



Projektierungshandbuch VLT[®] AQUA Drive FC 202

355–800 kW, Baugröße E



Inhaltsverzeichnis

1 Einführung	4
1.1 Zweck des Projektierungshandbuchs	4
1.2 Zusätzliche Materialien	4
1.3 Dokument- und Softwareversion	4
1.4 Konventionen	4
2 Sicherheit	5
2.1 Sicherheitssymbole	5
2.2 Qualifiziertes Personal	5
2.3 Sicherheitsmaßnahmen	5
3 Zulassungen und Zertifizierungen	7
3.1 Vorschriften und Zulassungen	7
3.2 Schutzarten	9
4 Produktübersicht	11
4.1 Gehäusegröße nach Nennleistung	11
4.2 Übersicht der Gehäuse, 380–500 V	11
4.3 Übersicht der Gehäuse, 525–690 V	12
5 Produktfunktionen	13
5.1 Automatisierte Betriebsfunktionen	13
5.2 Kundenspezifische Anwendungsfunktionen	16
5.3 Spezifische Eigenschaften des VLT® AQUA Drive	20
5.4 Kaskadenregelung – Übersicht	22
5.5 Einfacher Kaskadenregler	23
5.6 Rückspülmodus	25
5.7 Vor-/Nach-Schmierung	26
5.8 Durchflussüberwachung	27
5.9 Erweiterte Mindestdrehzahlüberwachung – Übersicht	28
5.10 Dynamisches Bremsen	28
5.11 Zwischenkreiskopplung	29
5.12 Rückspeiseeinheit	30
5.13 Rückseitiger Kühlkanal	30
6 Optionen und Zubehör	32
6.1 Feldbus Baugruppen	32
6.2 Funktionserweiterungen	33
6.3 Motion Control und Relaiskarten	34
6.4 Bremswiderstände	34
6.5 Sinusfilter	34

6.6 du/dt-Filter	35
6.7 Gleichtaktfilter	35
6.8 Oberschwingungsfilter	35
6.9 High Power-Zubehör	35
7 Spezifikationen	36
7.1 Elektrische Daten, 380-480 V	36
7.2 Elektrische Daten, 525-690 V	38
7.3 Netzversorgung	41
7.4 Motorausgang und Motordaten	41
7.5 Umgebungsbedingungen	41
7.6 Kabelspezifikationen	42
7.7 Steuereingang/-ausgang und Steuerdaten	42
8 Außen- und Klemmenabmessungen	46
8.1 E1h – Außen- und Klemmenabmessungen	46
8.2 E2h – Außen- und Klemmenabmessungen	52
8.3 E3h – Außen- und Klemmenabmessungen	58
8.4 E4h – Außen- und Klemmenabmessungen	65
9 Allgemeine Hinweise zur mechanischen Installation	72
9.1 Lagerung	72
9.2 Anheben der Einheit	72
9.3 Betriebsumgebung	72
9.4 Montagehinweis	74
9.5 Kühlung	74
9.6 Leistungsreduzierung	75
10 Allgemeine Hinweise zur elektrischen Installation	77
10.1 Sicherheitshinweise	77
10.2 E1h–E4h – Anschlussplan	78
10.3 Anschlüsse	79
10.4 Steuerkabel und -klemmen	80
10.5 Sicherungen und Trennschalter	83
10.6 Motor	83
10.7 Bremsung	86
10.8 Fehlerstromschutzschalter und Isolationswiderstandsüberwachung (IRM)	89
10.9 Ableitstrom	89
10.10 IT-Netz	90
10.11 Wirkungsgrad	91
10.12 Störgeräusche	91
10.13 dU/dt-Bedingungen	92

10.14 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)	94
10.15 EMV-gerechte Installation	98
10.16 Oberschwingungen – Übersicht	101
11 Grundlagen der Bedienung eines Antriebs	105
11.1 Beschreibung des Betriebs	105
11.2 Frequenzumrichtersteuerungen	105
12 Anwendungsbeispiele	115
12.1 Anschlußbeispiel für eine automatische Motoranpassung (AMA)	115
12.2 Anschlußbeispiel für einen analogen Drehzahlsollwert	115
12.3 Anschlußbeispiel für Start/Stopp	116
12.4 Anschlußbeispiel für externe Alarmquittierung	117
12.5 Anschlußbeispiel für Drehzahlsollwert unter Verwendung eines manuellen Potenziometers	117
12.6 Anschlußbeispiel für Drehzahl auf/Drehzahl ab	118
12.7 Anschlußbeispiel für RS485-Netzwerkverbindung	118
12.8 Anschlußbeispiel für einen Motorthermistor	119
12.9 Anschlußbeispiel für eine Relaiskonfiguration mit Smart Logic Control	119
12.10 Anschlußbeispiel für eine Tauchpumpe	120
12.11 Verkabelungskonfiguration für einen Kaskadenregler	122
12.12 Anschlussbeispiel für eine Pumpe mit konstanter/variabler Drehzahl	122
12.13 Anschlussbeispiel für Führungspumpen-Wechsel	123
13 Bestellung eines Frequenzumrichters	124
13.1 Antriebskonfigurator	124
13.2 Bestellnummern für Optionen und Zubehör	126
13.3 Bestellnummern für Filter und Bremswiderstände	128
13.4 Ersatzteile	128
14 Anhang	129
14.1 Abkürzungen und Symbole	129
14.2 Definitionen	130
Index	132

1 Einführung

1.1 Zweck des Projektierungshandbuchs

Dieses Projektierungshandbuch ist vorgesehen für:

- Projektingenieure und Anlagenbauer
- Planer
- Anwendungs- und Produktspezialisten

Das Projektierungshandbuch liefert technische Informationen zu den Einsatzmöglichkeiten und Funktionen des Frequenzumrichters und erläutert die Integration in Systeme zur Motorsteuerung und -überwachung.

VLT® ist eine eingetragene Marke.

1.2 Zusätzliche Materialien

Es stehen weitere Ressourcen zur Verfügung, die Ihnen helfen, erweiterten Betrieb sowie erweiterte Programmierungen und Konformität mit allen einschlägigen Normen für Frequenzumrichter zu verstehen.

- Die *Bedienungsanleitung* stellt Ihnen detaillierte Informationen zur Installation und Inbetriebnahme des Frequenzumrichters zur Verfügung.
- Das *Programmierhandbuch* enthält umfassende Informationen für die Arbeit mit Parametern sowie viele Anwendungsbeispiele.
- Die *VLT® Safe Torque Off Bedienungsanleitung* enthält eine Beschreibung zur Verwendung von Danfoss Frequenzumrichtern in Anwendungen mit funktionaler Sicherheit. Dieses Handbuch ist im Lieferumfang des Frequenzumrichters enthalten, wenn die Safe Torque Off-Option vorhanden ist.
- Das *Projektierungshandbuch VLT® MCE 101 Brake Resistor* beschreibt die Auswahl des optimalen Bremswiderstands.
- Für die Frequenzumrichter stehen Optionsmodule zur Verfügung, die einige der in diesen Dokumenten enthaltenen Informationen ändern können. Bitte prüfen Sie die Anleitungen dieser Optionsmodule auf besondere Anforderungen.

Zusätzliche Veröffentlichungen und Handbücher sind bei Danfoss erhältlich. Siehe drives.danfoss.com/knowledge-center/technical-documentation/ für Auflistungen.

1.3 Dokument- und Softwareversion

Dieses Handbuch wird regelmäßig geprüft und aktualisiert. Alle Verbesserungsvorschläge sind willkommen. *Tabelle 1.1* zeigt die Dokumentenversion und die entsprechende Softwareversion an.

Ausgabe	Anmerkungen	Softwareversion
MG22B1xx	Erstausgabe	2.70

Tabelle 1.1 Dokument- und Softwareversion

1.4 Konventionen

- Nummerierte Listen zeigen Vorgehensweisen.
- Aufzählungslisten zeigen weitere Informationen und Beschreibung der Abbildungen.
- Kursivschrift bedeutet:
 - Querverweise.
 - Link.
 - Fußnoten.
 - Parameternamen, Parametergruppenamen, Parameteroptionen.
- Alle Abmessungen in Zeichnungen sind in mm angegeben.
- Ein Sternchen (*) kennzeichnet die Werkseinstellung eines Parameters.

2 Sicherheit

2.1 Sicherheitssymbole

Folgende Symbole kommen in diesem Handbuch zum Einsatz:

⚠️ WARNUNG

Weist auf eine potenziell gefährliche Situation hin, die zu schweren Verletzungen oder sogar zum Tod führen kann!

⚠️ VORSICHT

Weist auf eine potenziell gefährliche Situation hin, die zu leichten oder mittelschweren Verletzungen führen kann. Die Kennzeichnung kann ebenfalls als Warnung vor unsicheren Verfahren dienen.

HINWEIS

Weist auf eine wichtige Information hin, z. B. eine Situation, die zu Geräte- oder sonstigen Sachschäden führen kann.

2.2 Qualifiziertes Personal

Nur qualifiziertes Personal darf dieses Gerät installieren oder bedienen.

Qualifiziertes Fachpersonal sind per Definition geschulte Mitarbeiter, die gemäß den einschlägigen Gesetzen und Vorschriften zur Installation, Inbetriebnahme und Instandhaltung von Betriebsmitteln, Systemen und Schaltungen berechtigt sind. Außerdem muss das Personal mit allen Anweisungen und Sicherheitsmaßnahmen gemäß dieser Anleitung vertraut sein.

2.3 Sicherheitsmaßnahmen

⚠️ WARNUNG

HOCHSPANNUNG

Bei Anschluss an das Versorgungsnetz, DC-Versorgung, Zwischenkreiskopplung oder Permanentmagnetmotoren führen Frequenzumrichter Hochspannung. Erfolgen Installation, Inbetriebnahme und Wartung von Frequenzumrichtern nicht durch qualifiziertes Personal, kann dies zum Tod oder zu schweren Verletzungen führen!

- Installation, Inbetriebnahme und Wartung der Frequenzumrichter dürfen ausschließlich von qualifiziertem Personal vorgenommen werden.

⚠️ WARNUNG

ENTLADEZEIT

Der Frequenzumrichter enthält Zwischenkreiskondensatoren, die auch bei abgeschaltetem Frequenzumrichter geladen sein können. Auch wenn die Warn-LED nicht leuchten, kann Hochspannung anliegen. Das Nichteinhalten der Wartezeit von 40 Minuten nach dem Trennen der Stromversorgung vor Wartungs- oder Reparaturarbeiten kann zum Tod oder zu schweren Verletzungen führen!

1. Stoppen Sie den Motor.
2. Trennen Sie die Netzversorgung und alle externen DC-Zwischenkreisversorgungen, einschließlich externer Batterie-, USV- und DC-Zwischenkreisverbindungen mit anderen Frequenzumrichtern.
3. Trennen oder verriegeln Sie den Motor.
4. Warten Sie 40 Minuten bis zur vollständigen Entladung der Kondensatoren.
5. Verwenden Sie vor der Durchführung von Wartungs- oder Reparaturarbeiten ein geeignetes Spannungsmessgerät, um sicherzustellen, dass die Kondensatoren vollständig entladen sind.

⚠️ WARNUNG

GEFAHR DURCH ABLEITSTRÖME

Die Erdableitströme überschreiten 3,5 mA. Eine nicht vorschriftsgemäße Erdung des Frequenzumrichters kann zum Tod oder zu schweren Verletzungen führen!

- Lassen Sie die ordnungsgemäße Erdung der Geräte durch einen zertifizierten Elektroinstallateur überprüfen.

HINWEIS

NETZABSCHIRMUNG ALS SICHERHEITSOPTION

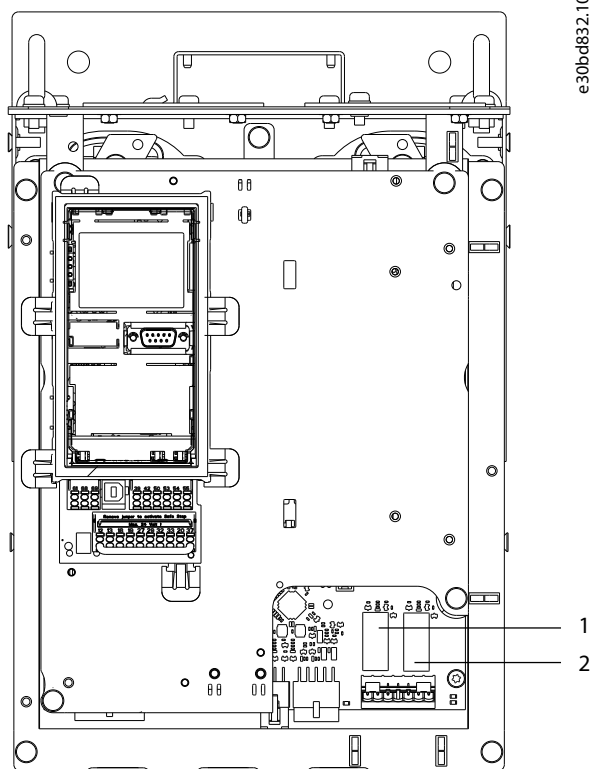
Eine optionale Netzabschirmung ist für Gehäuse der Schutzart IP21/IP54 (Typ 1/Typ 12) erhältlich. Schutzabdeckung um gemäß BGV A2, VBG 4 vor der versehentlichen Berührung der Leistungsklemmen zu schützen.

2.3.1 ADN-konforme Installation

2

Um Funkenbildung in Übereinstimmung mit dem Europäischen Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf Binnenwasserstraßen (ADN) zu vermeiden, müssen Vorsichtsmaßnahmen für Frequenzumrichter mit Schutzart IP00 (Gehäuse), IP20 (Gehäuse), IP21 (Typ 1) oder IP54 (Typ 12) getroffen werden.

- Installieren Sie keinen Netzschalter
- Vergewissern Sie sich, dass *Parameter 14-50 EMV-Filter* auf [1] Ein eingestellt ist.
- Entfernen Sie alle Relaisstecker mit der Kennzeichnung *RELAIS*. Siehe *Abbildung 2.1*.
- Kontrollieren Sie, welche Relaisoptionen installiert sind, falls vorhanden. Die einzige zulässige Relaisoption ist die VLT® Extended Relay Card MCB 113.



1, 2	Relaisstecker
------	---------------

Abbildung 2.1 Position der Relaisstecker

3 Zulassungen und Zertifizierungen

Dieser Abschnitt bietet eine kurze Beschreibung der verschiedenen Zulassungen und Zertifizierungen, die auf Danfoss-Frequenzumrichter zu finden sind. Nicht alle Zulassungen sind auf allen Frequenzumrichtern zu finden.

3.1 Vorschriften und Zulassungen

HINWEIS

AUFERLEGTE BEGRENZUNGEN DER AUSGANGSFREQUENZ

Ab Softwareversion 6.72 ist die Ausgangsfrequenz des Frequenzumrichters auf 590 Hz begrenzt (bedingt durch Exportkontrollvorschriften). Die Softwareversionen 6.xx begrenzen ebenfalls die maximale Ausgangsfrequenz auf 590 Hz, diese Versionen können jedoch nicht geflasht werden, d. h. weder als Downgrade noch als Upgrade.

3.1.1.1 CE-Zeichen

Das CE-Zeichen (Communauté Européenne) zeigt an, dass der Hersteller des Produkts alle relevanten EU-Richtlinien einhält. Die geltenden EU-Richtlinien zu Ausführung und Konstruktion des Frequenzumrichters sind in *Tabelle 3.1* aufgeführt.

HINWEIS

Über die Qualität eines Produkts sagt die CE-Kennzeichnung nichts aus. Auch gibt sie keinen Aufschluss zu technischen Spezifikationen.

EU-Richtlinie	Version
Niederspannungsrichtlinie	2014/35/EU
EMV-Richtlinie	2014/30/EU
Maschinenrichtlinie ¹⁾	2014/32/EU
EU-Ökodesignrichtlinie	2009/125/EC
ATEX-Richtlinie	2014/34/EU
RoHS-Richtlinie	2002/95/EC

Tabelle 3.1 Frequenzumrichter betreffende EU-Richtlinien

1) Konformität mit der Maschinenrichtlinie ist nur bei Frequenzumrichtern mit integrierter Sicherheitsfunktion erforderlich.

HINWEIS

Frequenzumrichter mit integrierter Sicherheitsfunktion, wie z. B. Safe Torque Off (STO), müssen mit der Maschinenrichtlinie konform sein.

Konformitätserklärungen sind auf Anfrage erhältlich.

Niederspannungsrichtlinie

Frequenzumrichter müssen seit 1. Januar 2014 die CE-Kennzeichnung in Übereinstimmung mit der Niederspannungsrichtlinie erfüllen. Die Niederspannungsrichtlinie gilt für alle elektrischen Geräte im Spannungsbereich von 50–1000 V AC und 75–1500 V DC.

Der Zweck der Richtlinie ist die Gewährleistung der Personensicherheit und die Vermeidung von Beschädigungen der Anlage und Geräte, wenn Anwender die elektrischen Betriebsmittel bei ordnungsgemäßer Installation, Wartung und bestimmungsgemäßer Verwendung bedienen.

EMV-Richtlinie

Der Zweck der EMV-Richtlinie (elektromagnetische Verträglichkeit) ist die Reduzierung elektromagnetischer Störungen und die Verbesserung der Störfestigkeit der elektrischen Geräte und Installationen. Die grundlegende Schutzanforderung der EMV-Richtlinie gibt vor, dass Betriebsmittel, die elektromagnetische Störungen verursachen oder deren Betrieb durch diese Störungen beeinträchtigt werden kann, so ausgelegt sein müssen, dass ihre erreichten elektromagnetischen Störungen begrenzt sind. Die Geräte müssen bei ordnungsgemäßer Installation und Wartung sowie bestimmungsgemäßer Verwendung einen geeigneten Grad der Störfestigkeit gegenüber EMV aufweisen.

Elektrische Geräte, die alleine oder als Teil einer Anlage verwendet werden, müssen eine CE-Kennzeichnung tragen. Anlagen müssen nicht über eine CE-Kennzeichnung verfügen, jedoch den grundlegenden Schutzanforderungen der EMV-Richtlinie entsprechen.

Maschinenrichtlinie

Der Zweck der Maschinenrichtlinie ist die Gewährleistung der Personensicherheit und die Vermeidung von Beschädigungen der Anlage und Geräte, wenn Nutzer die mechanischen Betriebsmittel bestimmungsgemäß verwenden. Die Maschinenrichtlinie bezieht sich auf Maschinen, die aus einem Aggregat mehrerer zusammenwirkender Komponenten oder Betriebsmittel bestehen, von denen mindestens eine(s) mechanisch beweglich ist.

Frequenzumrichter mit integrierter Sicherheitsfunktion müssen mit der Maschinenrichtlinie konform sein. Frequenzumrichter ohne Sicherheitsfunktion fallen nicht unter die Maschinenrichtlinie. Wird ein Frequenzumrichter jedoch in ein Maschinensystem integriert, so stellt Danfoss Informationen zu Sicherheitsaspekten des Frequenzumrichters zur Verfügung.

Kommen Frequenzumrichter in Maschinen mit mindestens einem beweglichen Teil zum Einsatz, muss der Maschinenhersteller eine Erklärung zur Verfügung stellen, die die Übereinstimmung mit allen relevanten gesetzlichen Bestimmungen und Sicherheitsrichtlinien bestätigt.

3.1.1.2 EU-Ökodesignrichtlinie

Die Ökodesignrichtlinie ist die europäische Richtlinie zur umweltgerechten Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte, zu denen auch Frequenzumrichter gehören. Die Richtlinie hat eine verbesserte Energieeffizienz und allgemeine Umweltverträglichkeit von Elektrogeräten bei gleichzeitiger Erhöhung der Sicherheit der Energieversorgung zum Ziel. Die Einflüsse der energieverbrauchsrelevanten Produkte auf die Umwelt umfassen den Energieverbrauch über die gesamte Produktlebensdauer.

3.1.1.3 UL-Zulassung

Die Underwriters Laboratory(UL)-Markierung zertifiziert die Sicherheit und Umweltverträglichkeit von Produkten anhand von Standardprüfungen. Frequenzumrichter der Bauform T7 (525-690 V) sind nur für 525–600 V nach UL-Anforderungen zertifiziert. Der Frequenzumrichter erfüllt die Anforderungen der UL 61800-5-1 bezüglich der thermischen Sicherung. Weitere Informationen finden Sie unter *Kapitel 10.6.2 Thermischer Motorschutz*.

3.1.1.4 CSA/cUL

Die CSA/cUL-Zulassung ist für Frequenzumrichter mit einer Nennspannung bis 600 V. Der Standard gewährleistet, dass der Frequenzumrichter – wenn er gemäß der mitgelieferten Bedienungs-/Installationsanleitung installiert wird – die UL-Standards für elektrische und thermische Sicherheit erfüllt. Diese Kennzeichnung zertifiziert, dass das Produkt alle vorgeschriebenen technischen Spezifikationen und Prüfungen erfüllt. Eine Konformitätserklärung ist auf Anfrage erhältlich.

3.1.1.5 EAC

Die EurAsian Conformity(EAC)-Kennzeichnung zeigt an, dass das Produkt mit allen Anforderungen und technischen Vorschriften konform ist, die für das Produkt gelten laut der eurasischen Zollunion, die sich aus den Mitgliedstaaten der eurasischen Wirtschaftsunion zusammensetzt.

Das EAC-Logo muss sich sowohl auf dem Typenschild als auch auf der Verpackung befinden. Alle innerhalb des EAC-Bereichs verwendeten Produkte sind bei Danfoss zu kaufen.

3.1.1.6 UKrSEPRO

Das UKrSEPRO-Zertifikat gewährleistet die Qualität und Sicherheit von Produkten und Dienstleistungen sowie Fertigungsstabilität nach den ukrainischen Regulierungsstandards. Das UkrSepro-Zertifikat ist ein erforderliches Dokument für die Zollabfertigung sämtlicher Produkte, die in die Ukraine ein- oder aus ihr ausgeführt werden.

3.1.1.7 TÜV

TÜV SÜD ist eine europäische Sicherheitsorganisation, die die Betriebssicherheit des Frequenzumrichters gemäß EN/IEC 61800-5-2 zertifiziert. Der TÜV SÜD testet Produkte und überwacht ihre Produktion, um sicherzustellen, dass Unternehmen die ihre Vorschriften einhalten.

3.1.1.8 RCM

Die Regulatory Compliance Mark (RCM, Konformitätskennzeichnung) zeigt die Konformität von Telekommunikations- und EMV/Funkverkehr-Geräten durch den EMV-Kennzeichnungshinweis der australischen Kommunikations- und Medienbehörden an. Die RCM ist mittlerweile eine einzelne Konformitätskennzeichnung, die die Kontrollzeichen A-Tick und C-Tick beinhaltet. RCM-Konformität ist für die Platzierung elektrischer und elektronischer Geräte auf dem Markt in Australien und Neuseeland erforderlich.

3.1.1.9 Schiffsanwendungen

Schiffsanwendungen – Schiffe und Öl-/Gasplattformen – müssen von mindestens einer Klassifikationsgesellschaft zertifiziert werden, um eine Zulassungslizenz und Versicherungsschutz erhalten zu können. Die Frequenzumrichter der Danfoss VLT® AQUA Drive-Serie verfügen über Zertifizierungen von bis zu 12 Klassifikationsgesellschaften.

Um Marinezulassungen und Zertifikate anzuzeigen oder zudrucken, gehen Sie zum Downloadbereich unter <http://drives.danfoss.com/industries/marine-and-offshore/marine-type-approvals/#/>.

3.1.2 Exportkontrollvorschriften

Frequenzumrichter können regionalen und/oder nationalen Exportkontrollvorschriften unterliegen.

Frequenzumrichter, die Exportkontrollvorschriften unterliegen, sind mit einer ECCN-Nummer gekennzeichnet. Die ECCN-Nummer finden Sie in den Dokumenten, die Sie mit dem Frequenzumrichter erhalten.

Im Falle einer Wiederausfuhr ist der Exporteur dafür verantwortlich, die Einhaltung aller geltenden Exportkontrollvorschriften sicherzustellen.

3.2 Schutzarten

Die Frequenzumrichter der VLT-Serie® sind mit unterschiedlichen Gehäuseschutzarten erhältlich, um optimal auf die Anforderungen der Anwendung eingehen zu können. Die Schutzart wird jeweils auf Grundlage zweier internationaler Normen angegeben:

- Bei einer Prüfung nach UL-Typ wird die Konformität der Gehäuse mit der NEMA(National Electrical Manufacturers Association)-Norm ermittelt. Die Bau- und Prüfvorschriften für Gehäuse sind definiert in „NEMA Standards Publication 250-2003“ und in UL 50, Elfte Ausgabe.
- IP-Schutzarten (International Protection, Internationaler Schutz), definiert von der IEC (International Electrotechnical Commission, Internationale Elektrotechnische Kommission) in allen anderen Staaten weltweit

Standard-Frequenzumrichter der Danfoss VLT® Serie sind in verschiedenen Schutzarten erhältlich, um die Anforderungen von IP00 (Gehäuse), IP20 (geschütztes Gehäuse), IP21 (UL-Typ 1) oder IP54 (UL-Typ 12) zu erfüllen. In diesem Handbuch wird der UL-Typ als Typ geschrieben. Zum Beispiel: IP21/Typ 1.

UL-Typ-Standard

Typ 1 – Gehäuse für den Einsatz im Innenbereich, die dem Personal einen gewissen Schutz vor versehentlichem Kontakt mit den enthaltenen Einheiten und einen gewissen Schutz gegen fallenden Schmutz bieten.

Typ 12 – Mehrzweckgehäuse sind für den Einsatz im Innenbereich vorgesehen und schützen die enthaltenen Einheiten vor den folgenden Verunreinigungen:

- Fasern
- Fussel
- Staub und Schmutz
- Leichtes Spritzwasser
- Sickerwasser
- Tropfen und externe Kondensation nicht-korrosiver Flüssigkeiten

Das Gehäuse darf keine Löcher und kein Auslässe oder Öffnungen für Installationsrohre aufweisen, falls hierfür nicht ölbeständige Dichtungen zur Montage öldichter oder staubdichter Mechanismen verwendet werden. Die Türen sind ebenfalls mit ölbeständigen Dichtungen ausgerüstet. Zusätzlich verfügen Gehäuse für Kombinationsregler über Schwingtüren mit horizontaler Drehachse, die mit einem Werkzeug geöffnet werden müssen.

IP-Standard

Tabelle 3.2 bietet einen Quervergleich der beiden Normen. Tabelle 3.3 erläutert die Bedeutung der IP-Nummer und definiert den Schutzgrad. Die Frequenzumrichter erfüllen die Bestimmungen beider Normen.

NEMA und UL	IP
Gehäuse	IP00
Geschütztes Gehäuse	IP20
NEMA 1	IP21
NEMA 12	IP54

Tabelle 3.2 Querverweis NEMA- und IP-Nummer

Erste Stelle	Zweite Stelle	Schutzniveau
0	–	Kein Schutz.
1	–	Geschützt bis 50 mm (2,0 in). Schutz vor Berührung mit der Hand.
2	–	Geschützt bis 12,5 mm (0,5 in). Schutz vor Berührung mit dem Finger.
3	–	Geschützt bis 2,5 mm (0,1 in). Schutz vor Berührung durch Werkzeug.
4	–	Geschützt bis 1,0 mm (0,04 in). Schutz vor Berührung mit Drähten.
5	–	Schutz gegen schädliche Staubablagerungen im Innern
6	–	Schutz gegen Eindringen von Staub (staubdicht)
–	0	Kein Schutz
–	1	Schutz gegen senkrecht fallendes Tropfwasser
–	2	Schutz gegen schräg fallendes Tropfwasser (15° gegenüber der Senkrechten)
–	3	Schutz gegen Sprühwasser (bis 60° gegenüber der Senkrechten)
–	4	Schutz gegen Spritzwasser
–	5	Schutz gegen Strahlwasser
–	6	Schutz gegen starkes Strahlwasser
–	7	Schutz vor eindringendem Wasser beim zeitweiligen Untertauchen
–	8	Schutz vor eindringendem Wasser beim dauerhaften Untertauchen

Tabelle 3.3 Aufschlüsselung der IP-Nummer

4 Produktübersicht

4.1 Gehäusegröße nach Nennleistung

kW ¹⁾	Hp ¹⁾	Verfügbare Gehäuse
355	500	E1h/E3h
400	600	E1h/E3h
450	600	E1h/E3h
500	650	E2h/E4h
560	750	E2h/E4h

Tabelle 4.1 Gehäuse-Nennleistungen, 380–480 V

1) Alle Nennleistungen sind für hohe Überlast (150 % Strom für 60 s) angegeben. Ausgangsleistung wird bei 400 V (kW) und 460 V (hp) angegeben.

kW ¹⁾	Hp ¹⁾	Verfügbare Gehäuse
450	450	E1h/E3h
500	500	E1h/E3h
560	600	E1h/E3h
630	650	E1h/E3h
710	750	E2h/E4h
800	950	E2h/E4h

Tabelle 4.2 Gehäuse-Nennleistungen, 525–690 V

1) Alle Nennleistungen sind für hohe Überlast (150 % Strom für 60 s) angegeben. Ausgang wird bei 690 V (kW) und 575 V (hp) gemessen.

4.2 Übersicht der Gehäuse, 380–500 V

Baugröße	E1h	E2h	E3h	E4h
Nennleistung¹⁾				
Ausgang bei 400 V (kW)	355–460	500–560	355–460	500–560
Ausgang bei 460 V (hp)	500–600	650–750	500–600	650–750
Schutzart				
IP	IP21/54	IP21/54	IP20 ²⁾	IP20 ²⁾
UL-Typ	Typ 1/12	Typ 1/12	Gehäuse	Gehäuse
Hardware-Optionen³⁾				
Edelstahl-Kühlkanal	O	O	O	O
Netzabschirmung	O	O	–	–
Integrierte Heizung	O	O	–	–
EMV-Filter (Klasse A1)	O	O	O	O
Safe Torque Off	S	S	S	S
Kein LCP	O	O	O	O
Grafisches LCP	O	O	O	O
Sicherungen	S	S	O	O
Kühlkörper-Zugang	O	O	O	O
Bremschopper	O	O	O	O
Zwischenkreisklemmen	O	O	O	O
Zwischenkreiskopplungsklemmen	–	–	O	O
Sicherungen + Zwischenkreiskopplung	–	–	O	O
Trennschalter	O	O	–	–
Trennschalter	–	–	–	–
Schütze	–	–	–	–
24 V DC-Versorgung (SMPS, 5 A)	–	–	–	–
Abmessungen				
Höhe, mm (in)	2043 (80,4)	2043 (80,4)	1578 (62,1)	1578 (62,1)
Breite, mm (in)	602 (23,7)	698 (27,5)	506 (19,9)	604 (23,9)
Tiefe, mm (in)	513 (20,2)	513 (20,2)	482 (19,0)	482 (19,0)
Gewicht, kg (lb)	295 (650)	318 (700)	272 (600)	295 (650)

Tabelle 4.3 E1h–E4h Frequenzumrichter, 380–480 V

1) Alle Nennleistungen sind für hohe Überlast (150 % Strom für 60 s) angegeben.

2) Wenn das Gehäuse mit Zwischenkreiskopplungs- oder Rückspeisungsanschlüssen konfiguriert wird, hat es die Schutzart IP00, andernfalls die Schutzart IP20.

3) S = Standard, O = Optional und ein Bindestrich zeigt an, dass die Option nicht verfügbar ist.

4.3 Übersicht der Gehäuse, 525–690 V

4

Baugröße	E1h	E2h	E3h	E4h
Nennleistung¹⁾				
Ausgang bei 690 V (kW)	450–630	710–800	450–630	710–800
Ausgang bei 575 V (hp)	450–650	750–950	450–650	750–950
Schutzart				
IP	IP21/54	IP21/54	IP20 ²⁾	IP20 ²⁾
UL-Typ	Typ 1/12	Typ 1/12	Gehäuse	Gehäuse
Hardware-Optionen³⁾				
Edelstahl-Kühlkanal	O	O	O	O
Netzabschirmung	O	O	–	–
Integrierte Heizung	O	O	–	–
EMV-Filter (Klasse A1)	–	–	–	–
Safe Torque Off	S	S	S	S
Kein LCP	O	O	O	O
Grafisches LCP	O	O	O	O
Sicherungen	S	S	O	O
Kühlkörper-Zugang	O	O	O	O
Bremsschopper	O	O	O	O
Zwischenkreisklemmen	O	O	O	O
Zwischenkreiskopplungsklemmen	–	–	O	O
Sicherungen + Zwischenkreiskopplung	–	–	O	O
Trennschalter	O	O	–	–
Trennschalter	–	–	–	–
Schütze	–	–	–	–
24 V DC-Versorgung (SMPS, 5 A)	–	–	–	–
Abmessungen				
Höhe, mm (in)	2043 (80,4)	2043 (80,4)	1578 (62,1)	1578 (62,1)
Breite, mm (in)	602 (23,7)	698 (27,5)	506 (19,9)	604 (23,9)
Tiefe, mm (in)	513 (20,2)	513 (20,2)	482 (19,0)	482 (19,0)
Gewicht, kg (lb)	295 (650)	318 (700)	272 (600)	295 (650)

Tabelle 4.4 E1h–E4h Frequenzumrichter, 525–690 V

1) Alle Nennleistungen sind für hohe Überlast (150 % Strom für 60 s) angegeben.

2) Wenn das Gehäuse mit Zwischenkreiskopplungs- oder Rückspeisungsanschlüssen konfiguriert wird, hat es die Schutzart IP00, andernfalls die Schutzart IP20.

3) S = Standard, O = Optional und ein Bindestrich zeigt an, dass die Option nicht verfügbar ist.

5 Produktfunktionen

5.1 Automatisierte Betriebsfunktionen

Automatisierte Betriebsfunktionen sind aktiv, wenn der Frequenzumrichter in Betrieb ist. Die meisten dieser Funktionen erfordern keine Programmierung oder Konfiguration. Der Frequenzumrichter verfügt über eine Reihe von integrierten Schutzfunktionen zum Selbstschutz und zum Schutz des angetriebenen Motors.

Detaillierte Informationen zu einer erforderlichen Konfiguration, insbesondere von Motorparametern, finden Sie im *Programmierhandbuch*.

5.1.1 Kurzschlusschutz

Motor (Phase-Phase)

Der Frequenzumrichter ist durch seine Strommessung in jeder der drei Motorphasen gegen Kurzschlüsse geschützt. Ein Kurzschluss zwischen zwei Ausgangsphasen bewirkt einen Überstrom im Wechselrichter. Jedoch wird der Wechselrichter abgeschaltet, sobald sein Kurzschlussstrom den zulässigen Wert (*Alarm 16 Abschaltblockierung*) überschreitet.

Netzseite

Ein ordnungsgemäß arbeitender Frequenzumrichter begrenzt die Stromaufnahme vom Netz. Wir empfehlen, versorgungsseitig Sicherungen und/oder Trennschalter als Schutz für den Fall einer Bauteilstörung im Inneren des Frequenzumrichters zu verwenden (erster Fehler). Netzseitige Vorsicherungen sind für die UL-Konformität obligatorisch.

HINWEIS

Zur Übereinstimmung mit IEC 60364 für CE oder NEC 2009 für UL ist die Verwendung von Sicherungen bzw. Trennschaltern zwingend erforderlich.

Bremswiderstand

Der Frequenzumrichter ist vor Kurzschlüssen im Bremswiderstand geschützt.

Zwischenkreiskopplung

Installieren Sie zum Schutz des DC-Busses gegen Kurzschlüsse sowie des Frequenzumrichters gegen Überlast DC-Sicherungen in Reihe an den Zwischenkreiskopplungen aller angeschlossenen Geräte.

5.1.2 Überspannungsschutz

Vom Motor erzeugte Überspannung

Die Spannung im Zwischenkreis erhöht sich beim generatorischen Betrieb des Motors. Diese Situation tritt in folgenden Fällen auf:

- Die Last treibt den Motor bei konstanter Ausgangsfrequenz des Frequenzumrichters an, d. h. die Last erzeugt Energie.
- Während der Verzögerung (Rampe Ab) ist die Reibung bei hohem Trägheitsmoment niedrig und die Rampenzeit zu kurz, um die Energie als Verlustleistung im Frequenzumrichter abzugeben.
- Eine falsche Einstellung beim Schlupfausgleich ruft eine höhere Zwischenkreisspannung hervor.
- Gegen-EMK durch PM-Motorbetrieb. Bei Freilauf mit hoher Drehzahl kann die Gegen-EMK des PM-Motors möglicherweise die maximale Spannungstoleranz des Frequenzumrichters überschreiten und Schäden verursachen. Der Wert von *Parameter 4-19 Max. Ausgangsfrequenz* wird automatisch basierend auf einer internen Berechnung anhand des Werts von *Parameter 1-40 Gegen-EMK bei 1000 UPM*, *Parameter 1-25 Motornendrehzahl* und *Parameter 1-39 Motorpolzahl* berechnet.

HINWEIS

Statten Sie den Frequenzumrichter zur Vermeidung einer zu hohen Drehzahl des Motors (z. B. aufgrund eines zu starken Windmühleneffekts) mit einem Bremswiderstand aus.

Sie können die Überspannung mithilfe einer Bremsfunktion (*Parameter 2-10 Bremsfunktion*) und/oder einer Überspannungssteuerung (*Parameter 2-17 Überspannungssteuerung*) beseitigen.

Bremsfunktionen

Schließen Sie einen Bremswiderstand an zur Ableitung der überschüssigen Bremsenergie an. Bei angeschlossenem Bremswiderstand ist beim Bremsen eine höhere Zwischenkreisspannung verfügbar.

Eine AC-Bremse ist eine Alternative für ein verbessertes Bremsen ohne Verwendung eines Bremswiderstands. Diese Funktion regelt die Übermagnetisierung des Motors im Generatorbetrieb. Durch Erhöhen der elektrischen Verluste im Motor kann die OVC-Funktion das Bremsmoment erhöhen, ohne die Überspannungsgrenze zu überschreiten.

HINWEIS

Die AC-Bremse ist nicht so wirksam wie das dynamische Bremsen mit einem Widerstand.

Überspannungssteuerung (OVC)

Durch die automatische Verlängerung der Rampe-Ab-Zeit reduziert die Überspannungssteuerung die Gefahr einer Abschaltung des Frequenzumrichters aufgrund einer Überspannung im Zwischenkreis.

HINWEIS

Sie können OVC für einen PM-Motor mit allen Steuerverfahren aktivieren, PM VVC⁺, Flux OL und Flux CL für PM-Motoren aktivieren.

5

5.1.3 Erkennung fehlender Motorphasen

Die Motorphasenüberwachung (*Parameter 4-58 Motorphasen Überwachung*) ist werkseitig aktiviert, um Beschädigungen des Motors im Falle es Ausfalls einer Motorphase zu verhindern. Die Werkseinstellung ist 1.000 ms, für eine schnellere Erkennung kann diese jedoch geändert werden.

5.1.4 Netzunsymmetrie Erkennung

Ein Betrieb bei starker Netzunsymmetrie kann die Lebensdauer des Motors und des Umrichters reduzieren. Die Bedingungen gelten als schwer, wenn der Motor bei nahezu nomineller Last kontinuierlich betrieben wird. Bei der Werkseinstellung wird der Frequenzumrichter bei einer Netzunsymmetrie (*Parameter 14-12 Netzphasen-Unsymmetrie*) abgeschaltet.

5.1.5 Schalten am Ausgang

Das Hinzufügen eines Schalters am Ausgang zwischen Motor und Frequenzumrichter ist zulässig. Jedoch können Fehlermeldungen angezeigt werden. Danfoss empfiehlt eine Nutzung dieser Funktion nicht für 525–690-V-Frequenzumrichter, die an ein IT-Netz angeschlossen sind.

5.1.6 Überlastschutz

Drehmomentgrenze

Die Drehmomentgrenze schützt den Motor unabhängig von der Drehzahl vor Überlast. Die Drehmomentgrenze wird in *Parameter 4-16 Momentengrenze motorisch* und *Parameter 4-17 Momentengrenze generatorisch* gesteuert. Die Verzögerungszeit zwischen Drehmomentgrenzen-Warnung und Abschaltung wird in *Parameter 14-25 Drehmom.grenze Verzögerungszeit* definiert.

Stromgrenze

Die Stromgrenze wird kontrolliert in *Parameter 4-18 Stromgrenze*, und die Zeit vor der Abschaltung des Frequenzumrichters wird in *Parameter 14-24 Stromgrenze Verzögerungszeit* festgelegt.

Drehzahlgrenze

Minimale Drehzahl: *Parameter 4-11 Min. Drehzahl [UPM]* oder *Parameter 4-12 Min. Frequenz [Hz]* begrenzt den minimalen Drehzahlbereich des Frequenzumrichters. Maximale Drehzahl: *Parameter 4-13 Max. Drehzahl [UPM]* oder *Parameter 4-19 Max. Ausgangsfrequenz* begrenzt die maximale Drehzahl, die der Frequenzumrichter liefern kann.

Elektronisches Thermorelais (ETR)

Bei ETR handelt es sich um eine elektronische Funktion, die anhand interner Messungen ein Bimetallrelais simuliert. Die Kennlinie wird in *Abbildung 5.1* gezeigt.

Spannungsgrenze

Der Frequenzumrichter wird nach Erreichen eines bestimmten fest programmierten Spannungsniveaus abgeschaltet, um die Transistoren und die Zwischenkreis-kondensatoren zu schützen.

Übertemperatur

Der Frequenzumrichter verfügt über integrierte Temperatursensoren und reagiert aufgrund von fest programmierten Grenzen sofort auf kritische Werte.

5.1.7 Blockierter Rotorschutz

Es kann zu Situationen kommen, wenn der Rotor aufgrund von übermäßiger Last oder aufgrund anderer Faktoren blockiert ist. Der blockierte Rotor kann nicht für eine ausreichende Kühlung sorgen, was wiederum zu einer Überhitzung der Motorwicklung führen kann. Der Frequenzumrichter kann den blockierten Rotor per PM Flux-Regelung ohne Rückführung und PM VVC⁺-Regelung (*Parameter 30-22 Blockierter Rotorschutz*) erkennen.

