Die Kühlwirkung ist daher im gesamten Grunddrehzahlbereich $n < n_n$ weitgehend unabhängig von der Drehzahl. Dementsprechend ist hier je nach Minimaldrehzahl bzw. Drehzahlstellbereich keine bzw. nur eine relativ geringe Drehmomentreduzierung erforderlich (blaue Grenzkurven in dem oben dargestellten Diagramm).

Drehzahlbereich größer Bemessungsdrehzahl (Feldschwächbereich)

Beim Betrieb mit Frequenzen oberhalb der Bemessungsfrequenz werden die Motoren im Feldschwächbereich betrieben. Hier verringert sich bei Asynchronmotoren das ausnutzbare Drehmoment M in etwa proportional zum Frequenzverhältnis f_n/f . Die Leistung bleibt dabei konstant, wie im Diagramm auf der nächsten Seite dargestellt.

Da sich bei Asynchronmotoren das Kippmoment $M_{k\text{-reduziert}}$ im Feldschwächbereich proportional zum Verhältnis $(f_n/f)^2$ verringert, wird mit zunehmender Frequenz der Abstand zwischen dem ausnutzbaren Drehmoment M und dem Kippmoment $M_{k\text{-reduziert}}$ immer geringer. Um ein Kippen des Motors sicher zu verhindern, sollte der Abstand des benötigten Drehmomentes M zum Kippmoment $M_{k\text{-reduziert}}$ im äußersten Feldschwächpunkt mindestens 30 % betragen.

Weiterhin ist zu beachten, dass im Feldschwächbereich die mechanische Grenzdrehzahl n_{max} des Motors nicht überschritten werden darf.

Auswahl eines geeigneten Umrichters oder Motor Modules für Antriebe mit konstantem Lastmoment

Die Zuordnung zwischen Umrichter bzw. Motor Module und Motor sollte bei Antrieben mit konstantem Lastmoment zweckmäßigerweise so erfolgen, dass ausgehend vom dauernd zulässigen Drehmoment M eine Überlast von ca. 50 % für ca. 60 sec möglich ist. Hierdurch ist in der Regel eine ausreichende Reserve für kurzzeitig erforderliche Losbrech- und Beschleunigungsmomente gegeben.

Diese Bedingung ist erfüllt, wenn der Grundlaststrom I_H für hohe Überlast des Umrichters bzw. Motor Modules mindestens so groß gewählt wird wie der Motorstrom I_{Mot} bei dem dauernd zulässigen Drehmoment M im ungünstigsten geforderten Lastpunkt.

Im Grunddrehzahlbereich (Konstantflussbereich mit Bemessungsfluss) berechnet sich der Motorstrom I_{Mot} bei typischen Asynchronmotoren für einen beliebigen Lastpunkt in guter Näherung nach folgender Formel:

$$I_{\text{Mot}} = \sqrt{I_{\mu}^2 + \left(\frac{M}{M_n}\right)^2} \cdot I_{\text{Wirk-n}} \quad .$$

Hierin ist:

- I_{μ} Magnetisierungsstrom (Leerlaufstrom) des Motors. Dieser berechnet sich aus dem Bemessungsstrom $I_{\text{Mot-n}}$ des Motors u. dem Bemessungsleistungsfaktor $\cos\varphi_{\text{Mot-n}}$ des Motors zu

$$I_{\mu} = I_{\text{Mot-n}} \sqrt{1 - \cos\varphi_{\text{Mot-n}}} \quad .$$

- M Drehmoment des Motors im betrachteten Lastpunkt
- M_n Bemessungsdrehmoment des Motors
- $I_{\text{Wirk-n}}$ Bemessungswirkstrom des Motors. Dieser berechnet sich aus dem Bemessungsstrom $I_{\text{Mot-n}}$ des Motors und dem Magnetisierungsstrom I_{μ} des Motors zu

$$I_{\text{Wirk-n}} = \sqrt{I_{\text{Mot-n}}^2 - I_{\mu}^2} \quad .$$

Im **Feldschwächbereich** berechnet sich der Motorstrom I_{Mot} bei typischen Asynchronmotoren für einen beliebigen Feldschwächpunkt in guter Näherung nach folgender Formel:

$$I_{Mot} = \sqrt{\left(\frac{f_n}{f}\right)^2 \cdot I_\mu^2 + \left(\frac{f}{f_n}\right)^2 \cdot \left(\frac{M}{M_n}\right)^2 \cdot I_{Wirk-n}^2}$$

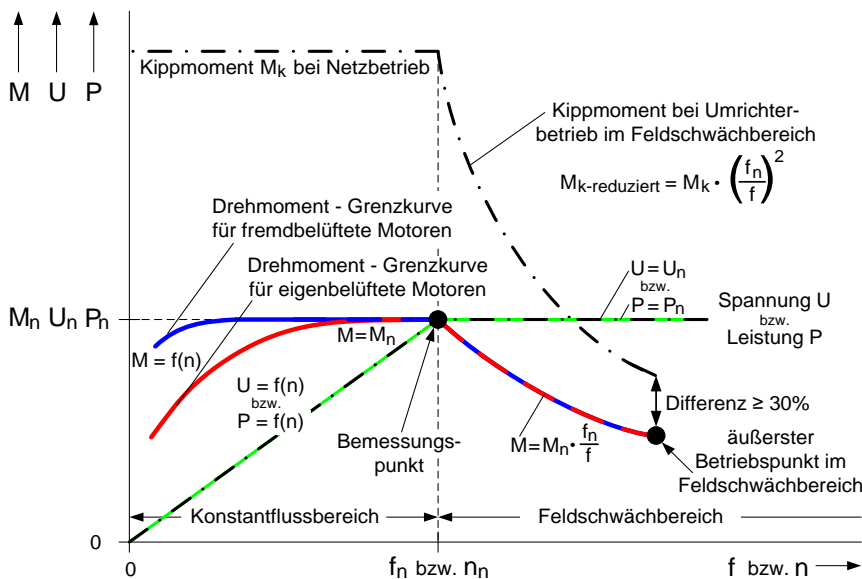
Hierin ist:

- f Frequenz des Motors im betrachteten Feldschwächpunkt
- f_n Bemessungsfrequenz des Motors
- I_μ Magnetisierungsstrom (Leerlaufstrom) des Motors. Dieser berechnet sich aus dem Bemessungsstrom I_{Mot-n} des Motors u. dem Bemessungsleistungsfaktor $\cos\varphi_{Mot-n}$ des Motors zu

$$I_\mu = I_{Mot-n} \sqrt{1 - \cos\varphi_{Mot-n}}$$

- M Drehmoment des Motors im betrachteten Feldschwächpunkt
- M_n Bemessungsdrehmoment des Motors
- I_{Wirk-n} Bemessungswirkstrom des Motors. Dieser berechnet sich aus dem Bemessungsstrom I_{Mot-n} des Motors und dem Magnetisierungsstrom I_μ des Motors zu

$$I_{Wirk-n} = \sqrt{I_{Mot-n}^2 - I_\mu^2}$$



Typischer Verlauf der im Dauerbetrieb thermisch zulässigen Drehmomente von Siemens Asynchronmotoren in Abhängigkeit von der Drehzahl bei Ausnutzung des Motors nach der Thermischen Klasse 155 (F)

10.4 Zulässige Motor-Umrichter-Kombinationen

Motorbemessungsstrom größer als der Bemessungsstrom des Umrichters bzw. Motor Modules

Soll ein Motor eingesetzt werden, dessen Bemessungsstrom größer ist als der Bemessungsstrom des Umrichters bzw. Motor Modules, so ist Folgendes zu beachten.

Der Motor kann nicht mehr mit seinen Bemessungsdaten betrieben werden, sondern nur noch im Teillastbereich. Je größer der Bemessungsstrom des Motors im Vergleich zum Bemessungsstrom des Umrichters ist, umso geringer wird die mögliche Teillast, wobei zusätzlich zu berücksichtigen ist, dass der Leistungsfaktor $\cos\varphi$ des Motors bei abnehmender Belastung immer schlechter wird. Im Grenzfall kann der Motor nur noch mit seinem Magnetisierungsstrom betrieben und somit überhaupt nicht mehr belastet werden. Dieser Grenzfall wird bei typischen Asynchronmotoren im Leistungsbereich größer ca. 100 kW dann erreicht, wenn das Verhältnis von Motor-Bemessungsstrom zu Umrichter-bemessungsstrom in etwa den Wert 3 erreicht.

Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass die Streuinduktivität des Motors immer kleiner und damit die modulationsbedingten Stromüberschwingungen im Motorstrom immer größer werden, je größer der Bemessungsstrom des Motors im Vergleich zum Bemessungsstrom des Umrichters wird. Dies kann zu Überstromabschaltungen des Umrichters führen oder – wenn durch den hohen Oberschwingungsanteil der Gesamteffektivwert des Motorstromes zu sehr ansteigt – zu einer Reduktion / Begrenzung des Motorstromes durch die internen Schutzmechanismen im Umrichter (Überlastreaktion ausgelöst durch die I^2t -Überwachung oder das Thermische Überwachungsmodell).