5.1.8 Automatische Leistungsreduzierung

Der Frequenzumrichter prüft ständig, ob folgende kritische Werte vorliegen:

- Hohe Temperatur an Steuerkarte oder Kühlkörper.
- Hohe Motorbelastung.
- Hohe Zwischenkreisspannung.
- Niedrige Motordrehzahl.

Als Reaktion auf einen kritischen Wert passt der Frequenzumrichter die Taktfrequenz an. Bei hohen internen Temperaturen und niedriger Motordrehzahl kann der Frequenzumrichter ebenfalls den PWM-Schaltmodus auf SFVM setzen.

HINWEIS

Die automatische Leistungsreduzierung erfolgt anders, wenn Parameter 14-55 Ausgangsfilter auf [2] Fester Sinusfilter programmiert ist.

5.1.9 Automatische Energieoptimierung

Die Automatische Energieoptimierung (AEO) gibt dem Frequenzumrichter vor, die Motorlast kontinuierlich zu überwachen und die Ausgangsspannung für eine maximale Effizienz anzupassen. Bei geringer Last wird die Spannung reduziert, und der Motorstrom wird minimiert. Der Motor profitiert von:

- Gesteigerter Effizienz
- Reduzierter Motorerwärmung
- Leiserem Betrieb

Sie müssen keine V/Hz-Kurve wählen, da der Frequenzumrichter die Motorspannung automatisch anpasst.

5.1.10 Automatische Taktfrequenzmodulation

Der Frequenzumrichter erzeugt kurze elektrische Impulse zur Bildung einer AC-Sinuskurve. Die Taktfrequenz ist die Rate dieser Impulse. Eine niedrige Taktfrequenz (langsame Pulsrate) führt zu Störgeräuschen im Motor, weshalb vorzugsweise eine höhere Taktfrequenz verwendet werden sollte. Eine hohe Taktfrequenz erzeugt jedoch wiederum Wärme im Frequenzumrichter, wodurch der verfügbare Ausgangsstrom zum Motor begrenzt wird.

Die automatische Taktfrequenzmodulation regelt diese Zustände automatisch, damit ohne Überhitzen des Frequenzumrichters die höchste Taktfrequenz zur Verfügung steht. Die geregelte hohe Taktfrequenz reduziert die Betriebsgeräusche des Motors bei niedrigen Drehzahlen, wenn eine Geräuschdämpfung wichtig ist, und stellt die volle Ausgangsleistung zum Motor zur Verfügung.

5.1.11 Automatische Leistungsreduzierung wegen erhöhter Taktfrequenz

Der Frequenzumrichter ist für den Dauerbetrieb bei Volllast bei Taktfrequenzen zwischen 1,5 und 2 kHz für 380–480 V und 1 kHz–1,5 kHz für 525–690 V ausgelegt. Dieser Frequenzbereich ist von der Leistungsgröße abhängig. Überschreitet die Taktfrequenz den maximal zulässigen Bereich, erzeugt sie eine erhöhte Wärmeabgabe im Frequenzumrichter, was eine Reduzierung des Ausgangsstroms erfordert.

Der Frequenzumrichter umfasst eine automatische Funktion zur lastabhängigen Taktfrequenzregelung. Mit dieser Funktion kann der Motor von einer der zulässigen Last entsprechenden, hohen Taktfrequenz profitieren.

5.1.12 Ausgleich der Leistungsschwankung

Der Frequenzumrichter hält den nachfolgend gelisteten Netzereignissen stand:

- Transienten
- Vorübergehenden Netzausfällen
- Kurzen Spannungsabfällen
- Überspannungen

Der Frequenzumrichter kompensiert Schwankungen in der Eingangsspannung von $\pm 10\%$ der Nennspannung automatisch, um die volle Motornennspannung und den vollen Drehmoment bereitstellen zu können. Wenn Sie den automatischen Wiederanlauf ausgewählt haben, läuft der Frequenzumrichter nach einer Überspannungsabschaltung automatisch wieder an. Bei aktivierter Motorfangschaltung synchronisiert der Frequenzumrichter vor dem Start die Motordrehung.

5.1.13 Resonanzdämpfung

Resonanzdämpfung unterbindet hochfrequente Motorresonanzgeräusche. Hierbei steht Ihnen die automatische oder manuelle Frequenzdämpfung zur Auswahl.

5.1.14 Temperaturgeregelte Lüfter

Sensoren im Frequenzumrichter regeln den Betrieb der internen Kühllüfter. Der Kühllüfter läuft meist nicht bei Betrieb mit niedriger Last, im Energiesparmodus oder Standby. Die Sensoren helfen, den Geräuschpegel zu senken, erhöhen die Effizienz und verlängern die Nutzungsdauer der Lüfter.

5.1.15 EMV-Konformität

Elektromagnetische Störungen (EMI) und Funkfrequenzstörungen (EMV) sind Interferenzen, die einen Stromkreis durch elektromagnetische Induktion oder Strahlung von einer externen Quelle beeinträchtigen. Der Frequenzumrichter ist so konzipiert, dass er die Anforderungen der EMV-Produktnorm für Frequenzumrichter, IEC 61800-3, und die Europäische Norm EN 55011, erfüllt. Motorkabel müssen abgeschirmt und ordnungsgemäß abgeschlossen werden, um die Emissionswerte der Norm EN 55011 einzuhalten. Weitere Informationen zur EMV-Leistung finden Sie unter *Kapitel 10.14.1 EMV-Prüfergebnisse*.

5.1.16 Galvanische Trennung der Steuerklemmen

Alle Steuerklemmen und Ausgangsrelaisklemmen sind galvanisch von der Netzversorgung getrennt, was für einen umfassenden Schutz des Steuerteils vor den Eingangssignalen sorgt. Die Ausgangsrelaisklemmen müssen separat geerdet werden. Diese Isolierung entspricht den strengen Anforderungen der PELV-Richtlinie (Protective Extra Low Voltage, Schutzkleinspannung).

Die Komponenten, aus denen die galvanische Trennung besteht, umfassen:

- Stromversorgung, einschließlich Signaltrennung.
- Treiberstufen der IGBTs, Triggertransformatoren und Optokoppler.
- Die Ausgangsstrom-Halleffektwandler.

5.2 Kundenspezifische Anwendungsfunktionen

Bei kundenspezifischen Anwendungsfunktionen handelt es sich um die gängigsten Funktionen, die Sie zur Verbesserung der Systemleistung in den Frequenzumrichter einprogrammieren können. Sie erfordern einen minimalen Programmierungs- oder Einrichtungsaufwand. Anweisungen zur Aktivierung dieser Funktionen finden Sie im *Programmierhandbuch*.

5.2.1 Automatische Motoranpassung

Die automatische Motoranpassung (AMA) ist ein automatisierter Testalgorithmus zur Messung der elektrischen Motorparameter. Die AMA stellt ein genaues elektronisches Modell des Motors bereit. Mit dieser Funktion kann der Frequenzumrichter optimale Leistung und Effizienz berechnen. Indem Sie das AMA-Verfahren durchführen, wird die Energieoptimierungsfunktion des Frequenzumrichters verbessert. Die AMA wird bei Motorstillstand durchgeführt. Ein Abkoppeln der Last vom Motor ist nicht nötig.

5.2.2 Integrierter PID-Regler

Der integrierte, proportionale, differentiale PID-Regler macht zusätzliche Steuergeräte überflüssig. Der PID-Regler sorgt für eine konstante Steuerung von Systemen mit Rückführung, bei denen eine Regelung von Druck, Durchfluss, Temperatur oder einer anderen Systemanforderung aufrecht erhalten werden muss.

Der Frequenzumrichter kann zwei Istwertsignale von zwei verschiedenen Geräten verarbeiten. Der Frequenzumrichter ergreift Steuerungsmaßnahmen, indem er die beiden Signale zur Optimierung der Systemleistung vergleicht.

5.2.3 Thermischer Motorschutz

Für die Bereitstellung des thermischen Motorschutzes gibt es folgende Möglichkeiten:

- Direkte Temperaturmessung
 - mittels PTC- oder KTY-Sensor in den mit einem der Analog- oder Digitaleingänge verbundenen Motorwicklungen.
 - mittels PT100 oder PT1000 in den mit der VLT® Sensor Input Card MCB 114 verbundenen Motorwicklungen und Motorlagern.
 - mittels PTC-Thermistoreingang an der VLT® Thermistor Card MCB 112 (mit ATEX-Zulassung).
- mittels des mechanischen Thermoschalters (Klixon-Schalter) an einem Digitaleingang.
- mittels des integrierten elektronischen Thermo-relais (ETR).

Die ETR-Funktion berechnet die Motortemperatur, indem es den Strom, die Frequenz und die Betriebszeit misst. Der Frequenzumrichter zeigt die thermische Belastung des Motors in Prozent an und kann bei einem programmierbaren Überlast-Sollwert eine Warnung ausgeben. Durch die programmierbaren Optionen bei einer Überlast kann der Frequenzumrichter den Motor stoppen, die Ausgangsleistung reduzieren oder den Zustand ignorieren. Sogar bei niedrigen Drehzahlen erfüllt der Frequenzumrichter die Normen der I2t Klasse 20 für elektronische Motorüberwachung.

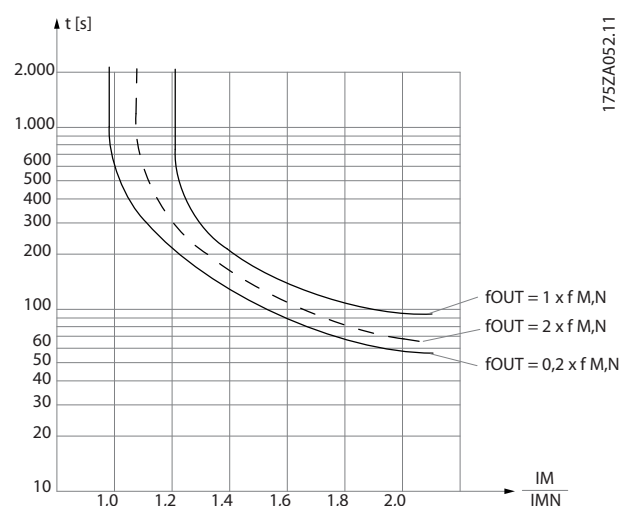


Abbildung 5.1 ETR-Eigenschaften

Die X-Achse zeigt das Verhältnis zwischen Motorstrom (I_{motor}) und Motornennstrom ($I_{\text{motor, nom}}$). Die Y-Achse zeigt die Zeit in Sekunden, bevor ETR eingreift und den Frequenzumrichter abschaltet. Die Kurven zeigen das Verhalten der Nenndrehzahl bei Nenndrehzahl x 2 und Nenndrehzahl x 0,2.

Bei geringerer Drehzahl schaltet das ETR aufgrund einer geringeren Kühlung des Motors schon bei geringerer Wärmeentwicklung ab. So wird der Motor auch in niedrigen Drehzahlbereichen vor Überhitzung geschützt. Die ETR-Funktion berechnet die Motortemperatur anhand der Istwerte von Strom und Drehzahl. Sie können die berechnete Temperatur als Anzeigeparameter in *Parameter 16-18 Therm. Motorschutz* ablesen.

Für Ex-e-Motoren in ATEX-Bereichen ist auch eine spezielle Ausführung des ETR verfügbar. Mit dieser Funktion können Sie eine spezifische Kurve zum Schutz des Ex-e-Motors eingeben. Anweisungen zur Inbetriebnahme finden Sie im *Programmierhandbuch*.

5.2.4 Thermischer Motorschutz für Ex-e-Motoren

Der Frequenzumrichter ist mit einer ATEX ETR Temperaturüberwachung-Funktion zum Betrieb von Ex-e-Motoren gemäß EN-60079-7 ausgestattet. In Kombination mit einer ATEX-zugelassenen PTC-Überwachungsvorrichtung wie der VLT® MCB 112 PTC-Option oder einer externen Vorrichtung ist für die Installation keine separate Zulassung einer ausgewiesenen Zertifizierungsstelle erforderlich.

Die ATEX ETR-Temperaturüberwachungsfunktion ermöglicht die Verwendung eines Ex-e-Motors anstelle eines teureren, größeren und schwereren Ex-d-Motors. Die Funktion gewährleistet, dass der Frequenzumrichter den Motorstrom zur Vermeidung einer Überhitzung begrenzt.

Anforderungen für den Ex-e-Motor

- Stellen Sie sicher, dass der Ex-e-Motor für einen Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen (ATEX-Zone 1/21, ATEX-Zone 2/22) mit Frequenzumrichtern zugelassen ist. Der Motor muss für die jeweiligen explosionsgefährdeten Bereiche zertifiziert sein.
- Installieren Sie den Ex-e-Motor entsprechend der Motorzulassung in Bereich 1/21 oder 2/22 des explosionsgefährdeten Bereichs.

HINWEIS

Installieren Sie den Frequenzumrichter außerhalb des explosionsgefährdeten Bereichs.

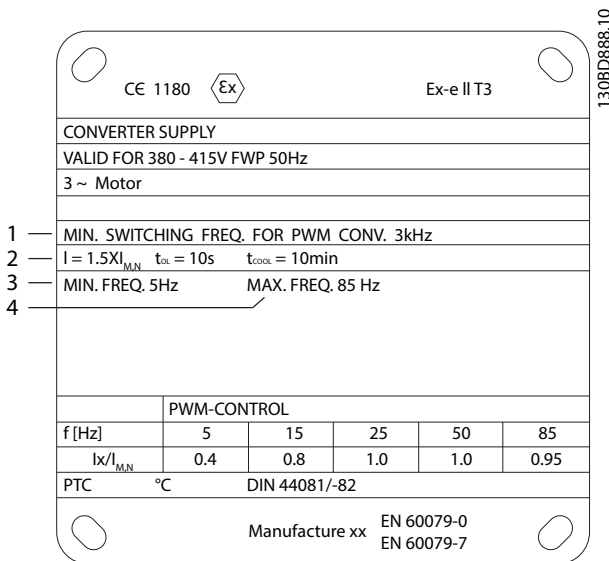
- Stellen Sie sicher, dass der Ex-e-Motor mit einer ATEX-zugelassenen Motorüberlastschutzvorrichtung ausgestattet ist. Diese Vorrichtung überwacht die Temperatur in den Motorwicklungen. Im Falle eines kritischen Temperaturniveaus oder einer Fehlfunktion schaltet die Vorrichtung den Motor ab.
 - Mit der Option VLT® PTC Thermistor MCB 112 können Sie gemäß ATEX-Zulassung die Motortemperatur überwachen. Es ist Voraussetzung, dass der Frequenzumrichter gemäß DIN 44081 oder 44082 mit 3 bis 6 in Reihe geschalteten PTC-Thermistoren ausgestattet ist.
 - Alternativ können Sie auch eine externe PTC-Schutzvorrichtung mit ATEX-Zulassung verwenden.
- Ein Sinusfilter ist erforderlich, wenn
 - Lange Kabel (Spannungsspitzen) oder erhöhte Netzspannung, Spannungen erzeugt, die die maximal zulässige Spannung an den Motorklemmen überschreiten.
 - Die minimale Taktfrequenz des Frequenzumrichters erfüllt nicht die Anforderung des Motorenhersteller. Die minimale Taktfrequenz des Frequenzumrichters wird in *Parameter 14-01 Taktfrequenz* als Werkseinstellung angezeigt.

Kompatibilität von Motor und Frequenzumrichter

Für gemäß EN-60079-7 zertifizierte Motoren stellt der Motorenhersteller eine Datenliste einschließlich Grenzen und Regeln als Datenblatt oder auf dem Motor-Typenschild bereit. Berücksichtigen Sie während Planung, Installation, Inbetriebnahme, Betrieb und Wartung die vom Hersteller bereitgestellten Grenzen und Regeln für:

- Minimale Taktfrequenz.
- Maximalen Strom.
- Minimale Motorfrequenz.
- Maximale Motorfrequenz.

Abbildung 5.2 zeigt, wo die Anforderungen auf dem Motor-Typenschild angegeben sind.



1	Minimale Taktfrequenz
2	Maximaler Strom
3	Minimale Motorfrequenz
4	Maximale Motorfrequenz

Abbildung 5.2 Motor-Typenschild mit Frequenzumrichteranforderungen

Bei der Anpassung von Frequenzumrichter und Motor legt Danfoss die folgenden zusätzlichen Anforderungen fest, um einen ausreichenden thermischen Motorschutz zu gewährleisten:

- Überschreiten Sie nicht das maximal zulässige Verhältnis zwischen Frequenzumrichtergröße und Motorgröße. Typische Werte sind $I_{VLT, n} \leq 2 \times I_{m, n}$
- Berücksichtigen Sie alle Spannungsabfälle zwischen Frequenzumrichter und Motor. Wenn der Motor mit einer niedrigeren Spannung als in der U/f-Kennlinie aufgeführt betrieben wird, kann sich der Strom erhöhen, wodurch ein Alarm ausgelöst wird.

Weitere Informationen finden Sie im Anwendungsbeispiel in Kapitel 12 Anwendungsbeispiele.

5.2.5 Netzausfall

Während eines Netzausfalls arbeitet der Frequenzumrichter weiter, bis die Zwischenkreisspannung unter das minimale Niveau abfällt. Das minimale Niveau liegt typischerweise 15 % unter der niedrigsten Versorgungsnennspannung. Die Höhe der Netzspannung vor dem Ausfall und die aktuelle Motorbelastung bestimmen, wie lange der Frequenzumrichter im Freilauf ausläuft.

In (*Parameter 14-10 Netzausfall-Funktion*) können Sie für den Frequenzumrichter unterschiedliche Verhaltensweisen für Netzausfälle konfigurieren:

- Abschaltblockierung, sobald die Leistung des DC-Zwischenkreises verbraucht ist.
- Motorfreilauf mit Motorfangschaltung, sobald die Netzversorgung zurückkehrt (*Parameter 1-73 Motorfangschaltung*).
- Kinetischer Speicher.
- Geregelter Rampe ab.

Motorfangschaltung

Mit dieser Funktion kann der Frequenzumrichter einen Motor, der aufgrund eines Netzausfalls unkontrolliert läuft, „fangen“. Diese Option ist für Zentrifugen und Lüfter relevant.

Kinetischer Speicher

Mit dieser Funktion wird sichergestellt, dass der Frequenzumrichter so lange weiterläuft, wie Energie im System vorhanden ist. Bei kurzen Netzausfällen wird der Betrieb wiederhergestellt, sobald das Netz wieder verfügbar ist, ohne dabei die Anwendung anzuhalten oder die Kontrolle zu verlieren. Sie können mehrere Varianten des kinetischen Speichers auswählen.

Das Verhalten des Frequenzumrichters bei einem Netzausfall können Sie in *Parameter 14-10 Netzausfall-Funktion* und *Parameter 1-73 Motorfangschaltung* konfigurieren.

5.2.6 Automatischer Wiederanlauf

Sie können den Frequenzumrichter so programmieren, dass er den Motor nach einer Abschaltung aufgrund eines leichten Fehlers, wie vorübergehender Netzausfall oder Netzschwankung, automatisch neu startet. Durch diese Funktion entfällt die Notwendigkeit eines manuellen Resets und der automatisierte Betrieb für ferngesteuerte Systeme wird verbessert. Die Anzahl der Neustartversuche und die Dauer zwischen den Versuchen können begrenzt sein.

5.2.7 Volles Drehmoment bei gesenkter Drehzahl

Der Frequenzumrichter folgt einer variablen V/Hz-Kurve, damit das volle Motordrehmoment sogar bei gesenkten Drehzahlen vorhanden ist. Das volle Ausgangsmoment kann mit der maximalen ausgelegten Betriebsdrehzahl des Motors übereinstimmen. Dieser Frequenzumrichter unterscheidet sich von Frequenzumrichtern mit variablem und konstantem Drehmoment. Frequenzumrichter mit variablem Drehmoment bieten bei niedrigen Drehzahlen ein reduziertes Motordrehmoment. Bei Frequenzumrichtern mit konstantem Drehmoment sind die Verluste und das Motorgeräusch hoch, wenn nicht die volle Drehzahl erreicht wird.

5.2.8 Frequenzausblendung

In bestimmten Anwendungen kann die Anlage Betriebsdrehzahlen aufweisen, die eine mechanische Resonanz erzeugen. Diese mechanische Resonanz kann zu übermäßiger Geräusentwicklung führen und mechanische Komponenten in der Anlage beschädigen. Der Frequenzumrichter verfügt über 4 programmierbare Ausblendfrequenzbandbreiten. Anhand dieser Bandbreiten kann der Motor Drehzahlen überspringen, die Resonanzen in der Anlage verursachen.

5.2.9 Motor-Vorheizung

Zum Vorheizen eines Motors in kalten oder feuchten Umgebungen kann ein kleiner, kontinuierlicher Gleichstrom am Motor angelegt werden, um diesen vor Kondensation und einem Kaltstart zu schützen. Diese Funktion macht den Einsatz eines Heizgeräts überflüssig.

5.2.10 Programmierbare Parametersätze

Der Frequenzumrichter verfügt über 4 voneinander unabhängig programmierbare Parametersätze. Über Externe Anwahl können Sie über Digitaleingänge oder die serielle Kommunikation zwischen mehreren unabhängig programmierten Funktionen umschalten. Es werden unabhängige Konfigurationen verwendet, zum Beispiel zur Änderung von Sollwerten, für einen Tages-/Nachtbetrieb bzw. einen Sommer-/Winterbetrieb oder zur Steuerung mehrerer Motoren. Die Bedieneinheit zeigt die aktive Konfiguration.

Sie können Konfigurationsdaten zwischen Frequenzumrichtern kopieren, indem Sie die Informationen vom abnehmbaren LCP herunterladen.

5.2.11 Smart Logic Control (SLC)

Smart Logic Control (SLC) ist eine Folge benutzerdefinierter Aktionen (siehe *Parameter 13-52 SL-Controller Aktion [x]*), die ausgeführt werden, wenn das zugehörige benutzerdefinierte Ereignis (siehe *Parameter 13-51 SL-Controller Ereignis [x]*) durch die SLC als WAHR ermittelt wird.

Die Bedingung für ein Ereignis kann ein bestimmter Status sein oder wenn der Ausgang einer Logikregel oder einer Vergleichers-Funktion WAHR wird. Der Zustand führt zu einer zugehörigen Aktion, wie in *Abbildung 5.3* gezeigt.

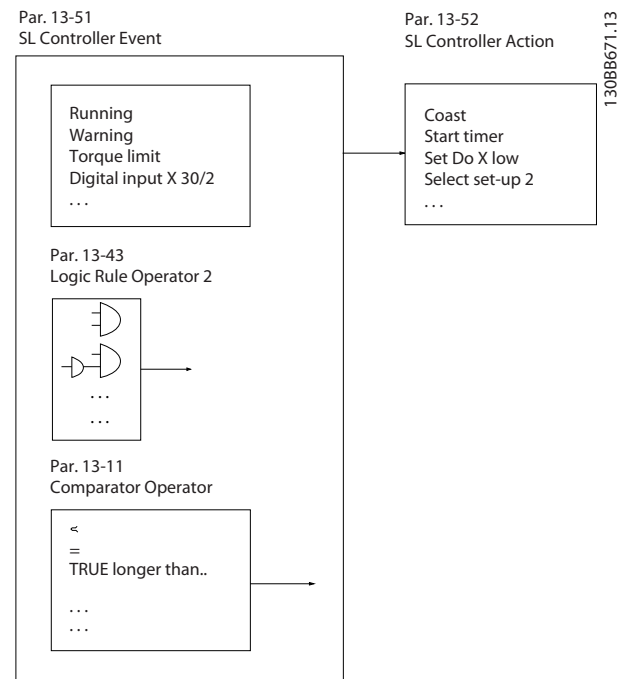
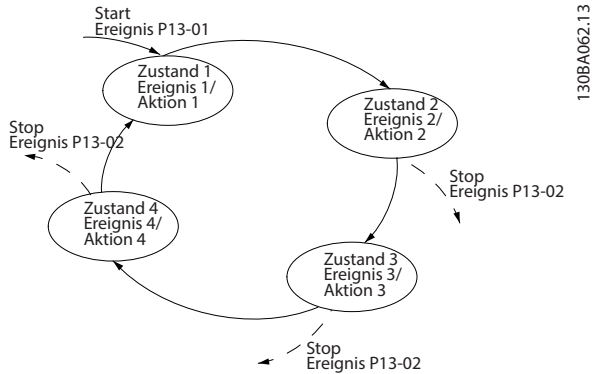


Abbildung 5.3 SLC-Ereignis und Aktion

Die Ereignisse und Aktionen sind paarweise verknüpft. Wenn also das Ereignis [0] erfüllt ist (WAHR), dann wird Aktion [0] ausgeführt. Nach Ausführung der ersten Aktion werden die Bedingungen des nächsten Ereignisses ausgewertet. Wird dieses Ereignis als wahr ausgewertet, wird die entsprechende Aktion ausgeführt. Es wird jeweils nur ein Ereignis ausgewertet. Ist das Ereignis FALSCH, wird während des aktuellen Abtastintervalls keine Aktion (im SLC) ausgeführt und es werden keine anderen Ereignisse ausgewertet. Wenn der SLC startet, wertet er bei jedem Abtastintervall nur Ereignis [0] aus. Nur wenn Ereignis [0] als wahr bewertet wird, führt der SLC Aktion [0] aus und beginnt, das nächste Ereignis auszuwerten. Es ist möglich, zwischen 1 und 20 Ereignisse und Aktionen zu programmieren.

Wenn das letzte Ereignis/die letzte Aktion durchgeführt wurde, startet die Sequenz ausgehend von Ereignis [0]/Aktion [0] erneut. *Abbildung 5.4* zeigt ein Beispiel mit 4 Ereignissen/Aktionen:

Wenn das letzte Ereignis/die letzte Aktion durchgeführt wurde, startet die Sequenz ausgehend von Ereignis [0]/ Aktion [0] erneut. *Abbildung 5.4* zeigt ein Beispiel mit 4 Ereignissen/Aktionen:

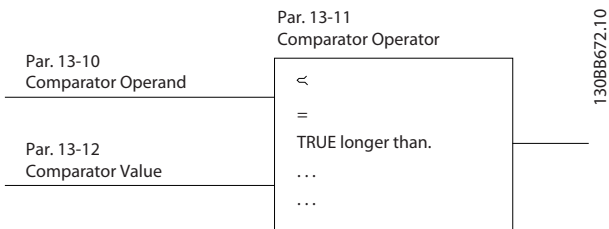


130BA062.13

Abbildung 5.4 Ausführungsreihenfolge bei einer Programmierung von 4 Ereignissen/Aktionen

Vergleicher

Vergleicher dienen zum Vergleichen von Betriebsvariablen (z. B. Ausgangsfrequenz, Ausgangsstrom, Analogeingang usw.) mit festen Sollwerten.

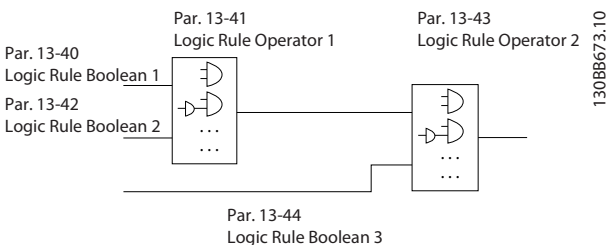


130BB672.10

Abbildung 5.5 Vergleicher

Logikregeln

Es ist möglich, 3 bool'sche Eingänge (WAHR/FALSCH) von Timern, Vergleichern, Digitaleingängen, Statusbits und Ereignissen über UND, ODER, NICHT miteinander zu verknüpfen.



130BB673.10

Abbildung 5.6 Logikregeln

5.2.12 Safe Torque Off

Die Funktion Safe Torque Off (STO) dient zum Stoppen des Antriebs im Notfall. Der Frequenzumrichter kann die STO-Funktion mit Asynchron-, Synchron- und Permanentmagnet-Motoren verwenden.

Weitere Informationen zur Funktion Safe Torque Off einschließlich Installation und Inbetriebnahme finden Sie in der *Bedienungsanleitung Safe Torque Off*.

Haftungsbedingungen

Der Kunde muss sicherstellen, dass das Personal über Installation und Betrieb der Funktion Safe Torque Off informiert ist, insbesondere durch:

- Sorgfältiges Lesen der Sicherheitsvorschriften im Hinblick auf Arbeitsschutz und Unfallverhütung.
- Verstehen der allgemeinen und Sicherheitsrichtlinien in der *Bedienungsanleitung Safe Torque Off*.
- Gute Kenntnisse über die allgemeinen und Sicherheitsnormen der jeweiligen Anwendung.

5.3 Spezifische Eigenschaften des VLT® AQUA Drive

Der VLT® AQUA Drive FC202 ist für Frisch- und Schmutzwasseranwendungen ausgelegt. Die zahlreichen Standard- und optionalen Funktionen beinhalten einen optimierten SmartStart-Assistenten und ein Quick-Menü mit Fokus auf Wasser- und Abwasseranwendungen:

- **Kaskadenregelung**
Die Basis-Kaskadenregelung ist standardmäßig integriert, mit einer Kapazität von bis zu 3 Pumpen. Die Kaskadenregelung ermöglicht die Drehzahlregelung einer einzelnen Pumpe in einer Anlage mit mehreren Pumpen. Diese Funktion ist eine kostengünstige Lösung, z. B. für Druckerhöhungsanlagen. In Anlagen mit mehreren Pumpen mit variabler Drehzahl ist der VLT® erweiterte Kaskadenregler MCO 101 oder der VLT® erweiterte Kaskadenregler MCO 102 erforderlich.
- **Motorwechsel**
Die Motorwechselfunktion eignet sich für Anwendungen mit 2 Motoren oder 2 Pumpen, die an einem Frequenzumrichter betrieben werden.
- **Durchflussausgleich**
Der Durchflussausgleich passt den Sollwert gemäß Durchfluss an und ermöglicht, den Drucksensor nahe an der Pumpe zu installieren.
- **Trockenlauferkennung**
Diese Funktion schützt die Pumpe vor Beschädigungen, indem sie Trockenlauf und Überhitzen der Pumpe verhindert.

- **Kennlinienende-Erkennung**
Diese Funktion erkennt, wenn die Pumpe bei maximaler Drehzahl läuft und der Sollwert in einer benutzerdefinierten Zeit nicht erreicht wird.
- **Rückspülmodus**
Diese vorbeugende oder reaktive Reinigungsfunktion ist für Pumpen in Abwasseranwendungen ausgelegt. Nähere Angaben finden Sie in *Kapitel 5.6 Rückspülmodus*.
- **Ausgangs-/Endrampen**
Durch die Programmierung von kurzen Rampenzeiten für die Mindestdrehzahl (Rampe auf/ab) werden die Lager geschützt, und es wird eine ausreichende Kühlung in Anwendungen mit Tauchpumpen sichergestellt.
- **Rückschlagventilschutz**
Durch eine langsame Abfahrrampe werden die Rückschlagventile geschützt und Wasserschläge vermieden.
- **STO**
STO ermöglicht Safe Torque Off (Motorfreilauf), wenn eine kritische Situation auftritt.
- **Trockenlauferkennung**
Diese Funktion erkennt Bedingungen in der Anlage, bei denen kein oder wenig Durchfluss vorhanden ist.
- **Energiesparmodus**
Der Energiesparmodus spart Energie, indem er die Pumpe stoppt, wenn kein Bedarf besteht.
- **Rohrfüllmodus**
Der Rohrfüllmodus umfasst mehrere Funktionen zum sanften Füllen von Rohren und zur Vermeidung von Wasserschlägen. Diese Funktion bietet verschiedene Funktionen für horizontale und vertikale Rohre.
- **Echtzeituhr**
- **Smart Logic Control (SLC)**
Die SLC umfasst die Programmierung einer Sequenz aus Ereignissen und Aktionen. Sie bietet eine Vielzahl von SPS-Funktionen mit Vergleichen, Logikregeln und Timern.
- **Vor-/Nach-Schmierung**
Nähere Angaben finden Sie in *Kapitel 5.7 Vor-/Nach-Schmierung*.
- **Durchflussüberwachung**
Nähere Angaben finden Sie in *Kapitel 5.8 Durchflussüberwachung*.
- **Erweiterte Mindestdrehzahlüberwachung für Tauchpumpen**
Nähere Angaben finden Sie in *Kapitel 5.9 Erweiterte Mindestdrehzahlüberwachung – Übersicht*.

- **Vorbeugende Wartung**

Die Funktion „vorbeugende Wartung“ ermöglicht die Programmierung von geplanten Wartungsintervallen im Frequenzumrichter.

5.3.1 Einfache Inbetriebnahme

SmartStart

Mit dem SmartStart-Assistenten können Sie den Frequenzumrichter jetzt einfacher und kosteneffizienter in Betrieb nehmen. Der SmartStart-Assistent wird bei der ersten Netzeinschaltung oder nach einem Zurücksetzen auf die Werkseinstellungen aktiviert und führt den Benutzer durch mehrere einfache Schritte zur Gewährleistung einer möglichst einwandfreien und effizienten Motorregelung. Sie können den SmartStart-Assistenten auch direkt über das Quick-Menü starten.

- Einzelpumpe/Motor mit oder ohne Rückführung
- Motorwechsel: Wenn 2 Motoren an einem Frequenzumrichter betrieben werden.
- Basis-Kaskadenregelung: Drehzahlregelung einer einzelnen Pumpe in einer Anlage mit mehreren Pumpen.
- Master-Follower: Steuerung von bis zu 8 Frequenzumrichtern und Pumpen zur Gewährleistung eines reibungslosen Betriebs der gesamten Pumpenanlage.

Quick Menu

Der Menüpunkt „Wasser und Pumpen“ im Quick-Menü bietet schnellen Zugriff auf die gängigsten Funktionen für Wasser- und Pumpenanwendungen des VLT® AQUA Drive:

- Spezielle Rampen (Ausgangs-/Endrampe, Rückschlagventil-Rampe).
- Energiesparmodus.
- Rückspülmodus.
- Trockenlauferkennung.
- Kennlinienende-Erkennung.
- Durchflussausgleich.
- Rohrfüllmodus für horizontale, vertikale und gemischte Rohrsysteme.
- Steuerleistung.
- Mindestdrehzahlüberwachung.

5.4 Kaskadenregelung – Übersicht

Durch die Kaskadenregleroptionen wird die Anzahl der verfügbaren Relais erweitert. Sobald eine der Optionen installiert ist, werden die Kaskadenregler Funktionen über das Display geführt.

VLT® erweiterter Kaskadenregler MCO 101 und VLT® erweiterter Kaskadenregler MCO 102 sind Zusatzoptionen, welche die unterstützte Anzahl an Pumpen sowie die Funktionen des im VLT® AQUA Drive integrierten Kaskadenreglers erweitern.

Für den VLT® AQUA Drive stehen folgende Optionen zur Kaskadenregelung zur Verfügung:

- Einfacher integrierter Kaskadenregler (Standard-Kaskadenregler).
- MCO 101 (erweiterter Kaskadenregler).
- MCO 102 (erweiterter Kaskadenregler).

Weitere Informationen finden Sie in *Kapitel 12 Anwendungsbeispiele* und im *Programmierhandbuch*.

Der erweiterte Kaskadenregler kann in zwei verschiedenen Arten eingesetzt werden:

- Mit erweiterten Funktionen, die durch *Parametergruppe 27-** Cascade CTL Option* gesteuert werden.
- Erweitert die Anzahl an verfügbaren Relais für den einfachen Kaskadenregler, der in *Parametergruppe 25-** Kaskadenregler* gesteuert wird.

Mit der MCO 101 können Sie insgesamt 5 Relais zur Kaskadenregelung verwenden. Mit der MCO 102 können Sie insgesamt 8 Pumpen steuern. Mithilfe der Optionen können Sie die Führungspumpe mit zwei Relais pro Pumpe wechseln.

HINWEIS

Wenn MCO 102 installiert ist, kann mithilfe der VLT® Relay Card MCB 105 die Anzahl der Relais auf 13 erweitert werden.

Anwendung

Die Kaskadenregelung ist ein gängiges Steuerungssystem zur energieeffizienten Regelung von parallel angeordneten Pumpen oder Lüftern.

Mit der Kaskadenregleroption können Sie mehrere parallel konfigurierte Pumpen auf folgende Weise regeln:

- Automatisches Ein-/Ausschalten einzelner Pumpen
- Drehzahlregelung der Pumpen

Der erweiterte Kaskadenregler kann zwecks Regelung des gewünschten Durchflusses oder Drucks im System einzelne Pumpen nach Bedarf automatisch zu- und abschalten. Außerdem regelt er die Drehzahl der an einen VLT® AQUA Drive angeschlossenen Pumpe, um so eine konstante Ausgangsleistung zu erzielen.

Verwendungszweck

Die Kaskadenregleroption wurde grundsätzlich für den Einsatz mit Pumpenanwendungen entwickelt. Die Kaskadenregler eignen sich jedoch für alle Anwendungen, die mehrere parallel konfigurierte Motoren erfordern.

Funktionsprinzip

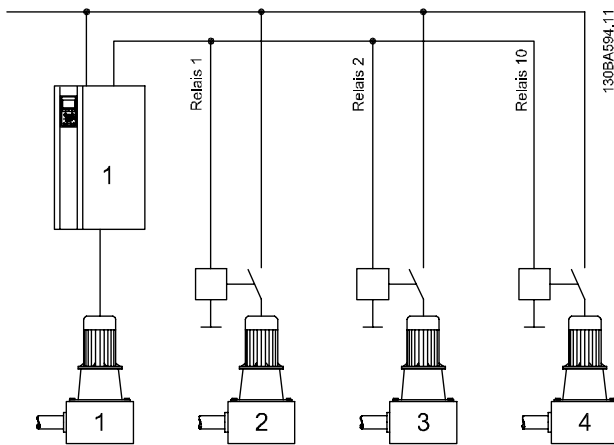
Die Software für den erweiterten Kaskadenregler läuft auf einem einzelnen Frequenzumrichter, auf dem die Kaskadenregler-Option installiert ist. Er regelt eine Anzahl von Pumpen, die jeweils von einem Frequenzumrichter geregelt werden oder über ein Schütz oder einen Softstarter angeschlossen sind.

Bei zusätzlichen Frequenzumrichtern im System (Follower-Frequenzumrichter) ist keine weitere Kaskadenregleroptionskarte erforderlich. Sie arbeiten in Drehzahlregelung (ohne Rückführung) und erhalten ihren Drehzahlsollwert vom Master. Die an Follower-Frequenzumrichter angeschlossenen Pumpen werden als Pumpen mit variabler Drehzahl bezeichnet.

Pumpen die über einen Schütz oder einen Softstarter an das Netz angeschlossen werden arbeiten als Pumpen mit konstanter Drehzahl.

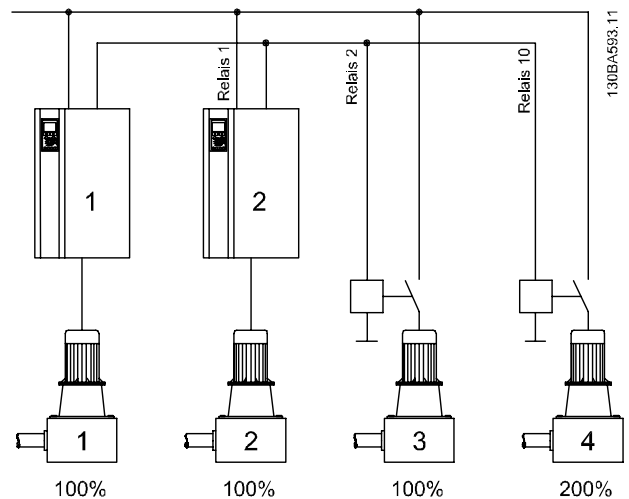
Jede Pumpe, ob mit variabler oder konstanter Drehzahl, wird durch ein Relais im Master-Frequenzumrichter gesteuert.

Die Kaskadenregleroptionen können eine Kombination aus Pumpen mit variabler und konstanter Drehzahl regeln.



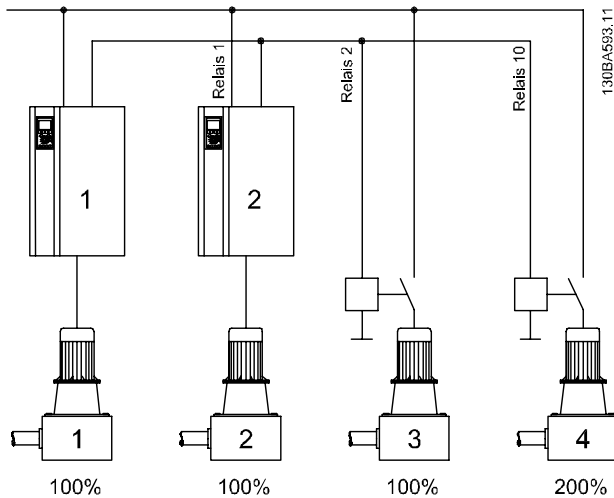
Integriert	1 VSP + 2 FSP <i>Parametergruppe 25-** Kaskadenregler</i>
VLT® Extended Cascade Controller MCO 101	1 VSP + 5 FSP <i>Parametergruppe 25-** Kaskadenregler</i>
VLT® Advanced Cascade Controller MCO 102	1 VSP + 8 FSP <i>Parametergruppe 25-** Kaskadenregler</i>

Abbildung 5.7 Anwendungsübersicht



Integriert	6 VSP <i>Parametergruppe 27-** Cascade CTL Option</i>
VLT® Extended Cascade Controller MCO 101	8 VSP <i>Parametergruppe 27-** Cascade CTL Option</i>
VLT® Advanced Cascade Controller MCO 102	8 VSP <i>Parametergruppe 27-** Cascade CTL Option</i>

Abbildung 5.9 Anwendungsübersicht



Integriert	1 bis 6 VSP + 1 bis 5 FSP (Max. 6 Pumpen) <i>Parametergruppe 27-** Cascade CTL Option</i>
VLT® Extended Cascade Controller MCO 101	1 bis 8 VSP + 1 bis 7 FSP (Max. 8 Pumpen) <i>Parametergruppe 27-** Cascade CTL Option</i>
VLT® Advanced Cascade Controller MCO 102	1 bis 8 VSP + 1 bis 7 FSP (Max. 8 Pumpen) <i>Parametergruppe 27-** Cascade CTL Option</i>

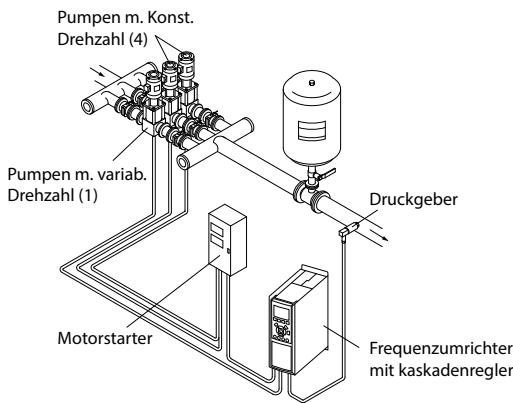
Abbildung 5.8 Anwendungsübersicht

VSP = Pumpe mit variabler Drehzahl (direkt an den Frequenzumrichter angeschlossen).
 FSP = Pumpe mit konstanter Drehzahl (der Motor kann über einen Schütz, Softstarter oder Stern-/Dreieckstarter angeschlossen werden).

5.5 Einfacher Kaskadenregler

Der einfache Kaskadenregler wird für Pumpenanwendungen eingesetzt, in denen ein bestimmter Druck (Förderhöhe) oder eine bestimmte Druckstufe über einen weiten dynamischen Bereich beibehalten werden muss. Der Betrieb einer großen Pumpe mit variabler Drehzahl über einen weiten Bereich ist aufgrund eines geringen Pumpenwirkungsgrads bei geringerer Drehzahl keine ideale Lösung. Es liegt eine praktische Grenze von etwa 25 % der Nenn Drehzahl bei Vollast für den Betrieb einer Pumpe vor.

Beim einfachen Kaskadenregler regelt der Frequenzumrichter einen Motor mit variabler Drehzahl (Führungspumpe) als die Pumpe mit variabler Drehzahl und kann bis zu 2 zusätzliche Pumpen mit konstanter Drehzahl ein- und ausschalten. Schließen Sie die zusätzlichen Pumpen mit konstanter Drehzahl direkt oder über einen Softstarter an das Netz an. Die Drehzahlregelung des Systems erfolgt durch Änderung der Drehzahl der ursprünglichen Pumpe. Die Drehzahlregelung behält einen konstanten Druck bei, was eine geringere Systembelastung und einen ruhigeren Betrieb ermöglicht.



130BA362.10

Abbildung 5.10 Einfacher Kaskadenregler

Feste Führungspumpe

Die Motorleistungen müssen übereinstimmen. Mit dem einfachen Kaskadenregler kann der Frequenzumrichter bis zu 3 Pumpen gleicher Größe über die beiden integrierten Relais steuern. Ist die variable Pumpe (Führungspumpe) direkt an den Frequenzumrichter angeschlossen, werden die beiden anderen Pumpen von den beiden integrierten Relais gesteuert. Ist Führungspumpen-Wechsel aktiviert, sind die Pumpen mit den integrierten Relais verbunden und der Frequenzumrichter kann zwei Pumpen betätigen.

Führungspumpen-Wechsel

Die Motorleistungen müssen übereinstimmen. Die Funktion ermöglicht es, den Frequenzumrichter zwischen den Pumpen im System (max. zwei Pumpen) wechseln zu lassen. Bei diesem Betrieb wird die Laufzeit gleichmäßig unter den verfügbaren Pumpen aufgeteilt, um damit die erforderliche Pumpenwartung zu reduzieren und die Zuverlässigkeit und Lebensdauer des Systems zu erhöhen. Der Wechsel der Führungspumpe kann bei einem Befehls-signal oder bei Zuschaltung (einer weiteren Pumpe) stattfinden.

Der Befehl kann ein manueller Wechsel oder ein Wechselereignissignal sein. Bei Wahl des Wechselereignisses findet der Führungspumpen-Wechsel bei jedem Ereignis statt. Zu den Auswahloptionen zählen:

- Bei Ablauf eines Wechselzeitgebers.
- Zu einer festgelegten Tageszeit.
- Wenn die Führungspumpe in den Energiesparmodus wechselt.

Die Zuschaltung wird von der aktuellen Systemlast bestimmt.

Ein gesonderter Parameter begrenzt den Wechsel auf den Punkt, an dem die benötigte Gesamtkapazität > 50 % ist. Die Gesamtpumpenkapazität wird als Führungspumpe plus Kapazitäten der Pumpen mit konstanter Drehzahl bestimmt.

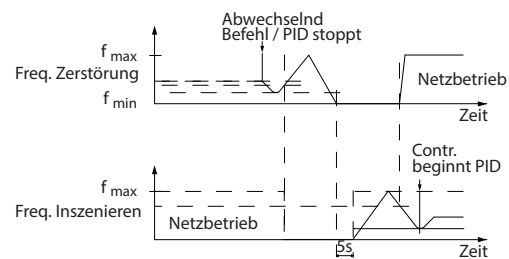
Bandbreitenverwaltung

In Kaskadenregelsystemen wird der gewünschte Systemdruck zur Vermeidung häufiger Schaltvorgänge der Pumpen mit konstanter Drehzahl in der Regel eher innerhalb einer gewissen Bandbreite als auf einem festen Niveau gehalten. Die Schaltbandbreite liefert die erforderliche Bandbreite für den Betrieb. Wenn eine große oder schnelle Änderung im Systemdruck auftritt, umgeht die Übersteuerungsbandbreite die Schaltbandbreite, um ein sofortiges Ansprechen während einer kurzfristigen Druckänderung zu verhindern. Durch Programmierung des Übersteuerungsbandbreiten-Zeitgebers kann eine Zu- bzw. Abschaltung verhindert werden, bis sich das System stabilisiert hat und die normale Regelung wieder einsetzt.

Bei Aktivierung des Kaskadenreglers wird die Systemdruckhöhe durch Zu- und Abschalten von Pumpen mit konstanter Drehzahl aufrecht erhalten, wenn der Frequenzumrichter mit einem Alarm abschaltet. Um häufiges Zu- und Abschalten zu verhindern und Druckschwankungen zu minimieren, wird eine breitere Konstantdrehzahlbandbreite statt der Schaltbandbreite verwendet.

5.5.1.1 Pumpenzuschaltung mit Führungspumpen-Wechsel

Bei aktiviertem Führungspumpen-Wechsel werden maximal 2 Pumpen geregelt. Bei Wechselbefehl stoppt der PID und die Führungspumpe fährt zur Mindestfrequenz (f_{min}) herunter und fährt nach einer Verzögerung zur maximalen Frequenz (f_{max}) hoch. Wenn die Drehzahl der Führungspumpe die Abschaltfrequenz erreicht, schaltet die Pumpe mit konstanter Drehzahl ab. Die Führungspumpe fährt weiter über Rampe hoch und fährt anschließend über Rampe bis zum Stopp hinunter, woraufhin die beiden Relais trennen.



130BA364.10

Abbildung 5.11 Führungspumpen-Wechsel

Nach einer Zeitverzögerung schaltet sich das Relais für die Pumpe mit konstanter Drehzahl ein und diese Pumpe wird zur neuen Führungspumpe. Die neue Führungspumpe fährt auf die maximale Drehzahl hoch und danach über Rampe ab zur minimalen Drehzahl hinunter. Bei Erreichen der Zuschaltfrequenz wird dann die vorherige Führungspumpe am Netz als die neue Pumpe mit konstanter Drehzahl zugeschaltet.

Ist die Führungspumpe über einen programmierten Zeitraum mit minimaler Frequenz (f_{min}) in Betrieb, trägt die Führungspumpe nur wenig zum System bei, wenn eine Pumpe mit konstanter Drehzahl läuft. Bei Ablauf des programmierten Zeitgeberwerts wird die Führungspumpe abgeschaltet. Damit wird ein Heißwasserproblem vermieden.

5.5.1.2 Systemstatus und Betrieb

Wenn die Führungspumpe in den Energiesparmodus schaltet, wird die Funktion am LCP-Bedienteil angezeigt. Es ist möglich, die Führungspumpe bei Vorliegen einer Energiesparmodus-Bedingung zu wechseln.

Bei aktiviertem Kaskadenregler zeigt das LCP den Betriebszustand für jede Pumpe und den Kaskadenregler an.

Angezeigte Informationen:

- Pumpenstatus, die Anzeige des Status für die jeder Pumpe zugeordneten Relais. Das Display zeigt Pumpen, die deaktiviert oder ausgeschaltet sind, am Frequenzumrichter laufen oder am Netz/ Motorstarter laufen.
- Kaskadenstatus, die Anzeige des Status für den Kaskadenregler. Das Display zeigt Folgendes an:
 - Kaskadenregler ist deaktiviert.
 - Alle Pumpen sind ausgeschaltet.
 - Ein Notfall hat zum Stopp aller Pumpen geführt.
 - Alle Pumpen in Betrieb.
 - Pumpen mit konstanter Drehzahl werden zugeschaltet/abgeschaltet.
 - Führungspumpen-Wechsel tritt auf.
- Abschaltung bei fehlendem Durchfluss stellt sicher, dass alle Pumpen mit konstanter Drehzahl einzeln gestoppt werden, bis der Zustand „kein Durchfluss“ nicht mehr zutrifft.

5.6 Rückspülmodus

Der Rückspülfunktion dient der Säuberung der Pumpenschaufel von Rückständen in Abwasseranwendungen, sodass die Pumpe normal arbeitet.

Ein Rückspülereignis wird als Zeitraum definiert, den der Frequenzumrichter vom Starten bis zum Beenden des Rückspülvorgangs benötigt. Beim Start eines Rückspülvorgangs führt der Frequenzumrichter zunächst eine Rampe bis zum Stopp aus, anschließend läuft eine Pausenzeit ab, bevor der erste Zyklus beginnt.

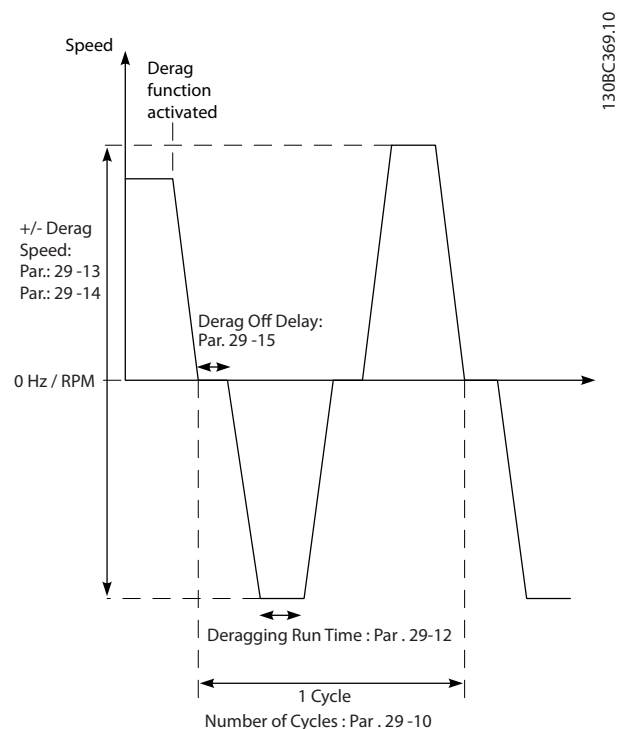


Abbildung 5.12 Rückspülfunktion

Wenn ein Rückspülmodus von einem gestoppten Zustand des Frequenzumrichters aus ausgelöst wird, wird die erste Pausenzeit übersprungen. Das Rückspülereignis besteht aus mehreren Zyklen. Ein Zyklus besteht aus einem Puls im Rückwärtslauf, gefolgt von einem Puls im Vorwärtslauf. Der Rückspülvorgang ist abgeschlossen, nachdem die angegebene Anzahl von Zyklen beendet wurden. Genauer gesagt ist der Rückspülvorgang beim letzten Puls (immer im Vorwärtslauf) des letzten Zyklus abgeschlossen, nachdem die Rückspüllaufzeit abgelaufen ist (der Frequenzumrichter läuft bei Rückspüldrehzahl). Zwischen den Pulsen wechselt der Frequenzumrichter für die angegebene Pausenzeit in den Freilauf, damit sich die Rückstände in der Pumpe absetzen können.

HINWEIS

Aktivieren Sie den Rückspülvorgang nicht, wenn die Pumpe nicht im Rückwärtslauf arbeiten kann.

Es gibt 3 verschiedene Meldungen bei einem laufenden Rückspülereignis:

- Status im LCP: *Auto Remote Derag*.
- Ein Bit in dem erweiterten Zustandswort (Bit 23, 80 0000 Hex).
- Sie können einen Digitalausgang so konfigurieren, dass er den aktiven Rückspülzustand anzeigt.

Je nach Anwendung und Zweck der Anwendung können Sie diese Funktion als vorbeugende oder reaktive Maßnahme verwenden und folgendermaßen auslösen/ starten:

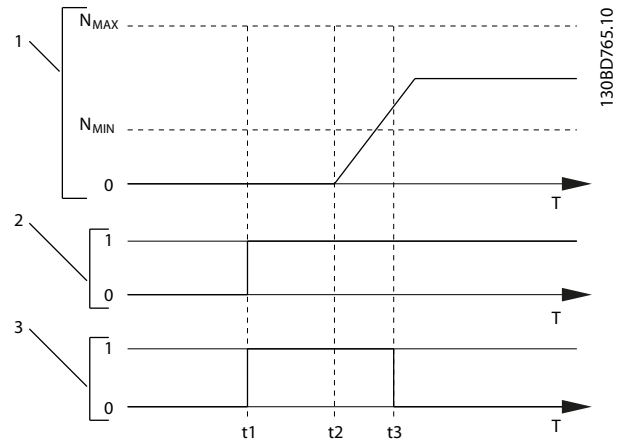
- Bei jedem Startbefehl (*Parameter 29-11 Derag at Start/Stop*).
- Bei jedem Stoppbefehl (*Parameter 29-11 Derag at Start/Stop*).
- Bei jedem Start-/Stoppbefehl (*Parameter 29-11 Derag at Start/Stop*).
- Über einen Digitaleingang (*Parametergruppe 5-1* Digitaleingänge*).
- Über eine Frequenzumrichter-Aktion mit dem Smart Logic Controller (*Parameter 13-52 SL-Controller Aktion*).
- Als Zeitfunktion (*Parametergruppe 23-** Zeitfunktionen*).
- Bei hoher Leistung (*Parametergruppe 29-2* Derag Power Tuning*).

5.7 Vor-/Nach-Schmierung

Die mechanischen Teile bestimmter Motoren müssen vor dem Betrieb bzw. während des Betriebs geschmiert werden, um Beschädigungen und Verschleiß vorzubeugen. Das ist besonders wichtig, wenn der Motor für einen längeren Zeitraum außer Betrieb war. Die Vorschmierungsfunktion eignet sich auch für Anwendungen, bei denen Abluftventilatoren in Betrieb sein müssen. Die Vorschmierungsfunktion signalisiert einem externen Gerät, dass für eine benutzerdefinierte Dauer eine bestimmte Aktion eingeleitet werden soll, beginnend mit der steigenden Flanke eines Startbefehls (z. B. einer Startaufforderung). Des Weiteren können Sie eine Startverzögerung (*Parameter 1-71 Startverzög.*) programmieren, sodass die Vorschmierung nur bei einem Stopp des Frequenzumrichters durchgeführt wird. Die Vorschmierung wird dann unmittelbar vor Beginn der Anfahrrampe des Frequenzumrichters abgeschlossen. Die Vorschmierung kann auch so konfiguriert werden, dass eine externe Einheit immer ein Signalisiert, wenn der Antrieb läuft, oder so, dass das Signal ein Signalisiert nach dem der Motor gestoppt wurde. (*Parameter 29-42 Post Lube Time*) Zu den Anwendungsbeispielen zählen eine Schmiervorrichtung für mechanische Teile eines Motors bzw. einer Pumpe oder bestimmte Abluftventilatoren.

Ein Anwendungsbeispiel für eine Schmiervorrichtung wäre ein Beginn der Schmierung bei steigender Flanke der Startanforderung. Verzögern Sie den Start für eine bestimmte Zeit und stoppen Sie die Schmierung, wenn die Verzögerung abläuft und der Frequenzumrichter startet.

Abbildung 5.13 zeigt eine abweichende Verwendung der Funktion. In diesem Fall läuft die Verzögerung ab, während der Frequenzumrichter bereits die Rampe auf fährt. Die zugehörigen Parameter finden Sie in *Tabelle 5.1*.



1	Drehzahlkurve
2	Startbefehl (z. B. Klemme 18)
3	Vorschmierung-Ausgangssignal
t1	Startbefehl erteilt (zum Beispiel Klemme 18 ist aktiv). Der Startverzögerungstimer (<i>Parameter 1-71 Startverzög.</i>) und der Vorschmierungstimer (<i>Parameter 29-41 Pre Lube Time</i>).
t2	Der Startverzögerungstimer läuft ab. Der Frequenzumrichter beginnt die Rampe "Auf" zu fahren.
t3	Der Vorschmierungstimer (<i>Parameter 29-41 Pre Lube Time</i>) läuft ab.

Abbildung 5.13 Beispiel Vor-/Nachschmierungsfunktion

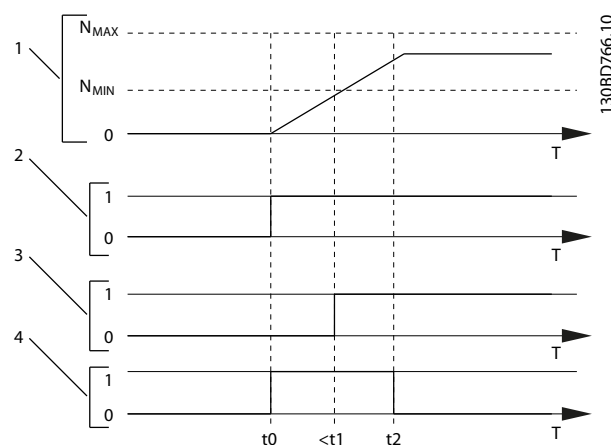
Parameter und Name	Beschreibung	Einstellungen	Einheit
<i>Parameter 29-40 Pre/Post Lube Function</i>	Wählen Sie die Vor-/Nachschmierungsfunktion aus. Verwenden Sie <i>Parameter 1-71 Startverzög.</i> , um die Verzögerung einzustellen, bevor der Motor anläuft.	[0]*Deaktiviert [1] Nur Vorschmieren [2] Vor & Betrieb [3] Vor & Betrieb & Nach	-
<i>Parameter 29-41 Pre Lube Time</i>	Geben Sie die Signaldauer nach dem Startsignal ein. Verwenden Sie diesen Parameter nur, wenn in <i>Parameter 29-40 Pre/Post Lube Function</i> die Option [1] <i>Nur Vorschmierung</i> ausgewählt ist.	0-600 (*10)	s

Parameter und Name	Beschreibung	Einstellungen	Einheit
Parameter 29-4 2 Post Lube Time	Wählen Sie die Signaldauer, nachdem der Motor gestoppt hat. Verwenden Sie diesen Parameter nur, wenn in Parameter 29-40 Pre/Post Lube Function die Option [3] Vor & Betrieb & Nach ausgewählt ist.	0-600 (*10)	s

Tabelle 5.1 Vor-/Nach-Schmierparameter

5.8 Durchflussüberwachung

Die Durchflussbestätigungsfunktion ist für Anwendungen ausgelegt, bei denen der Motor/die Pumpe laufen muss, während auf ein externes Ereignis gewartet wird. Die Durchflussbestätigungsüberwachung erwartet ein Digitaleingangssignal von einem Sensor an einem Absperrventil, einem Durchflussschalter oder einer ähnlichen externen Vorrichtung, die anzeigt, dass sich die Vorrichtung in der offenen Position befindet und Durchfluss möglich ist. In Parameter 29-50 Validation Time können Sie definieren, wie lange der VLT® AQUA Drive FC202 auf ein Digitaleingangssignal von einer externen Vorrichtung wartet, um den Durchfluss zu bestätigen. Nachdem der Durchfluss bestätigt ist, prüft der Frequenzumrichter das Signal nach der Durchflussprüfungszeit erneut und läuft dann im normalen Betrieb. Während die Durchflussüberwachung aktiv ist, zeigt das LCP *Durchfluss wird überprüft* an. Wenn das erwartete Digitaleingangs inaktiv wird, bevor die Durchflussprüfungszeit oder die Durchflussbestätigungszeit abgelaufen ist, schaltet der Frequenzumrichter mit Alarm 92, *Kein Durchfluss* ab.



5

1	Drehzahlkurve.
2	Startbefehl (z. B. Klemme 18).
3	Digitaleingangssignal von einer externen Vorrichtung, die bestätigt, dass Durchfluss möglich ist.
4	Durchflussprüfung
t_0	Startbefehl erteilt (zum Beispiel Klemme 18 ist aktiv).
t_1	Digitaleingangssignal von einer externen Vorrichtung wird aktiv, bevor Parameter 29-50 Validation Time abläuft.
t_2	Wenn Parameter 29-51 Verification Time abgelaufen ist, prüft der Frequenzumrichter erneut das Signal von der externen Vorrichtung und läuft dann im normalen Betrieb.

Abbildung 5.14 Durchflussbestätigung

Parameter und Name	Beschreibung	Einstellungen	Einheit
Parameter 29-50 Validation Time	Der Digitaleingang muss während der Prüfzeit aktiv sein.	0,1-999,0 (*größenabhängig)	s
Parameter 29-51 Verification Time	Der Durchfluss wird bestätigt, wenn der Digitaleingang am Ende der Verifizierungszeit immer noch aktiv ist.	0,1-255,0 (*15)	s

Tabelle 5.2 Durchflussbestätigung – Parameter

HINWEIS

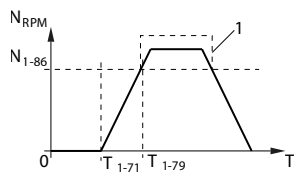
Die Parameter werden nur auf dem LCP angezeigt, wenn ein Digitaleingang als Durchflussbestätigung konfiguriert wird.

5.9 Erweiterte Mindestdrehzahlüberwachung – Übersicht

Einige Pumpen sind sehr empfindlich gegenüber dem Betrieb bei niedriger Drehzahl. Typische Gründe dafür sind eine unzureichende Kühlung oder Schmierung bei niedriger Drehzahl.

Unter Überlastbedingungen schützt sich der Frequenzumrichter durch die integrierten Schutzfunktionen, die eine Absenkung der Drehzahl umfassen. Beispielsweise kann der Stromgrenzenregler die Drehzahl absenken. Das bedeutet, dass die Drehzahl in einigen Fällen unter den in *Parameter 4-11 Min. Drehzahl [UPM]* und *Parameter 4-12 Min. Frequenz [Hz]* angegebenen Wert abgesenkt wird.

Wenn die Drehzahl unter einen bestimmten Wert fällt, schaltet die erweiterte Funktion zur Mindestdrehzahlüberwachung den Frequenzumrichter ab. Wenn der Motor der Pumpe die in *Parameter 1-86 Trip Speed Low [RPM]* angegebene Drehzahl nicht innerhalb des in *Parameter 1-79 Pump Start Max Time to Trip* angegebenen Zeitraums erreicht (Rampe-Auf dauert zu lange), schaltet der Frequenzumrichter ab. Timer für *Parameter 1-71 Startverzög.* und *Parameter 1-79 Pump Start Max Time to Trip* starten gleichzeitig, wenn der Startbefehl ausgegeben wird. Zum Beispiel, wenn der Wert in *Parameter 1-71 Startverzög.* größer oder gleich dem Wert in *Parameter 1-79 Pump Start Max Time to Trip* ist, läuft der Frequenzumrichter nie an.



T ₁₋₇₁	Parameter 1-71 Startverzög..
T ₁₋₇₉	Parameter 1-79 Pump Start Max Time to Trip. Dieser Wert enthält die Zeit in T ₁₋₇₁ .
N ₁₋₈₆	Parameter 1-86 Trip Speed Low [RPM]. Wenn die Drehzahl während des Normalbetriebs unter diesen Wert fällt, schaltet der Frequenzumrichter ab.
1	Normalbetrieb.

Abbildung 5.15 Erweiterte Mindestdrehzahlüberwachung

5.10 Dynamisches Bremsen

Dynamisches Bremsen verzögert den Motor mit einer der folgenden Methoden:

- AC-Bremse**
 Durch Ändern der Verlustbedingungen im Motor wird die Bremsenergie im Motor verteilt (*Parameter 2-10 Bremsfunktion = [2]*). Sie dürfen die AC-Bremsfunktion nicht in Anwendungen mit einer hohen Ein-/Ausschaltzyklen verwenden, da dies zu einer Überhitzung des Motors führen würde.
- DC-Bremse**
 Ein übermodulierter Gleichstrom verstärkt den Wechselstrom und funktioniert als Wirbelstrombremse (*Parameter 2-02 DC-Bremszeit ≠ 0 s*).
- Bremswiderstand**
 Ein Brems-IGBT leitet die Bremsenergie vom Motor an den angeschlossenen Bremswiderstand (*Parameter 2-10 Bremsfunktion = [1]*) und verhindert so, dass die Überspannung einen bestimmten Grenzwert überschreitet. Weitere Informationen zur Auswahl eines Bremswiderstands finden Sie im *Projektierungshandbuch VLT® Brake Resistor MCE 101*.

Bei Frequenzumrichtern mit der Bremsoption ist ein Brems-IGBT zusammen mit den Klemmen 81(R-) und 82(R+) zum Anschluss eines externen Bremswiderstands vorgesehen.

Die Funktion des Brems-IGBT ist die Begrenzung der Spannung im Zwischenkreis, wenn die maximal erlaubte Spannungsgrenze überschritten wird. Dazu schaltet er den externen Widerstand an den Zwischenkreis ein, um die überhöhte Gleichspannung der Zwischenkreiskondensatoren abzuführen.

Die externe Anschaltung eines Bremswiderstands bietet Vorteile. So lässt sich der Widerstand angepasst an die Anforderungen der Anwendung auswählen. Die Energie wird aus dem Schaltschrank abgeleitet und der Frequenzumrichter vor Überhitzung geschützt, sollte die Spannung zu einer Überlastung des Bremswiderstands führen.

Das IGBT-Gate-Signal des Brems-IGBTs wird von der Steuerkarte generiert und über Leistungskarte und IGBT-Ansteuerkarte an das Brems-IGBT übermittelt. Zusätzlich überwachen Leistungs- und Steuerkarten das Brems-IGBT bzgl. Kurzschluss. Die Leistungskarte überwacht zudem den Bremswiderstand bzgl. Überlasten.

5.11 Zwischenkreiskopplung

Die Zwischenkreiskopplung ist eine Funktion, die den Anschluss der DC-Kreise von mehreren Frequenzumrichtern ermöglicht, wodurch ein System aus mehreren Frequenzumrichtern zum Antrieb einer mechanischen Last gebildet werden kann. Eine Zwischenkreiskopplung bietet die folgenden Vorteile:

Energieeinsparungen

Ein Motor, der generatorisch läuft, kann Antriebe einspeisen die im Fahrbetrieb laufen.

Weniger Ersatzteilbedarf

In der Regel wird nur ein Bremswiderstand für das gesamte Frequenzumrichtersystem anstatt eines Bremswiderstands pro Frequenzumrichter benötigt.

Pufferung

Im Falle eines Netzausfall können alle verbundenen Frequenzumrichter über den Zwischenkreis versorgt werden. Die Anwendung kann ihren Betrieb fortsetzen oder eine kontrollierte Abschaltung durchführen.

Voraussetzungen

Die folgenden Voraussetzungen müssen erfüllt sein, bevor eine Zwischenkreiskopplung in Betracht gezogen werden kann:

- Der Frequenzumrichter muss über Zwischenkreiskopplungsklemmen verfügen.
- Die Produktserie muss identisch sein. Sie können nur VLT® AQUA Drive-Frequenzumrichter mit anderen VLT® AQUA Drive-Frequenzumrichtern verwenden.
- Die Frequenzumrichter müssen räumlich nah beieinander aufgestellt werden, damit die Verkabelung zwischen ihnen eine Länge von 25 m (82 ft) nicht überschreitet.
- Die Frequenzumrichter müssen dieselbe Nennspannung aufweisen.
- Falls ein Bremswiderstand zu einer Zwischenkreiskopplungskonfiguration hinzugefügt wird, müssen alle Frequenzumrichter mit einem Bremschopper ausgestattet sein.
- An den Anschlüssen der Zwischenkreiskopplung müssen Sicherungen installiert werden.

Ein Schaltbeispiel für eine Zwischenkreiskopplung, finden Sie unter *Abbildung 5.16*.

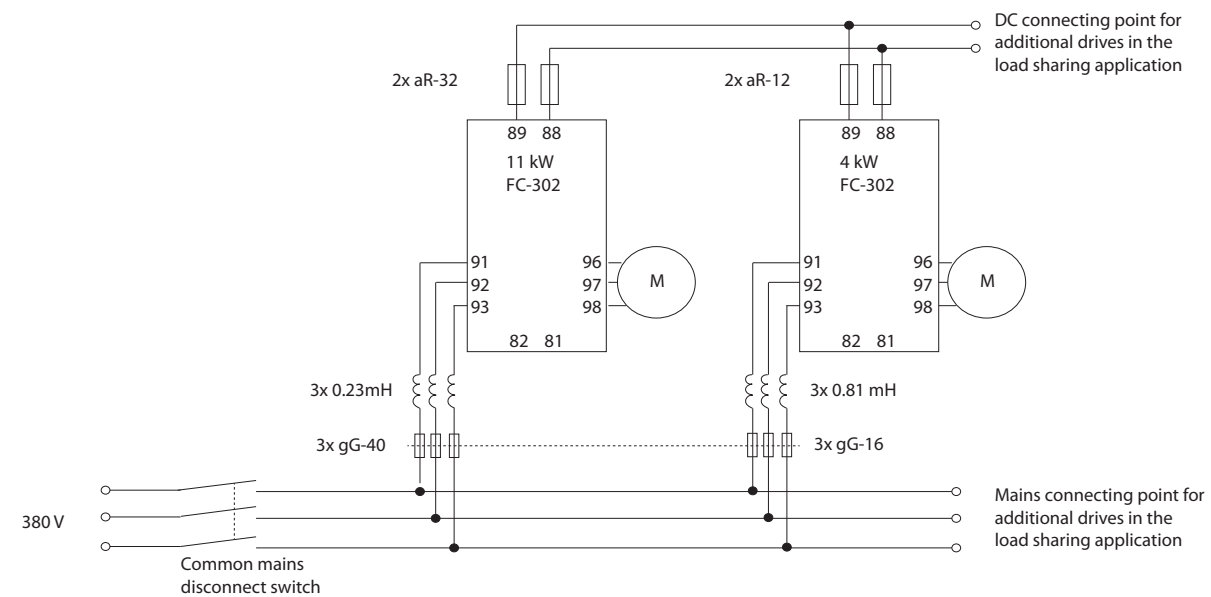


Abbildung 5.16 Diagramm einer Zwischenkreiskopplungsanwendung, in der bewährte Verfahren angewendet werden

Zwischenkreiskopplung

Geräte mit eingebauter Zwischenkreiskopplung enthalten die Klemmen (+) 89 DC und (-) 88 DC. Innerhalb des Frequenzumrichters sind diese Klemmen mit dem DC-Bus an der Eingangsseite der DC-Zwischenkreisdrossel und den Zwischenkreiskondensatoren verbunden.

Für die Verwendung der Zwischenkreiskopplungsklemmen stehen 2 Konfigurationen zur Verfügung.

- Die Klemmen dienen dazu, die DC-Buskreise mehrerer Frequenzumrichter miteinander zu verbinden. In dieser Konfiguration kann ein im generatorischen Betrieb befindliches Gerät überschüssige DC-Busspannung an ein anderes Gerät weitergeben, das den Motor antreibt. Diese Zwischenkreiskopplung reduziert den Bedarf an externen dynamischen Bremswiderständen und spart Energie. Theoretisch ist die Anzahl der Geräte, die Sie auf diese Weise miteinander verbinden können, unendlich, sofern alle Geräte die gleiche Nennspannung aufweisen. Darüber hinaus kann es je nach Größe und Anzahl der Geräte erforderlich sein, DC-Zwischenkreisdrosseln und DC-Sicherungen am Zwischenkreis sowie AC- Netzdrosseln eingangsseitig zu installieren. Für eine derartige Konfiguration sind besondere Überlegungen erforderlich.
- Der Frequenzumrichter wird ausschließlich von einer DC-Quelle gespeist. Diese Konfiguration erfordert Folgendes:
 - Eine DC-Quelle.
 - Eine Vorrichtung zum Vorladen des DC-Busses beim Einschalten der Spannungsversorgung.

5.12 Rückspeiseeinheit

Rückspeisung geschieht üblicherweise in Anwendungen mit kontinuierlichem Bremsen, wie z. B. Krane/Hubwerke, Abwärtsförderer und Zentrifugen, bei denen die Energie aus einem abgebremsten Motor gewonnen wird.

Eine der folgenden Optionen sorgt für die Ableitung der überschüssigen Energie aus dem Frequenzumrichter:

- Der Bremschopper ermöglicht die Ableitung der überschüssigen Energie in Form von Wärme in den Bremswiderstandspulen.
- Rückspeiseklemmen ermöglichen den Anschluss einer Rückspeiseeinheit eines Drittanbieters an einen Frequenzumrichter, sodass überschüssige Energie an das Stromnetz abgegeben wird.

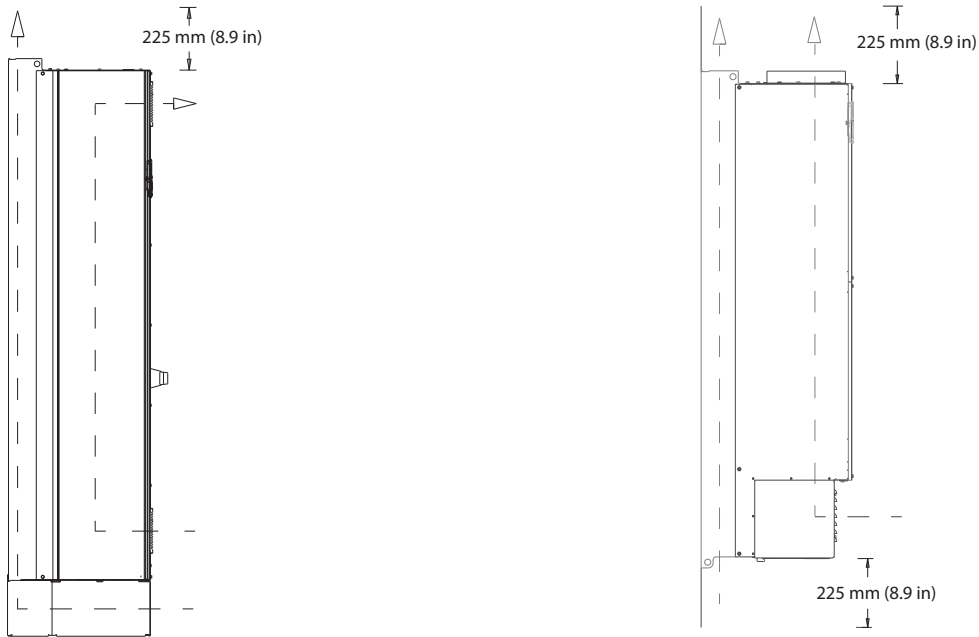
Die Rückspeisung überschüssiger Energie in das Stromnetz ist bei Anwendungen mit kontinuierlichem Bremsen die effizienteste Nutzung dieser Energie.

5.13 Rückseitiger Kühlkanal

Dank eines einzigartigen rückseitigen Kanals wird Kühlluft über Kühlkörper geleitet, wobei nur äußerst wenig Luft über die Steuerelektronik strömt. Es gibt eine IP54-/Typ-12-Dichtung zwischen dem rückseitigen Kühlkanal und dem Elektronikbereich des VLT® Frequenzumrichters. Diese Kühlung an der Rückwand ermöglicht die direkte Abführung von 90 % der Wärmeverluste aus dem Gehäuse. Dieses Design verbessert die Zuverlässigkeit und verlängert die Komponentenlebensdauer, indem es die Innentemperaturen und die Verunreinigung der elektronischen Komponenten drastisch reduziert.

Abbildung 5.17 zeigt die Standard-Luftstromkonfiguration für einen E1h–E4h-Frequenzumrichter.

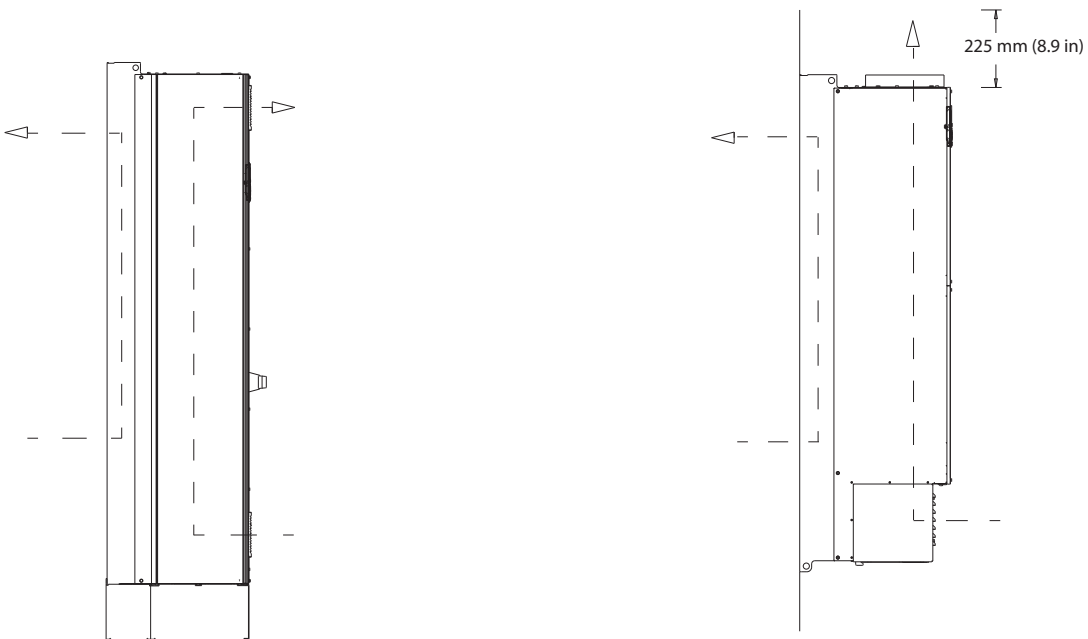
Unterschiedliche Rückwandkühlungssätze sind verfügbar, die die Luftzirkulation je nach den individuellen Bedürfnissen umleiten. *Abbildung 5.18* zeigt 2 optionale Luftzirkulationskonfigurationen für einen E1h–E4h-Frequenzumrichter.



130BF699.10

5

Abbildung 5.17 Standard-Luftzirkulationskonfiguration für E1h/E2h (links) und E3h/E4h (rechts)



130BF700.10

Abbildung 5.18 Optionale Luftzirkulationskonfiguration durch die Rückwand für E1h/E2h (links) und E3h/E4h (rechts)

6 Optionen und Zubehör

6.1 Feldbus Baugruppen

Dieser Abschnitt enthält eine Beschreibung der Feldbusgeräte, die mit der VLT® AQUA Drive-Serie erhältlich sind. Durch die Verwendung eines Feldbusgerätes werden Kosten reduziert, eine schnellere und effizientere Kommunikation gewährleistet und eine benutzerfreundlichere Serviceschnittstelle bereitgestellt. Bestellnummern finden Sie unter *Kapitel 13.2 Bestellnummern für Optionen und Zubehör*.

6

6.1.1 VLT® PROFIBUS DP V1 MCA 101

Der MCA 101 bietet:

- Umfassende Kompatibilität, hohe Verfügbarkeit, Unterstützung aller führenden SPS-Anbieter und Kompatibilität mit künftigen Ausführungen.
- Schnelle, effiziente Kommunikation, transparente Installation, erweiterte Diagnose und Parametrierung sowie Autokonfiguration von Prozessdaten per GSD-Datei
- Azyklische Parametrierung mittels PROFIBUS DP-V1, PROFdrive oder Danfoss FC-Profil.

6.1.2 VLT® DeviceNet MCA 104

Der MCA 104 bietet:

- Unterstützung des ODVA-Frequenzumrichterprofils mittels I/O-Instanz 20/70 und 21/71 gewährleistet Kompatibilität mit bestehenden Systemen.
- Vorteile ergeben sich aus den strengen ODVA-Konformitätsprüfungsrichtlinien, die die Interoperabilität der Produkte gewährleisten.

6.1.3 VLT® PROFINET MCA 120

Die MCA 120-Option kombiniert höchste Leistung mit dem höchsten Grad einer offenen Struktur. Die Option ist so ausgelegt, dass Sie viele Funktionen der VLT® PROFIBUS MCA 101 weiter verwenden können, was den Aufwand für eine Migration zu PROFINET minimiert und die Investition in das SPS-Programm sichert.

- Gleiche PPO-Typen wie bei VLT® PROFIBUS DP V1 MCA 101 für eine einfache Migration nach PROFINET.
- Integrierter Web-Server zur Ferndiagnose und zum Auslesen grundlegender Parameter des Frequenzumrichters.
- Unterstützt MRP.
- Unterstützt DP-V1. Die Diagnose ermöglicht eine einfache, schnelle und standardisierte Handhabung von Warnungs- und Fehlerinformationen in der SPS, was die Bandbreite im System verbessert
- Unterstützt PROFIsafe in Verbindung mit VLT® Safety Option MCB 152.
- Implementierung gemäß Konformitätsklasse B.