Aufgrund der oben erläuterten Zusammenhänge sollte der Bemessungsstrom des Motors möglichst nicht größer sein als der maximale Ausgangsstrom I_{\max} des Umrichters bzw. Motor Modules, wobei die folgende Beziehung gilt:

$$I_{\max} = 1,5 \times \text{Grundlaststrom } I_L \approx 1,45 \times \text{Bemessungs-Ausgangsstrom } I_n .$$

Im Einzelfall, wenn der Motor z. B. für Testzwecke nur im Leerlauf betrieben werden soll, darf der Bemessungsstrom des Motors auch größer sein. Überschreitet der Bemessungsstrom des Motors jedoch den zweifachen maximalen Ausgangsstrom des Umrichters ($2 \times I_{\max} \approx 2,9 \times I_n$), so wird der Maximalstrom des Umrichters wegen der stark ansteigenden modulationsbedingten Stromüberschwingungen im Motorstrom automatisch reduziert.

Motorbemessungsstrom deutlich kleiner als der Bemessungsstrom des Umrichters bzw. Motor Modules

Bei typischen Anwendungen mit Vektorregelung mit und ohne Drehzahlgeber sollte der Motorbemessungsstrom mindestens 25 % des Bemessungsstromes des Umrichters bzw. Motor Modules betragen. Je größer der Unterschied zwischen den Bemessungsströmen von Motor und Umrichter wird, desto ungenauer wird die Stromistwerterfassung und damit die Güte der Vektorregelung. Für regelungstechnisch sehr anspruchsvolle Anwendungen mit Drehzahlgeber, die eine hohe Genauigkeit der Vektorregelung erfordern, wird empfohlen, den Motorbemessungsstrom so zu wählen, dass er mindestens 50 % des Bemessungsstromes des Umrichters bzw. Motor Modules beträgt.

In der Regelungsart U/f-Steuerung sind vom Prinzip her keine Einschränkungen vorhanden, d. h. es können Motoren mit beliebig kleinen Bemessungsströmen am Umrichter betrieben werden. Im Falle von Motoren sehr kleiner Leistung an einem sehr leistungsstarken Umrichter ist jedoch zu beachten, dass eine automatische Motoridentifikation wegen der kleinen Ströme nicht mehr möglich ist. Ebenso ist wegen der kleinen Ströme ein Überlastschutz des Motors durch eine auf den Motor angepasste, im Umrichter parametrisierte Überstromgrenze nicht mehr realisierbar.

Typische Anwendungen mit U/f-Steuerung und Motoren kleiner Leistung an leistungsstarken Umrichtern sind z. B. Rollgangantriebe, bei denen bis zu 100 kleine Motoren von einem einzigen Umrichter gespeist werden können. In diesem Falle sind die Motoren am Umrichterausgang einzeln durch Leistungsschalter abzusichern, da ein Überlastschutz durch den Umrichter, wie oben beschrieben, nicht möglich ist. Wegen des umrichterbedingten Oberschwingungsgehaltes im Motorstrom sollten motorseitige Leistungsschalter mit thermischen Überlastauslösern so ausgewählt werden, dass sich der Motorbemessungsstrom im unteren bis mittleren Bereich der Einstellskala des thermischen Überlastauslösers befindet. Hierdurch werden Korrekturen bzw. Anpassungen an die Anlagenverhältnisse während der Inbetriebnahme des Antriebs ermöglicht. Die Einstellreserve sollte umso größer sein, je kleiner die Motorleistung und je größer die Motorleitungslänge ist.

10.5 Antriebe mit permanenterregten Drehstrom-Synchronmotoren

Mit SINAMICS-Umrichtern können neben Drehstrom-Asynchronmotoren auch permanenterregte Drehstrom-Synchronmotoren betrieben werden. Diese stehen mit den Motoren SIMOTICS HT Serie HT-direct 1FW4 als hochpolige High-Torquemotoren zur Verfügung. Sie sind für den Betrieb mit SINAMICS-Umrichtern als langsam laufende Direktantriebe konzipiert und können vorteilhaft herkömmliche Motor-Getriebe-Kombinationen ersetzen. Neben den Motoren SIMOTICS HT Serie HT-direct 1FW4 können aber auch permanenterregte Synchronmotoren anderer Hersteller an SINAMICS-Umrichtern betrieben werden.

Regelung der permanenterregten Synchronmotoren

Die SINAMICS-Umrichter G130 und G150 sowie S120 und S150 besitzen in ihrer Standard-Firmware eine Regelung für permanenterregte Synchronmotoren:

- SINAMICS G130 und G150 sind für geberlose Vektorregelung in Kombination mit permanenterregten Synchronmotoren von Siemens vorgesehen. Mit diesen Umrichtern ist eine Rückspeisung generatorischer Energie ins Netz nicht möglich. Daher sind diese Antriebe nur für Standardanwendungen mit geringen Anforderungen in Bezug auf Dynamik und Genauigkeit geeignet. Das Aufschalten auf eine drehende Maschine (Fangen) ist nur mit dem Voltage Sensing Module VSM im Umrichter möglich, das anstelle eines Gebermoduls eingesetzt wird. Permanenterregte Synchronmotoren anderer Hersteller sollten stets mit Drehzahl-Geber und damit an SINAMICS S120 und S150 betrieben werden.
- SINAMICS S120 und S150 sind sowohl für geberlose Vektorregelung als auch für Vektorregelung mit Drehzahl-Geber vorgesehen. Zusätzlich steht bei SINAMICS S120 die Servoregelung zur Verfügung. Mit diesen Umrichtern ist eine Rückspeisung generatorischer Energie ins Netz möglich. Somit sind diese Antriebe für anspruchsvolle Anwendungen bis hin zu höchsten Anforderungen in Bezug auf Dynamik und Genauigkeit geeignet. Geberlose Vektorregelung ist für einfache Standardanwendungen möglich. Vektorregelung mit Drehzahl-Geber ist immer dann erforderlich, wenn hohe Dynamik und Genauigkeit gefordert wird. Die höchste Dynamik erreicht man mit der Servoregelung.

Umrichterseitige Stromderating-Faktoren

Pulsfrequenz-Derating

Beim Betrieb mit permanenterrregten Synchronmotoren müssen die SINAMICS-Umrichter wegen der in den Magneten auftretenden Wirbelstromverluste mit relativ hoher Pulsfrequenz betrieben werden. Die werkseitig eingestellte Pulsfrequenz von 1,25 kHz bzw. 2,0 kHz ist daher zu erhöhen, was mit einem Derating des Ausgangsstroms verbunden ist. Die entsprechenden Derating-Tabellen sind den gerätespezifischen Kapiteln zu entnehmen.

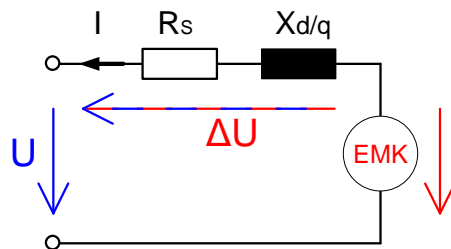
Synchronmotoren SIMOTICS HT Serie HT-direct 1FW4 erfordern eine Pulsfrequenz von mindestens 2,5 kHz. Synchronmotoren anderer Hersteller benötigen teilweise noch höhere Pulsfrequenzen von bis zu 4 kHz.

Derating im Kriechbetrieb mit niedrigen Drehzahlen bzw. Ausgangsfrequenzen

Wassergekühlte und fremdbelüftete Synchronmotoren 1FW4 können bis zu 3 Stunden im Kriechbetrieb mit Drehzahlen nahe Null betrieben werden. Der Umrichter darf in diesem Betriebspunkt nur mit 50 % seines Bemessungs-Ausgangsstromes beaufschlagt werden. Wird ein höherer Strom gefordert, so ist der Umrichter gemäß den Derating-Kennlinien des Kapitels „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt „Dimensionierung der Leistungsteile für den Betrieb mit niedrigen Ausgangsfrequenzen“ auszulegen und entsprechend überzudimensionieren.

Besonderheiten im Feldschwächbetrieb

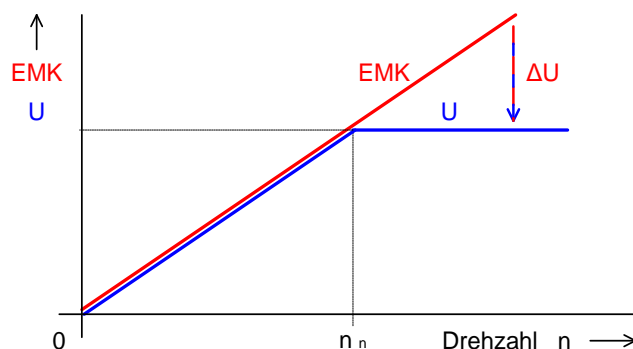
Permanenterrgte Synchronmotoren besitzen durch die Magnete im Läufer ein dauerhaftes Magnetfeld und stellen somit eine aktive Spannungsquelle dar, sobald sich der Läufer dreht. Die durch die Läuferdrehung in der Ständerwicklung induzierte EMK (EMK = Elektro-Motorische Kraft) steigt proportional zur Drehzahl. Das folgende Bild zeigt das einphasige elektrische Ersatzschaltbild eines permanenterrregten Synchronmotors.