6.1.4 VLT® EtherNet/IP MCA 121

Ethernet ist der kommende Kommunikationsstandard in der Feldebene. Die Option VLT® EtherNet/IP MCA 121 basiert auf der neuesten verfügbaren Technologie für die industrielle Nutzung und ist auch für anspruchsvollste Anforderungen geeignet. EtherNet/IP erweitert das handelsübliche Ethernet zum Common Industrial Protocol (CIP™) – dasselbe Upper-Layer-Protokoll und Objektmodell, das auch bei DeviceNet zum Einsatz kommt

MCA 121 bietet folgende erweiterte Funktionen:

- Integrierter Hochleistungsschalter für Leitungstopologie, ohne dass externe Schalter erforderlich sind.
- DLR-Ring (Oktober 2015)
- Erweiterte Schalt- und Diagnosefunktionen
- Integrierter Webserver.
- E-Mail-Client für Service-Mails.
- Unicast- und Multicast-Kommunikation.

6.1.5 VLT® Modbus TCP MCA 122

Die Option MCA 122 dient zum Anschluss an Modbus TCP-basierte Netzwerke. Die Option bedient Verbindungsintervalle von 5 ms in beiden Richtungen. Damit gehört sie in die Klasse der schnellsten Modbus TCP-Geräte am Markt. Für eine Master-Redundanz bietet sie ein Hot Swapping zwischen zwei Mastern. Zu den sonstigen Funktionen zählen:

- Integrierter Webserver zur Ferndiagnose und zum Auslesen grundlegender Parameter des Frequenzumrichters.
- Mögliche Einrichtung einer E-Mail-Benachrichtigung zum Versenden einer Mitteilung per E-Mail an einen oder mehrere Adressaten beim Eintreten oder Quittieren von bestimmten Warn- oder Alarmmeldungen.
- Doppelte Master-SPS-Verbindung für Redundanz.

6.2 Funktionserweiterungen

Dieser Abschnitt enthält eine Beschreibung der Funktionserweiterungen, die mit der VLT® AQUA Drive-Serie erhältlich sind. Bestellnummern finden Sie unter *Kapitel 13.2 Bestellnummern für Optionen und Zubehör*.

6.2.1 VLT® Universal-E/A-Modul MCB 101

Die Option MCB 101 erweitert die Anzahl der frei programmierbaren Steuerein- und -ausgänge:

- 3 Digitaleingänge 0-24 V: Logik 0 < 5 V; Logik 1 > 10 V.
- 2 Analogeingänge 0-10 V: Auflösung 10 Bit plus Vorzeichen.
- 2 Digitalausgänge NPN/PNP Gegentakt.
- 1 Analogausgang 0/4-20 mA
- Federzugklemmen

6.2.2 VLT®-Relaiskarte MCB 105

Die Option MCB 105 erweitert Relaisfunktionen mit 3 weiteren Relaisausgängen.

- Schützt die Steuerleitungen.
- Federzugklemmen.

Maximale Taktfrequenz (Nennlast/min. Last)

6 Minuten⁻¹/20 s⁻¹

Maximaler Belastungsstrom der Klemme

AC-1 Ohmsche Last: 240 V AC, 2 A

6.2.3 VLT® Analog I/O Option MCB 109

Der VLT® Analog I/O Option MCB 109 wird problemlos am Frequenzumrichter angebracht. Somit profitieren Sie von einer erweiterten Leistung und Steuerung durch zusätzliche Eingänge/Ausgänge. Diese Option stattet den Frequenzumrichter zusätzlich mit einer externen Batterie aus, die die in den Frequenzumrichter integrierte Uhr puffert. Hierdurch ist eine stabile Nutzung aller Zeitablaufeinheiten durch den Frequenzumrichter möglich.

- 3 Analogeingänge, jeweils für Spannungs- und Temperatureingänge konfigurierbar
- Anschluss von 0-10-V-Analogsignalen sowie von PT1000- und NI1000-Temperatureingängen
- 3 Analogausgänge, jeweils als 0-10-V-Ausgänge konfigurierbar.

6.2.4 VLT® PTC-Thermistorkarte MCB 112

Die VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 bietet eine zusätzliche Motorüberwachung im Vergleich zur integrierten ETR-Funktion und zur Thermistorklemme.

- Schützt den Motor vor Überhitzung
- Nach ATEX für eine Verwendung mit Ex-d-Motoren zugelassen
- Verwendet die gemäß SIL 2 IEC 61508 zugelassene Funktion „Safe Torque Off“.

6.2.5 VLT® Sensor Input Option MCB 114

Die Option MCB 114 schützt den Motor durch Überwachung der Temperatur von Lagern und Wicklungen vor Überhitzung.

- Drei selbsterkennende Sensoreingänge für 2- oder 3-adrige PT100/PT1000-Sensoren.
- Ein zusätzlicher Analogeingang 4-20 mA.

6.2.6 VLT® Extended Cascade Controller MCO 101

Der VLT® erweiterte Kaskadenregler MCO 101 wird problemlos montiert und dient als Erweiterung, sodass Sie mehr Pumpen betreiben können und über eine erweiterte Pumpenregelung im Master-/Follower-Modus verfügen.

- Bis zu sechs Pumpen in Standard-Kaskadenkonfiguration.
- Bis zu fünf Pumpen in Master/Follower-Konfiguration.

Maximaler Belastungsstrom der Klemme

- AC-1 Ohmsche Last 240 V AC 2 A
- AC-15 induktive Last @cos fi 0,4 240 V AC 0,2 A
- DC-1 Ohmsche Last 24 V DC 1 A
- DC-13 induktive Last @cos fi 0,4 24 V DC 0,1 A

Minimaler Belastungsstrom der Klemme:

- DC 5 V 10 mA
- Maximale Taktfrequenz bei Nennlast/min. Last 6 min-1/20 s-1

6.2.7 VLT® Advanced Cascade Controller MCO 102

Der VLT® Advanced Cascade Controller MCO 102 wird problemlos montiert und dient als Erweiterung des integrierten Kaskadenreglers, sodass Sie bis zu 8 Pumpen betreiben können und über eine erweiterte Pumpenregelung im Master-/Follower-Modus verfügen.

- Dieselbe Kaskadenregler-Hardware kann für den gesamten Leistungsbereich bis 1,2 MW eingesetzt werden.
- Bis zu acht Pumpen in Standard-Kaskadenkonfiguration. Bis zu acht Pumpen in Master/Follower-Konfiguration.

6.3 Motion Control und Relaiskarten

Dieser Abschnitt enthält eine Beschreibung der Motion Control- und Relaiskarten-Optionen, die mit der VLT® AQUA Drive-Serie erhältlich sind. Bestellnummern finden Sie unter *Kapitel 13.2 Bestellnummern für Optionen und Zubehör*.

6.3.1 VLT® Extended Relay Card MCB 113

Die Option MCB 113 steigert die Flexibilität mit zusätzlichen Ein-/Ausgängen.

- 7 Digitaleingänge
- 2 Analogausgänge
- 4 einpolige Lastrelais
- Erfüllt NAMUR-Empfehlungen
- Galvanisch getrennt

6.4 Bremswiderstände

In Anwendungen mit motorischem Bremsen wird Energie im Motor erzeugt und in den Frequenzumrichter zurückgespeist. Ist eine Energierückspeisung zum Motor nicht möglich, erhöht sich die Spannung im Zwischenkreis des Frequenzumrichters. In Anwendungen mit häufigem Bremsen oder hoher Trägheitsmasse kann diese Erhöhung zur Abschaltung des Frequenzumrichters aufgrund von Überspannung führen. Bremswiderstände dienen zur Ableitung der bei generatorischer Bremsung erzeugten Energie. Die Auswahl des Bremswiderstands erfolgt anhand seines ohmschen Widerstands, seines Leistungsverlusts und seiner Größe. Danfoss bietet eine große Auswahl an unterschiedlichen Bremswiderständen, die speziell auf Danfoss-Frequenzumrichter abgestimmt sind. Bestellnummern und weitere Informationen zur Dimensionierung von Bremswiderständen finden Sie im *Projektierungshandbuch VLT® Brake Resistor MCE 101*.

6.5 Sinusfilter

Steuert ein Frequenzumrichter einen Motor, sind aus dem Motor Resonanzgeräusche zu hören. Die Geräusche, verursacht durch die Motorkonstruktion, treten immer bei der Ummagnetisierung des Blechpakets auf. Die Frequenz der Resonanzgeräusche entspricht somit der Taktfrequenz des Frequenzumrichters.

Danfoss bietet einen Sinusfilter zur Dämpfung der akustischen Motorgeräusche an. Der Filter verändert die Spannungsanstiegszeit, die Spitzenlastspannung (U_{PEAK}) und den Rippel-Strom (ΔI) zum Motor. Das heißt, dass Strom und Spannung beinahe sinusförmig werden. Die Motorgeräusche werden auf ein Minimum reduziert.

Auch der Rippel-Strom in den Spulen des Sinusfilters verursacht Geräusche. Dieses Problem können Sie durch Einbau des Filters in einen Schaltschrank oder ein Gehäuse beseitigen.

Bestellnummern und nähere Informationen über Sinusfilter finden Sie im *Projektierungshandbuch für Ausgangsfilter*.

6.6 du/dt-Filter

Danfoss bietet dU/dt-Filter. Hierbei handelt es sich um Gegentakt-Tiefpassfilter, die Spannungsspitzen an den Motorklemmen verringern und die Spannungsanstiegsgeschwindigkeit bis auf ein Niveau senken, auf dem die Belastung der Motorwicklungsisolierung reduziert wird. Dies ist ein typisches Problem für Konfigurationen mit kurzen Motorkabeln.

Im Vergleich zu Sinusfiltern haben die du/dt-Filter eine Trennfrequenz über der Schaltfrequenz.

Bestellnummern und nähere Informationen über dU/dt-Filter finden Sie im *Projektierungshandbuch für Ausgangsfilter*.

6.7 Gleichtaktfilter

Hochfrequenz-Gleichtaktkerne (HF-CM-Kerne) verringern elektromagnetische Störungen und eliminieren Lagerschäden durch elektrische Entladungen. Bei diesen handelt es sich um nanokristalline Magnetkerne, die im Vergleich zu normalen Ferritkernen höhere Filterleistungen aufweisen. Der HF-CM-Kern verhält sich wie eine Gleichstromdrossel zwischen Phasen und Erde.

Bei Installation um die drei Motorphasen (U, V, W) reduzieren die Gleichtaktfilter hochfrequente Gleichtaktströme. Als Ergebnis werden hochfrequente elektromagnetische Störungen vom Motorkabel verringert.

Bestellnummern finden Sie im *Projektierungshandbuch für Ausgangsfilter*.

6.8 Oberschwingungsfilter

Die VLT[®] Advanced Harmonic Filters AHF 005 & AHF 010 sollten nicht mit herkömmlichen Oberwellenfiltern verglichen werden. Die Danfoss-Oberschwingungsfilter sind speziell an die Danfoss-Frequenzumrichter angepasst.

Bei Anschluss der Oberschwingungsfilter AHF 005 oder AHF 010 vor einem Danfoss-Frequenzumrichter reduzieren diese die in das Netz zurückgespeiste Gesamt-Oberschwingungsstromverzerrung auf 5 % bzw. 10 %.

Bestellnummern und weitere Informationen zur Dimensionierung von Bremswiderständen finden Sie im *Projektierungshandbuch VLT[®] Advanced Harmonic Filters AHF 005/AHF 010*.

6.9 High Power-Zubehör

High-Power-Nachrüstätze, wie z. B. Rückwand-Kühlung, Heizgerät, Netzabschirmung, sind für diese Gehäuse erhältlich. Eine kurze Beschreibung und die Bestellnummern für alle verfügbaren Bausätze finden Sie unter *Kapitel 13.2 Bestellnummern für Optionen und Zubehör*.

7 Spezifikationen

7.1 Elektrische Daten, 380-480 V

VLT® AQUA Drive FC202	N355		N400		N450	
Hohe/normale Last (Hohe Überlast=150 % Strom/60 s, Normale Überlast=110 % Strom/60 s)	HO	NO	HO	NO	HO	NO
Typische Wellenleistung bei 400 V [kW]	315	355	355	400	400	450
Typische Wellenleistung bei 460 V [HP] (nur Nordamerika)	450	500	500	600	550	600
Baugröße	E1h/E3h		E1h/E3h		E1h/E3h	
Ausgangsstrom (3-phasig)						
Dauerbetrieb (bei 400 V) [A]	600	658	658	745	695	800
Überlast (60 s) (bei 400 V) [A]	900	724	987	820	1043	880
Dauerbetrieb (bei 460/500 V) [A]	540	590	590	678	678	730
Aussetzbetrieb (60 s Überlast) (bei 460/500 V) [A]	810	649	885	746	1017	803
Dauerleistung kVA (bei 400 V) [kVA]	416	456	456	516	482	554
Dauerleistung kVA (bei 460 V) [kVA]	430	470	470	540	540	582
Max. Eingangsstrom						
Dauerbetrieb (bei 400 V) [A]	578	634	634	718	670	771
Dauerbetrieb (bei 460/500 V) [A]	520	569	569	653	653	704
Maximale Kabelanzahl und -querschnitt pro Phase (E1h)						
- Netz und Motor ohne Bremse [mm ² (AWG)] ¹⁾	5 x 240 (5 x 500 mcm)		5 x 240 (5 x 500 mcm)		5 x 240 (5 x 500 mcm)	
- Netz und Motor mit Bremse [mm ² (AWG)] ¹⁾	4 x 240 (4 x 500 mcm)		4 x 240 (4 x 500 mcm)		4 x 240 (4 x 500 mcm)	
- Bremse oder Rückspeisung [mm ² (AWG)] ¹⁾	2 x 185 (2 x 350 mcm)		2 x 185 (2 x 350 mcm)		2 x 185 (2 x 350 mcm)	
Maximale Kabelanzahl und -querschnitt pro Phase (E3h)						
- Netz und Motor ohne Bremse [mm ² (AWG)] ¹⁾	6 x 240 (6 x 500 mcm)		6 x 240 (6 x 500 mcm)		6 x 240 (6 x 500 mcm)	
- Netz und Motor mit Bremse [mm ² (AWG)] ¹⁾	2 x 185 (2 x 350 mcm)		2 x 185 (2 x 350 mcm)		2 x 185 (2 x 350 mcm)	
- Zwischenkreis- oder Rückspeisung [mm ² (AWG)] ¹⁾	4 x 185 (4 x 350 mcm)		4 x 185 (4 x 350 mcm)		4 x 185 (4 x 350 mcm)	
Maximale externe Netzsicherungen [A] ²⁾	800		800		800	
Geschätzte Verlustleistung bei 400 V [W] ^{3) 4)}	6178	6928	6851	8036	7297	8783
Geschätzte Verlustleistung bei 460 V [W] ^{3) 4)}	5322	5910	5846	6933	7240	7969
Wirkungsgrad ⁴⁾	0,98		0,98		0,98	
Ausgangsfrequenz	0-590 Hz		0-590 Hz		0-590 Hz	
Kühlkörper Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	110 (230)		110 (230)		110 (230)	
Steuerkarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	80 (176)		80 (176)		80 (176)	
Leistungskarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	85 (185)		85 (185)		85 (185)	
Lüfterleistungskarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	85 (185)		85 (185)		85 (185)	
Aktive Einschaltkarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	85 (185)		85 (185)		85 (185)	

Tabelle 7.1 Technische Spezifikationen, Netzversorgung 3x380-480 V AC

VLT® AQUA Drive FC202	N500		N560	
	HO	NO	HO	NO
Hohe/normale Last (Hohe Überlast=150 % Strom/60 s, Normale Überlast=110 % Strom/60 s)				
Typische Wellenleistung bei 400 V [kW]	450	500	500	560
Typische Wellenleistung bei 460 V [HP] (nur Nordamerika)	600	650	650	750
Baugröße	E2h/E4h		E2h/E4h	
Ausgangsstrom (3-phasig)				
Dauerbetrieb (bei 400 V) [A]	800	880	880	990
Überlast (60 s) (bei 400 V) [A]	1200	968	1320	1089
Dauerbetrieb (bei 460/500 V) [A]	730	780	780	890
Aussetzbetrieb (60 s Überlast) (bei 460/500 V) [A]	1095	858	1170	979
Dauerleistung kVA (bei 400 V) [kVA]	554	610	610	686
Dauerleistung kVA (bei 460 V) [kVA]	582	621	621	709
Max. Eingangsstrom				
Dauerbetrieb (bei 400 V) [A]	771	848	848	954
Dauerbetrieb (bei 460/500 V) [A]	704	752	752	858
Maximale Kabelanzahl und -querschnitt pro Phase (E2h)				
- Netz und Motor ohne Bremse [mm ² (AWG)] ¹⁾	6 x 240 (6 x 500 mcm)		6 x 240 (6 x 500 mcm)	
- Netz und Motor mit Bremse [mm ² (AWG)] ¹⁾	5 x 240 (5 x 500 mcm)		5 x 240 (5 x 500 mcm)	
- Bremse oder Rückspeisung [mm ² (AWG)] ¹⁾	2 x 185 (2 x 350 mcm)		2 x 185 (2 x 350 mcm)	
Maximale Kabelanzahl und -querschnitt pro Phase (E4h)				
- Netz und Motor ohne Bremse [mm ² (AWG)] ¹⁾	6 x 240 (6 x 500 mcm)		6 x 240 (6 x 500 mcm)	
- Netz und Motor mit Bremse [mm ² (AWG)] ¹⁾	2 x 185 (2 x 350 mcm)		2 x 185 (2 x 350 mcm)	
- Zwischenkreiskopplung oder Rückspeisung [mm ² (AWG)] ¹⁾	4 x 185 (4 x 350 mcm)		4 x 185 (4 x 350 mcm)	
Maximale externe Netzsicherungen [A] ²⁾	1200		1200	
Geschätzte Verlustleistung bei 400 V [W] ^{3) 4)}	8352	9473	9449	11102
Geschätzte Verlustleistung bei 460 V [W] ^{3) 4)}	7182	7809	7771	9236
Wirkungsgrad ⁴⁾	0,98		0,98	
Ausgangsfrequenz [Hz]	0-590		0-590	
Kühlkörper Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	110 (230)		100 (212)	
Steuerkarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	80 (176)		80 (176)	
Leistungskarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	85 (185)		85 (185)	
Lüfterleistungskarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	85 (185)		85 (185)	
Aktive Einschaltkarte Übertemperatur Abschaltung [°C (°F)]	85 (185)		85 (185)	

Tabelle 7.2 Technische Spezifikationen, Netzversorgung 3x380-480 V AC

1) American Wire Gauge.

2) Nennwerte der Sicherungen siehe Kapitel 10.5 Sicherungen und Trennschalter.

3) Die typische Verlustleistung gilt für normale Bedingungen und sollte innerhalb von $\pm 15\%$ liegen (Toleranz bezieht sich auf Schwankungen der Spannung und der Kabelbedingungen). Diese Werte basieren auf einem typischen Motorwirkungsgrad (Übergang IE/IE3). Motoren mit niedrigerem Wirkungsgrad tragen zur Verlustleistung im Frequenzumrichter bei. Gilt für die Dimensionierung der Kühlung des Frequenzumrichters. Wenn die Taktfrequenz im Vergleich zur Werkseinstellung erhöht wird, kann die Verlustleistung bedeutend steigen. Die Leistungsaufnahme des LCP und typischer Steuerkarten sind eingeschlossen. Verlustleistungsdaten gemäß EN 50598-2 finden Sie unter www.danfoss.com/vltenergyefficiency. Optionen und Anschlusslasten können die Verluste um bis zu 30 W erhöhen, auch wenn in der Regel bei einer vollständig belasteten Steuerkarte und Optionen für jeweils die Steckplätze A und B nur jeweils 4 W zusätzlich anfallen.

4) Gemessen mit 5 m (16,4 ft) abgeschirmten Motorkabeln bei Nennlast und Nennfrequenz. Bei Nennstrom gemessener Wirkungsgrad. Informationen zur Energieeffizienzklasse finden Sie in Kapitel 7.5 Umgebungsbedingungen. Für Teillastverluste siehe www.danfoss.com/vltenergyefficiency.

7.2 Elektrische Daten, 525-690 V

VLT® AQUA Drive FC202	N450		N500	
Hohe/normale Last (Hohe Überlast=150 % Strom/60 s, Normale Überlast=110 % Strom/60 s)	HO	NO	HO	NO
Typische Wellenleistung bei 550 V [kW]	315	355	315	400
Typische Wellenleistung bei 575 V [HP]	400	450	400	500
Typische Wellenleistung bei 690 V [kW]	355	450	400	500
Baugröße	E1h/E3h		E1h/E3h	
Ausgangsstrom (3-phasig)				
Dauerbetrieb (bei 550 V) [A]	395	470	429	523
Aussetzbetrieb (60 s Überlast) (bei 550 V) [A]	593	517	644	575
Dauerbetrieb (bei 575/690 V) [A]	380	450	410	500
Aussetzbetrieb (60 s Überlast) (bei 575/690 V) [A]	570	495	615	550
Dauerleistung kVA (bei 550 V) [kVA]	376	448	409	498
Dauerleistung kVA (bei 575 V) [kVA]	378	448	408	498
Dauerleistung kVA (bei 690 V) [kVA]	454	538	490	598
Max. Eingangsstrom				
Dauerbetrieb (bei 550 V) [A]	381	453	413	504
Dauerbetrieb (bei 575 V) [A]	366	434	395	482
Dauerbetrieb (bei 690 V) [A]	366	434	395	482
Maximale Kabelanzahl und -querschnitt pro Phase (E1h)				
- Netz und Motor ohne Bremse [mm ² (AWG)] ¹⁾	5 x 240 (5 x 500 mcm)		5 x 240 (5 x 500 mcm)	
- Netz und Motor mit Bremse [mm ² (AWG)] ¹⁾	4 x 240 (4 x 500 mcm)		4 x 240 (4 x 500 mcm)	
- Bremse oder Rückspeisung [mm ² (AWG)] ¹⁾	2 x 185 (2 x 350 mcm)		2 x 185 (2 x 350 mcm)	
Maximale Kabelanzahl und -querschnitt pro Phase (E3h)				
- Netz und Motor ohne Bremse [mm ² (AWG)] ¹⁾	6 x 240 (6 x 500 mcm)		6 x 240 (6 x 500 mcm)	
- Netz und Motor mit Bremse [mm ² (AWG)] ¹⁾	2 x 185 (2 x 350 mcm)		2 x 185 (2 x 350 mcm)	
- Zwischenkreis- oder Rückspeisung [mm ² (AWG)] ¹⁾	4 x 185 (4 x 350 mcm)		4 x 185 (4 x 350 mcm)	
Maximale externe Netzsicherungen [A] ²⁾	800		800	
Geschätzte Verlustleistung bei 600 V [W] ^{3) 4)}	4989	6062	5419	6879
Geschätzte Verlustleistung bei 690 V [W] ^{3) 4)}	4920	5939	5332	6715
Wirkungsgrad ⁴⁾	0,98		0,98	
Ausgangsfrequenz [Hz]	0-590		0-590	
Kühlkörper Übertemperatur Abschl. [°C (°F)]	110 (230)		110 (230)	
Steuerkarte Übertemperatur Abschl. [°C (°F)]	80 (176)		80 (176)	
Leistungskarte Übertemperatur Abschl. [°C (°F)]	85 (185)		85 (185)	
Lüfterleistungskarte Übertemperatur Abschl. [°C (°F)]	85 (185)		85 (185)	
Aktive Einschaltkarte Übertemperatur Abschl. [°C (°F)]	85 (185)		85 (185)	

Tabelle 7.3 Technische Spezifikationen, Netzversorgung 3x525-690 V AC

VLT® AQUA Drive FC202	N560		N630	
Hohe/normale Last (Hohe Überlast=150 % Strom/60 s, Normale Überlast=110 % Strom/60 s)	HO	NO	HO	NO
Typische Wellenleistung bei 550 V [kW]	400	450	450	500
Typische Wellenleistung bei 575 V [HP]	500	600	600	650
Typische Wellenleistung bei 690 V [kW]	500	560	560	630
Baugröße	E1h/E3h		E1h/E3h	
Ausgangsstrom (3-phasig)				
Dauerbetrieb (bei 550 V) [A]	523	596	596	630
Aussetzbetrieb (60 s Überlast) (bei 550 V) [A]	785	656	894	693
Dauerbetrieb (bei 575/690 V) [A]	500	570	570	630
Aussetzbetrieb (60 s Überlast) (bei 575/690 V) [A]	750	627	855	693
Dauerleistung kVA (bei 550 V) [kVA]	498	568	568	600
Dauerleistung kVA (bei 575 V) [kVA]	498	568	568	627
Dauerleistung kVA (bei 690 V) [kVA]	598	681	681	753
Max. Eingangsstrom				
Dauerbetrieb (bei 550 V) [A]	504	574	574	607
Dauerbetrieb (bei 575 V) [A]	482	549	549	607
Dauerbetrieb (bei 690 V) [A]	482	549	549	607
Maximale Kabelanzahl und -querschnitt pro Phase (E1h)				
- Netz und Motor ohne Bremse [mm ² (AWG)] ¹⁾	5 x 240 (5 x 500 mcm)		5 x 240 (5 x 500 mcm)	
- Netz und Motor mit Bremse [mm ² (AWG)] ¹⁾	4 x 240 (4 x 500 mcm)		4 x 240 (4 x 500 mcm)	
- Bremse oder Rückspeisung [mm ² (AWG)] ¹⁾	2 x 185 (2 x 350 mcm)		2 x 185 (2 x 350 mcm)	
Maximale Kabelanzahl und -querschnitt pro Phase (E3h)				
- Netz und Motor ohne Bremse [mm ² (AWG)] ¹⁾	6 x 240 (6 x 500 mcm)		6 x 240 (6 x 500 mcm)	
- Netz und Motor mit Bremse [mm ² (AWG)] ¹⁾	2 x 185 (2 x 350 mcm)		2 x 185 (2 x 350 mcm)	
- Zwischenkreis- oder Rückspeisung [mm ² (AWG)] ¹⁾	4 x 185 (4 x 350 mcm)		4 x 185 (4 x 350 mcm)	
Maximale externe Netzsicherungen [A] ²⁾	800		800	
Geschätzte Verlustleistung bei 600 V [W] ^{3) 4)}	6833	8076	8069	9208
Geschätzte Verlustleistung bei 690 V [W] ^{3) 4)}	6678	7852	7848	8921
Wirkungsgrad ⁴⁾	0,98		0,98	
Ausgangsfrequenz [Hz]	0-590		0-590	
Kühlkörper Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	110 (230)		110 (230)	
Steuerkarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	80 (176)		80 (176)	
Leistungskarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	85 (185)		85 (185)	
Lüfterleistungskarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	85 (185)		85 (185)	
Aktive Einschaltkarte Übertemperatur Abschaltung [°C (°F)]	85 (185)		85 (185)	

Tabelle 7.4 Technische Spezifikationen, Netzversorgung 3x525-690 V AC

FC202	N710		N800	
	HO	NO	HO	NO
Hohe/normale Last (Hohe Überlast=150 % Strom/60 s, Normale Überlast=110 % Strom/60 s)				
Typische Wellenleistung bei 550 V [kW]	500	560	560	670
Typische Wellenleistung bei 575 V [HP]	650	750	750	950
Typische Wellenleistung bei 690 V [kW]	630	710	710	800
Baugröße	E2h/E4h		E2h/E4h	
Ausgangsstrom (3-phasig)				
Dauerbetrieb (bei 550 V) [A]	659	763	763	889
Aussetzbetrieb (60 s Überlast) (bei 550 V) [A]	989	839	1145	978
Dauerbetrieb (bei 575/690 V) [A]	630	730	730	850
Aussetzbetrieb (60 s Überlast) (bei 575/690 V) [A]	945	803	1095	935
Dauerleistung kVA (bei 550 V) [kVA]	628	727	727	847
Dauerleistung kVA (bei 575 V) [kVA]	627	727	727	847
Dauerleistung kVA (bei 690 V) [kVA]	753	872	872	1016
Max. Eingangsstrom				
Dauerbetrieb (bei 550 V) [A]	635	735	735	857
Dauerbetrieb (bei 575 V) [A]	607	704	704	819
Dauerbetrieb (bei 690 V) [A]	607	704	704	819
Maximale Kabelanzahl und -querschnitt pro Phase (E2h)				
- Netz und Motor ohne Bremse [mm ² (AWG)] ¹⁾	6 x 240 (6 x 500 mcm)		6 x 240 (6 x 500 mcm)	
- Netz und Motor mit Bremse [mm ² (AWG)] ¹⁾	5 x 240 (5 x 500 mcm)		5 x 240 (5 x 500 mcm)	
- Bremse oder Rückspeisung [mm ² (AWG)] ¹⁾	2 x 185 (2 x 350 mcm)		2 x 185 (2 x 350 mcm)	
Maximale Kabelanzahl und -querschnitt pro Phase (E4h)				
- Netz und Motor ohne Bremse [mm ² (AWG)] ¹⁾	6 x 240 (6 x 500 mcm)		6 x 240 (6 x 500 mcm)	
- Netz und Motor mit Bremse [mm ² (AWG)] ¹⁾	2 x 185 (2 x 350 mcm)		2 x 185 (2 x 350 mcm)	
- Zwischenkreis Kopplung oder Rückspeisung [mm ² (AWG)] ¹⁾	4 x 185 (4 x 350 mcm)		4 x 185 (4 x 350 mcm)	
Maximale externe Netzsicherungen [A] ²⁾	1200		1200	
Geschätzte Verlustleistung bei 600 V [W] ^{3) 4)}	8543	10346	10319	12723
Geschätzte Verlustleistung bei 690 V [W] ^{3) 4)}	8363	10066	10060	12321
Wirkungsgrad ⁴⁾	0,98		0,98	
Ausgangsfrequenz [Hz]	0-590		0-590	
Kühlkörper Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	110 (230)		110 (230)	
Steuerkarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	80 (176)		80 (176)	
Leistungskarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	85 (185)		85 (185)	
Lüfterleistungskarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	85 (185)		85 (185)	
Aktive Einschaltkarte Übertemperatur Abschaltung [°C (°F)]	85 (185)		85 (185)	

Tabelle 7.5 Technische Spezifikationen, Netzversorgung 3x525-690 V AC

1) American Wire Gauge.

2) Nennwerte der Sicherungen siehe Kapitel 10.5 Sicherungen und Trennschalter.

3) Die typische Verlustleistung gilt für normale Bedingungen und sollte innerhalb von ±15 % liegen (Toleranz bezieht sich auf Schwankungen der Spannung und der Kabelbedingungen). Diese Werte basieren auf einem typischen Motorwirkungsgrad (Übergang IE/IE3). Motoren mit niedrigerem Wirkungsgrad tragen zur Verlustleistung im Frequenzumrichter bei. Gilt für die Dimensionierung der Kühlung des Frequenzumrichters. Wenn die Taktfrequenz im Vergleich zur Werkseinstellung erhöht wird, kann die Verlustleistung bedeutend steigen. Die Leistungsaufnahme des LCP und typischer Steuerkarten sind eingeschlossen. Verlustleistungsdaten gemäß EN 50598-2 finden Sie unter www.danfoss.com/vltenergyefficiency. Optionen und Anschlusslasten können die Verluste um bis zu 30 W erhöhen, auch wenn in der Regel bei einer vollständig belasteten Steuerkarte und Optionen für jeweils die Steckplätze A und B nur jeweils 4 W zusätzlich anfallen.

4) Gemessen mit 5 m (16,4 ft) abgeschirmten Motorkabeln bei Nennlast und Nennfrequenz. Bei Nennstrom gemessener Wirkungsgrad. Informationen zur Energieeffizienzklasse finden Sie in Kapitel 7.5 Umgebungsbedingungen. Für Teillastverluste siehe www.danfoss.com/vltenergyefficiency.

7.3 Netzversorgung

Netzversorgung (L1, L2, L3)

Versorgungsspannung 380–480 V \pm 10%, 525–690 V \pm 10%

Niedrige Netzspannung/Netzausfall:

Bei einer niedrigen Netzspannung oder einem Netzausfall arbeitet der Frequenzumrichter weiter, bis die Zwischenkreisspannung unter den minimalen Stoppepegel abfällt, der normalerweise 15 % unter der niedrigsten Versorgungsnennspannung des Frequenzumrichters liegt. Bei einer Netzspannung von weniger als 10 % unterhalb der niedrigsten Versorgungsnennspannung des Frequenzumrichters erfolgt keine Netz-Einschaltung und es wird kein volles Drehmoment erreicht.

Netzfrequenz 50/60 Hz \pm 5 %

Maximale kurzzeitige Asymmetrie zwischen Netzphasen 3,0 % der Versorgungsnennspannung¹⁾

Wirkleistungsfaktor (λ) \geq 0,9 bei Nennlast

Verschiebungs-Leistungsfaktor ($\cos \Phi$) nahe 1 (>0,98)

Schalten am Versorgungseingang L1, L2, L3 (Netz-Einschaltungen) Max. 1 Mal alle 2 Minuten

Umgebung nach EN 60664-1 Überspannungskategorie III/Verschmutzungsgrad 2

Der Frequenzumrichter ist für einen Kurzschluss-Nennstrom (SCCR) von maximal 100 kA bei 480/600 V geeignet.

1) Die Berechnungen basieren auf UL/IEC61800-3.

7.4 Motorausgang und Motordaten

Motorausgang (U, V, W)

Ausgangsspannung 0–100 % der Versorgungsspannung

Ausgangsfrequenz 0–590 Hz¹⁾

Schalten am Ausgang Unbegrenzt

Rampenzeiten 0,01–3600 s

1) Spannungs- und leistungsabhängig.

Drehmomentkennlinie

Startmoment (konstantes Drehmoment) Maximal 150 %/60 s¹⁾²⁾

Überlastmoment (konstantes Drehmoment) Maximal 150 %/60 s¹⁾²⁾

1) Prozentzahl bezieht sich auf den Nennstrom des Frequenzumrichters.

2) Einmal alle 10 Minuten.

7.5 Umgebungsbedingungen

Umgebung

Bauform E1h/E2h IP21/Typ 1, IP54/Typ 12

Bauform E3h/E4h IP20

Vibrationstest (Standard/robust) 0,7 g/1,0 g

Luftfeuchtigkeit 5–95 % (IEC 721-3-3; Klasse 3K3 (nicht kondensierend) bei Betrieb)

Aggressive Umgebungsbedingungen (IEC 60068-2-43) H₂S-Test Klasse kD

Aggressive Gase (IEC 60721-3-3) Klasse 3C3

Prüfverfahren nach IEC 60068-2-43 H2S (10 Tage)

Umgebungstemperatur (bei Schaltmodus SFAVM)

- mit Leistungsreduzierung Maximal 55 °C (131 °F)¹⁾

- bei voller Ausgangsleistung typischer EFF2-Motoren (bis zu 90 % Ausgangsstrom) Maximal 50 °C (122 °F)¹⁾

- bei vollem FC-Dauerausgangsstrom Maximal 45 °C (113 °F)¹⁾

Min. Umgebungstemperatur bei Volllast 0 °C (32 °F)

Min. Umgebungstemperatur bei reduzierter Leistung 10 °C (50 °F)

Temperatur bei Lagerung/Transport -25 bis +65/70 °C (13 bis 149/158 °F)

Max. Höhe über dem Meeresspiegel ohne Leistungsreduzierung 1000 m (3281 ft)

Max. Höhe über dem Meeresspiegel mit Leistungsreduzierung 3000 m (9842 ft)

1) Weitere Informationen zur Leistungsreduzierung finden Sie unter Kapitel 9.6 Leistungsreduzierung.

EMV-Normen, Störaussendung	EN 61800-3
EMV-Normen, Störfestigkeit	EN 61800-3
Energieeffizienzklasse ¹⁾	IE2

1) Bestimmt gemäß EN 50598-2 bei:

- Nennlast
- 90 % der Nennfrequenz
- Taktfrequenz-Werkseinstellung.
- Schaltmodus-Werkseinstellung

7.6 Kabelspezifikationen

Kabellängen und -querschnitte für Steuerleitungen¹⁾

Max. Motorkabellänge, abgeschirmt	150 m (492 ft)
Max. Motorkabellänge, nicht abgeschirmt	300 m (984 ft)
Maximaler Querschnitt zu Motor, Netz, Zwischenkreiskopplung und Bremse	Siehe Kapitel 7 Spezifikationen
Max. Querschnitt für Steuerklemmen, starrer Draht	1,5 mm ² /16 AWG (2x0,75 mm ²)
Max. Querschnitt für Steuerklemmen, flexibles Kabel	1 mm ² /18 AWG
Max. Querschnitt für Steuerklemmen, Kabel mit Aderendhülse	0,5 mm ² /20 AWG
Mindestquerschnitt für Steuerklemmen	0,25 mm ² /23 AWG

1) Leistungskabel, siehe Kapitel 7.1 Elektrische Daten, 380-480 V und Kapitel 7.2 Elektrische Daten, 525-690 V .

7.7 Steuereingang/-ausgang und Steuerdaten

Digitaleingänge

Programmierbare Digitaleingänge	4 (6)
Klemme Nr.	18, 19, 27 ¹⁾ , 29 ¹⁾ , 32, 33
Logik	PNP oder NPN
Spannungsniveau	0–24 V DC
Spannungsniveau, logisch 0 PNP	<5 V DC
Spannungsniveau, logisch 1 PNP	>10 V DC
Spannungsniveau, logisch 0 NPN	>19 V DC
Spannungsniveau, logisch 1 NPN	<14 V DC
Maximale Spannung am Eingang	28 V DC
Eingangswiderstand, R _i	Ca. 4 kΩ

Alle Digitaleingänge sind von der Versorgungsspannung (PELV) und anderen Hochspannungsklemmen galvanisch getrennt.

1) Sie können die Klemmen 27 und 29 auch als Ausgänge programmieren.

Analogeingänge

Anzahl der Analogeingänge	2
Klemme Nr.	53, 54
Betriebsarten	Spannung oder Strom
Betriebsartwahl	Schalter A53 und A54
Einstellung Spannung	Schalter A53/A54=(U)
Spannungsniveau	-10 V bis +10 V (skalierbar)
Eingangswiderstand, R _i	Ca. 10 kΩ
Höchstspannung	±20 V
Strom	Schalter A53/A54=(I)
Strombereich	0/4 bis 20 mA (skalierbar)
Eingangswiderstand, R _i	Ca. 200 Ω
Maximaler Strom	30 mA
Auflösung der Analogeingänge	10 Bit (+ Vorzeichen)
Genauigkeit der Analogeingänge	Maximale Abweichung 0,5 % der Gesamtskala

Bandbreite

100 Hz

Die Analogeingänge sind galvanisch von der Versorgungsspannung (PELV = Protective extra low voltage/Schutzkleinspannung) und anderen Hochspannungsklemmen getrennt.

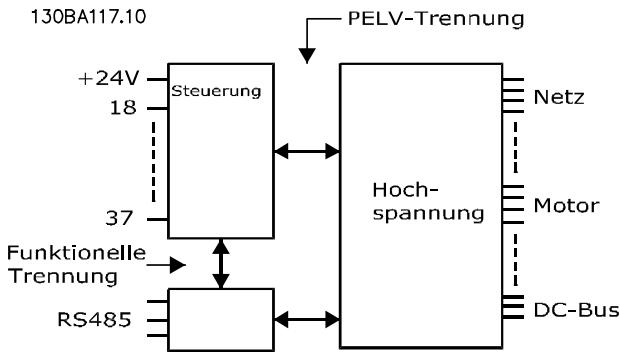


Abbildung 7.1 PELV-Isolierung

Pulseingänge

Programmierbare Pulseingänge	2
Klemmennummer Puls	29, 33
Maximalfrequenz an Klemme 29, 33 (Gegentakt)	110 kHz
Maximalfrequenz an Klemme 29, 33 (offener Kollektor)	5 kHz
Minimale Frequenz an Klemme 29, 33	4 Hz
Spannungsniveau	Siehe Kapitel 7.7.1 Digitaleingänge
Maximale Spannung am Eingang	28 V DC
Eingangswiderstand, R _i	Ca. 4 kΩ
Pulseingangsgenauigkeit (0,1-1 kHz)	Maximale Abweichung: 0,1 % der Gesamtskala

Analogausgang

Anzahl programmierbarer Analogausgänge	1
Klemme Nr.	42
Strombereich am Analogausgang	0/4–20 mA
Maximale Widerstandslast zum Bezugspotential am Analogausgang	500 Ω
Genauigkeit am Analogausgang	Maximale Abweichung: 0,8 % der Gesamtskala
Auflösung am Analogausgang	8 Bit

Der Analogausgang ist galvanisch von der Versorgungsspannung (PELV – Schutzkleinspannung, Protective extra low voltage) und anderen Hochspannungsklemmen getrennt.

Steuerkarte, RS485 serielle Schnittstelle

Klemme Nr.	68 (P, TX+, RX+), 69 (N, TX-, RX-)
Klemme Nr. 61	Masse für Klemmen 68 und 69

Die serielle RS485-Kommunikationsschnittstelle ist von anderen zentralen Stromkreisen funktional und von der Versorgungsspannung (PELV) galvanisch getrennt.

Digitalausgang

Programmierbare Digital-/Pulsausgänge	2
Klemme Nr.	27, 29 ¹⁾
Spannungsniveau am Digital-/Pulsausgang	0–24 V
Maximaler Ausgangsstrom (Körper oder Quelle)	40 mA
Maximale Last am Pulsausgang	1 kΩ
Maximale kapazitive Last am Pulsausgang	10 nF
Min. Ausgangsfrequenz am Pulsausgang	0 Hz
Max. Ausgangsfrequenz am Pulsausgang	32 kHz
Genauigkeit am Pulsausgang	Maximale Abweichung: 0,1 % der Gesamtskala
Auflösung der Pulsausgänge	12 Bit

1) Sie können die Klemmen 27 und 29 auch als Eingänge programmieren.