Elektrisches Ersatzschaltbild eines permanenterrregten Synchronmotors

Im Grunddrehzahlbereich bis zur Bemessungsdrehzahl n_n steigt die Ausgangsspannung U des Umrichters proportional mit der Drehzahl an. Da die durch die Permanentmagnete im Motor erzeugte EMK ebenfalls proportional mit der Drehzahl steigt, herrscht ein Gleichgewicht zwischen der Umrichterausgangsspannung und der EMK.

Ab der Bemessungsdrehzahl n_n des Motors bleibt die Umrichterausgangsspannung U konstant, da diese bei SINAMICS-Umrichtern in etwa auf den Wert der am Umrichtereingang anliegenden Netzspannung begrenzt ist. Die EMK des Motors wächst jedoch weiterhin proportional mit der Drehzahl. Um auch im Feldschwächbetrieb wieder ein Gleichgewicht zwischen der konstanten Umrichterausgangsspannung U und der entsprechend höheren EMK herzustellen, ist vom Umrichter neben dem moment-bildenden Strom ein zusätzlicher Blindstrom I im Motor aufzubringen, der das vom Läufer induzierte Feld schwächt und über den Spannungsabfall ΔU wieder ein Gleichgewicht der Spannungen herstellt. Je höher die Drehzahl im Feldschwächbereich ist, umso größer muss der feldschwächende Blindstrom sein, was bei der Antriebsdimensionierung zu berücksichtigen ist. Bei Betrieb mit sehr hoher Feldschwächung kann somit eine deutliche Überdimensionierung des Antriebs erforderlich werden.



Umrichterausgangsspannung U und EMK des Motors in Abhängigkeit von der Drehzahl

Antriebsdimensionierung

Projektierungshinweise

Fällt der Umrichter im Feldschwächbetrieb durch eine Störung aus, so entfällt der das Läuferfeld schwächende Blindstrom I im Ständer und somit die Spannung ΔU . Die Spannung U an den Motoranschlüssen und am Umrichterausgang steigt deshalb innerhalb weniger 10 ms auf den Wert der EMK gemäß der aktuellen Feldschwächdrehzahl des Motors an. Hierdurch wird der Zwischenkreis über die Freilaufdioden des Wechselrichters auf die Amplitude der EMK des Motors aufgeladen.

Schutzmaßnahmen im Feldschwächbetrieb

Damit bei einer Störabschaltung im Feldschwächbetrieb die maximal zulässige Zwischenkreisspannung nicht überschritten wird und die Zwischenkreiskondensatoren nicht zerstört werden, muss entweder die Drehzahl im Feldschwächbereich begrenzt werden oder es muss durch geeignete Maßnahmen – wie z. B. durch den Einsatz eines geeignet dimensionierten Braking Modules – sichergestellt werden, dass keine zu hohen Spannungen im Zwischenkreis auftreten können.

1. Begrenzung der Feldschwächdrehzahl

Bei den Geräten SINAMICS G130, G150, S120 (Chassis und Cabinet Modules) sowie S150 ist in Vektorregelung die Feldschwächdrehzahl zum Schutz des Umrichters gemäß Werkseinstellung begrenzt auf

$$n_{\max} = n_n \cdot \sqrt{\frac{3}{2}} \cdot \frac{U_{ZK \max} \cdot I_n}{P_n} .$$

In dieser Formel bedeuten:

- n_{\max} maximal zulässige Grenzdrehzahl im Feldschwächbereich zum Schutz des Umrichters
- n_n Bemessungsdrehzahl des Motors
- I_n Bemessungsstrom des Motors
- P_n Bemessungsleistung des Motors
- $U_{ZK \max}$ maximal zulässige Zwischenkreisspannung des Umrichters bzw. Wechselrichters in Abhängigkeit von der Netzanschlussspannung:
 - 820 V bei Netzanschlussspannungen von 3AC 380 V – 480 V
 - 1022 V bei Netzanschlussspannungen von 3AC 500 V – 600 V
 - 1220 V bei Netzanschlussspannungen von 3AC 660 V – 690 V

Bei Synchronmotoren SIMOTICS HT Serie HT-direct 1FW4 ist die zulässige maximale Feldschwächdrehzahl auf das 1,2-fache der Bemessungsdrehzahl begrenzt. Sie liegt damit innerhalb der durch die angegebene Formel definierten Grenze. Bei Synchronmotoren anderer Hersteller sind motorseitig teilweise deutlich höhere Feldschwächdrehzahlen zulässig.

2. Einsatz eines Braking Modules

Die Grenzdrehzahl kann durch entsprechende Parametrierung erhöht werden. Zwingende Voraussetzung hierfür ist jedoch, dass der Antrieb über ein Braking Module ausreichender Leistung verfügt, um die Zwischenkreisspannung im Falle einer Störabschaltung sicher zu begrenzen. Mit dieser Maßnahme lassen sich Feldschwächdrehzahlen bis etwa zur 2,5-fachen Bemessungsdrehzahl realisieren.

Schutzkonzept

Da permanenterregte Synchronmotoren bei drehendem Rotor eine aktive Spannungsquelle darstellen, deren Spannung proportional zur Drehzahl ist, ist es für Wartungs- oder Reparaturarbeiten am Umrichter nicht ausreichend, den Umrichter nur vom speisenden Netz zu trennen und abzuwarten, bis der Zwischenkreis entladen ist. Es muss zusätzlich sichergestellt werden, dass am Umrichterausgang keine Spannung durch den drehenden Synchronmotor anliegt. Dies kann entweder durch mechanisches Blockieren des Motors geschehen oder - falls anwendungsbedingt eine Drehbewegung des Motors nicht ausgeschlossen werden kann - durch Trennen des Umrichters vom Motor durch einen ausgangsseitigen Schalter.

Wartungs- und Reparaturarbeiten am Motoranschlusskasten und an der Motorleitung sind grundsätzlich nur zulässig, wenn jegliche Drehbewegung des Läufers sicher ausgeschlossen ist, der speisende Umrichter vom Netz getrennt und der Zwischenkreis des Umrichters entladen ist.

Leitfaden für die Auswahl des Antriebssystems bestehend aus HT-direct-Motor und SINAMICS-Umrichter

Im Folgenden werden an einem Beispiel alle notwendigen Schritte zur Dimensionierung des Antriebssystems aufgezeigt:

1. Schritt	Technische Anforderungen an den Motor (Beispieldaten)		Weitere Hinweise und Alternativen
Feststellung des Produktprofils gefordert sind z. B.:	Drehmoment im Dauerbetrieb (M_{dauer})	16.000 Nm	
	Kurzzeitiges Überlastmoment ($M_{überlast}$)	18.000 Nm	$M_{überlast} / M_{dauer} < 1,5$: Bemessungsmoment = M_{dauer} $M_{überlast} / M_{dauer} > 1,5$: Bemessungsmoment = $M_{überlast} / 1,5$ Höhere Überlasten auf Anfrage.
	Betriebsart	S1	Wenn statt S1-Betrieb Lastspiele zu berücksichtigen sind: Mittleres Moment errechnet sich aus der Wurzel der Quadrate der geforderten Drehmomente mal der Zeit geteilt durch die Gesamtzeit: z. B. 140 %, 10 Sekunden, dann 80 %, 30 Sekunden, ergibt im Mittel 98,5 % des Bemessungsmoments: $\sqrt{[(1,40^2 \times 10 + 0,80^2 \times 30) / 40]} = 0,985$
	Ausnutzung	Thermische Klasse 155 (früher Wärmeklasse F)	Bei Ausnutzung nach Thermischer Klasse 130 (früher Wärmeklasse B) muss der Motor für ein um 20 % erhöhtes Moment ausgelegt werden: (z. B. $M_{dauer} = 1,2 \times 16.000 = 19.200$ Nm)
	Bemessungsspannung	690 V	Alternativ 400 oder 460 V
	Max. Drehzahl im Dauerbetrieb	765 min ⁻¹	Bemessungsdrehzahl gemäß Katalog D 86.2: 800 min ⁻¹ , max. zulässige Drehzahl 20 % höher (800 x 1,2 = 960 min ⁻¹)
	Kühlmittel	Wasser mit Eintrittstemperatur max. 25 °C	Höhere Kühlwasser-Eintrittstemperaturen müssen mit Deratingfaktoren bei der Bestimmung des Bemessungsmomentes berücksichtigt werden: z. B. für 35 °C: 16.000/0,95 = 16.840 Nm Deratingfaktoren siehe Katalog D 86.2 / Seite 2/10..
	Bauform	IM B3	
2. Schritt	Umgebungsanforderungen an den Motor		Weitere Hinweise und Alternativen
Feststellung der Aufstellbedingungen	Umgebungstemperatur	-20 bis +40 °C	Bei wassergekühlten Motoren sind für eine Umgebungstemperatur bis +40 °C keine Deratingfaktoren zu berücksichtigen. Für höhere Umgebungstemperaturen bei gleichzeitig höheren Kühlwasser-Eintrittstemperaturen als 25 °C gelten die Deratingfaktoren gemäß Katalog D 86.2 / Seite 2/10. Für luftgekühlte Motoren sind Deratingfaktoren entsprechend Katalog D 86.2 / Seite 3/12 anzuwenden.
	Aufstellhöhe	< 1000 m	Bei wassergekühlten Motoren ist die Aufstellhöhe bzgl. Deratingfaktoren nicht zu berücksichtigen. Bei Aufstellhöhen > 1000 m über NN sind jedoch die Bedingungen des Umrichters zu beachten. Für luftgekühlte Motoren sind Deratingfaktoren entsprechend Katalog D 86.2 / Seite 3/12 anzuwenden.
3. Schritt	Auswahl des Motors		Weitere Hinweise und Alternativen
Bestimmung der Motor-Artikel-Nr.	1FW4453-1HF70-1AA0		Siehe "Auswahl- und Bestelldaten" Katalog D 86.2 / Kapitel 2. Wegen der Stromtragfähigkeit des Motor-Anschlusskastens (max. 1230 A) wird der Motor mit zwei Anschlusskästen u. zwei galvanisch getrennten Wicklungssystemen ausgeführt.

Antriebsdimensionierung

Projektierungshinweise

4. Schritt	Auswahl der Optionen		Weitere Hinweise und Alternativen
Vervollständigung der Motor-Artikel-Nr.	Optionen für besondere Ausführungen und Prüfungen festlegen.		Siehe "Besondere Ausführungen" Katalog D 86.2 / Kapitel 2.
5. Schritt	Ermittlung der Motorströme		Weitere Hinweise und Alternativen
Motorströme	Motor-Bemessungsstrom für Drehmoment 16.000 Nm im Dauerbetrieb bei 690 V	1425 A	Siehe Auswahl- und Bestelldaten Katalog D 86.2 / Seite 2/4. $(16.000/16.500) \times 1470 = 1425 \text{ A}$
	Erforderlicher Motorstrom für max. Drehmoment 18.000 Nm (kurzzeitiges Überlastmoment)	1603 A	$(18.000 / 16.000) \times 1425 = 1603 \text{ A}$
6. Schritt	Auswahl des Umrichters bzw. der Motor Modules S120		Weitere Hinweise und Alternativen
Auswahl des Systems SINAMICS S120	Bemessungs-Ausgangsstrom I_N	$\geq 1603 \text{ A}$	
	Wegen der Stromstärke von 1603 A ist eine Aufteilung auf zwei Motor Modules S120 erforderlich.	802 A pro Motor Modul	$1603/2 = 802 \text{ A}$
	Deratingfaktor durch zwei parallele Motor Module	0,95	Siehe Kapitel „Umrichterparallelschaltungen“ dieses Projektierungshandbuches
	Erforderlicher Strom pro Motor Module	844 A	$802/0,95 = 844 \text{ A}$
	Zwischenergebnis für Motor Module Auswahl	910 A, 900 kW	
	Deratingfaktor für die Erhöhung der Pulsfrequenz auf 2,5 kHz für das 900 kW Motor Module	0,87	Die Deratingfaktoren sind gerätespezifisch vom Umrichtertyp und Umrichtertypleistung abhängig. Sie sind in den gerätespezifischen Kapiteln dieses Projektierungshandbuches enthalten.
	Maximaler Ausgangsstrom der beiden Motor Modules	1504 A (zu niedrig, da 1603 A nötig sind!)	$2 \times 910 \text{ A} \times 0,95 \times 0,87 = 1504 \text{ A}$
	Auswahl des nächst größeren Motor Modules	1025 A, 1000 kW	
	Deratingfaktor für die Erhöhung der Pulsfrequenz auf 2,5 kHz für die 1000 kW Motor Modules	0,86	Die Deratingfaktoren sind gerätespezifisch vom Umrichtertyp und Umrichtertypleistung abhängig. Sie sind in den gerätespezifischen Kapiteln dieses Projektierungshandbuches enthalten.
	Maximaler Ausgangsstrom der beiden Motor Modules	1675 A (ausreichend)	$2 \times 1025 \text{ A} \times 0,95 \times 0,86 = 1675 \text{ A}$
	SINAMICS S120 Vector Control: 2 Single Motor Modules Artikel-Nr. 6SL3320-1TG41-0AA3		Zusätzlich ist das entsprechende Infeed (Einspeisung) auszuwählen.
	SINAMICS S120 Cabinet Modules: 2 Motor Modules Artikel-Nr. 6SL3720-1TG41-0AA3		Zusätzlich ist das entsprechende Infeed (Einspeisung) auszuwählen.

Antriebsdimensionierung Projektierungshinweise

7. Schritt	Festlegen des Schutzkonzeptes	Weitere Hinweise und Alternativen
Das Festlegen eines Schutzkonzeptes ist erforderlich, wenn nach Abschaltung Arbeiten am Umrichter und/oder Kabeln bei noch drehendem (mitgezogenem) Läufer durchgeführt werden müssen.	Das Schutzkonzept ist abhängig von den Einsatz- und Betriebsbedingungen.	Siehe oben bzw. Katalog D 86.2 / ab Seite 1/4.

Leitfaden zur Antriebsdimensionierung HT-direct-Motor und SINAMICS-Umrichter

11 Motoren

Dieses Kapitel gibt einen kurzen Überblick über die wichtigsten SIMOTICS Motorenreihen, die mit den in diesem Projektierungshandbuch beschriebenen SINAMICS Umrichtern eingesetzt werden.

Grundsätzlich wird empfohlen, für Standard-Anwendungen die Siemens Asynchronmotoren SIMOTICS SD 1LE1 / 1LE5 zu verwenden. Diese Motoren sind für Netzbetrieb optimiert und können mit optionalen Zusatzmaßnahmen auch an Umrichtern betrieben werden (umrichter-geeignet). Zusätzlich stehen die speziell für den Umrichterbetrieb optimierten Asynchronmotoren SIMOTICS FD zur Verfügung. Ausführliche Informationen über diese Motorenreihen enthalten die Kataloge D 81.1 – Niederspannungsmotoren SIMOTICS GP, SD, XP, DP und D 81.8 – Niederspannungsmotoren SIMOTICS FD sowie das Motoren-Projektierungshandbuch SIMOTICS GP/SD/DP – 1LE1/5 und 1PC1/5.

11.1 Asynchronmotoren SIMOTICS SD 1LE1 / 1LE5

Asynchronmotoren SIMOTICS SD 1LE1 / 1LE5 verfügen über ein robustes Graugussgehäuse und sind für den Einsatz in rauher bis sehr rauher Umgebung geeignet. Mit einem breiten Leistungsbereich von 0,09 kW bis 1000 kW sind Asynchronmotoren SIMOTICS SD die Basis für den Maschinen- und Anlagenbau, wenn ein universeller Motor für flexible Anforderungen und Einsatzbedingungen benötigt wird.

Asynchronmotoren SIMOTICS SD sind für Netzbetrieb optimiert und stehen in verschiedenen Effizienzklassen in 2-, 4-, 6- und 8-poliger Ausführung zur Verfügung. Sie können optional auch an Umrichtern betrieben werden (umrichter-geeignet), wenn sie mit den für Umrichterbetrieb erforderlichen Optionen hinsichtlich Wicklungsisolierung und Lagerung bestellt werden.

Sie stehen in unterschiedlichen Bauformen und Spannungsausführungen zur Verfügung mit einer sehr breiten Vielfalt an Optionen für eine exakte Anpassung an applikations- und kundenspezifische Anforderungen.



SIMOTICS SD 1LE1, bis Achshöhe 315

SIMOTICS SD 1LE5, Achshöhe 315 bis 450

Die technischen Daten für den Netzbetrieb können dem Katalog D 81.1 – Niederspannungsmotoren SIMOTICS GP, SD, XP, DP entnommen werden.

Die Auslegung und Auswahl für den Betrieb an Umrichtern SINAMICS G und S wird durch das Projektierungstool „SIZER for Siemens Drives“ unterstützt.

Weitere Informationen zum Umrichterbetrieb enthält auch das Motoren-Projektierungshandbuch SIMOTICS GP/SD/DP – 1LE1/5 und 1PC1/5, in dem systemrelevante Themen (Lägerströme, Motorgeräusche, Isolationsbeanspruchung) in Bezug auf diese Motorreihen im Detail beschrieben sind.