Der Digitalausgang ist von der Versorgungsspannung (PELV) und anderen Hochspannungsklemmen galvanisch getrennt.

Steuerkarte, 24 V DC-Ausgang

Klemme Nr.	12, 13
Maximale Last	200 mA

Die 24-V-DC-Versorgung ist galvanisch von der Versorgungsspannung (PELV) getrennt, hat jedoch das gleiche Potenzial wie die analogen und digitalen Ein- und Ausgänge.

Relaisausgang

Programmierbare Relaisausgänge	2
Maximaler Querschnitt an Relaisklemmen	2,5 mm ² (12 AWG)
Minimaler Querschnitt an Relaisklemmen	0,2 mm ² (30 AWG)
Abzuisolierende Kabellänge	8 mm (0,3 Zoll)
Klemmennummer Relais 01	1-3 (öffnen), 1-2 (schließen)
Maximale Last an Klemme (AC-1) ¹⁾ auf 1-2 (NO/Schließer) (ohmsche Last) ²⁾³⁾	400 V AC, 2 A
Maximale Last an Klemme (AC-15) ¹⁾ auf 1-2 (NO/Schließer) (induktive Last bei cosφ 0,4)	240 V AC, 0,2 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (DC-1) ¹⁾ auf 1-2 (NO/Schließer) (ohmsche Last)	80 V DC, 2 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (DC-13) ¹⁾ auf 1-2 (NO/Schließer) (induktive Last)	24 V DC, 0,1 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (AC-1) ¹⁾ auf 1-3 (NC/Öffner) (ohmsche Last)	240 V AC, 2 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (AC-15) ¹⁾ auf 1-3 (NC/Öffner) (induktive Last bei cosφ 0,4)	240 V AC, 0,2 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (DC-1) ¹⁾ auf 1-3 (NC/Öffner) (ohmsche Last)	50 V DC, 2 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (DC-13) ¹⁾ an 1-3 (NC/Öffner) (induktive Last)	24 V DC, 0,1 A
Minimaler Belastungsstrom der Klemme an 1-3 (NC/Öffner), 1-2 (NO/Schließer)	24 V DC 10 mA, 24 V AC 2 mA
Umgebung nach EN 60664-1	Überspannungskategorie III/Verschmutzungsgrad 2
Klemmennummer Relais 02	4-6 (öffnen), 4-5 (schließen)
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (AC-1) ¹⁾ auf 4-5 (NO/Schließer) (ohmsche Last) ²⁾³⁾	400 V AC, 2 A
Maximale Last an Klemme (AC-15) ¹⁾ auf 4-5 (NO/Schließer) (induktive Last bei cosφ 0,4)	240 V AC, 0,2 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (DC-1) ¹⁾ auf 4-5 (NO/Schließer) (ohmsche Last)	80 V DC, 2 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (DC-13) ¹⁾ auf 4-5 (NO/Schließer) (induktive Last)	24 V DC, 0,1 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (AC-1) ¹⁾ auf 4-6 (NC/Öffner) (ohmsche Last)	240 V AC, 2 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (AC-15) ¹⁾ auf 4-6 (NC/Öffner) (induktive Last bei cosφ 0,4)	240 V AC, 0,2 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (DC-1) ¹⁾ auf 4-6 (NC/Öffner) (ohmsche Last)	50 V DC, 2 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (DC-13) ¹⁾ an 4-6 (NC/Öffner) (induktive Last)	24 V DC, 0,1 A
Minimaler Belastungsstrom der Klemme an 4-6 (NC/Öffner), 4-5 (NO/Schließer)	24 V DC 10 mA, 24 V AC 2 mA
Umgebung nach EN 60664-1	Überspannungskategorie III/Verschmutzungsgrad 2

Die Relaiskontakte sind durch verstärkte Isolierung (PELV – Protective extra low voltage/Schutzkleinspannung) vom Rest der Schaltung galvanisch getrennt.

- 1) IEC 60947 Teile 4 und 5
- 2) Überspannungskategorie II
- 3) UL-Anwendungen 300 V AC 2 A.

Steuerkarte, +10-V-DC-Ausgang

Klemme Nr.	50
Ausgangsspannung	10,5 V ±0,5 V
Maximale Last	25 mA

Die 10-V-DC-Versorgung ist von der Versorgungsspannung (PELV) und anderen Hochspannungsklemmen galvanisch getrennt.

Steuerungseigenschaften

Auflösung der Ausgangsfrequenz bei 0-1000 Hz	±0,003 Hz
System-Reaktionszeit (Klemmen 18, 19, 27, 29, 32, 33)	≤2 ms
Drehzahlregelbereich (ohne Rückführung)	1:100 der Synchrondrehzahl
Drehzahlgenauigkeit (ohne Rückführung)	30–4000 UPM: Maximale Abweichung von ±8 UPM

Alle Angaben zu Steuerungseigenschaften basieren auf einem vierpoligen Asynchronmotor.

Steuerkartenleistung

Abtastintervall	5 ms
-----------------	------

Steuerkarte, serielle USB-Schnittstelle

USB-Standard	1,1 (Full Speed)
--------------	------------------

USB-Buchse	USB-Stecker Typ B
------------	-------------------

HINWEIS

Der Anschluss an einen PC erfolgt über ein standardmäßiges USB-Kabel.

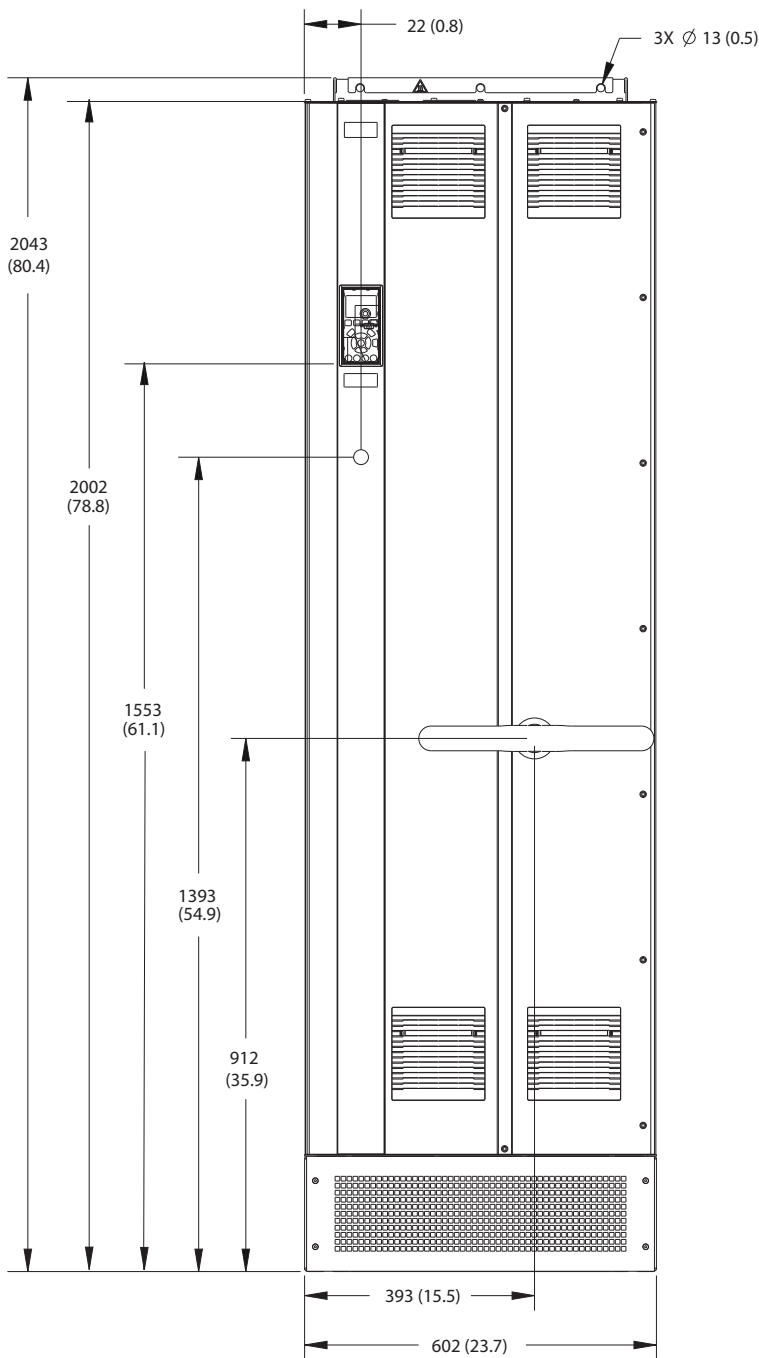
Die USB-Verbindung ist galvanisch von der Versorgungsspannung (PELV, Schutzkleinspannung) und anderen Hochspannungsklemmen getrennt.

Der USB-Anschluss ist nicht galvanisch von der Masse getrennt. Verwenden Sie ausschließlich einen isolierten Laptop/PC für die Verbindung zum USB-Anschluss am Frequenzumrichter oder ein isoliertes USB-Kabel bzw. einen isolierten USB-Konverter.

8 Außen- und Klemmenabmessungen

8.1 E1h – Außen- und Klemmenabmessungen

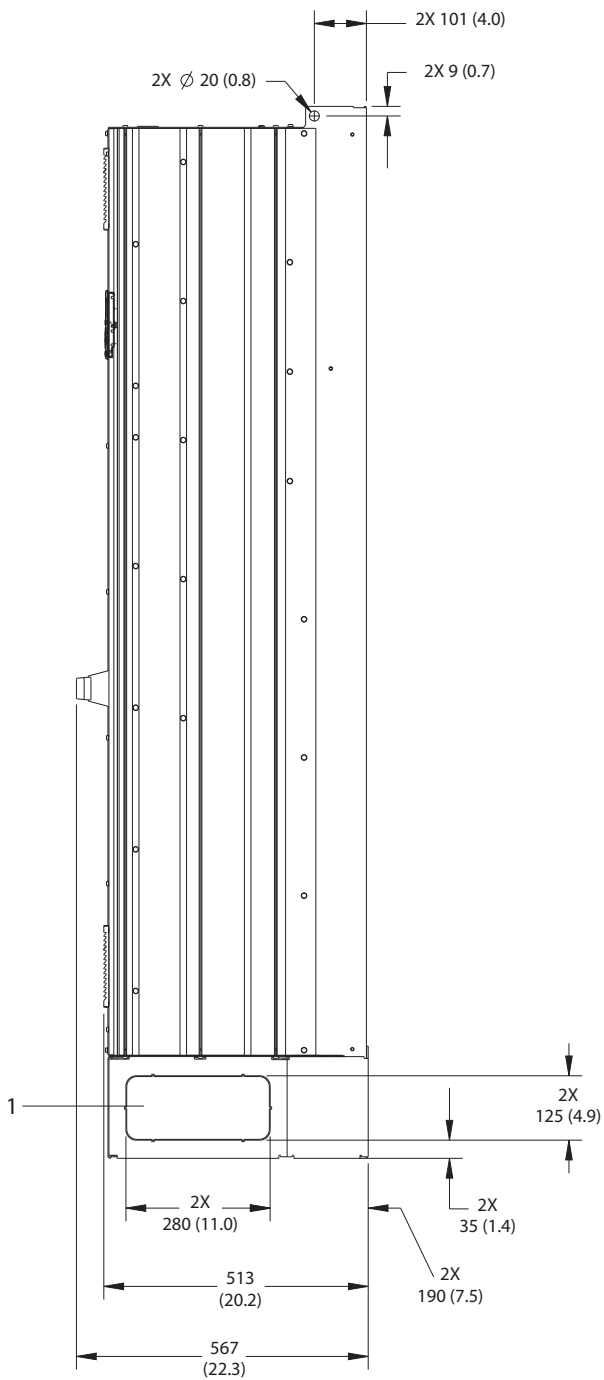
8.1.1 Außenabmessungen E1h



130BF648.10

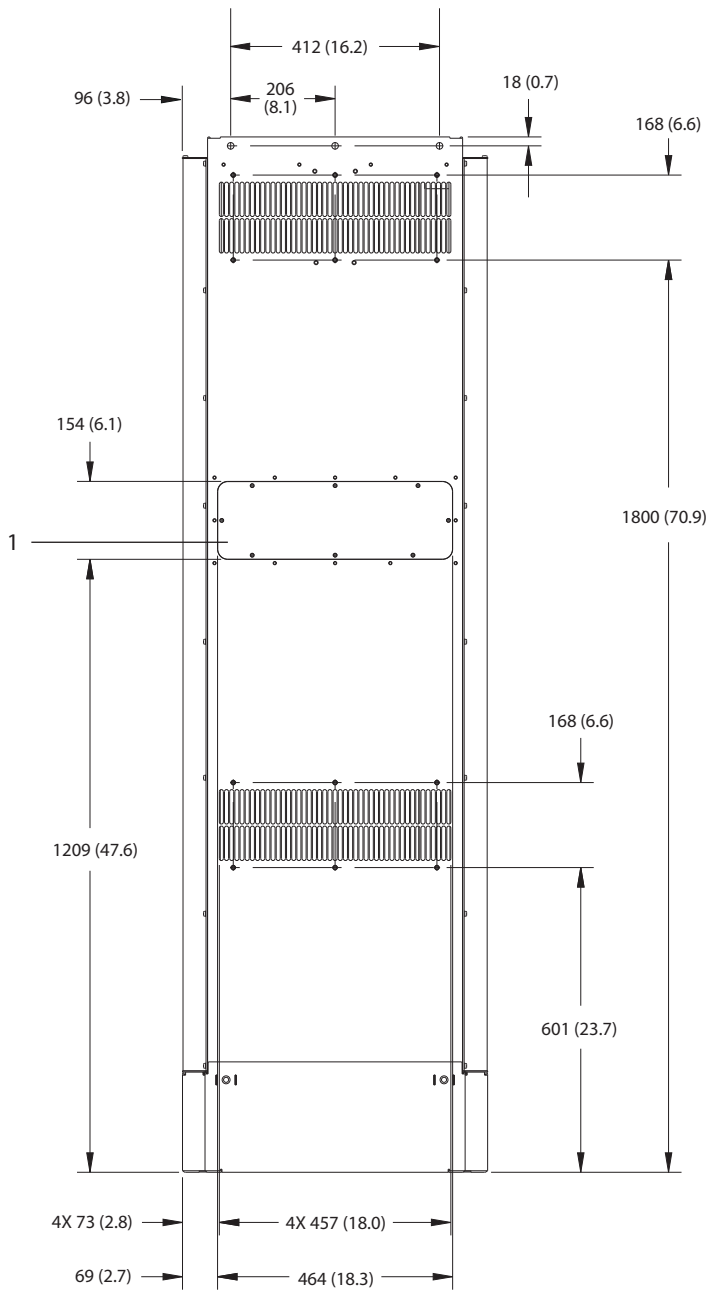
8

Abbildung 8.1 Frontansicht E1h



1	Ausbrechplatte
---	----------------

Abbildung 8.2 Seitenansicht E1h

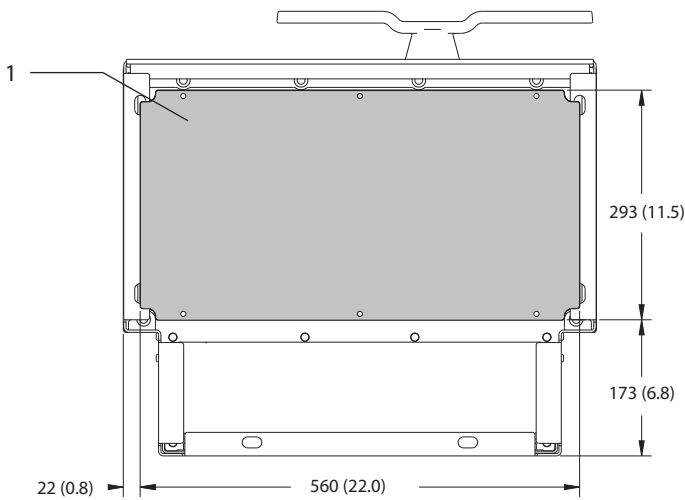
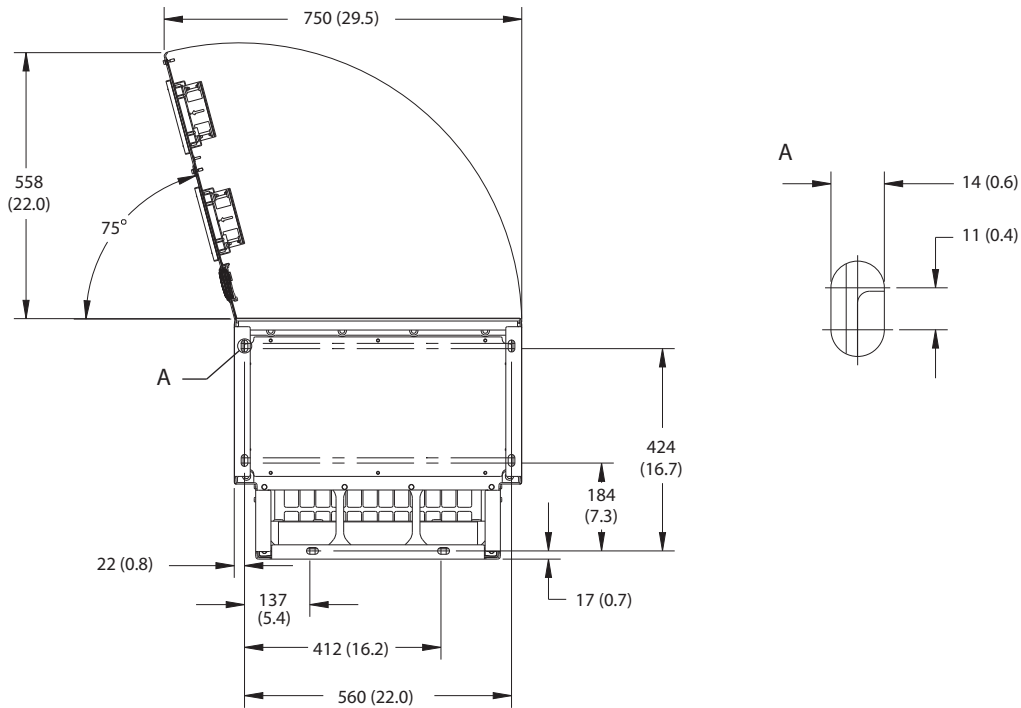


8

1	Kühlkörper-Zugang mit Abdeckung (optional)
---	--

Abbildung 8.3 Rückansicht E1h

130BF651.10



1	Bodenplatte zur Kabeleinführung
---	---------------------------------

Abbildung 8.4 Abmessungen Türabstand und Bodenplatte für E1h

8.1.2 E1h-Klemmenabmessungen

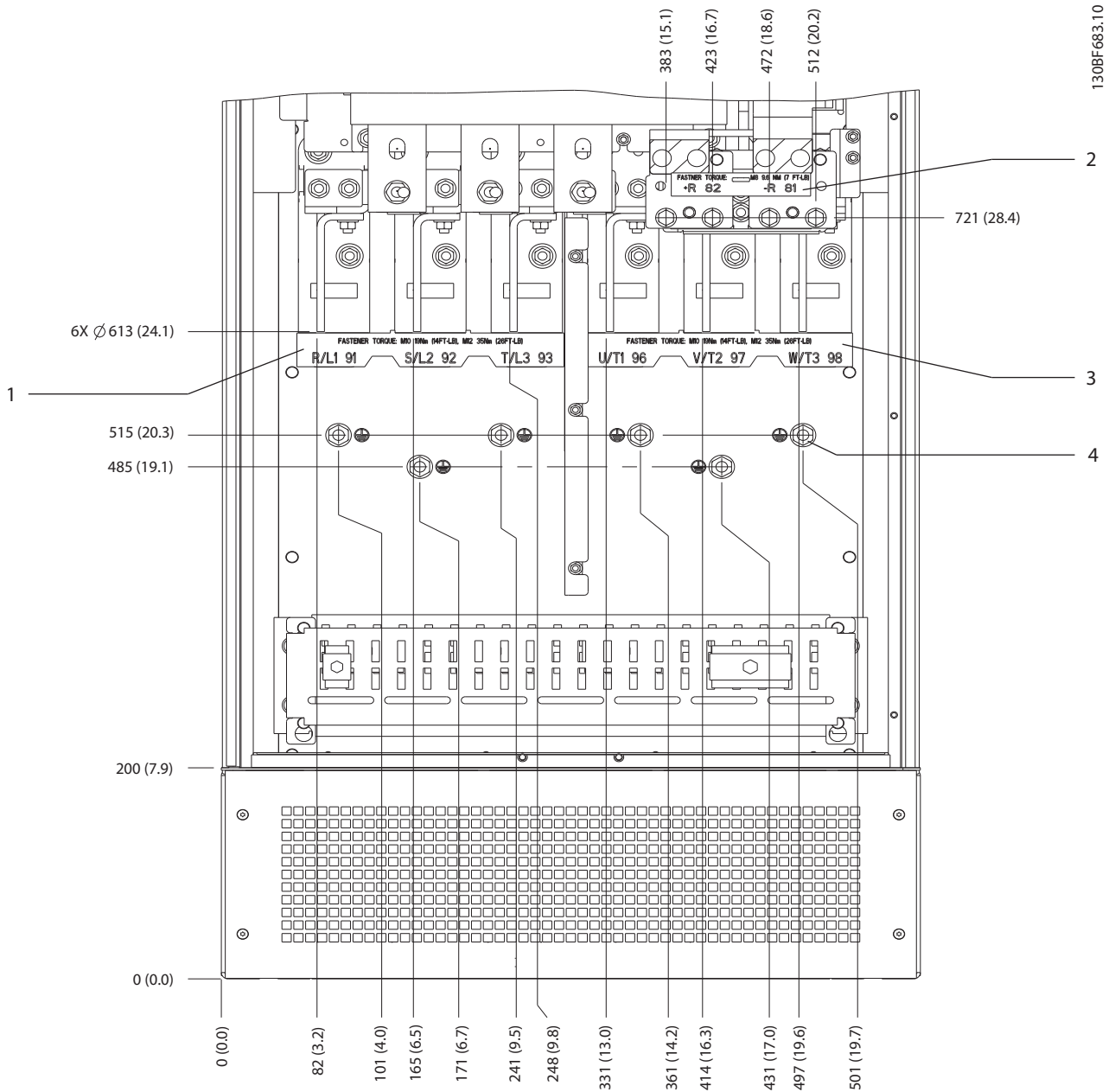


Abbildung 8.5 E1h-Klemmenabmessungen (Frontansicht)

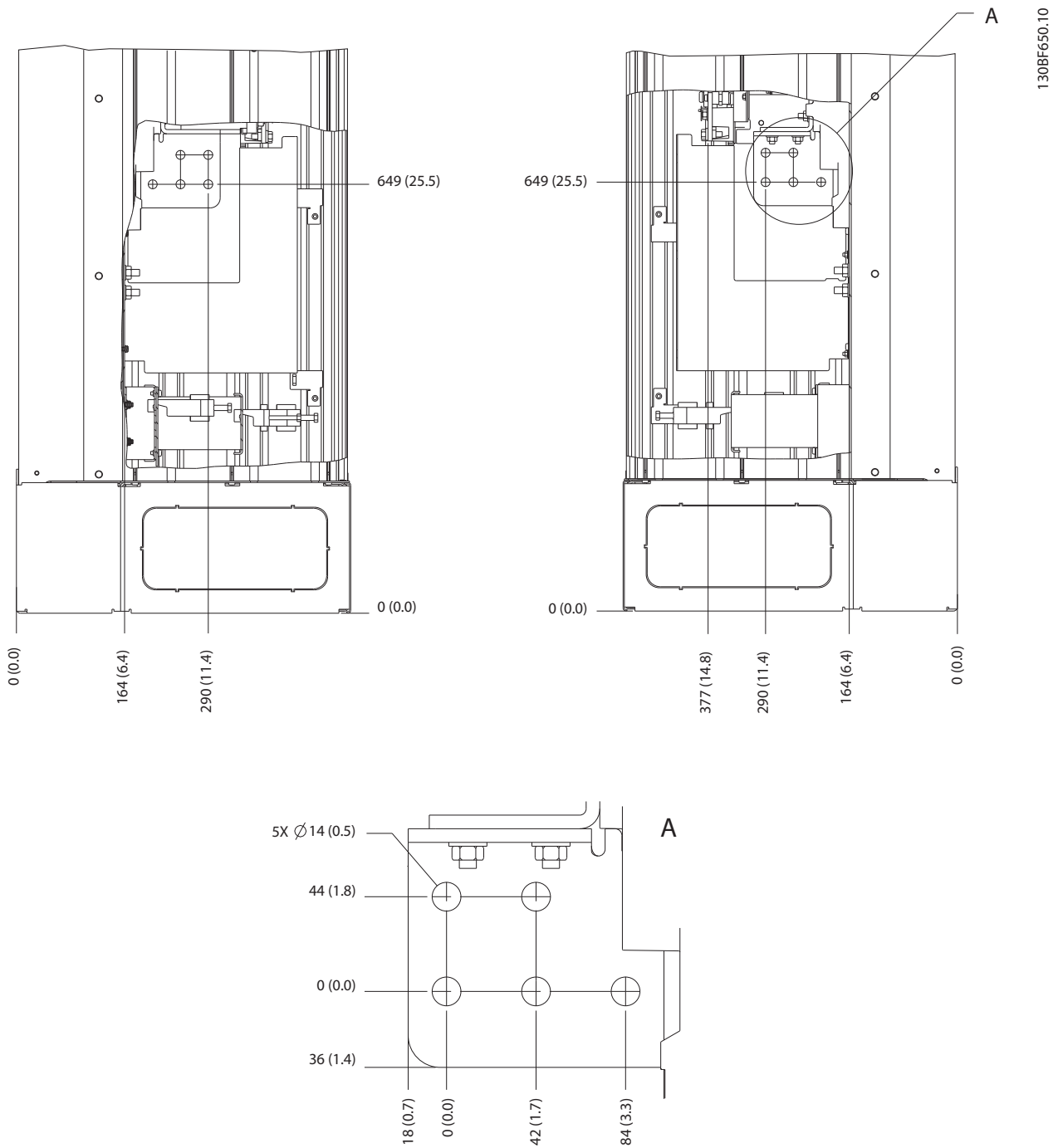
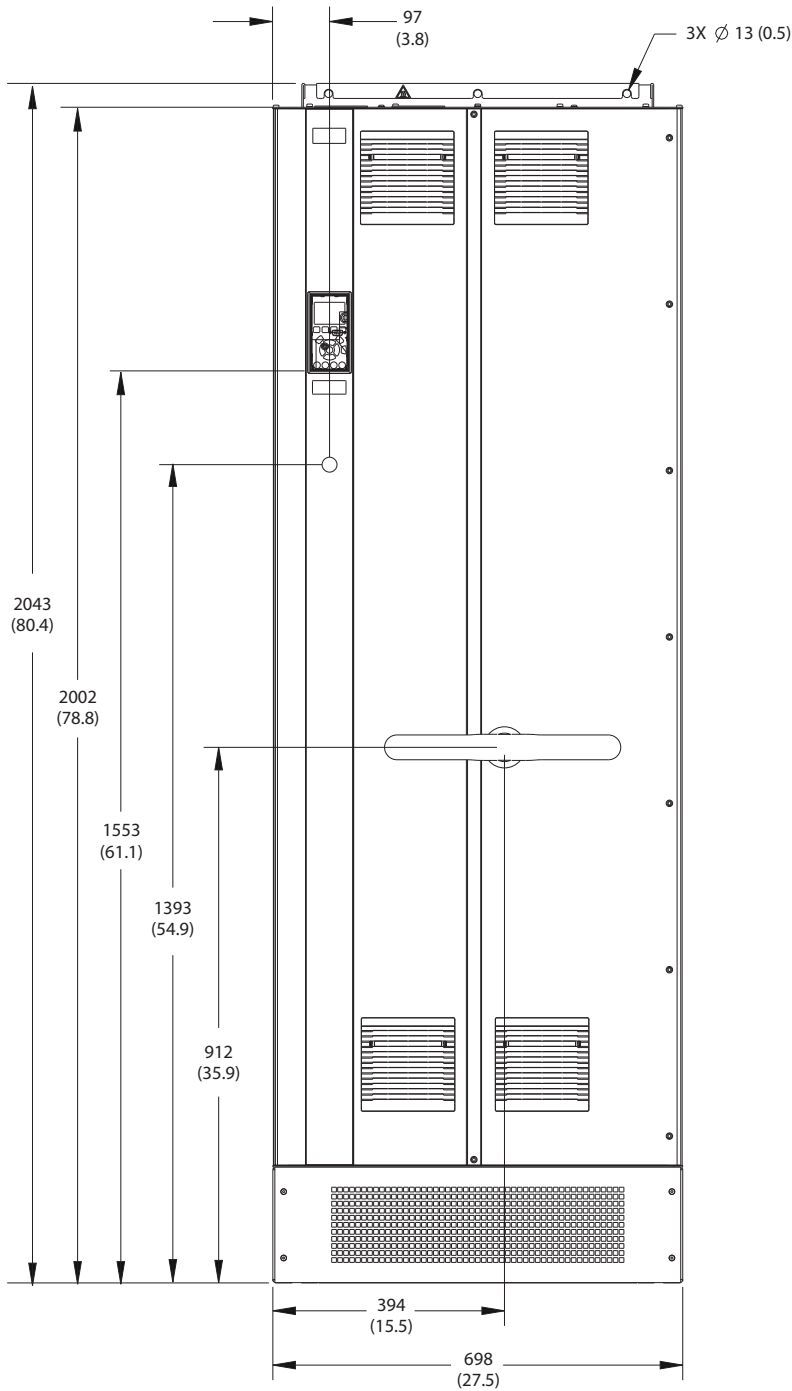


Abbildung 8.6 E1h-Klemmenabmessungen (Seitenansichten)

8.2 E2h – Außen- und Klemmenabmessungen

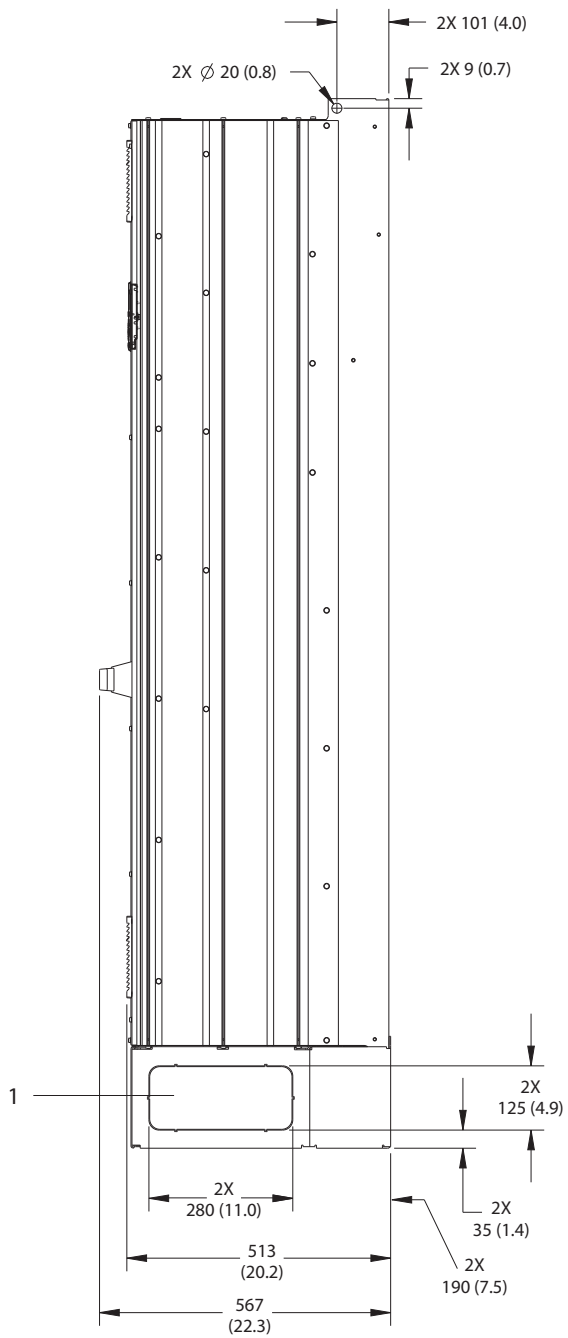
8.2.1 Außenabmessungen E2h



130BF654.10

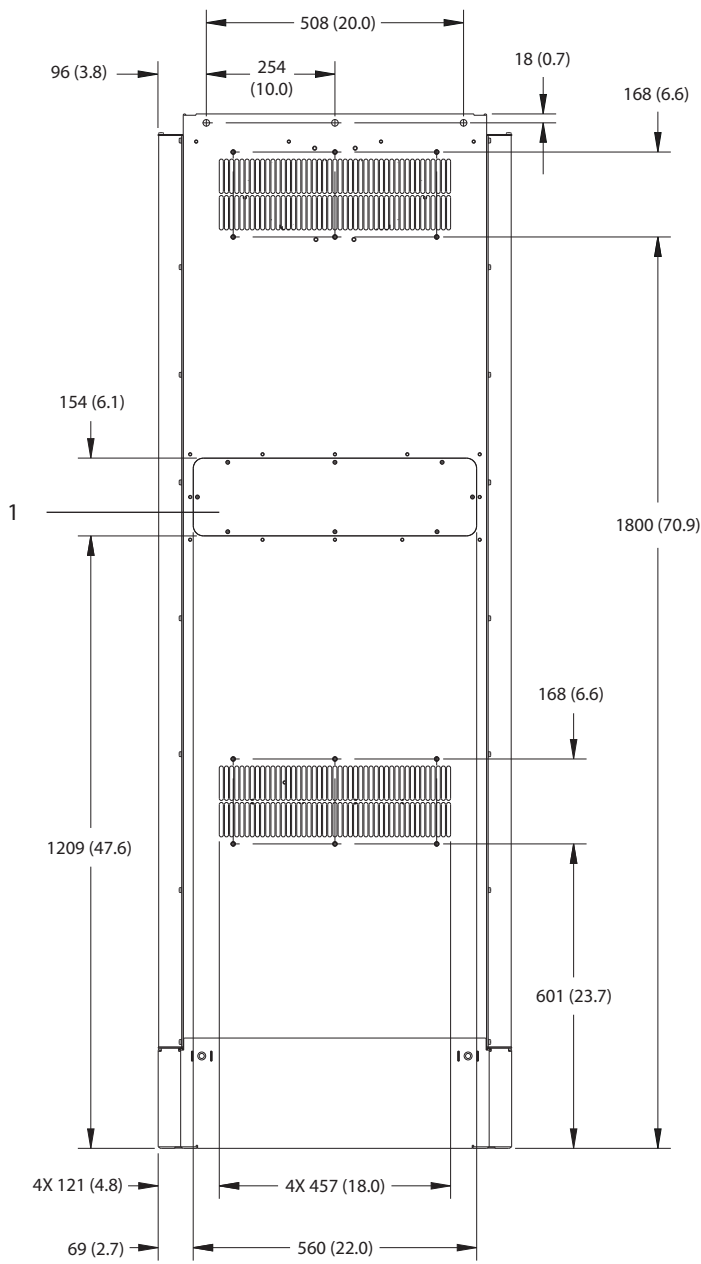
8

Abbildung 8.7 Frontansicht E2h



1	Ausbrechplatte
---	----------------

Abbildung 8.8 Seitenansicht E2h

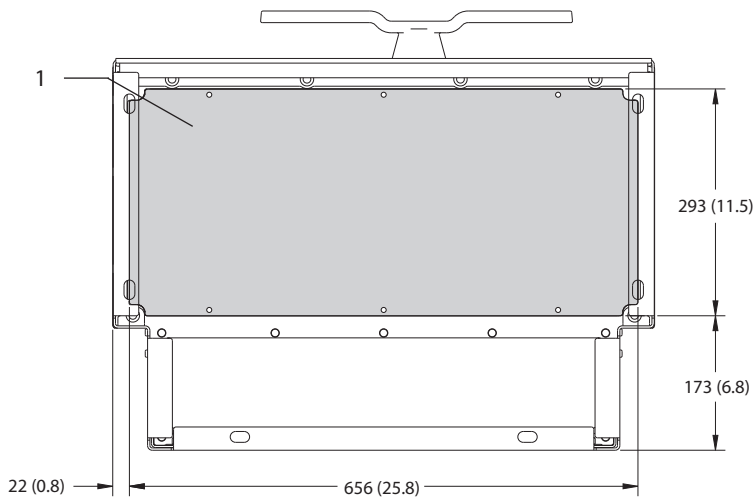
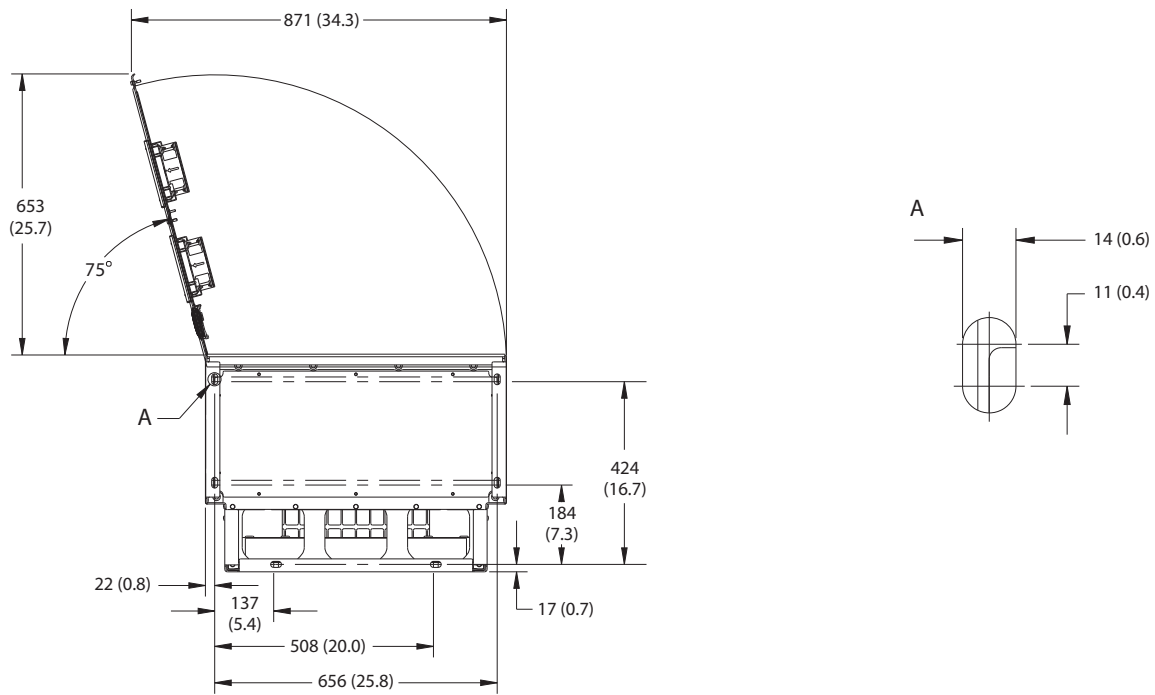


1	Kühlkörper-Zugang mit Abdeckung (optional)
---	--

Abbildung 8.9 Rückansicht E2h

8

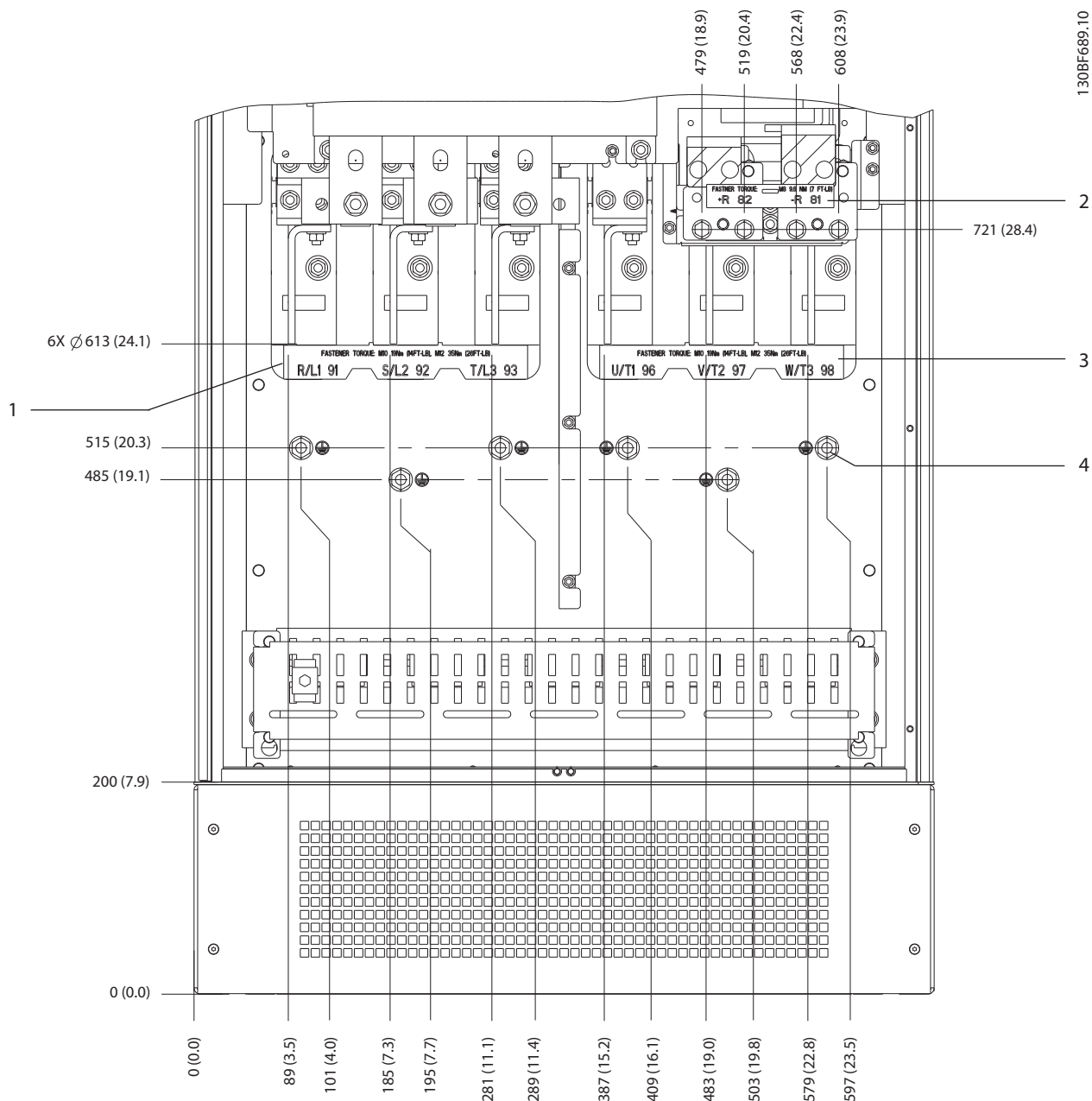
1308F652.10



1	Bodenplatte zur Kabeleinführung
---	---------------------------------

Abbildung 8.10 Abmessungen Türabstand und Bodenplatte für E2h

8.2.2 E2h-Klemmenabmessungen



1	Netzklemmen	3	Motorklemmen
2	Anschlussklemmen für Bremse oder Rückspeiseeinheit	4	Erdungsklemmen, M10-Sechskantmutter

Abbildung 8.11 E2h-Klemmenabmessungen (Frontansicht)