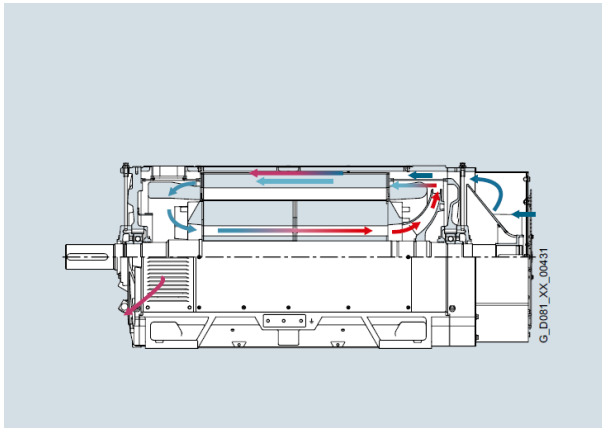
11.2 Umrichter-optimierte Asynchronmotoren SIMOTICS FD

Die umrichter-optimierten Asynchronmotoren SIMOTICS FD sind elektrisch und mechanisch sehr flexibel einsetzbar und können daher optimal an nahezu alle drehzahlveränderbaren Anwendungen im höheren Leistungsbereich von 200 kW bis über 1800 kW angepasst werden. Nähere Informationen enthält der Katalog D 81.8 – Niederspannungsmotoren SIMOTICS FD.

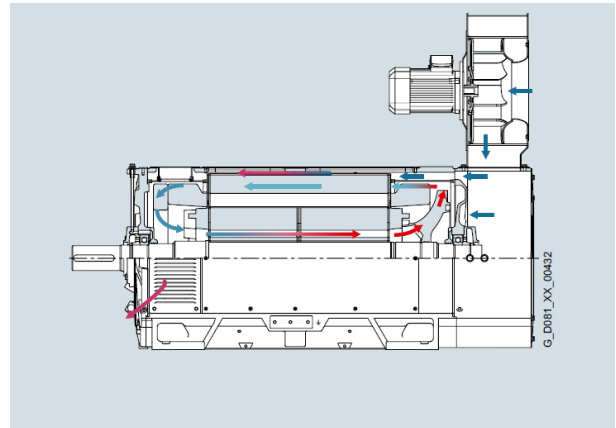
Die Motoren SIMOTICS FD zeichnen sich durch folgende Merkmale aus:

- Systemoptimierte Umrichterausführung für den Betrieb an Niederspannungsumrichtern SINAMICS G und S
- Geräuschoptimiertes Betriebsverhalten durch rippenloses Gehäuse in Kombination mit den optimierten Pulsmustern der SINAMICS Umrichter
- Verschiedene Kühlarten: Luftkühlung (offen und geschlossen) sowie Wasserkühlung
- Flexibler Anbau des Anschlusskastens, Fremdlüfter und Aufsetzkühler nach Bedarf anbaubar
- Robustes Graugussgehäuse
- Großer Leistungsbereich von 200 kW bis über 1800 kW
- Hohe Leistungsdichte
- Hohe Energieeffizienz

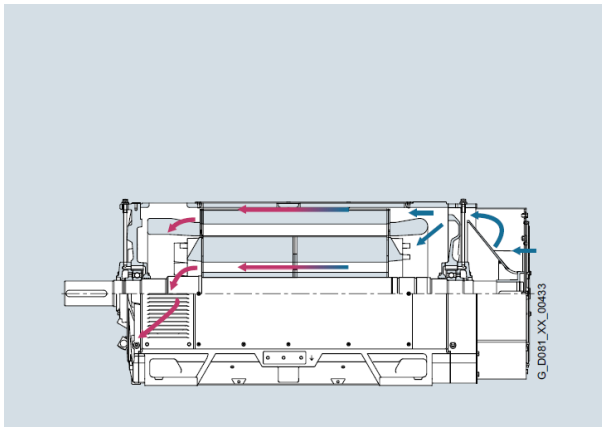
Die folgende Übersicht zeigt die möglichen Kühlarten:



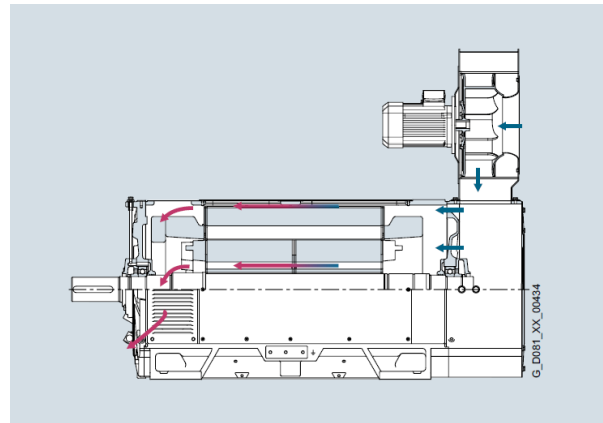
Eigengekühlte Motoren 1LM1 – geschlossene Ausführung



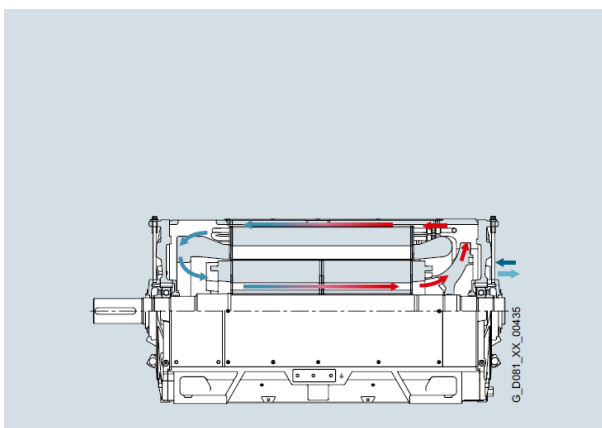
Fremdgekühlte Motoren 1LQ1 – geschlossene Ausführung



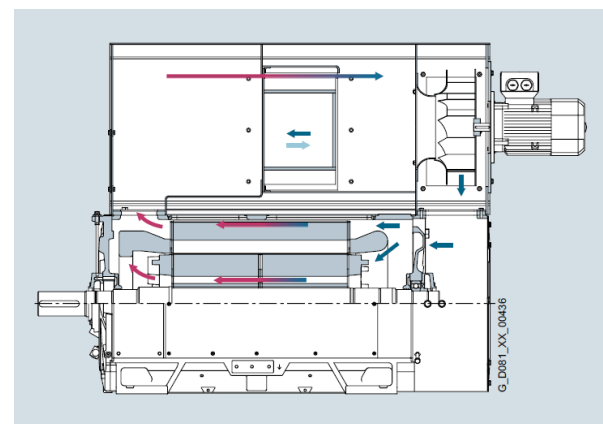
Eigengekühlte Motoren 1LL1 – offene Ausführung



Fremdgekühlte Motoren 1LP1 – offene Ausführung



Wassergekühlte Motoren 1LH1 mit Wassermantelkühlung



Wassergek. Motoren m. Luft-Wasser-Wärmetauscher 1LN1

Die Motorenreihe SIMOTICS FD bietet die Möglichkeit, das Antriebssystem bestehend aus SINAMICS Umrichter und SIMOTICS Motor hinsichtlich unterschiedlicher Kriterien optimal zu dimensionieren. Im Fokus stehen dabei:

- Optimale Spannungsausnutzung
- Geringe Geräuschemission
- Geringe Erwärmung / gesteigerter Wirkungsgrad

Motoren

Projektierungshinweise

Für eine optimale Auslegung der Motoren im Umrichterbetrieb hinsichtlich Spannungsausnutzung, Geräuschemission und Erwärmung / Wirkungsgrad sind die folgenden Aspekte zu berücksichtigen:

- Art der Einspeisung des SINAMICS Umrichters (Basic Infeed, Smart Infeed, Active Infeed)
- Maximal erreichbare Spannung am Umrichterausgang bzw. am Motor in Abhängigkeit vom Modulationssystem (Raumzeigermodulation oder optimierte Pulsmuster)
- Pulsfrequenz des Umrichters
- Erforderliche Bemessungsdrehzahl
- Erforderliche Bemessungsleistung, Kühlart und Schutzart des Motors

Optimale Spannungsausnutzung

Je nach Art der SINAMICS Einspeisung kann zwischen Motoren gewählt werden, deren Bemessungsspannungen entweder unterhalb der Netzspannung liegen (für unregelte Einspeisungen Basic Infeed und Smart Infeed), oder oberhalb der Netzspannung (für geregelte Einspeisung Active Infeed). Damit kann der Motor die vom Umrichter zur Verfügung gestellte maximale Ausgangsspannung optimal nutzen und ist nicht gezwungen – wie bei vielen herkömmlichen Umrichter-Motor-Kombinationen – schon unterhalb des Bemessungspunktes in die Feldschwächung zu gehen, was einen erhöhten Strom und damit eine entsprechende Überdimensionierung des Motors zur Folge hätte.