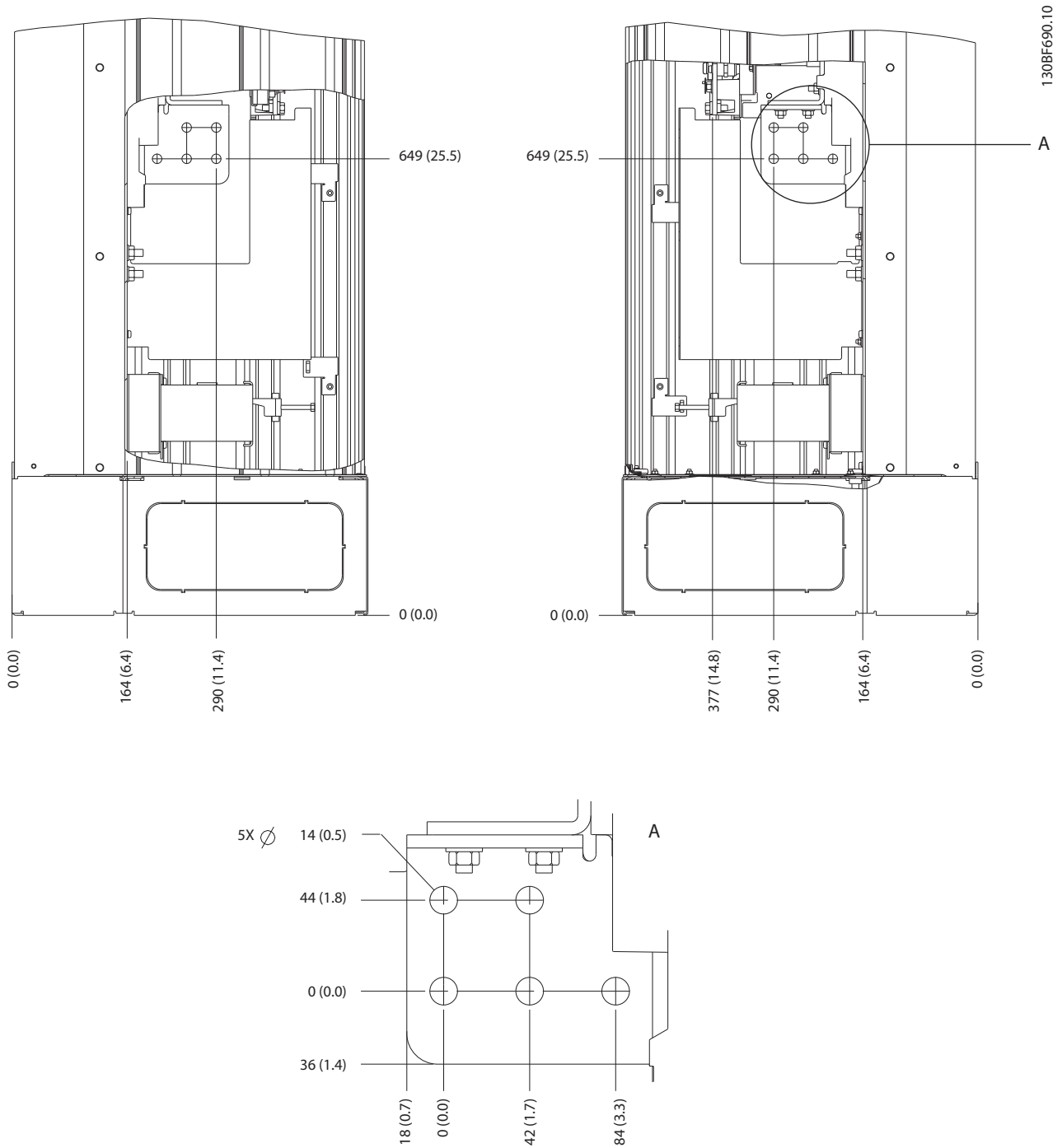
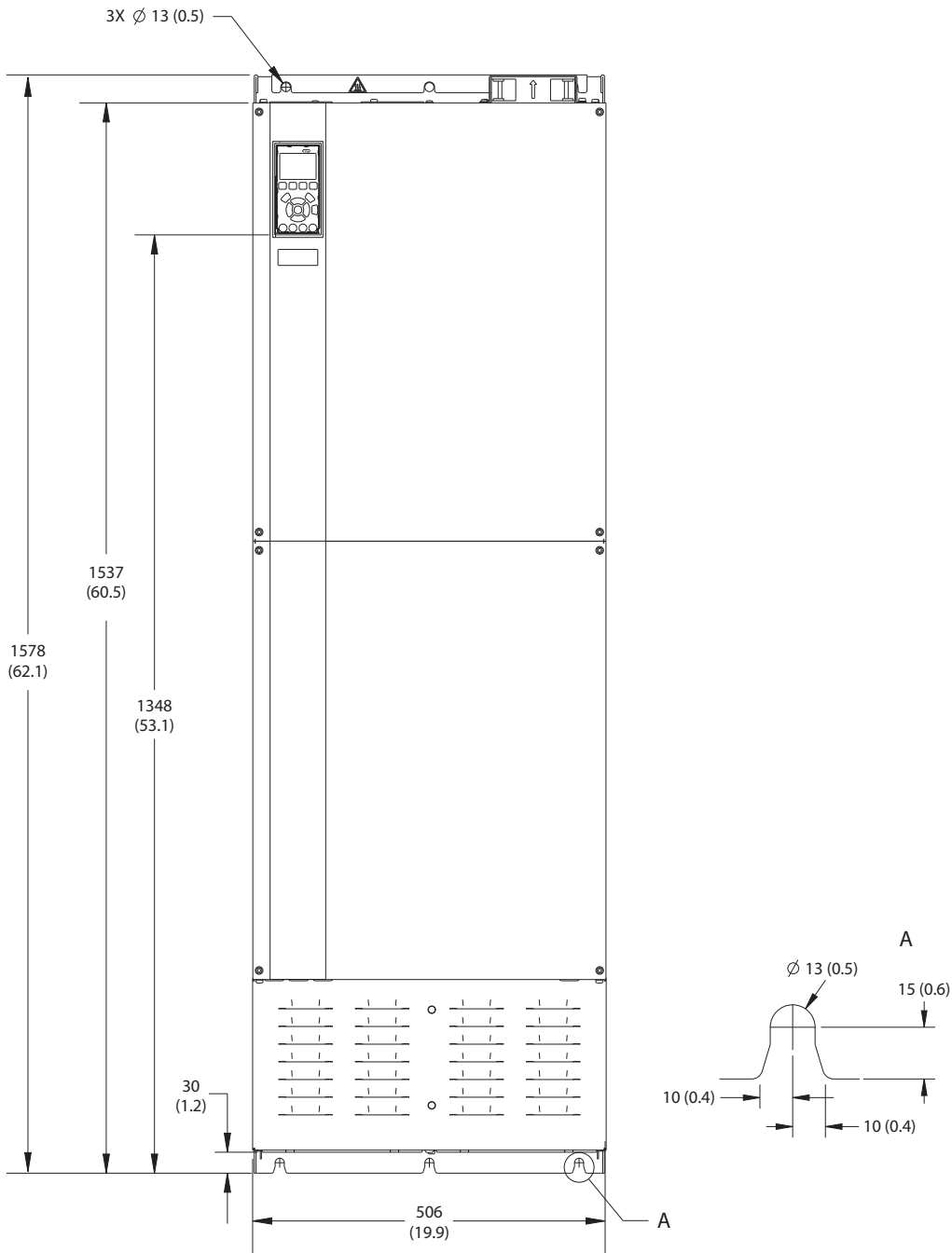


Abbildung 8.12 E2h-Klemmenabmessungen (Seitenansichten)

8.3 E3h – Außen- und Klemmenabmessungen

8.3.1 Außenabmessungen E3h



130BF656.10

8

Abbildung 8.13 Frontansicht E3h

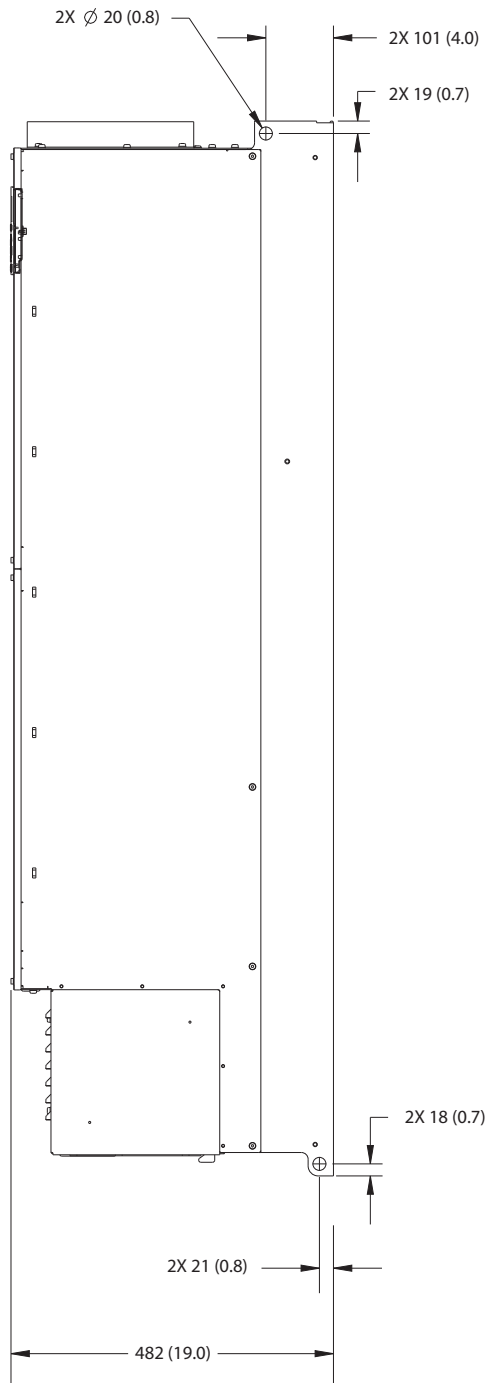
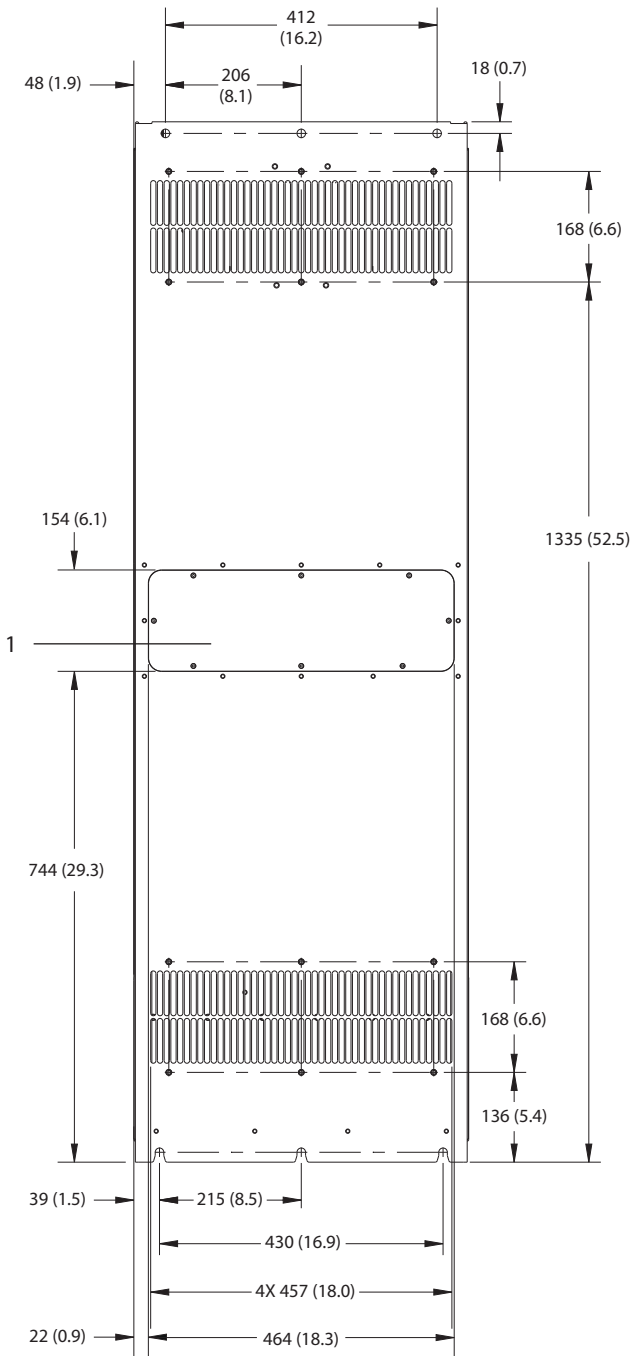


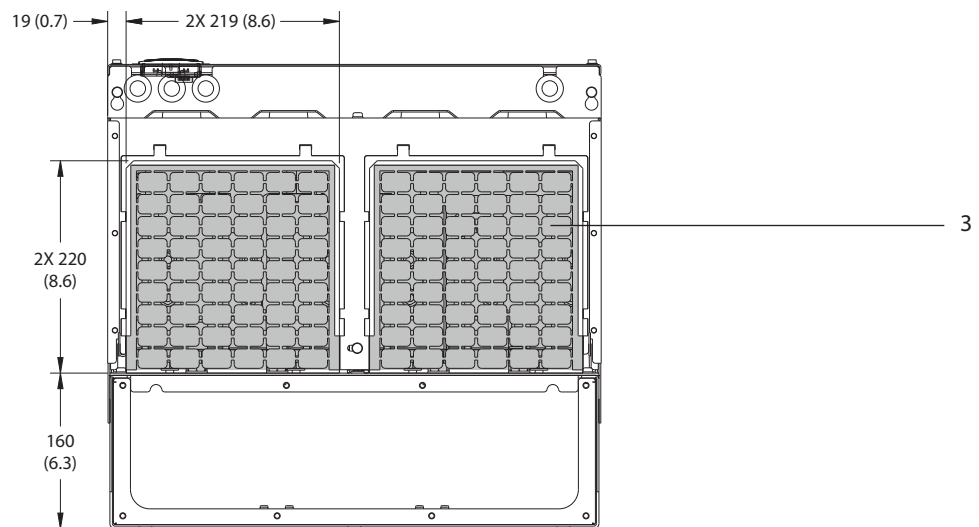
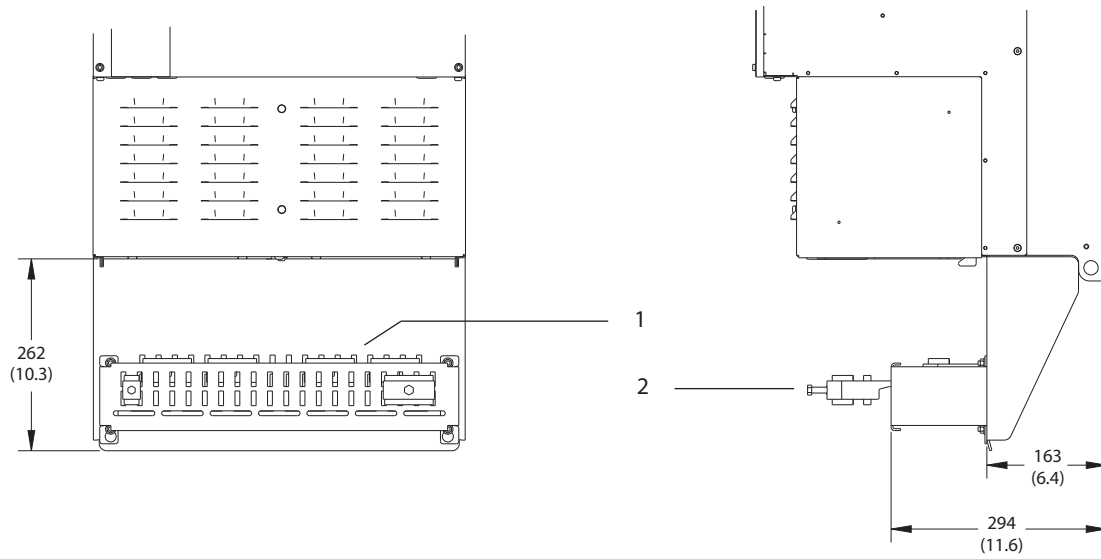
Abbildung 8.14 Seitenansicht E3h

8



1	Kühlkörper-Zugang mit Abdeckung (optional)
---	--

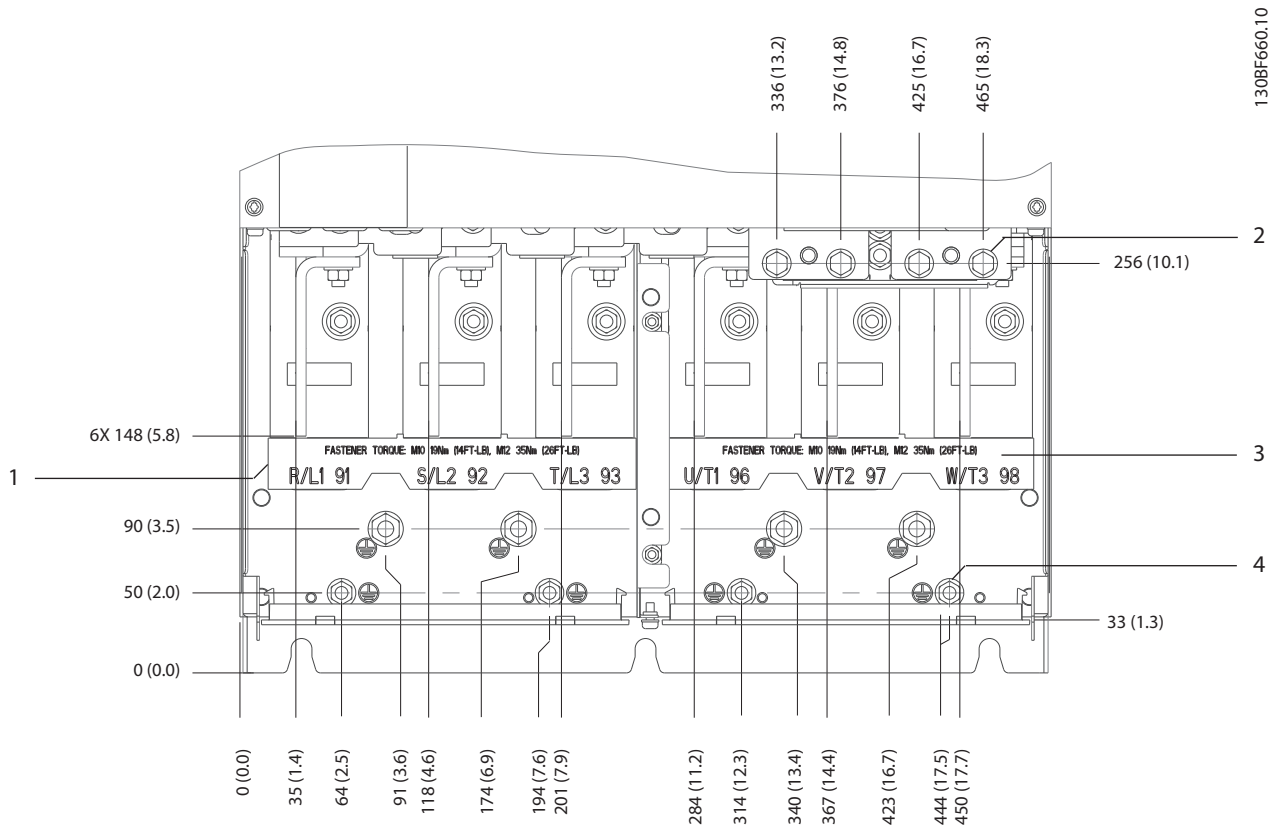
Abbildung 8.15 Rückansicht E3h



1	EMV-Schirmanschluss (Standard bei EMV-Option)
2	Kabel/EMV-Schelle
3	Bodenplatte zur Kabeleinführung

Abbildung 8.16 Abmessungen EMV-Schirmanschluss und Bodenplatte zur Kabeleinführung für E3h

8.3.2 E3h-Klemmenabmessungen



1	Netzklemmen	3	Motorklemmen
2	Anschlussklemmen für Bremse oder Rückspeiseeinheit	4	Erdungsklemmen, M8- und M10-Sechskantmuttern

Abbildung 8.17 E3h-Klemmenabmessungen (Frontansicht)

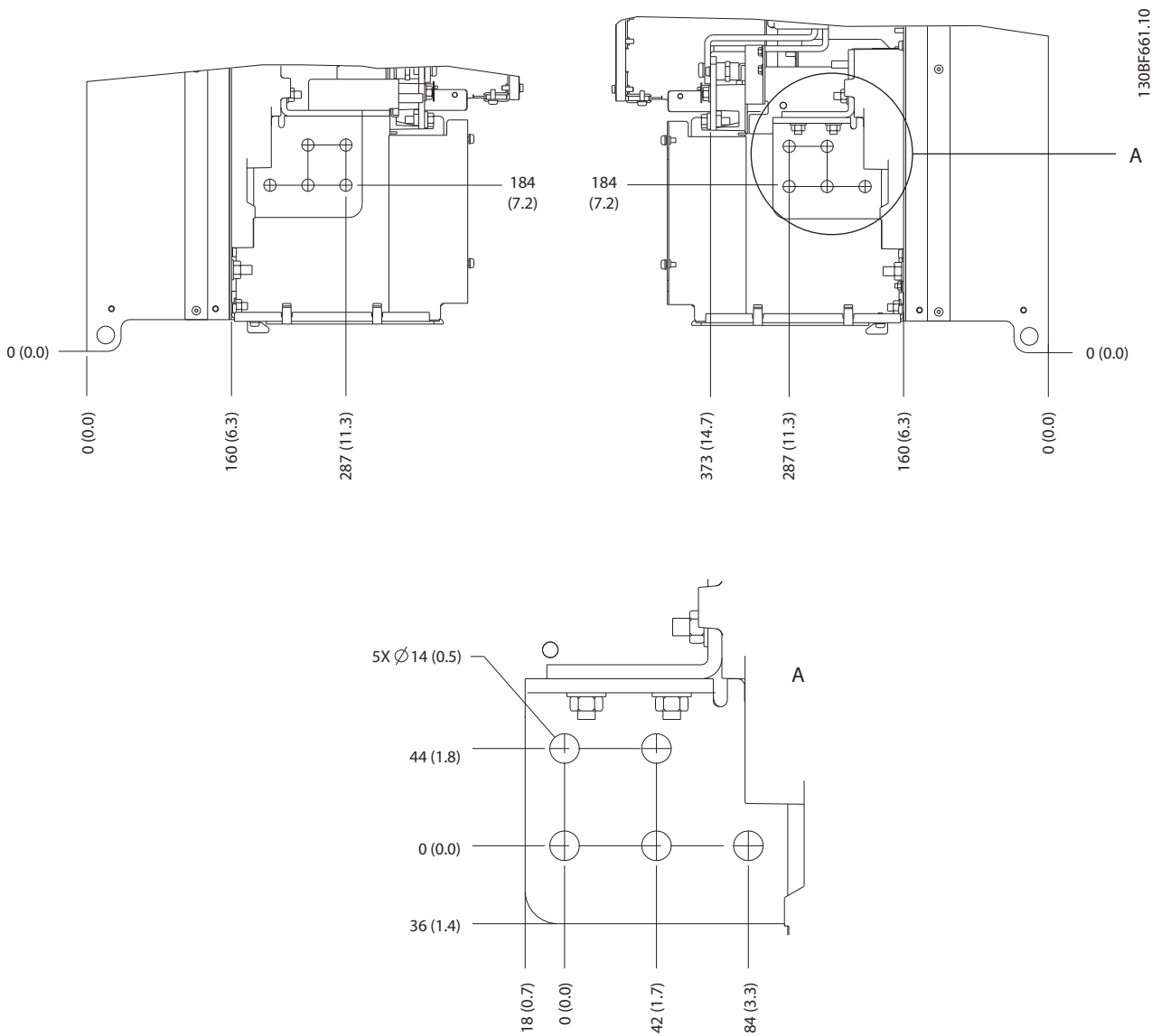


Abbildung 8.18 Abmessungen der Motor-, Netz- und Erdungsanschlussklemmen für E3h (Seitenansichten)

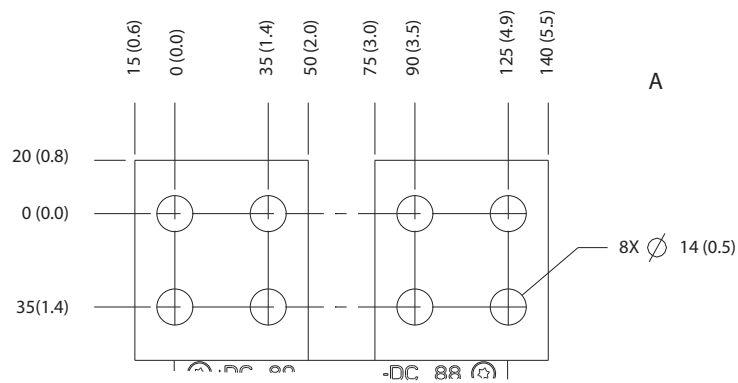
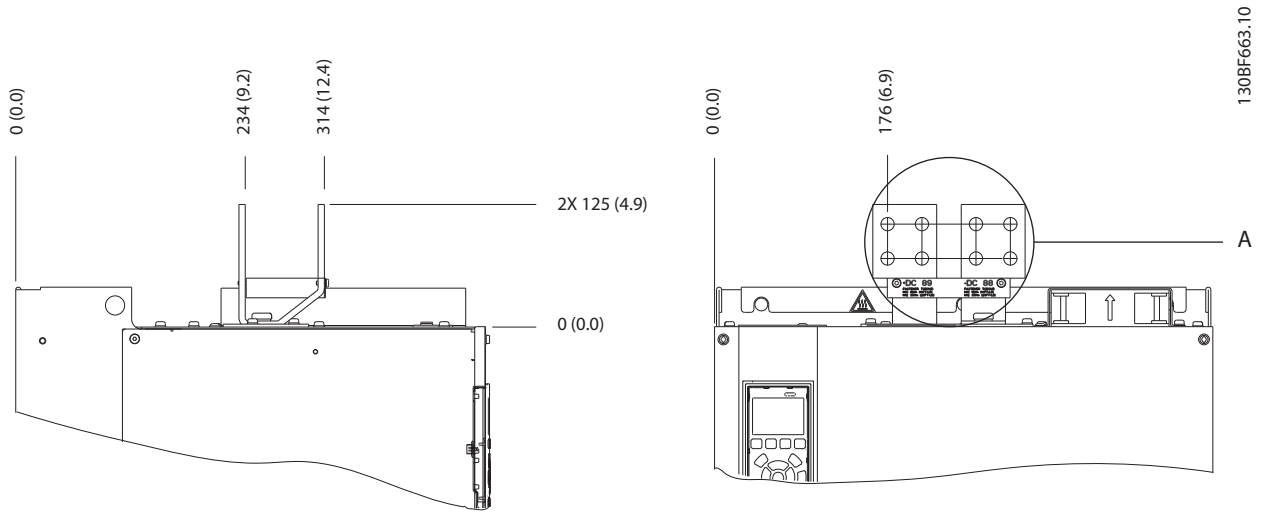
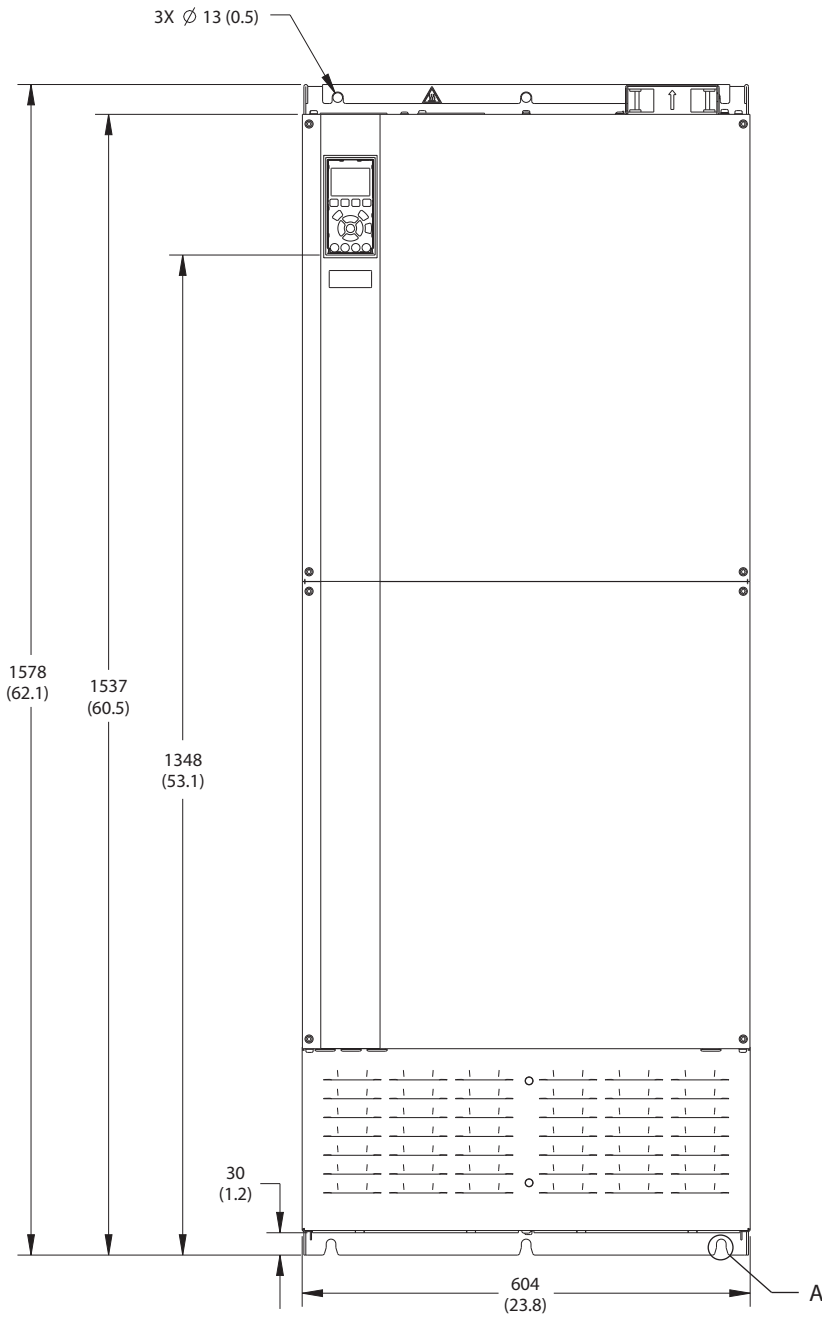


Abbildung 8.19 Abmessungen der Zwischenkreiskopplungsklemmen/Anschlüsse für Rückspeiseeinheiten für E3h

8.4 E4h – Außen- und Klemmenabmessungen

8.4.1 Außenabmessungen E4h



130BF664.10

Abbildung 8.20 Frontansicht E4h

8

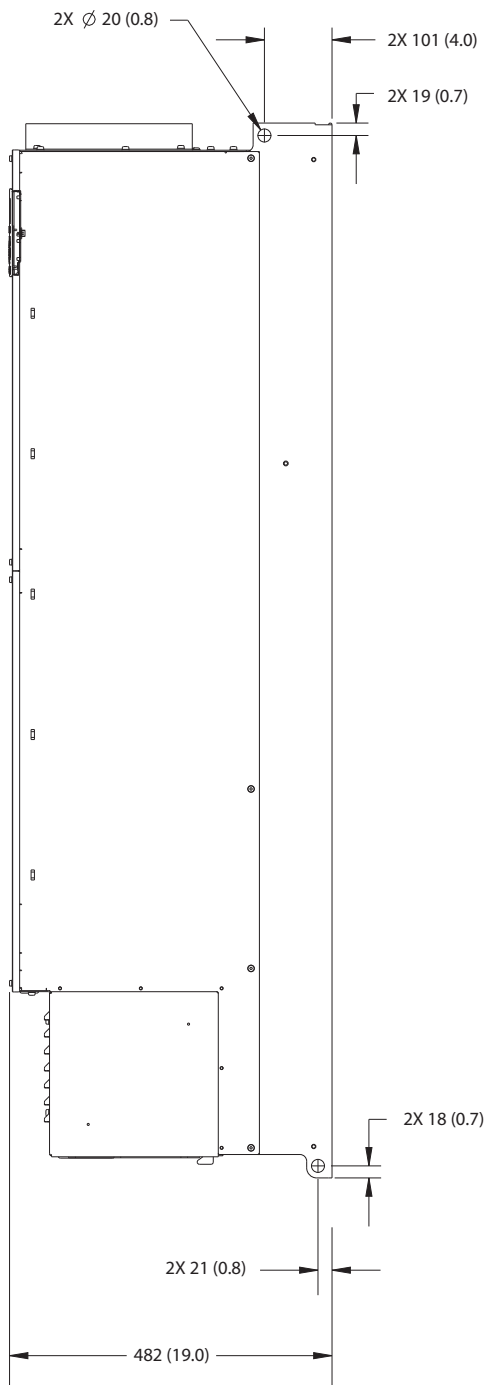
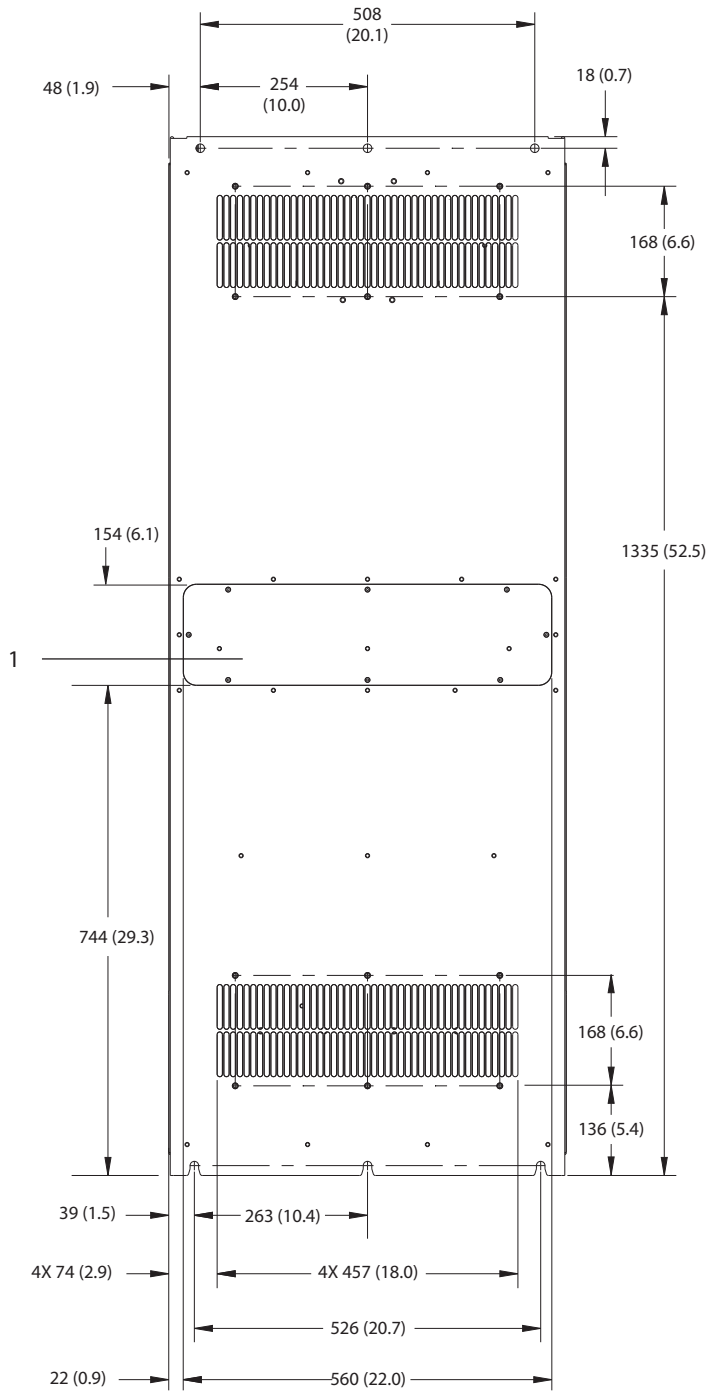
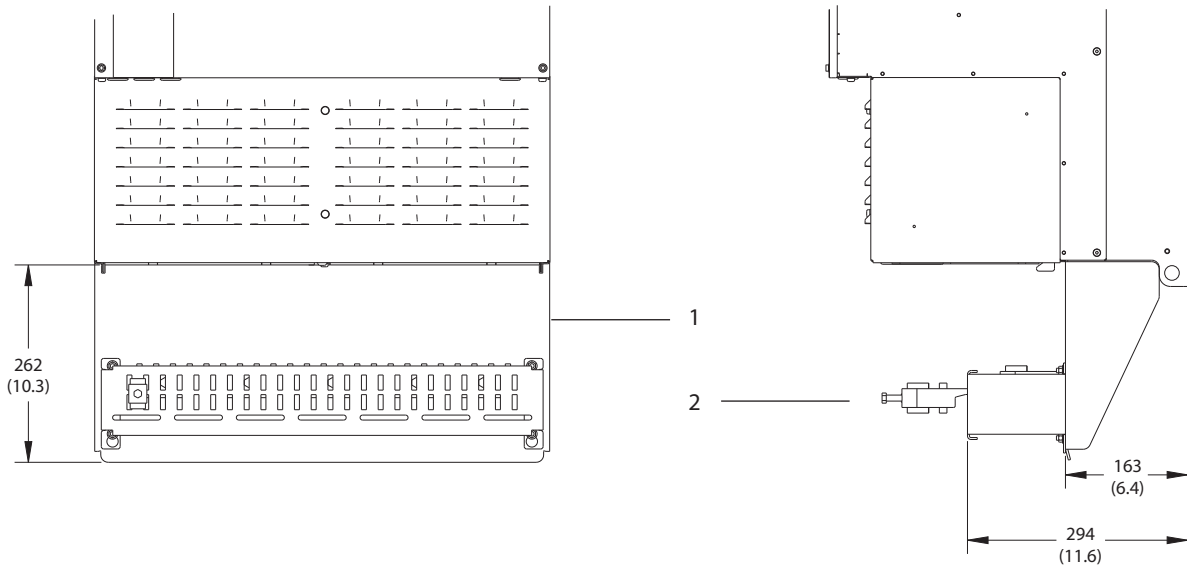


Abbildung 8.21 Seitenansicht E4h

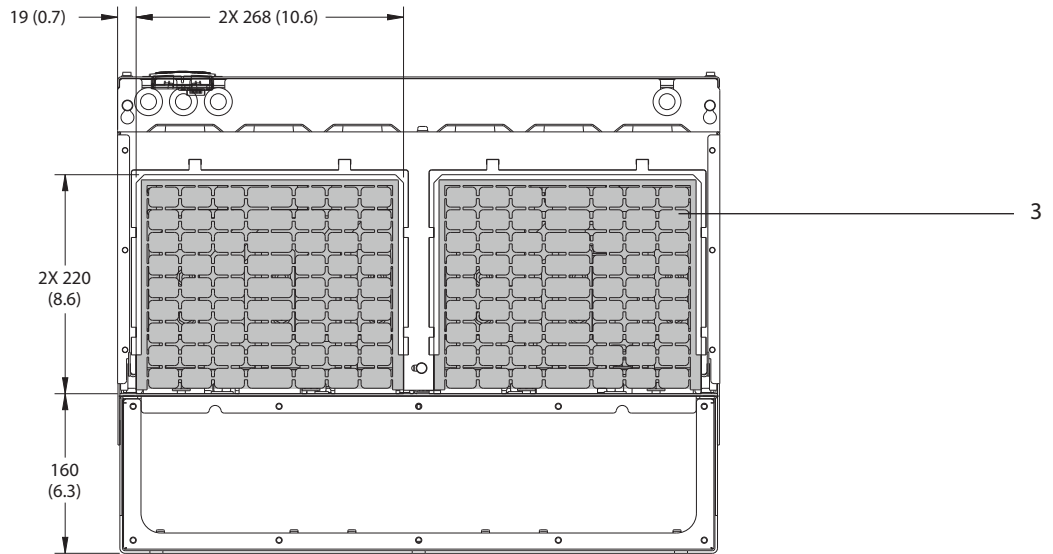


1	Kühlkörper-Zugang mit Abdeckung (optional)
---	--

Abbildung 8.22 Rückansicht E4h



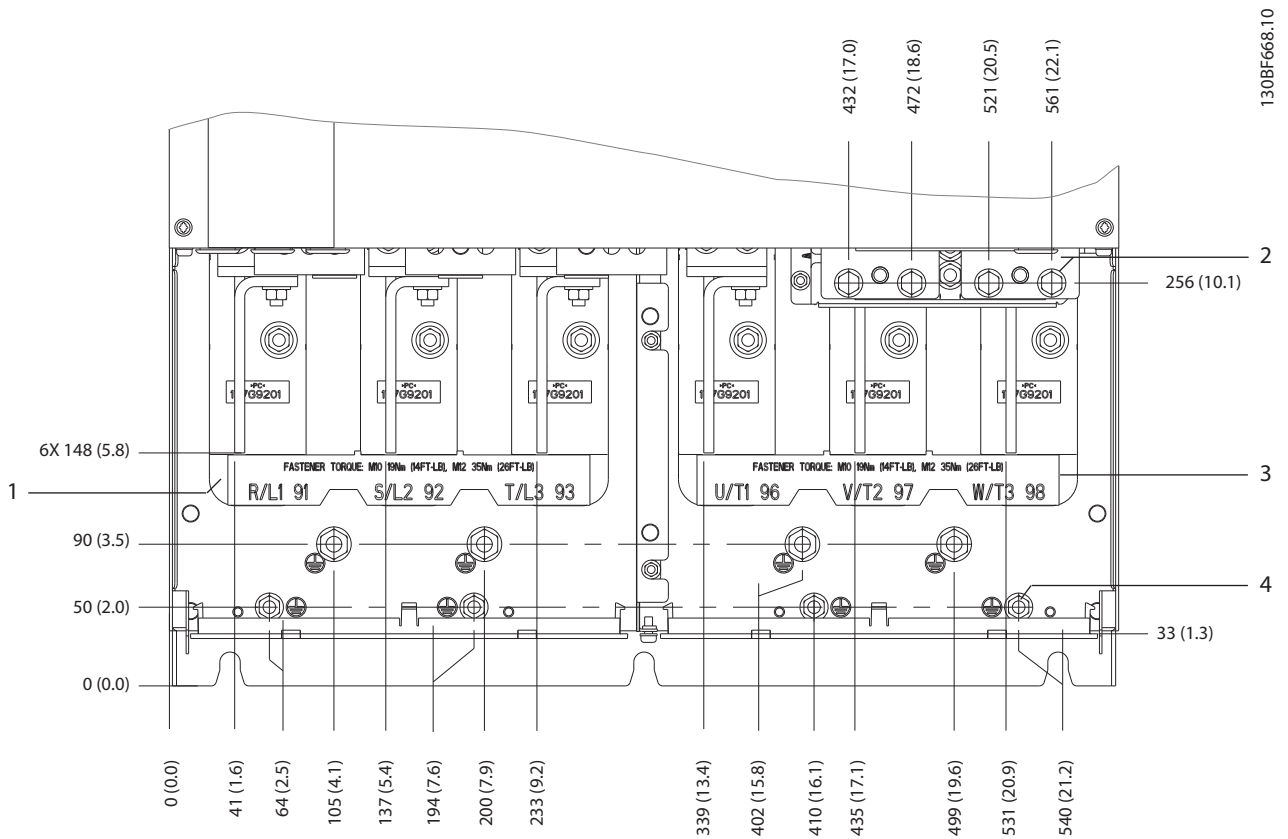
8



1	EMV-Schirmanschluss (Standard bei EMV-Option)
2	Kabel/EMV-Schelle
3	Bodenplatte zur Kabeleinführung

Abbildung 8.23 Abmessungen EMV-Schirmanschluss und Bodenplatte zur Kabeleinführung für E4h

8.4.2 E4h-Klemmenabmessungen



1	Netzklemmen	3	Motorklemmen
2	Anschlussklemmen für Bremse oder Rückspeiseeinheit	4	Erdungsklemmen, M8- und M10-Sechskantmuttern

Abbildung 8.24 E4h-Klemmenabmessungen (Frontansicht)

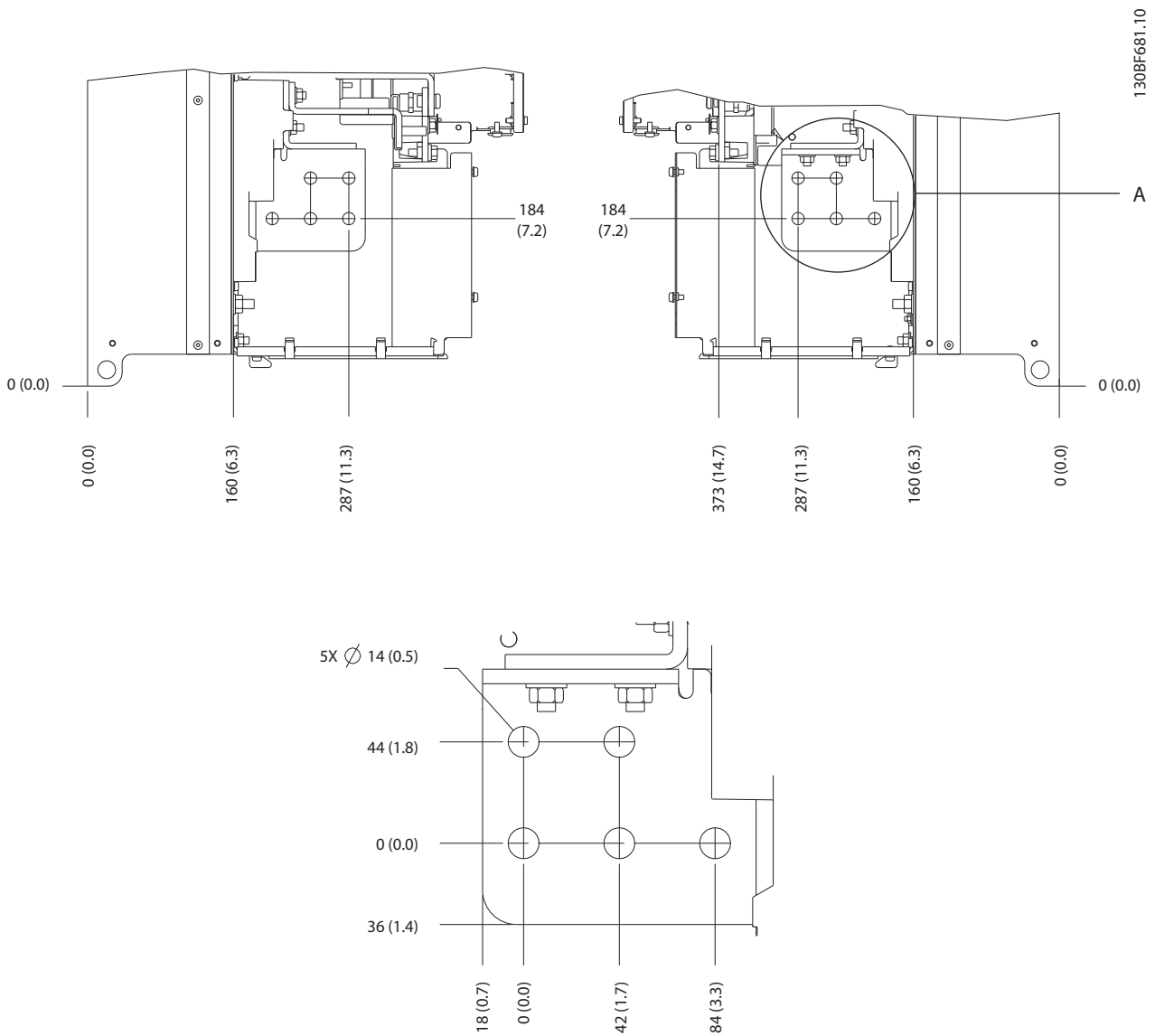
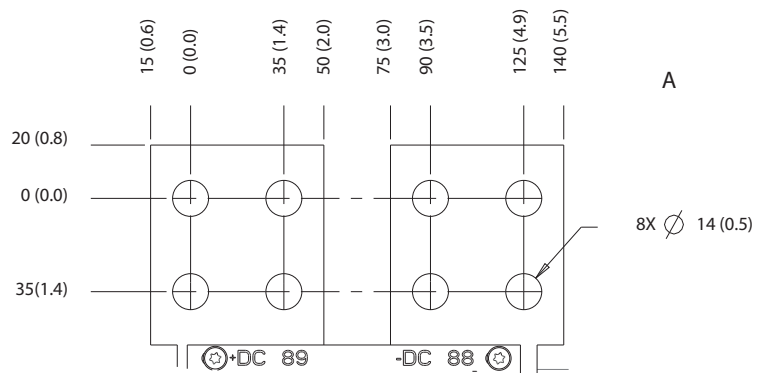
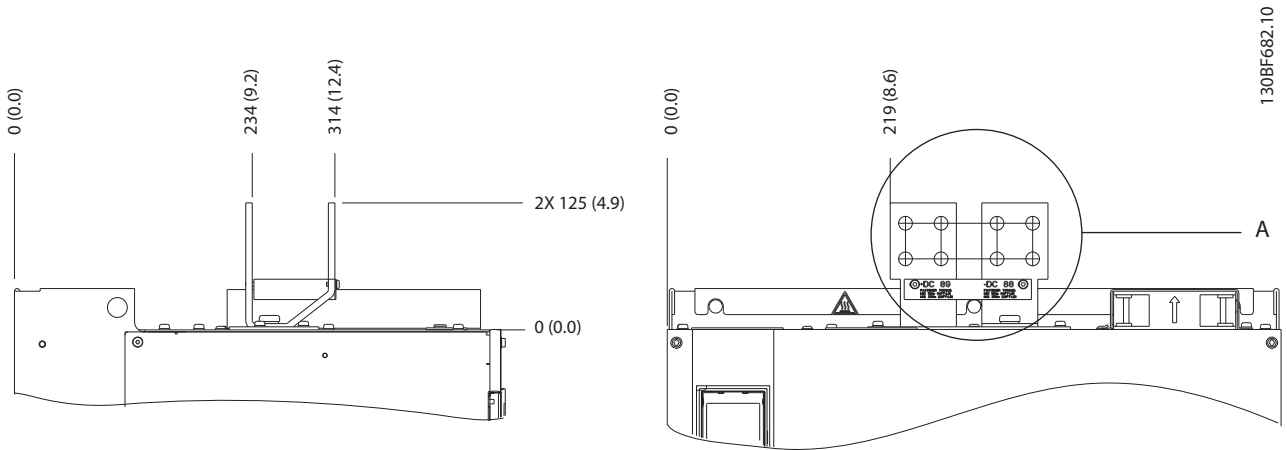


Abbildung 8.25 Abmessungen der Motor-, Netz- und Erdungsanschlussklemmen für E4h (Seitenansichten)



8

Abbildung 8.26 Abmessungen der Zwischenkreiskopplungsklemmen/Anschlüsse für Rückspeiseeinheiten für E4h

9 Allgemeine Hinweise zur mechanischen Installation

9.1 Lagerung

Lagern Sie den Frequenzumrichter an einem trockenen Ort. Es wird empfohlen, das Gerät bis zur Installation verschlossen in der Verpackung zu belassen. Hinweise zur empfohlenen Umgebungstemperatur finden Sie in *Kapitel 7.5 Umgebungsbedingungen*.

Während der Lagerung ist ein regelmäßiges Formieren (Laden der Kondensatoren) nicht erforderlich, sofern ein Zeitraum von 12 Monate nicht überschritten wird.

9.2 Anheben der Einheit

Heben Sie den Frequenzumrichter immer an den dafür vorgesehenen Hebeösen an. Um ein Verbiegen der Hebeösen zu vermeiden, verwenden Sie eine Traverse.

⚠️ WARNUNG

VERLETZUNGS- BZW. LEBENSGEFAHR

Beachten Sie die geltenden Sicherheitsvorschriften für das Heben schwerer Gewichte. Das Nichtbeachten der Empfehlungen könnte zum Tod oder zu schweren Verletzungen führen!

- Stellen Sie sicher, dass die Hebeanlage in einem ordnungsgemäßen Zustand ist.
- Siehe *Kapitel 4 Produktübersicht* für das Gewicht der verschiedenen Baugrößen.
- Maximaler Durchmesser der Stange: 20 mm (0,8 in).
- Winkel zwischen FU-Oberkante und Hubseil: mindestens 60°.

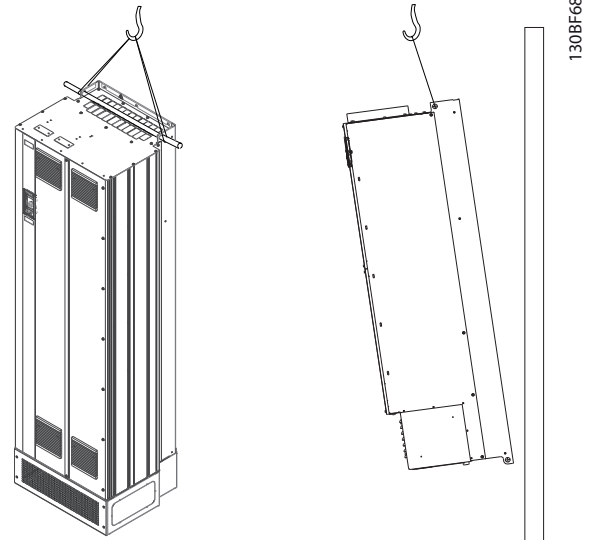


Abbildung 9.1 Empfohlenes Hebeverfahren

9.3 Betriebsumgebung

Stellen Sie in Umgebungen mit Aerosol-Flüssigkeiten, Partikeln oder korrosionsfördernden Gasen sicher, dass die Schutzart der Geräte der Installationsumgebung entspricht. Spezifikationen zu den Umgebungsbedingungen finden Sie in *Kapitel 7.5 Umgebungsbedingungen*.

HINWEIS

KONDENSATION

Feuchtigkeit kann an den elektronischen Komponenten kondensieren und Kurzschlüsse verursachen. Vermeiden Sie eine Installation in Bereichen, in denen Frost auftritt. Installieren Sie eine optionale Schaltschrankheizung, wenn der Frequenzumrichter kühler als die Umgebungsluft ist. Im Standby-Betrieb wird die Kondensation reduziert, solange der Leistungsverlust die Schaltung frei von Feuchtigkeit hält.

HINWEIS**EXTREME UMGEBUNGSBEDINGUNGEN**

Heiße oder kalte Temperaturen beeinträchtigen Leistung und Langlebigkeit von Geräten.

- Das Gerät darf nicht in Umgebungen mit einer Umgebungstemperatur von über 55 °C (131 °F) betrieben werden.
- Der Frequenzumrichter kann bei Temperaturen bis zu -10 °C (14 °F) betrieben werden. Ein ordnungsgemäßer Betrieb bei Nennlast ist jedoch erst bei Temperaturen ab 0 °C (32 °F) oder höher garantiert.
- Wenn die Grenzwerte für die Umgebungstemperatur überschritten werden, ist eine zusätzliche Klimatisierung des Schaltschranks oder des Installationsorts erforderlich

9.3.1 Gase

Aggressive Gase wie Schwefelwasserstoff, Chlor oder Ammoniak können die elektrischen und mechanischen Komponenten beschädigen. Das Gerät verwendet schutzbeschichtete Leiterplatten zur Reduzierung der Auswirkungen von aggressiven Gasen. Spezifikationen und Nennwerte der Schutzbeschichtungsklassen sind in Kapitel 7.5 Umgebungsbedingungen zu finden.

9.3.2 Staub

Beachten Sie bei der Installation des Frequenzumrichters in staubigen Umgebungen Folgendes:

Regelmäßige Wartung

Wenn sich Staub an elektronischen Bauteilen ansammelt, wirkt er als Isolierungsschicht. Diese Schicht reduziert die Kühlleistung der Komponenten, sodass sich die Komponenten erwärmen. Die heißere Umgebung führt zu einer Reduzierung der Lebensdauer der elektronischen Komponenten.

Halten Sie den Kühlkörper und die Lüfter frei von Staub. Weitere Wartungs- und Instandhaltungsinformationen finden Sie in der Bedienungsanleitung.

Kühllüfter

Lüfter liefern einen Luftstrom zur Kühlung des Frequenzumrichters. Wenn die Lüfter staubigen Umgebungen ausgesetzt sind, kann der Staub die Lüfterlager beschädigen und frühzeitigen Ausfall der Lüfter verursachen. Staub kann sich auch auf den Lüfterflügeln ansammeln und zu einer Unwucht führen, welche eine ordnungsgemäße Kühlung des Geräts durch den Lüfter verhindert.

9.3.3 Explosionsgefährdete Bereiche**▲ WARNUNG****EXPLOSIONSGEFÄHRDETE BEREICHE**

Installieren Sie keine Frequenzumrichter in explosionsgefährdeten Bereichen. Installieren Sie das Gerät in einem Schaltschrank außerhalb dieses Bereichs. Eine Nichtbeachtung dieser Richtlinie kann zum Tod oder zu schweren Verletzungen führen!

In explosionsgefährdeten Bereichen betriebene Anlagen müssen bestimmte Bedingungen erfüllen. Die EU-Richtlinie 94/9/EG (ATEX 95) beschreibt den Betrieb elektronischer Geräte in explosionsgefährdeten Bereichen.

- Die Zündschutzart d sieht vor, dass eine etwaige Funkenbildung ausschließlich in einem geschützten Bereich stattfindet.
- Die Zündschutzart e verbietet jegliche Funkenbildung.

Motoren mit der Zündschutzart d

Erfordert keine Zulassung. Spezielle Verdrahtung und Eindämmung sind erforderlich.

Motoren mit der Zündschutzart e

In Kombination mit einer ATEX-zugelassenen PTC-Überwachungsvorrichtung wie der VLT® PTC-Thermistorkarte MCB 112 ist für die Installation keine separate Zulassung einer ausgewiesenen Zertifizierungsstelle erforderlich.

Motoren mit der Zündschutzart d/e

Der Motor ist von der Zündschutzart e, während die Motorverkabelung und die Anschlussumgebung in Übereinstimmung mit der Klassifizierung d ist. Verwenden Sie zur Dämpfung einer hohen Spitzenspannung einen Sinusfilter am Ausgang.

Verwenden Sie beim Einsatz in einem explosionsgefährdeten Bereich Folgendes:

- Motoren der Zündschutzart d oder e.
- PTC-Temperatursensor zur Überwachung der Motortemperatur.
- Kurze Motorkabel.
- Sinus-Ausgangsfilter, wenn abgeschirmte Motorkabel nicht verwendet werden.

HINWEIS**ÜBERWACHUNG DES MOTORTHERMISTORSENSORS**

Frequenzumrichter mit der Option VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 sind PTB-zertifiziert für explosionsgefährdete Bereiche.

9.4 Montagehinweis

Tabelle 9.1 listet die verfügbaren Montagekonfigurationen für jedes Gehäuse auf. Spezifische Installationsanweisungen für die Wand- oder Sockelmontage finden Sie in der *Bedienungsanleitung*. Nähere Angaben finden Sie auch in *Kapitel 8 Außen- und Klemmenabmessungen*.

HINWEIS

Eine unsachgemäße Montage kann zu Überhitzung und einer reduzierten Leistung führen.

Montage	E1h	E2h	E3h	E4h
Sockel	X	X	-	-
Wand	-	-	X	X

Tabelle 9.1 Montagekonfigurationen für Gehäuse E1h–E4h

Montageüberlegungen:

- Stellen Sie das Gerät so nah wie möglich am Motor auf. Informationen zur Maximallänge für Motorkabel sind in *Kapitel 7.6 Kabelspezifikationen* angegeben.
- Sorgen Sie durch Montage des Geräts auf einer festen Oberfläche dafür, dass das Gerät stabil steht.
- Sie können die Bauformen E3h und E4h in folgender Weise montieren:
 - Senkrecht, Rückwand zur Montagefläche (typische Installation).
 - Senkrecht über Kopf, Rückwand zur Montagefläche,¹⁾
 - Horizontal, Rückwand zur Montagefläche,¹⁾
 - Horizontal auf der Seite liegend, montiert an der Rückwand,¹⁾
- Achten Sie darauf, dass der Montageort stabil genug ist, um das Gewicht des Geräts zu tragen.
- Achten Sie darauf, dass rund um das Gerät ausreichend Platz für eine ordnungsgemäße Kühlung vorhanden ist. Siehe *Kapitel 5.13 Rückseitiger Kühlkanal*.
- Achten Sie darauf, dass ausreichend Platz zum Öffnen der Tür ist.
- Achten Sie darauf, dass die Kabeleinführung von unten erfolgt.

1) Wenden Sie sich bei nicht-typischen Installationen an das Werk.

9.5 Kühlung

HINWEIS

Eine unsachgemäße Montage kann zu Überhitzung und einer reduzierten Leistung führen. Informationen zur ordnungsgemäßen Montage finden Sie unter *Kapitel 9.4 Montagehinweis*.

- Sehen Sie über und unter dem Frequenzumrichter zur Luftzirkulation einen ausreichenden Abstand vor. Abstandsanforderung: 225 mm.
- Achten Sie auf eine ausreichende Luftdurchflussrate. Siehe *Tabelle 9.2*.
- Berücksichtigen Sie eine Leistungsreduzierung aufgrund hoher Temperaturen zwischen 45 °C (113 °F) und 50 °C (122 °F) und einer Höhenlage von 1000 m über dem Meeresspiegel. Detaillierte Informationen zur Leistungsreduzierung finden Sie unter *Kapitel 9.6 Leistungsreduzierung*.

Der Frequenzumrichter nutzt ein Kühlkonzept über rückseitige Kühlkanäle, die Kühlluft abführen. Die Kühlluft führt ca. 90 % der Wärme über die Rückseite des Frequenzumrichters ab. Leiten Sie die vom rückseitigen Kühlkanal abgeführte warme Luft mit Hilfe einer der folgenden Lösungen aus dem Schaltschrank oder Raum ab:

- **Kanalkühlung**
Ein Einbausatz mit rückseitigem Kühlkanal steht zur Verfügung, mit dem Sie die Kühlluft aus dem Schaltschrank ableiten können, wenn ein Frequenzumrichter der Schutzart IP20 in einem Rittal-Schaltschrank eingebaut ist. Durch Verwendung dieses Einbausatzes verringern Sie die Wärmeentwicklung im Schaltschrank, sodass Sie kleinere Türkühlkörper verwenden können.
- **Rückwand-Kühlung**
Die Anbringung von oberen und unteren Abdeckungen am Frequenzumrichter ermöglicht es, die Kühlluft vom rückseitigen Kühlkanal aus dem Raum abzuleiten.

HINWEIS

Für die Bauformen E3h und E4h (IP20) ist im Schaltschrank mindestens ein Türlüfter erforderlich, um die nicht im rückseitigen Kühlkanal des Frequenzumrichters gehaltene Wärme anzuleiten. Zudem wird die durch weitere Komponenten im Frequenzumrichter erzeugte Wärme ebenfalls abgeführt. Zur Auswahl der passenden Lüftergröße berechnen Sie den erforderlichen Gesamtluftstrom.

Sorgen Sie für die notwendige Luftströmung über den Kühlkörper.

Baugröße	Türlüfter/Dachlüfter [m³/h (cfm)]	Kühlkörperlüfter [m³/h (cfm)]
E1h	510 (300)	994 (585)
E2h	552 (325)	1053–1206 (620–710)
E3h	595 (350)	994 (585)
E4h	629 (370)	1053–1206 (620–710)

Tabelle 9.2 Luftdurchsatz

9.6 Leistungsreduzierung

Die Leistungsreduzierung wird zur Reduzierung des Ausgangsstroms in bestimmten Situationen verwendet, wodurch vermieden wird, dass der Frequenzumrichter im Schaltschrank übermäßige Wärme erzeugt. Ziehen Sie eine Leistungsreduzierung in Betracht, wenn eine der folgenden Bedingungen vorhanden ist:

- Betrieb mit niedriger Drehzahl
- Niedriger Luftdruck (große Höhenlagen).
- Hohe Umgebungstemperatur
- Hohe Taktfrequenz.
- Lange Motorkabel
- Kabel mit großem Querschnitt

Wenn diese Bedingungen vorherrschen, empfiehlt Danfoss die Verwendung einer größeren Leistungsgröße.

9.6.1 Leistungsreduzierung für Betrieb mit niedriger Drehzahl

Wenn ein Motor an den Frequenzumrichter angeschlossen ist, muss für eine ausreichende Motorkühlung gesorgt sein. Der Grad der Kühlung hängt von der Last am Motor sowie von der Betriebsdrehzahl und -dauer ab.

Anwendungen mit konstantem Drehmoment

In Anwendungen mit konstantem Drehmoment kann im niedrigen Drehzahlbereich ein Problem auftreten. Bei Anwendungen mit konstantem Drehmoment kann es bei niedriger Drehzahl aufgrund einer geringeren Kühlleistung des Motorlüfters zu einer Überhitzung des Motors kommen.

Soll der Motor kontinuierlich mit einer Drehzahl laufen, die weniger als die Hälfte der Nenndrehzahl beträgt, so muss dem Motor zusätzliche Kühlluft zugeführt werden. Falls keine zusätzliche Kühlluft zugeführt werden kann, können Sie stattdessen einen für Anwendungen mit geringer Drehzahl/konstantem Drehmoment ausgelegten Motor verwenden.

Anwendungen mit variablem (quadratischem) Drehmoment

Eine zusätzliche Kühlung oder Leistungsreduzierung des Motors ist in Anwendungen mit variablem Drehmoment nicht erforderlich, bei denen das Drehmoment in quadratischer und die Leistung in kubischer Beziehung zur Drehzahl steht. Zentrifugalpumpen und -lüfter sind gängige Anwendungen mit variablem Drehmoment.

9.6.2 Leistungsreduzierung aufgrund von niedrigem Luftdruck

Bei niedrigerem Luftdruck nimmt die Kühlfähigkeit der Luft ab.

Bei oder unterhalb einer Höhe von 1000 m (3281 ft) ist keine Leistungsreduzierung erforderlich. Oberhalb von 1000 m (3281 ft) muss die Umgebungstemperatur (T_{AMB}) oder der max. Ausgangsstrom (I_{MAX}) reduziert werden. Siehe *Abbildung 9.2*.

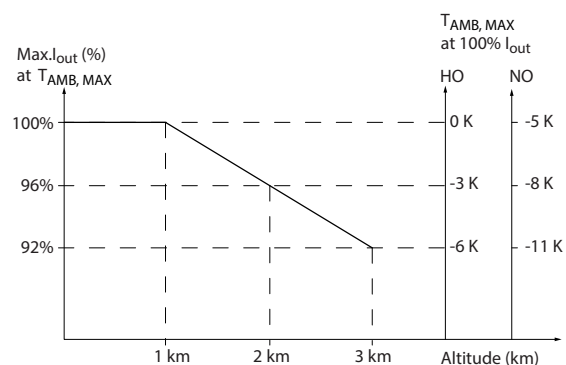


Abbildung 9.2 Höhenabhängige Ausgangsstromreduzierung bei $T_{AMB, MAX}$

Abbildung 9.2 zeigt, dass bei 41,7 °C (107 °F) 100 % des Ausgangsnennstroms verfügbar sind. Bei 45 °C (113 °F) ($T_{AMB, MAX} - 3$ K) sind 91 % des Ausgangsnennstroms verfügbar.

130BT866.10

9.6.3 Leistungsreduzierung wegen erhöhter Umgebungstemperatur und Taktfrequenz

HINWEIS

WERKSEITIGE LEISTUNGSREDUZIERUNG

Die Danfoss-Frequenzumrichter sind bereits für die Betriebstemperatur (55 °C (131 °F) $T_{AMB,MAX}$ und 50 °C (122 °F) $T_{AMB,AVG}$) reduziert.

Die Diagramme in *Tabelle 9.3* bis *Tabelle 9.4* zeigen an, ob der Ausgangsstrom basierend auf der Taktfrequenz und Umgebungstemperatur reduziert werden muss. In den Diagrammen gibt I_{out} den Prozentwert des Ausgangsnennstroms an, und f_{sw} gibt die Taktfrequenz an.

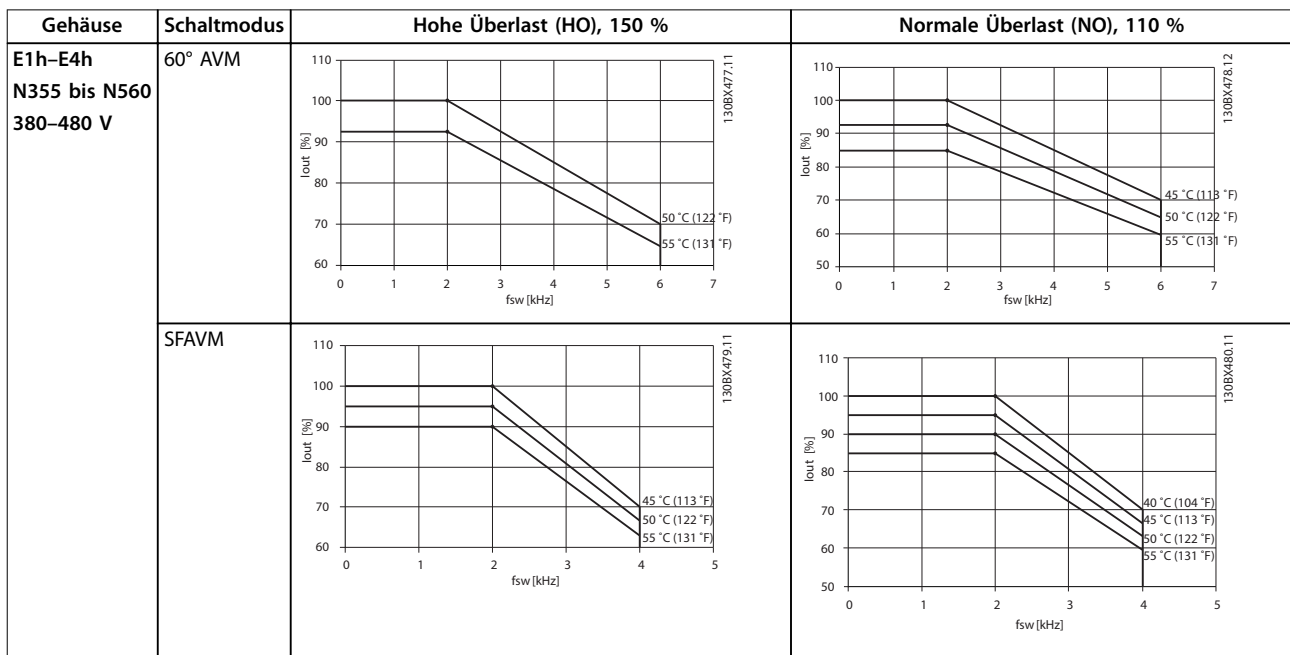


Tabelle 9.3 Leistungsreduzierung bei Frequenzumrichtern mit einer Nennspannung von 380–480 V

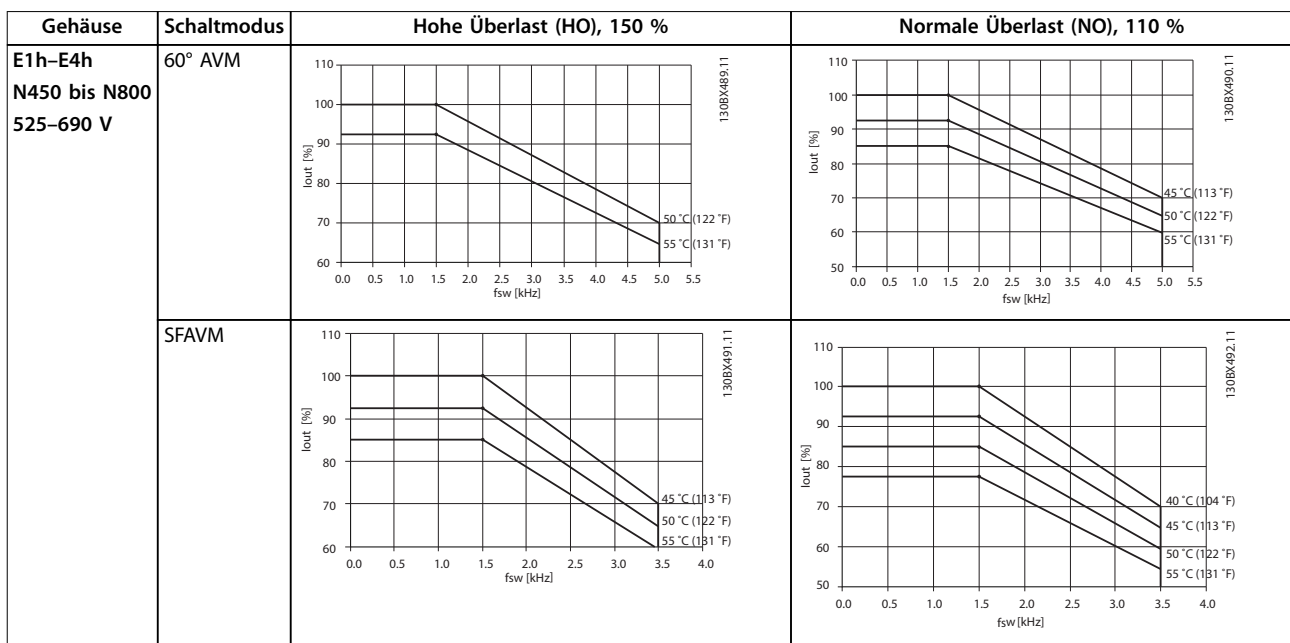


Tabelle 9.4 Leistungsreduzierung bei Frequenzumrichtern mit einer Nennspannung von 525–690 V

10 Allgemeine Hinweise zur elektrischen Installation

10.1 Sicherheitshinweise

Allgemeine Sicherheitshinweise finden Sie unter *Kapitel 2 Sicherheit*.

⚠️ WARNUNG

INDUZIERTER SPANNUNG!

Induzierte Spannung von Ausgangsmotorkabeln von verschiedenen Frequenzumrichtern, die nebeneinander verlegt sind, können Gerätekondensatoren auch dann aufladen, wenn die Geräte abgeschaltet und verriegelt sind. Die Nichtbeachtung der Empfehlung zum separaten Verlegen von Motorkabeln oder zur Verwendung von abgeschirmten Kabeln kann zum Tod oder zu schweren Verletzungen führen!

- Verlegen Sie Motorkabel separat oder verwenden Sie abgeschirmte Kabel.
- Verriegeln Sie alle Frequenzumrichter gleichzeitig.

⚠️ WARNUNG

STROMSCHLAGGEFAHR

Der Frequenzumrichter kann einen Gleichstrom im Schutzleiter verursachen, wodurch es zum Tod oder zu schweren Verletzungen kommen kann!

- Wenn Sie zum Schutz vor elektrischem Schlag einen Fehlerstromschutzschalter (Residual Current Device, RCD) verwenden, muss dieser an der Versorgungsseite vom Typ B sein.

Eine Nichtbeachtung dieser Empfehlung kann dazu führen, dass der Fehlerstromschutzschalter nicht den gewünschten Schutz bietet.

Überspannungsschutz

- Für Anwendungen mit mehreren Motoren benötigen Sie zusätzliche Schutzvorrichtungen wie einen Kurzschlusschutz oder einen thermischen Motorschutz zwischen Frequenzumrichter und den Motoren.
- Der Kurzschluss- und Überspannungsschutz ist durch den Einsatz geeigneter Sicherungen am Eingang zu gewährleisten. Wenn die Sicherungen nicht Bestandteil der Lieferung ab Werk sind, muss sie der Installateur als Teil der Installation bereitstellen. Maximale Sicherungsnennleistungen finden Sie in *Kapitel 10.5 Sicherungen und Trennschalter*.

Leitungstyp und Nennwerte

- Die Querschnitte und Hitzebeständigkeit aller verwendeten Kabel sollten den örtlichen und nationalen Vorschriften entsprechen.
- Empfehlung für die Verdrahtung des Stromanschlusses: Kupferdraht, bemessen für mindestens 75 °C (167 °F).

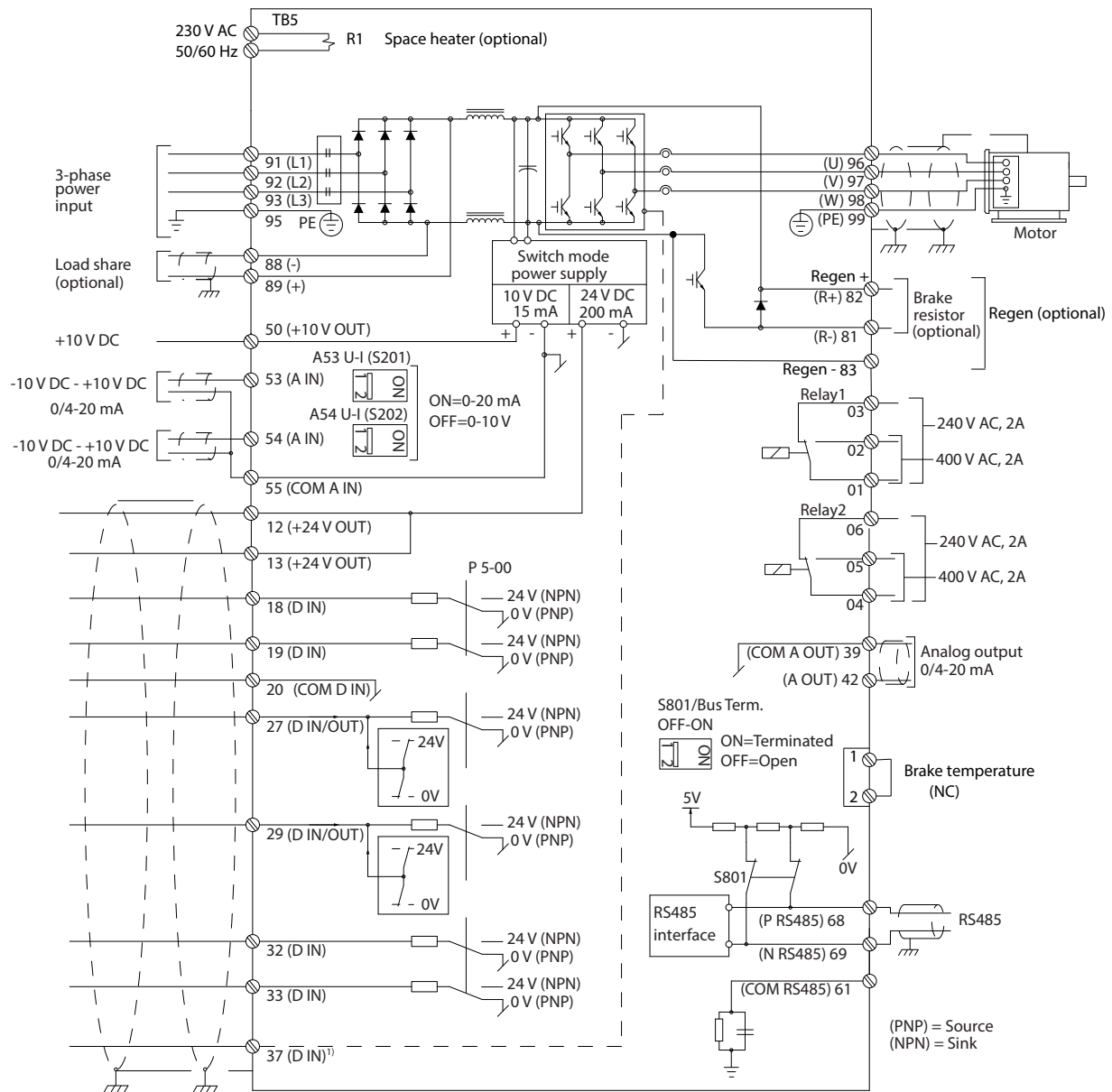
Siehe *Kapitel 7.6 Kabelspezifikationen* zu empfohlenen Kabelquerschnitten und -typen.

⚠️ VORSICHT

SACHSCHADEN!

Ein Motorüberlastschutz ist in der Werkseinstellung nicht enthalten. Um diese Funktion hinzuzufügen, setzen Sie *Parameter 1-90 Thermischer Motorschutz* auf *[ETR Abschalt.]* oder *[ETR Warnung]*. Für den nordamerikanischen Markt bietet die ETR-Funktion einen Motorüberlastschutz der Klasse 20 gemäß NEC. Wird *Parameter 1-90 Thermischer Motorschutz* nicht auf *[ETR Abschalt.]* oder *[ETR Warnung]* gesetzt, so ist kein Motorüberlastschutz aktiviert und bei einer Motorüberhitzung kann es zu Sachschäden kommen.

10.2 E1h-E4h – Anschlussplan



130BFI11:1.1

10

Abbildung 10.1 E1h-E4h-Anschlussplan

A=Analog, D=Digital

1) Klemme 37 (optional) wird für die Funktion Safe Torque Off (STO) verwendet. Installationsanweisungen zu Safe Torque Off (STO) finden Sie in der Bedienungsanleitung zu Safe Torque Off.

10.3 Anschlüsse

10.3.1 Stromanschlüsse

HINWEIS

Alle Verkabelungen müssen national und lokal Vorschriften bezüglich Kabelquerschnitte und Umgebungstemperatur einhalten. Für UL-Anwendungen sind Kupferleiter mit Nenntemperatur von 75 Für UL-Anwendungen sind Kupferleiter mit Nenntemperatur von 75 °C (167 °F) zu verwenden. In Nicht-UL-Anwendungen können 75 °C (167 °F) und 90 °C (194 °F)-Kupferleiter verwendet werden.

Die Anordnung der Leistungskabelanschlüsse ist in *Abbildung 10.2* dargestellt. Zur korrekten Dimensionierung von Motorkabelquerschnitt und -länge siehe *Kapitel 7.1 Elektrische Daten, 380-480 V* und *Kapitel 7.2 Elektrische Daten, 525-690 V*.