Geringe Geräuschemission

Durch das abgestimmte Antriebssystem bestehend aus SIMOTICS FD Motor und SINAMICS Umrichter wird die Geräuschemission des Motors minimiert. Dies gilt insbesondere im Bereich um die Bemessungsdrehzahl. Erreicht wird die niedrige Geräuschemission durch zwei Maßnahmen:

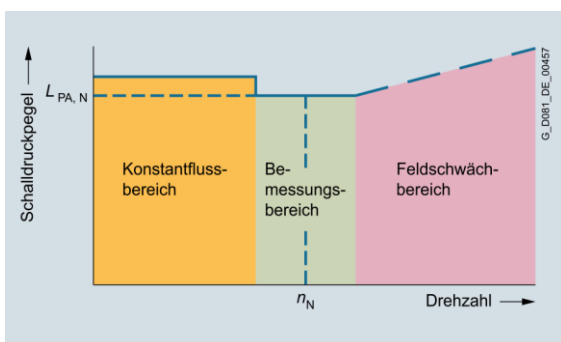
- Durch ein neues elektrisches und mechanisches Design der SIMOTICS FD Motoren. (Diese Maßnahme wirkt im gesamten Drehzahlbereich geräuschreduzierend).
- Durch neue speziell für die SIMOTICS FD Motoren optimierte Pulsmuster der SINAMICS Umrichter. (Diese Maßnahme wirkt nur im oberen Drehzahlbereich (Bemessungsbereich) geräuschreduzierend).

Da die SINAMICS Umrichter bei niedriger Aussteuerung (Ausgangsspannung), d.h. bei niedriger Drehzahl, die Raumzeigermodulation nutzen, und erst ab ca. 87 % der maximalen Aussteuerung (Ausgangsspannung), d.h. bei entsprechend hoher Drehzahl, mit optimierten Pulsmustern arbeiten, sind bei der Dimensionierung und Auswahl eines geräuschoptimierten Antriebssystems folgende Punkte zu beachten:

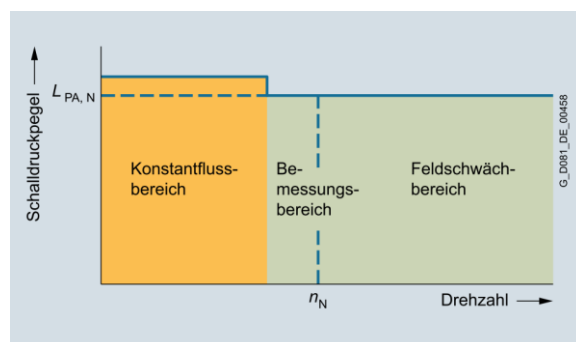
- Die Bemessungsspannung des Motors ist so auszuwählen, dass diese in Abhängigkeit von der Netzspannung und der Einspeisung des SINAMICS Umrichters der maximal erreichbaren Ausgangsspannung des Umrichters entspricht.
- Die Bemessungsdrehzahl des Motors ist so auszuwählen, dass diese kleiner oder gleich der im Betrieb zu erwartenden Drehzahl(en) ist.
- Die Anwendung muss den Betrieb mit optimierten Pulsmustern erlauben und der Umrichter muss so parametrisiert werden, dass er im oberen Drehzahlbereich mit den optimierten Pulsmustern arbeitet (Details hierzu sind im folgenden Abschnitt „Erwärmung / Wirkungsgrad“ beschrieben).

Durch diese Maßnahmen wird erreicht, dass der Umrichter ab ca. 87 % der Bemessungsdrehzahl wegen der benötigten hohen Aussteuerung (Ausgangsspannung) mit den optimierten Pulsmustern arbeitet und hinsichtlich der Geräuschentwicklung des SIMOTICS FD Motors sowohl die Vorteile des neuen SIMOTICS FD Motor designs als auch die Vorteile der neuen optimierten Pulsmuster der SINAMICS Umrichter zum Tragen kommen.

Die folgenden Diagramme zeigen die prinzipiellen Verläufe des Schalldruckpegels für die eigengekühlten Motoren 1LM1 und 1LL1 sowie die fremd- bzw. wassergekühlten Motoren 1LQ1, 1LP1, 1LH1 und 1LN1, wenn diese gemäß den oben beschriebenen Kriterien dimensioniert werden.



Prinzipieller Schalldruckpegelverlauf 1LM1, 1LL1



Prinzipieller Schalldruckpegelverlauf 1LQ1, 1LP1, 1LH1, 1LN1

Durch den Einsatz der optimierten Pulsmuster konnte die Geräuschemission besonders im Bereich um die Bemessungsdrehzahl (Bemessungsbereich) reduziert werden.

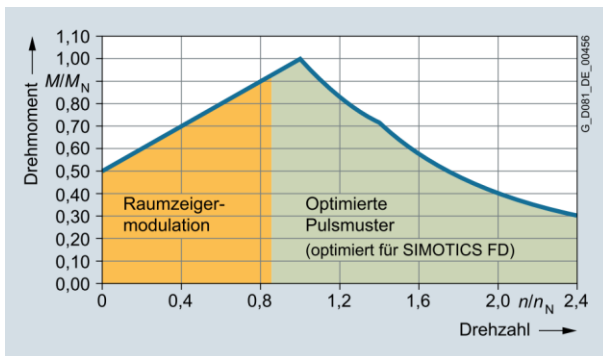
Bei eigengekühlten Motoren (1LM1, 1LL1) dominiert mit zunehmender Drehzahl oberhalb des Bemessungsbereiches das vom Eigenlüfter erzeugte aerodynamische Geräusch. Bei derartigen Antrieben sollten auch die hohen Betriebsdrehzahlen möglichst noch im Bereich um die Bemessungsdrehzahl liegen.

Sollen Antriebe mit Konstantmoment (vorwiegend mit den Motoren 1LQ1, 1LP1, 1LH1 und 1LN1) geräuscharm ausgeführt werden, so ist bei der Dimensionierung und Auswahl darauf zu achten, dass auch die niedrigen Betriebsdrehzahlen möglichst noch im Bemessungsbereich liegen, also in dem Bereich, in dem der Umrichter mit den optimierten Pulsmustern arbeitet. Das kann oftmals durch eine günstige Wahl der Bemessungsdrehzahl erfolgen.

Erwärmung / Wirkungsgrad

Die SIMOTICS FD Motoren sind für den Betrieb mit optimierten Pulsmustern der SINAMICS Umrichter ausgelegt, um möglichst geringe Systemverluste und damit einen optimalen Systemwirkungsgrad im Zusammenspiel von SIMOTICS FD Motor und SINAMICS Umrichter zu erzielen. Dadurch ist ein Betrieb an SINAMICS Umrichtern unter Verwendung der optimierten Pulsmuster ($p1802 = 19$) ab einer Pulsfrequenz von 1,25 kHz ohne Leistungsreduktion möglich. Die Pulsfrequenz von 1,25 kHz entspricht der Werkseinstellung der meisten SINAMICS-Umrichter, die im vorliegenden Projektierungshandbuch beschrieben werden.

Das folgende Bild zeigt den prinzipiellen Verlauf der thermischen Grenzmomentenkennlinie der SIMOTICS FD Motoren im Umrichterbetrieb am Beispiel der eigengekühlten Motoren 1LM1 (die Kennlinien für alle anderen Motortypen sind dem Katalog D 81.8 zu entnehmen). Alle thermischen Grenzkennlinien gelten beim Betrieb an Umrichtern, die mit Pulsfrequenzen $< 2,5$ kHz betrieben werden, immer unter der Voraussetzung, dass aus thermischen Gründen ab einer Drehzahl von ca. 87 % der Bemessungsdrehzahl von der Raumzeigermodulation in die optimierten Pulsmuster gewechselt wird ($p1802 = 19$).



Modulationssysteme und thermisches Grenzmoment am Beispiel der eigenbelüfteten SIMOTICS FD Motoren 1LM1

Ist anwendungsbedingt ein Betrieb unter ausschließlicher Verwendung der Raumzeigermodulation erforderlich (z. B. durch hohe Anforderungen an die Momentengenauigkeit und/oder die Dynamik), so ist die Pulsfrequenz des Umrichters unter Berücksichtigung des entsprechenden Strom-Derating-Faktors entweder generell oder aber spätestens ab ca. 87 % der Bemessungsdrehzahl auf mindestens 2,5 kHz anzuheben, wenn die thermische Grenzkennlinie auch oberhalb von ca. 87 % der Bemessungsdrehzahl voll ausgenutzt werden soll. Alternativ kann auch die Bemessungsleistung des Motors abhängig von der Pulsfrequenz wie folgt zu reduziert werden.

- | | |
|---|--------------------------------|
| • Raumzeigermodulation mit Pulsfrequenz 1,25 kHz: | Leistungsreduktionsfaktor 0,85 |
| • Raumzeigermodulation mit Pulsfrequenz 2,00 kHz: | Leistungsreduktionsfaktor 0,95 |
| • Raumzeigermodulation mit Pulsfrequenz 2,50 kHz: | Leistungsreduktionsfaktor 1,00 |

Die optimierten Pulsmuster für SIMOTICS FD sind bei SINAMICS Umrichtern immer dann aktiv, wenn

- der Parameter p0500 (Technologische Anwendung) auf den Wert 1 (Pumpen und Lüfter) gesetzt ist,
- der Parameter p0300 (Motortyp Auswahl) auf den Wert 14 (SIMOTICS FD) gesetzt ist, und
- der Parameter p1802 (Modulator Modus) auf den Wert 19 (optimierte Pulsmuster) gesetzt ist.

Motoren

Projektierungshinweise

Bei Umrichtern **SINAMICS G**, bei denen der Parameter p0500 (Technologische Anwendung) automatisch auf den Wert 1 (Pumpen und Lüfter) vorbelegt ist, muss bei der Inbetriebnahme lediglich der Parameter p0300 (Motortyp Auswahl) auf den Wert 14 (SIMOTICS FD) gesetzt werden. Dadurch wird automatisch der Parameter p1802 (Modulator Modus) auf den Wert 19 (optimierte Pulsmuster) gesetzt.

Bei Umrichtern **SINAMICS S**, bei denen der Parameter p0500 (Technologische Anwendung) automatisch auf den Wert 0 (Standardantrieb Vektor) vorbelegt ist, ist unabhängig von der Einstellung des Parameters p0300 (Motortyp Auswahl) der Parameter p1802 (Modulator Modus) auf den Wert 4 (Raumzeigermodulation ohne Übersteuerung) gesetzt. Diese Einstellung ist in regelungstechnisch anspruchsvollen Anwendungen, wie z.B. koordinierten Mehrmotorenantrieben (Bandanlagen, Papiermaschinen oder Folienziehmaschinen) oder Einzelantrieben, die eine hohe Momentengenauigkeit oder Dynamik erfordern, aus technologischen Gründen in der Regel zwingend erforderlich, so dass hier der Betrieb von Umrichtern **SINAMICS S** mit optimierten Pulsmustern nicht zulässig ist. Daher ist in diesen Anwendungen, wie oben beschrieben, entweder die Pulsfrequenz des Umrichters unter Berücksichtigung des entsprechenden Strom-Derating-Faktors auf mindestens 2,5 kHz anzuheben, oder die Bemessungsleistung des Motors abhängig von der Pulsfrequenz zu reduzieren.

In Anwendungen mit eher geringen regelungstechnischen Anforderungen können die oben beschriebenen Parameter-einstellungen der Umrichter **SINAMICS S** bei der Inbetriebnahme manuell so geändert werden, dass sie den Einstellungen der Umrichter **SINAMICS G** entsprechen. Dann arbeiten auch die Umrichter **SINAMICS S** mit optimierten Pulsmustern für SIMOTICS FD (p1802 = 19), so dass weder die Pulsfrequenz des Umrichters anzuheben, noch die Bemessungsleistung des Motors zu reduzieren ist.

Bei SIMOTICS FD Motoren mit Bemessungsdrehzahlen $> 3000 \text{ min}^{-1}$ bzw. Bemessungsfrequenzen $> 100 \text{ Hz}$ ist zu beachten, dass die Pulsfrequenz des Umrichters über die Werkseinstellung $f_{\text{Puls}} = 1,25 \text{ kHz}$ hinaus angehoben werden muss, um die erforderlichen Ausgangsfrequenzen zu erreichen. Dabei sind die entsprechenden Strom-Derating-Faktoren zu berücksichtigen.

11.3 Kompakt-Asynchronmotoren SIMOTICS M

Neben den Standard-Asynchronmotoren SIMOTICS SD und den Umrichter-Motoren SIMOTICS FD können auch fremdgekühlte Kompakt-Asynchronmotoren SIMOTICS M 1PH8 eingesetzt werden. Diese sind zu empfehlen bei

- großem Drehzahlstellbereich mit hohen Maximaldrehzahlen und / oder
- begrenzten Einbauverhältnissen.

Die Motoren 1PH8 sind bei gleicher Bemessungsleistung durchschnittlich ein bis zwei Achshöhen kleiner als vergleichbare Standard-Asynchronmotoren. Die hohe Ausnutzung dieser Motoren erfordert die Einstellung einer Pulsfrequenz von mindestens 2 kHz, um die umrichterbedingten Zusatzverluste im Motor gering zu halten (1PH8 mit Achshöhen 80 – 160: 4 kHz; 1PH8 mit Achshöhen 180 – 280: 2 kHz; 1PH8 mit Achshöhe 355: 2,5 kHz). Nähere Informationen enthält der Katalog D 21.4 / Kapitel „Hauptmotoren SIMOTICS M 1PH8“. Bei SINAMICS Chassis- und Schrankgeräten mit ihren niedrigen Werkseinstellungen von 1,25 kHz bzw. 2,0 kHz ist die Pulsfrequenz daher in der Regel anzuheben, wobei die Strom-Derating-Faktoren gemäß den gerätespezifischen Kapiteln zu beachten sind.



Kompakt-Asynchronmotoren SIMOTICS M 1PH8

Beim Betrieb mit Einbaugeräten SINAMICS G130 und Schrankgeräten SINAMICS G150 ist eine Geberauswertung nur über das Gebermodul SMC30 möglich, d. h., es können mit den oben genannten Umrichtern nur Impulsgeber (TTL-Geber und HTL-Geber) verwendet werden.

Beim Betrieb mit Umrichtern SINAMICS S150 und Wechselrichtern SINAMICS S120 ist eine Geberauswertung mit allen bei SINAMICS verfügbaren Gebermodulen (SMC10, SMC20 und SMC30) möglich, so dass alle Arten von Gebern verwendet werden können.

11.4 Synchronmotoren SIMOTICS HT-direct 1FW4 in Permanentmagnet-Technik

Neben den Drehstrom-Asynchronmotoren stehen auch Drehstrom-Synchronmotoren SIMOTICS HT-direct 1FW4 als High-Torquemotoren in Permanentmagnet-Technik in Luft- und Wasserkühlung zur Verfügung, die an den Umrichtern SINAMICS G und SINAMICS S betrieben werden können.

Diese High-Torquemotoren in Permanentmagnet-Technik sind besonders zu empfehlen für:



Permanenterregte Synchronmotoren 1FW4 in Luft- und Wasserkühlung

- Hohe Drehmomente,
 - niedrige Drehzahlen,
 - wartungsarmen Betrieb,
- bei
- geringem Platzbedarf,
 - hoher Verfügbarkeit,
- mit
- hohem Wirkungsgrad,
 - robustem Design,
 - geringer Geräusentwicklung.

Die Motoren erfordern die Einstellung einer Pulsfrequenz von mindestens 2,5 kHz, um die umrichterbedingten Zusatzverluste und damit die Erwärmung der Permanentmagnete im Läufer gering zu halten. Nähere Informationen enthält der Katalog D 86.2 Drehstrom-Synchronmotoren HT-direct 1FW4. Bei SINAMICS Chassis- und Schrankgeräten mit einer Werkseinstellung von 1,25 kHz bzw. 2,0 kHz ist die Pulsfrequenz daher anzuheben, wobei die entsprechenden Strom-De-rating-Faktoren zu beachten sind. Diese sind den gerätespezifischen Kapiteln zu entnehmen.

11.5 Wicklungsisolaton für Umrichterbetrieb

Die durch das schnelle Schalten der IGBTs im Wechselrichter hervorgerufenen steilen Spannungsflanken sorgen in Kombination mit Spannungsreflexionen am Motor bei längeren Motorleitungen für eine erhöhte Spannungsbelastung der Motorwicklung im Vergleich zum Betrieb am sinusförmigen Netz. Es treten sowohl erhöhte Spannungsteilheiten als auch erhöhte Spitzenspannungen auf. Daher muss die Wicklungsisolaton für den Umrichterbetrieb ausgelegt sein.

IEC 60034-18-41:2019 „Drehende elektrische Maschinen – Teil 18-41: Qualifizierung und Qualitätsprüfungen für teilentladungsfreie elektrische Isolationssysteme (Typ I) in drehenden elektrischen Maschinen, die von Spannungsumrichtern gespeist werden“ definiert Kriterien zur Festlegung des Isolationssystems für Motorwicklungen, die an Spannungszwischenkreisumrichtern mit Pulsweitenmodulation betrieben werden sollen. Hierzu verwendet IEC 60034-18-41:2019 die Impulsspannungs-Isolationsklasse (Impuls Voltage Insulation Class IVIC) und legt vier Klassen fest.

Impulsspannungs-Isolationsklasse IVIC	Reflexionsüberhöhung r	Typische Impuls-Anstiegszeit T_a
A (schwach)	$r \leq 1,1$	0,3 μ s
B (moderat)	$1,0 < r \leq 1,5$	0,3 μ s
C (stark)	$1,5 < r \leq 2,0$	0,3 μs
D (extrem)	$2,0 < r \leq 2,5$	0,3 μ s

Impulsspannungs-Isolationsklassen für teilentladungsfreie Isolationssysteme (Typ I) für 2-Punkt-Umrichter gemäß IEC 60034-18-41:2019

Die in diesem Projektierungshandbuch beschriebenen SINAMICS-Umrichter sind ausnahmslos Spannungszwischenkreisumrichter mit 2-Punkt-IGBT-Wechselrichter, die mit Pulsweitenmodulation arbeiten. Die Reflexionsüberhöhung an der Motorwicklung liegt im Bereich von $1,7 < r \leq 2,0$. Damit wird die Motorwicklung beim Betrieb an SINAMICS-Umrichtern gemäß Impulsspannungs-Isolationsklasse C beansprucht und muss mindestens die Spitzenspannungen gemäß Impulsspannungs-Isolationsklasse C aushalten.

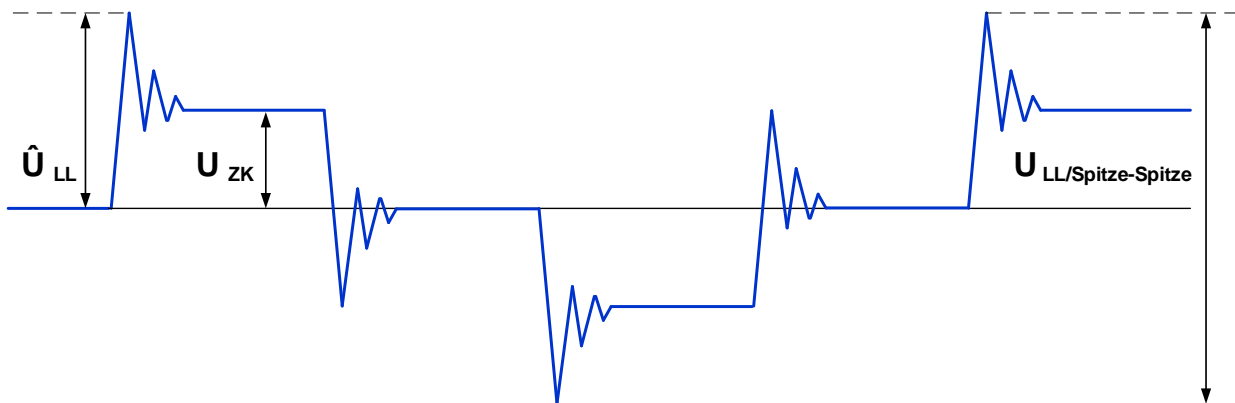
Motoren

Projektierungshinweise

In der folgenden Tabelle sind die im Umrichterbetrieb maximal zulässigen Spitzenwerte der Spannung an der Motorwicklung für Motoren gemäß Impulsspannungs-Isolationsklasse C für alle üblichen Motorbemessungsspannungen angegeben.

Die Angabe erfolgt in zwei verschiedenen Darstellungsformen:

- Als einfacher Spitzenwert \hat{U}_{LL} der Leiter-Leiter-Spannung (gelb hinterlegte Felder), der unmittelbar vergleichbar ist mit den Tabellenwerten für die verschiedenen SINAMICS-Antriebskonstellationen im Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt "Erhöhte Spannungsbelastung der Motorwicklung durch lange Motorleitungen".
- Als Spitze-Spitze-Wert der Leiter-Leiter-Spannung (blau hinterlegte Felder), der in IEC 60034-18-41:2019 angegeben ist und um den Faktor 2 größer ist als der einfache Spitzenwert \hat{U}_{LL} der Leiter-Leiter-Spannung.



Zeitverlauf der Leiter-Leiter-Spannung an der Motorwicklung bei Speisung durch Spannungswellenkreisumrichter mit 2-Punkt-IGBT-Wechselrichter

Der Vollständigkeit wegen sind in der letzten Spalte der Tabelle auch noch die Spitze-Spitze-Werte der Leiter-Erde-Spannung angegeben.

Motorbemessungsspannung U_{Mot-n}	Zulässige Spitzenwerte der Spannung Leiter-Leiter an der Motorwicklung \hat{U}_{LL}	Zulässige Spitze-Spitze-Werte der Spannung Leiter-Leiter an der Motorwicklung $U_{LL/Spitze-Spitze}$	Zulässige Spitze-Spitze-Werte der Spannung Leiter-Erde an der Motorwicklung $U_{LE/Spitze-Spitze}$
400 V	1180 V	2360 V	1680 V
460 V	1357 V	2714 V	1932 V
480 V	1416 V	2832 V	2016 V
500 V	1475 V	2950 V	2100 V
600 V	1770 V	3540 V	2520 V
660 V	1947 V	3894 V	2772 V
690 V	2035 V	4070 V	2898 V

Maximal zulässige Spitzenwerte bzw. Spitze-Spitze-Werte der Spannung an der Motorwicklung für Motoren mit Impulsspannungs-Isolationsklasse C gemäß IEC 60034-18-41:2019

Nähere Informationen hierzu sind im Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt "Erhöhte Spannungsbelastung der Motorwicklung durch lange Motorleitungen" enthalten.

11.6 Lagerströme bei Umrichterbetrieb

Die durch das schnelle Schalten der IGBTs im Wechselrichter hervorgerufenen steilen Spannungsflanken erzeugen im Motor Lagerströme, die unter ungünstigen Randbedingungen relativ hohe Werte annehmen, das Lager schädigen und somit seine Lebensdauer verkürzen können.

Um Schäden durch Lagerströme zu vermeiden, ist bei umrichtergespeisten Motoren ab bestimmten Achshöhen das Lager auf der Nichtantriebsseite (NDE-Seite bzw. B-Seite) isoliert auszuführen.

Bei Motoren, die für Netzbetrieb ausgelegt sind, aber prinzipiell auch am Umrichter betrieben werden können (umrichter-geeignet), muss ein isoliertes NDE-Lager optional bestellt werden, was ab Achshöhe 225 dringend empfohlen wird. Dies ist z. B. der Fall bei den Siemens-Standardmotoren SIMOTICS SD 1LE1 / 1LE5.

Bei Motoren, die speziell für Umrichterbetrieb ausgelegt sind, ist bei kritischen Achshöhen standardmäßig ein isoliertes NDE-Lager für den Umrichterbetrieb vorhanden. Dies ist z. B. der Fall für die Siemens-Umrichtermotoren SIMOTICS FD und SIMOTICS HT-direct.

Bei der Verwendung von Drehzahlgebern ist darauf zu achten, dass der Anbau des Gebers die Lagerisolation des NDE-Lagers nicht überbrückt, d. h., der Drehzahlgeber ist isoliert anzubringen oder es ist ein Drehzahlgeber zu verwenden, der ebenfalls isolierte Lager enthält. Auch die Schirmauflage der Geberleitung darf nicht zu einer Überbrückung der Lagerisolation führen.

Nähere Informationen hierzu sind im Kapitel „Grundlagen und Systembeschreibung“, Abschnitt "Lagerströme durch steile Spannungsflanken am Motor" enthalten.

11.7 Motorschutz bei Umrichterbetrieb

Der Schutz des Motors gegen thermische Überlastung kann mit Hilfe der in der SINAMICS-Firmware enthaltenen I²t-Erfassung erfolgen, die einen dauerhaften Betrieb mit zu hohen Motorströmen verhindert. Auf diese Weise ist bereits ein einfacher thermischer Motorschutz ohne externe Komponenten möglich.

Ein präziser Motorschutz, der auch den Einfluss der Umgebungstemperatur berücksichtigt, kann durch die Temperatur-Erfassung mit Temperaturfühlern KTY84 bzw. PT1000 oder mit PTC-Kaltleitern in der Motorwicklung erfolgen.

Die Auswertung der Temperaturfühler KTY84 bzw. PT1000, PT100 und der PTC-Kaltleiter kann bei den Einbaugeräten SINAMICS G130 durch den Anschluss an die Klemme –X41 des Power Modules erfolgen. Bei Schrankgeräten SINAMICS G150 und S150 kann der Anschluss an die optional erhältliche Kundenklemmenleiste (Terminal Module TM31 / Option G60) erfolgen. Verfügt der Umrichter bzw. Wechselrichter über ein Sensor Module SMC30 zum Anschluss eines Impulsgebers, so können die Temperaturfühler auch an das Sensor Module angeschlossen werden.

Für die Auswertung aller oben genannten Temperaturfühler (KTY84, PT1000, PT100 und PTC) kann auch das Terminal Module TM150 eingesetzt werden. Dieses steht mit integriertem DRIVE-CLiQ-Anschluss seit Einführung der Firmware-Version 4.5 als Systemkomponente bei SINAMICS zur Verfügung und ist bei den Umrichter-Schrankgeräten als Option G51 – G54 erhältlich, siehe auch Kapitel „Optionenbeschreibungen der Schrankgeräte“, Abschnitt „Optionen G51 – G54 (Terminal Module TM150)“.

Motoren

Projektierungshinweise

Siemens AG

Digital Industries

Motion Control

Postfach 3180

91050 Erlangen

DEUTSCHLAND

www.siemens.com/sinamics

Änderungen vorbehalten

© Siemens AG 2020