Zum Schutz des Frequenzumrichters müssen entweder die empfohlenen Sicherungen verwendet werden, oder das Gerät muss über eingebaute Sicherungen verfügen. Die empfohlenen Sicherungen finden Sie unter *Kapitel 10.15 EMV-gerechte Installation*. Achten Sie auf eine ordnungsgemäße Sicherung gemäß den lokalen Vorschriften.

Der Netzanschluss ist an den Netzschalter angeschlossen wenn dieser inbegriffen ist.

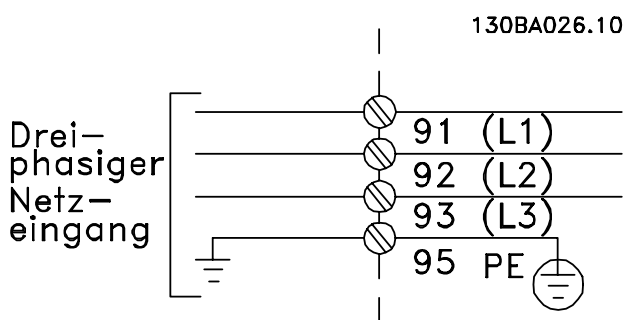


Abbildung 10.2 Leistungskabelanschlüsse

HINWEIS

Das Motorkabel muss abgeschirmt sein. Bei Verwendung von ungeschirmten Motorkabeln werden bestimmte EMV-Anforderungen nicht eingehalten. Verwenden Sie ein abgeschirmtes Motorkabel, um die Vorgaben zur EMV-Emission zu erfüllen. Weitere Informationen, siehe *Kapitel 10.15 EMV-gerechte Installation*.

Abschirmung von Kabeln

Vermeiden Sie verdrehte Abschirmungsenden (Pigtails), die hochfrequent nicht ausreichend wirksam sind. Wenn Sie den Kabelschirm unterbrechen müssen (z. B. um ein Motorschütz oder einen Reparaturschalter zu installieren), müssen Sie die Abschirmung hinter der Unterbrechung mit der geringstmöglichen HF-Impedanz fortführen.

Schließen Sie den Motorkabelschirm am Abschirmblech des Frequenzumrichters und am Metallgehäuse des Motors an.

Stellen Sie die Schirmverbindungen mit einer möglichst großen Kontaktfläche (Kabelschelle) her. Verwenden Sie hierzu das mitgelieferte Installationszubehör.

Kabellänge und -querschnitt

Die EMV-Prüfung des Frequenzumrichters wurde mit einer bestimmten Kabellänge durchgeführt. Das Motorkabel muss möglichst kurz sein, um das Geräuschniveau und Ableitströme auf ein Minimum zu beschränken.

Taktfrequenz

Wenn der Frequenzumrichter zusammen mit einem Sinusfilter verwendet wird, um die Störgeräusche des Motors zu reduzieren, muss die Taktfrequenz entsprechend den Anweisungen zu dem verwendeten Sinusfilter unter *Parameter 14-01 Taktfrequenz* eingestellt werden.

Anschluss	96	97	98	99	
-	U	V	W	PE ¹⁾	Motorspannung 0-100 % der Netzspannung 3 Leiter vom Motor.
-	U1 W2	V1 U2	W1 V2	PE ¹⁾	Dreieckschaltung. 6 Leiter vom Motor.
-	U1	V1	W1	PE ¹⁾	Sternschaltung (U2, V2, W2) U2, V2 und W2 sind miteinander zu verbinden.

Tabelle 10.1 Motorkabelanschluss

1) Schutzleiteranschluss

HINWEIS

Bei Motoren ohne Phasentrennpapier oder einer geeigneten Isolation, welche für den Betrieb an einem Zwischenkreisumrichter benötigt wird, muss ein Sinusfilter am Ausgang des Frequenzumrichters vorgesehen werden.

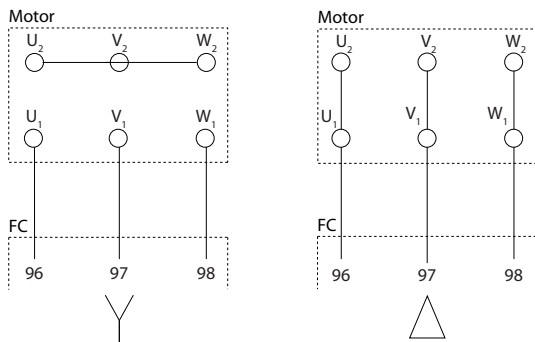


Abbildung 10.3 Motorkabelanschluss

10.3.2 DC-Zwischenkreisanschluss

Die DC-Bus-Zwischenkreisklemme dient zum Anschluss einer externen DC-Spannungsversorgung, wobei der Zwischenkreis aus einer externen Quelle versorgt wird.

Anschluss	Funktion
88, 89	DC-Bus

Tabelle 10.2 DC-Bus-Zwischenkreisklemmen

10.3.3 Zwischenkreiskopplung

Bei der Zwischenkreiskopplung werden die DC-Zwischenkreise mehrerer Frequenzumrichter zusammengeschaltet. Eine Übersicht finden Sie unter *Kapitel 5.11 Zwischenkreiskopplung*.

Bei Zwischenkreiskopplungen sind zusätzliche Geräte und Sicherheitserwägungen erforderlich. Wenden Sie sich zur Bestellung an Danfoss.

Anschluss	Funktion
88, 89	Zwischenkreiskopplung

Tabelle 10.3 Zwischenkreiskopplungsklemmen

Das Verbindungskabel muss abgeschirmt sein; die Kabellänge zwischen Frequenzumrichter und der DC-Schiene ist auf maximal 25 m (82 ft) begrenzt.

10.3.4 Anschlusskabel für Bremse

Das Verbindungskabel zum Bremswiderstand muss abgeschirmt sein; die Kabellänge zwischen Frequenzumrichter und der DC-Schiene ist auf maximal 25 m (82 ft) begrenzt.

- Schließen Sie die Abschirmung mit Kabelschellen an der Aufnahmeschiene des Frequenzumrichters und am Metallgehäuse des Bremswiderstands an.
- Wählen Sie den Querschnitt des Anschlusskabels für die Bremse passend zum Bremsmoment.

Anschluss	Funktion
81, 82	Bremswiderstandsklemmen

Tabelle 10.4 Bremswiderstandsklemmen

Weitere Informationen finden Sie im Projektierungshandbuch *VLT® Brake Resistor MCE 101*.

HINWEIS

Bei einem Kurzschluss im Brems-IGBT können Sie einen eventuellen Leistungsverlust im Bremswiderstand nur durch Unterbrechung der Netzversorgung zum Frequenzumrichter (Netzschalter, Schütz) verhindern. Nur der Frequenzumrichter kann den Schütz steuern.

10.4 Steuerkabel und -klemmen

10.4.1 Führung von Steuerleitungen

Befestigen und führen Sie alle Steuerleitungen wie in *Abbildung 10.4* dargestellt. Achten Sie auf den ordnungsgemäßen Anschluss der Abschirmungen, um optimale Störsicherheit zu gewährleisten.

- Trennen Sie die Steuerleitung von Hochleistungskabeln.
- Ist der Frequenzumrichter an einen Thermistor angeschlossen, müssen die Thermistorsteuerleitungen abgeschirmt und verstärkt/doppelt isoliert sein. Wir empfehlen eine 24-V-DC-Versorgungsspannung.

Feldbus-Verbindung

Anschlüsse werden zu den entsprechenden Optionen auf der Steuerkarte hergestellt. Genauere Informationen finden Sie in der entsprechenden Feldbus-Anleitung. Führen Sie das Kabel in die Einheit ein und bündeln Sie dieses dabei mit anderen Steuerleitungen. Siehe *Abbildung 10.4*.

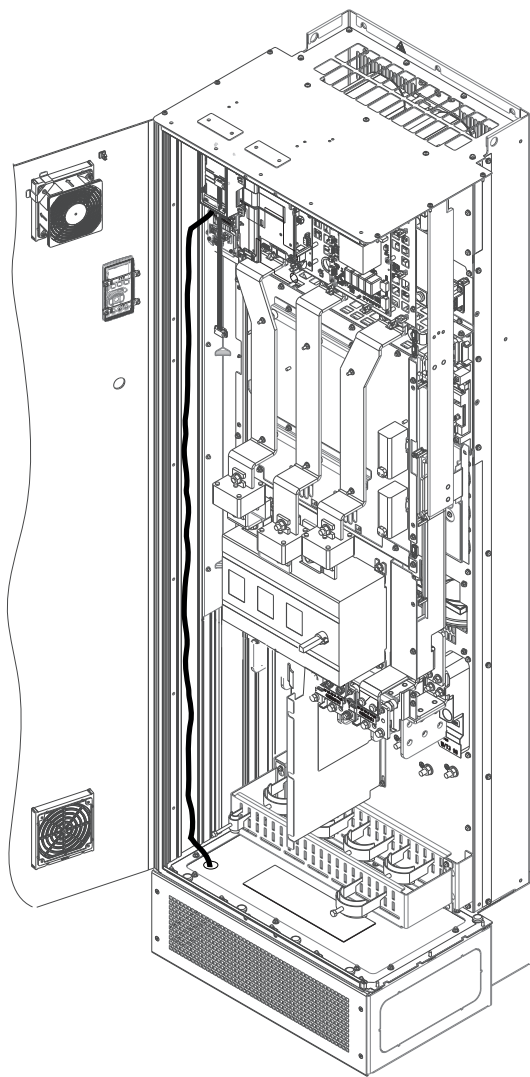


Abbildung 10.4 Steuerkartenverkabelungsweg

10.4.2 Steuerklemmen

Abbildung 10.5 zeigt die steckbaren Anschlüsse des Frequenzumrichters. Die Klemmenfunktionen und Werkseinstellungen sind in *Tabelle 10.5 – Tabelle 10.7* zusammengefasst.

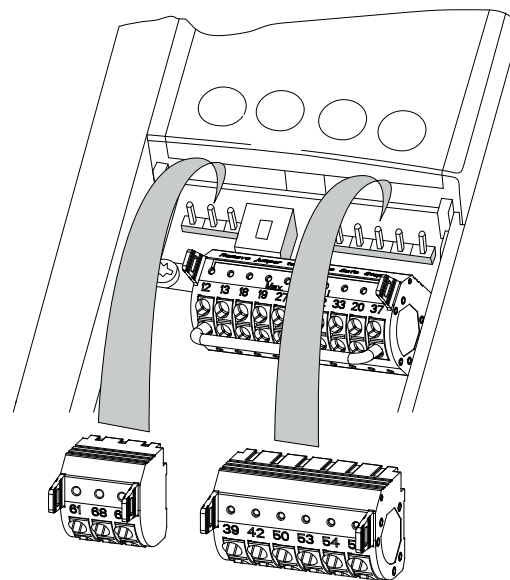
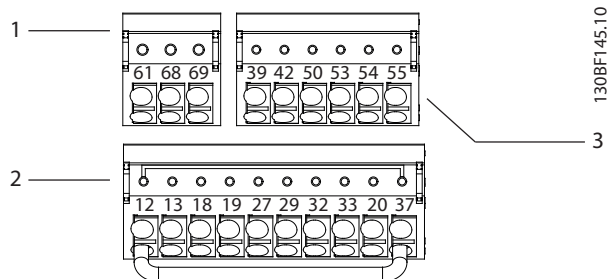


Abbildung 10.5 Anordnung der Steuerklemmen



1	Klemmen für die serielle Kommunikation
2	Digitaleingangs-/ausgangsklemmen
3	Analogeingangs-/ausgangsklemmen

Abbildung 10.6 Klemmennummern der Steckklemmen

Klemmen für die serielle Kommunikation			
Anschluss	Parameter	Werkseinstellung	Beschreibung
61	-	-	Integrierter RC-Filter für Kabelschirm. Dient NUR zum Anschluss der Abschirmung bei EMV-Problemen.

Klemmen für die serielle Kommunikation			
Anschluss	Parameter	Werkseinstellung	Beschreibung
68 (+)	Parametergruppe 8-3* Ser. FC-Schnittst.	–	RS485-Schnittstelle. Ein Schalter (BUS TER.) auf der
69 (-)	Parametergruppe 8-3* Ser. FC-Schnittst.	–	Steuerkarte dient zum Zuschalten des Busabschlusswiderstands. Siehe VLT® AQUA Drive FC202 110–1400 kW Projektierungshandbuch.
Relais			
01, 02, 03	Parameter 5-40 Relaisfunktion [0]	[0] Ohne Funktion	Wechselkontakt-Relaisausgang. Für Wechsel- oder Gleichspannung sowie
04, 05, 06	Parameter 5-40 Relaisfunktion [1]	[0] Ohne Funktion	ohmsche oder induktive Lasten.

Tabelle 10.5 Klemmenbeschreibungen – Serielle Kommunikation

Digitaleingangs-/ausgangsklemmen			
Anschluss	Parameter	Werkseinstellung	Beschreibung
20	–	–	Bezugspotenzial für Digitaleingänge und 0V Potenzial für 24V Spannungsversorgung.
37	–	STO	Wenn die Funktion Safe Torque Off (STO) nicht verwendet wird, benötigen Sie Drahtbrücken zwischen Klemme 12 (oder 13) und Klemme 37. Diese Einstellungen erlauben, den Frequenzumrichter mit den vorgegebenen Parameterwerten der Werkseinstellung zu betreiben.

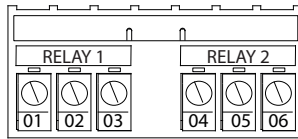
Tabelle 10.6 Klemmenbeschreibung Digitalein-/ausgänge

Digitaleingangs-/ausgangsklemmen			
Anschluss	Parameter	Werkseinstellung	Beschreibung
12, 13	–	+24 V DC	24 V DC-Versorgungsspannung für Digitaleingänge und externe Messwandler. Maximaler Ausgangsstrom von 200 mA für alle 24-V-Lasten.
18	Parameter 5-10 Klemme 18 Digitaleingang	[8] Start	Digitaleingänge.
19	Parameter 5-11 Klemme 19 Digitaleingang	[10] Reversierung	
32	Parameter 5-14 Klemme 32 Digitaleingang	[0] Ohne Funktion	
33	Parameter 5-15 Klemme 33 Digitaleingang	[0] Ohne Funktion	
27	Parameter 5-12 Klemme 27 Digitaleingang	[2] Motorfreilauf invers	
29	Parameter 5-13 Klemme 29 Digitaleingang	[14] Festdrehzahl JOG	Für Digitaleingang und -ausgang. In Werkseinstellung als Eingang definiert.

Analogeingangs-/ausgangsklemmen			
Anschluss	Parameter	Werkseinstellung	Beschreibung
39	–	–	Bezugspotential für Analogausgang.
42	Parameter 6-50 Klemme 42 Analogausgang	[0] Ohne Funktion	Programmierbarer Analogausgang. 0-20 mA oder 4-20 mA bei maximal 500 Ω.
50	–	+10 V DC	10 V DC Versorgungsspannung am Analogausgang für Potenziometer oder Thermistor. Maximal 15 mA.
53	Parametergruppe 6-1* Analogeingang 1	Sollwert	Analogeingang. Für Spannung oder Strom. Schalter A53 und A54 dienen zur Auswahl von Strom [mA] oder Spannung [V].
54	Parametergruppe 6-2* Analogeingang 2	Istwert	
55	–	–	Bezugspotenzial für Analogeingang

Tabelle 10.7 Klemmenbeschreibung Analogein-/ausgänge

Relaisklemmen:



130BFF156.10

Abbildung 10.7 Klemmen Relais 1 und Relais 2

- Relais 1 und Relais 2. Die Position der Ausgänge hängt von der Frequenzumrichterkonfiguration ab. Siehe *Bedienungsanleitung*.
- Weitere Klemmen befinden sich an eingebauten optionalen Erweiterungsmodulen. Näheres finden Sie in der Anleitung der Geräteoptionen.

10.5 Sicherungen und Trennschalter

Durch die Verwendung von Sicherungen stellen Sie sicher, dass mögliche Schäden am Frequenzumrichter auf Schäden innerhalb des Geräts beschränkt werden. Verwenden Sie identische Busmann-Sicherungen als Ersatz, um die Konformität mit EN 50178 sicherzustellen. Siehe *Tabelle 10.8*.

HINWEIS

Die versorgungsseitige Verwendung von Sicherungen ist in Übereinstimmung mit IEC 60364 für CE oder NEC 2009 für UL zwingend erforderlich.

Eingangsspannung (V)	Busmann-Bestellnummer
380–480	170M7309
525–690	170M7342

Tabelle 10.8 Sicherungsoptionen

Die in *Tabelle 10.8* aufgeführten Sicherungen sind für einen Kurzschlussstrom von max. 100.000 A_{eff} (symmetrisch) geeignet, abhängig von der Nennspannung des Frequenzumrichters. Mit der korrekten Sicherung liegt der Nennkurzschlussstrom (SCCR) des Frequenzumrichters bei 100.000 A_{eff}. Die Frequenzumrichter E1h und E2h werden mit internen Sicherungen geliefert, die die 100 kA SCCR und die UL 61800-5-1-Anforderungen für geschlossene Frequenzumrichter erfüllen. Die Frequenzumrichter E3h und E4h müssen mit Sicherungen vom Typ aR ausgestattet sein, um die 100 kA SCCR zu erfüllen.

HINWEIS

TRENNSCHALTER

Alle mit werkseitig installiertem Trennschalter bestellten und ausgelieferten Geräte benötigen Abzweigkreissicherungen der Klasse L, um die 100 kA SCCR für den Frequenzumrichter zu erfüllen. Wenn ein Trennschalter verwendet wird, ist der Kurzschluss-Nennstrom 42 kA. Die Eingangsspannung und die Nennleistung des Frequenzumrichters bestimmen die spezifische Klasse-L-Sicherung. Die Eingangsspannung und die Nennleistung des Frequenzumrichters sind auf dem Typenschild des Geräts angegeben. Weitere Informationen in Bezug auf das Typenschild finden Sie in der *Bedienungsanleitung*.

Eingangsspannung (V)	Nennleistung (kW)	Kurzschluss-Nennstrom (A)	Erforderlicher Schutz
380–480	315–400	42000	Trennschalter
		100000	Klasse-L-Sicherung, 800 A
380–480	450–500	42000	Trennschalter
		100000	Klasse-L-Sicherung, 1200 A
525–690	355–560	40000	Trennschalter
		100000	Klasse-L-Sicherung, 800 A
525–690	630–710	42000	Trennschalter
		100000	Klasse-L-Sicherung, 1200 A

10.6 Motor

10.6.1 Motorkabel

Alle dreiphasigen Standard-Asynchronmotoren können mit einem Frequenzumrichtersystem betrieben werden. Der Motor muss an die folgenden Klemmen angeschlossen werden:

- U/T1/96
- V/T2/97
- W/T3/98
- Klemme 99 Schutzleiteranschluss

Werkseinstellung ist Rechtslauf, wobei der Frequenzumrichterausgang wie folgt angeschlossen ist:

Anschluss	Funktion
96	Netz U/T1
97	V/T2
98	W/T3
99	Masse

Tabelle 10.9 Motorleitungsklemmen

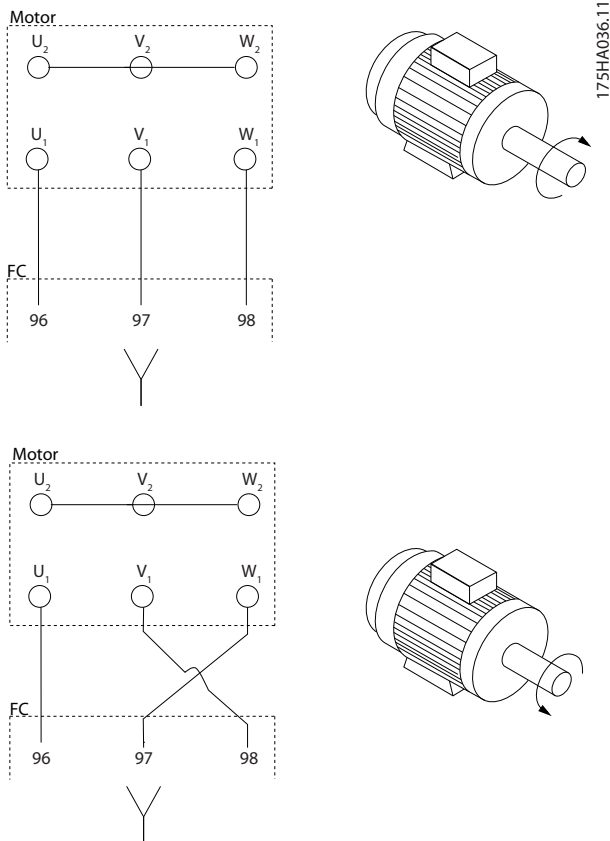


Abbildung 10.8 Änderung der Motordrehung

- Klemme U/T1/96 angeschlossen an Phase U
- Klemme V/T2/97 angeschlossen an Phase V
- Klemme W/T3/98 angeschlossen an Phase W

Sie können die Drehrichtung durch Vertauschen von zwei Phasen im Motorkabel oder durch Ändern der Einstellung von *Parameter 4-10 Motor Drehrichtung* ändern.

Eine Motordrehrichtungsprüfung können Sie über *Parameter 1-28 Motordrehrichtungsprüfung* und in den in *Abbildung 10.8* gezeigten Schritten durchführen.

10.6.2 Thermischer Motorschutz

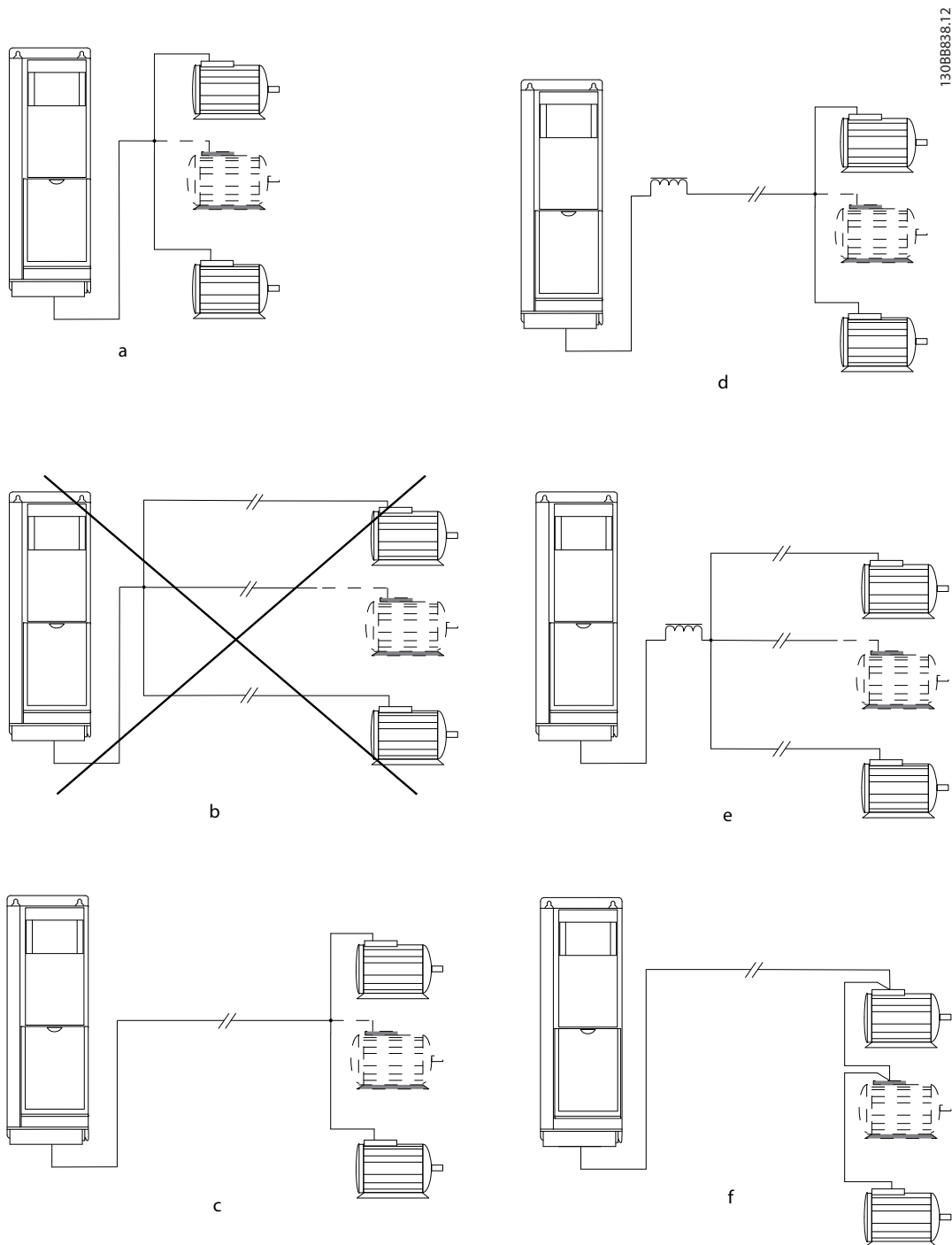
Das elektronische Thermorelais im Frequenzumrichter hat die UL-Zulassung für einzelnen Motorüberlastschutz, wenn *Parameter 1-90 Thermischer Motorschutz* auf *ETR-Abschaltung* und *Parameter 1-24 Motornennstrom* auf den Motornennstrom (siehe Motor-Typenschild) eingestellt ist. Zum thermischen Motorschutz können Sie auch die VLT® PTC-Thermistorkartenoption MCB 112 verwenden. Diese Karte hat eine ATEX-Zertifizierung, um Motoren in explosionsgefährdeten Bereichen, Zone 1/21 und Zone 2/22, zu schützen. Wenn *Parameter 1-90 Thermischer Motorschutz* auf *[20] ATEX* eingestellt ist, wird ETR mit der Verwendung von MCB 112 kombiniert. So kann in explosionsgefährdeten Bereichen ein Ex-e-Motor gesteuert werden. Informationen zur Konfiguration des Frequenzumrichters für einen sicheren Betrieb von Ex-e-Motoren finden Sie im Programmierhandbuch.

10.6.3 Parallelschaltung von Motoren

Der Frequenzumrichter kann mehrere parallel geschaltete Motoren steuern/regeln. Eine Auswahl an Möglichkeiten Motoren parallel zu schalten finden Sie unter *Abbildung 10.9*.

Bei parallelem Motoranschluss müssen die folgenden Punkte beachtet werden:

- Führen Sie Anwendungen mit parallelen Motoren im U/f-Modus (Volt pro Hertz).
- VVC⁺-Modus kann in einigen Anwendungen verwendet werden.
- Der gesamte Stromverbrauch der Motoren darf den maximalen Ausgangsnennstrom I_{lim} des Frequenzumrichters nicht übersteigen.
- Wenn sich die Motorgrößen stark unterscheiden, können beim Hochfahren und bei niedrigen Drehzahlen Probleme auftreten, da der relativ hohe Ohm-Widerstand der kleinen Motoren im Stator in solchen Situationen eine höhere Spannung erfordert.
- Das elektronische Thermorelais (ETR) des Frequenzumrichters kann nicht als Motorüberlastschutz verwendet werden. Sehen sie einen weiteren Motorüberschutzvor,einschließlich Thermistoren in jeder Motorwicklung odereinzelne thermische Relais
- Bei parallel geschalteten Motoren können Sie *Parameter 1-02 Drehgeber Anschluss* nicht verwenden, und *Parameter 1-01 Steuerprinzip* muss auf *[0] U/f* eingestellt sein.



a	Installationen mit gemeinsamem Anschluss wie in A und B gezeigt werden nur bei kurzen Kabeln empfohlen.
b	Beachten Sie die in Kapitel 7.6 Kabelspezifikationen angegebene Maximallänge für Motorleitungen.
c	Die in Kapitel 7.6 Kabelspezifikationen angegebene Gesamtlänge des Motorkabels ist gültig, solange die Parallelkabel kurz gehalten werden und 10 m (32 ft) nicht überschreiten
d	Berücksichtigen Sie den Spannungsabfall an den Motorleitungen.
e	Berücksichtigen Sie den Spannungsabfall an den Motorleitungen.
f	Die in Kapitel 7.6 Kabelspezifikationen angegebene gesamte Motorkabellänge gilt nur, so lange die parallelen Kabel kurz gehalten werden, und zwar jeweils kürzer als 10 m.

Abbildung 10.9 Unterschiedliche Parallelschaltungen von Motoren

10.6.4 Motorisolation

Verwenden Sie im Falle von Motorleitungen, deren Länge geringer oder gleich der in *Kapitel 7.6 Kabelspezifikationen* angegebenen Maximallänge ist, die in *Tabelle 10.10* abgebildeten Nennwerte für Motorisolation. Bei einem geringeren Isolationswert eines Motors empfiehlt Danfoss die Verwendung eines dU/dt- oder Sinusfilters.

Netzennspannung	Motorisolation
$U_N \leq 420 \text{ V}$	Standard $U_{LL} = 1300 \text{ V}$
$420 \text{ V} < U_N \leq 500 \text{ V}$	Verstärkte $U_{LL} = 1600 \text{ V}$
$500 \text{ V} < U_N \leq 600 \text{ V}$	Verstärkte $U_{LL} = 1800 \text{ V}$
$600 \text{ V} < U_N \leq 690 \text{ V}$	Verstärkte $U_{LL} = 2000 \text{ V}$

Tabelle 10.10 Nennwerte für Motorisolation

10.6.5 Motorlagerströme

Bei allen Motoren, die bei Frequenzumrichtern installiert sind, müssen B-seitig (gegenantriebsseitig) isolierte Lager eingebaut werden, um Lagerströme zu beseitigen. Um A-seitige (antriebsseitige) Lager- und Wellenströme auf ein Minimum zu beschränken, muss richtige Erdung von Frequenzumrichter, Motor, angetriebener Maschine und Motor zur angetriebenen Maschine gewährleistet sein.

Vorbeugende Standardmaßnahmen:

- Verwenden Sie ein isoliertes Lager.
- Gehen Sie ordnungsgemäß nach den Installationsverfahren vor.
 - Stellen Sie sicher, dass Motor und Antriebslast korrekt ausgerichtet sind.
 - Befolgen Sie die EMV-Installationsrichtlinie.
 - Verstärken Sie den Schutzleiter (PE), sodass die hochfrequent wirksame Impedanz im PE niedriger als bei den Versorgungsleitungen ist.
 - Sorgen Sie für eine gute Hochfrequenzverbindung zwischen Motor und Frequenzumrichter. Verwenden Sie ein abgeschirmtes Kabel mit einem 360°-Anschluss im Motor und im Frequenzumrichter.
 - Stellen Sie sicher, dass die Impedanz vom Frequenzumrichter zur Gebäudeerdung niedriger als die Erdungsimpedanz der Maschine ist. Dieses Verfahren kann bei Pumpen schwierig sein.
 - Stellen Sie eine direkte Erdverbindung zwischen Motor und Last her.

- Senken Sie die IGBT-Taktfrequenz.
- Ändern Sie die Wechselrichtersignalform, 60° AVM oder SFAVM.
- Installieren Sie ein Wellenerdungssystem oder verwenden Sie eine Trennkupplung.
- Tragen Sie leitfähiges Schmierfett auf.
- Verwenden Sie, sofern möglich, minimale Drehzahleinstellungen.
- Versuchen Sie sicherzustellen, dass die Netzspannung zur Erde symmetrisch ist. Dieses Verfahren kann bei IT-, TT-, TN-CS-Netzen oder Systemen mit geerdetem Zweig schwierig sein.
- Verwenden Sie ein dU/dt- oder Sinusfilter.

10.7 Bremsung

10.7.1 Auswahl des Bremswiderstands

Bei bestimmten Anwendungen, z. B. in Lüftungsanlagen für Tunnel oder U-Bahnstationen, ist es vorteilhaft, den Motor schneller anzuhalten, als es durch die Kontrolle per Rampe ab oder durch Freilauf möglich ist. Bei solchen Anwendungen wird in der Regel dynamisches Bremsen mit einem Bremswiderstand verwendet. Bei Verwendung eines Bremswiderstands wird sichergestellt, dass die Energie im Widerstand und nicht im Antrieb aufgenommen. Weitere Informationen finden Sie im *Projektierungshandbuch VLT® Bremswiderstand MCE 101*.

Ist der Betrag der kinetischen Energie, die in jedem Bremszeitraum zum Widerstand übertragen wird, unbekannt, können Sie die durchschnittliche Leistung auf Basis der Zykluszeit und Bremszeit berechnen (Arbeitszyklus für Aussetzbetrieb). Der periodische Arbeitszyklus des Bremswiderstands zeigt die Einschaltdauer des Widerstands. *Abbildung 10.10* zeigt einen typischen Bremszyklus.

Motorlieferanten verwenden oft S_5 beider Angabe der erlaubten Last, die ein Ausdruck des Periodischen Aussetzbetriebs ist. Sie können den Arbeitszyklus für Aussetzbetrieb des Widerstands wie folgt berechnen:

$$\text{Arbeitszyklus} = t_b/T$$

T = Zykluszeit in Sekunden

t_b ist die Bremszeit in Sekunden (als Teil der gesamten Zykluszeit)

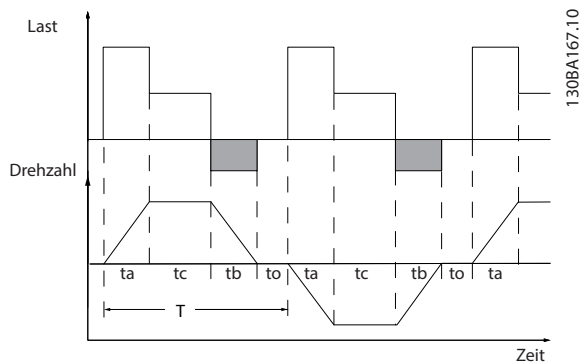


Abbildung 10.10 Typischer Bremszyklus

		Nennleistung				
		N355	N400	N450	N500	N560
Nennbremsmoment [45 °C (113 °F)]	Zykluszeit [s]	600	600	600	600	600
	Strom (%)	100	70	62	56	80
	Bremszeit (s)	240	240	240	240	240
Überlastbremsen [45 °C (113 °F)]	Zykluszeit [s]	300	300	300	300	300
	Strom (%)	136	92	81	72	107
	Bremszeit (s)	30	30	30	30	30
Nennbremsmoment [25 °C (77 °F)]	Zykluszeit [s]	600	600	600	600	600
	Strom (%)	100	92	81	89	80
	Bremszeit (s)	240	240	240	240	240
Überlastbremsen [25 °C (77 °F)]	Zykluszeit [s]	300	300	300	300	300
	Strom (%)	136	113	100	72	107
	Bremszeit (s)	30	10	10	30	30

Tabelle 10.11 Bremsleistung, 380–480 V

		Nennleistung					
		N450	N500	N560	N630	N710	N800
Nennbremsmoment [45 °C (113 °F)]	Zykluszeit [s]	600	600	600	600	600	600
	Strom (%)	89	79	63	63	71	63
	Bremszeit (s)	240	240	240	240	240	240
Überlastbremsen [45 °C (113 °F)]	Zykluszeit [s]	300	300	300	300	300	300
	Strom (%)	113	100	80	80	94	84
	Bremszeit (s)	30	30	30	30	30	30
Nennbremsmoment [25 °C (77 °F)]	Zykluszeit [s]	600	600	600	600	600	600
	Strom (%)	89	79	63	63	71	63
	Bremszeit (s)	240	240	240	240	240	240
Überlastbremsen [25 °C (77 °F)]	Zykluszeit [s]	300	300	300	300	300	300
	Strom (%)	113	100	80	80	94	84
	Bremszeit (s)	30	30	30	30	30	30

Tabelle 10.12 Bremsleistung, 525–690 V

Danfoss bietet Bremswiderstände mit Arbeitszyklen von 5 %, 10 % und 40 % an. Bei Anwendung eines Arbeitszyklus von 10 % können die Bremswiderstände die Bremsleistung über 10 % der Zykluszeit aufnehmen. Die übrigen 90 % der Zykluszeit werden zum Abführen überschüssiger Wärme genutzt.

HINWEIS

Stellen Sie sicher, dass der Bremswiderstand für die erforderliche Bremszeit ausgelegt ist.

Die maximal zulässige Last am Bremswiderstand wird als Spitzenleistung bei einem gegebenen Arbeitszyklus für Aussetzbetrieb ausgedrückt. Der Bremswiderstand wird wie gezeigt berechnet:

$$R_{1br} [\Omega] = \frac{D_{\text{Ein-}} / \text{Ausgang}_{dc}^2}{P_{\text{Höchstwert}}}$$

wobei

$$P_{\text{Spitze}} = P_{\text{Motor}} \times M_{br} [\%] \times \eta_{\text{Motor}} \times \eta_{\text{VLT}} [W]$$

Wie gezeigt, hängt der Bremswiderstand von der Zwischenkreisspannung (U_{dc}) ab.

Größe	Bremse aktiv	Warnung vor Abschaltung	Abschaltung (Alarm)
380–480 V ¹⁾	810 V	828 V	855 V
525–690 V	1084 V	1109 V	1130 V

Tabelle 10.13 FC202 Grenzwerte

Größe	Bremse aktiv	Warnung vor Abschaltung	Abschaltung (Alarm)
380–480 V ¹⁾	810 V	828 V	855 V
525–690 V	1084 V	1109 V	1130 V

Tabelle 10.14 FC202 Grenzwerte

1) Abhängig von der Leistungsgröße

HINWEIS

Prüfen Sie, ob Ihr Bremswiderstand für eine Spitzenspannung von 410 V, 820 V, 850 V, 975 V oder 1130 V zugelassen ist. Danfoss-Bremswiderstände sind für den Einsatz in allen Danfoss-Frequenzumrichtern ausgelegt.

Danfoss empfiehlt den Bremswiderstand R_{rec} . Diese Berechnung gewährleistet, dass der Frequenzumrichter mit dem maximal verfügbaren Bremsmoment ($M_{br}(\%)$) von 150 % bremst. Die entsprechende Formel lässt sich wie folgt schreiben:

$$R_{rec} [\Omega] = \frac{U_{dc}^2 \times 100}{P_{motor} \times COM_{br}(\%) \times \eta_{VLT} \times \eta_{motor}}$$

η_{motor} beträgt in der Regel 0,90
 η_{VLT} beträgt in der Regel 0,98

Für Spannungen von 200 V, 480 V, 500 V und 600 V wird R_{rec} bei einem Bremsmoment von 160 % wie folgt ausgedrückt:

$$200V : R_{rec} = \frac{107780}{IP(\text{Schutzart})_{motor}} [\Omega]$$

$$500V : \text{Preset ref.}_{rec} = \frac{464923}{P_{motor}} [\Omega]$$

$$600V : \text{Ref. 1 source}_{rec} = \frac{630137}{P_{motor}} [\Omega]$$

$$690V : \text{Ref. 2 source}_{rec} = \frac{832664}{P_{motor}} [\Omega]$$

HINWEIS

Der ohmsche Widerstand des gewählten Bremswiderstands darf nicht unter dem von Danfoss empfohlenen Wert liegen, da sonst der Frequenzumrichter beschädigt wird. Die Bauformen E1h–E4h enthalten einen Bremschopper.

HINWEIS

Bei einem Kurzschluss im Bremstransistor des Frequenzumrichters kann ein eventueller Leistungsverlust im Bremswiderstand nur durch Unterbrechung der Netzversorgung zum Frequenzumrichter (Netzschalter, Schütz) verhindert werden. Ein ununterbrochener Leistungsverlust im Bremswiderstand kann Überhitzen, Beschädigungen oder einen Brand verursachen.

⚠️ WARNUNG

BRANDGEFAHR

Bremswiderstände werden während oder nach dem Bremsen sehr heiß. Werden die Bremswiderstände nicht in einer sicheren Umgebung platziert, besteht ggf. Brandgefahr und die Gefahr von Sachschäden.

- Sie müssen den Bremswiderstand in einer sicheren Umgebung platzieren, in der ein unbeabsichtigter Kontakt sowie ein Kontakt mit brennbaren Materialien ausgeschlossen ist.

10.7.2 Steuerung mit Bremsfunktion

Ein Relais/ Digitalausgang kann den Schutz des Bremswiderstands vor einer Überlastung übernehmen und erzeugt im Bedarfsfall einen Fehler im Frequenzumrichter. Im Falle einer Überlastung oder Überhitzung des Brems-IGBT schaltet das Relais-/Digitalsignal von der Bremse zum Frequenzumrichter das Brems-IGBT aus. Dieses Relais-/Digitalsignal bietet keinen Kurzschlusschutz im Brems-IGBT. Danfoss empfiehlt eine Vorrichtung zum Trennen der Bremse im Falle eines Kurzschlusses im Brems-IGBT.

Außerdem ermöglicht die Bremse ein Auslesen der aktuellen Leistung und der mittleren Leistung der letzten 120 s. Die Bremse kann ebenfalls die Bremsleistung überwachen und sicherstellen, dass sie die in *Parameter 2-12 Bremswiderstand Leistung (kW)* gewählte Grenze nicht überschreitet. In *Parameter 2-13 Bremswiderst. Leistungsüberwachung* wählen Sie aus, welche Funktion ausgeführt wird, wenn die an den Bremswiderstand übertragene Leistung den in *Parameter 2-12 Bremswiderstand Leistung (kW)* eingestellten Grenzwert überschreitet.

HINWEIS

Überwachen der Bremsleistung ist keine Sicherheitsfunktion; Ein an einen externen Schütz angeschlossener Thermoschalter ist hierfür erforderlich. Der Bremswiderstandskreis ist nicht gegen Erdableitstrom geschützt.

Sie können *Überspannungssteuerung (OVC)* als eine alternative Bremsfunktion in *Parameter 2-17 Überspannungssteuerung* wählen. Diese Funktion ist für alle Geräte wählbar. Sie stellt sicher, dass bei Anstieg der Zwischenkreisspannung auch die Ausgangsfrequenz angehoben wird, um ein Ansteigen der DC-Zwischenkreisspannung zu verhindern; auf diese Weise kann eine Abschaltung vermieden werden.

HINWEIS

Sie können OVC nicht aktivieren, wenn Sie einen PM-Motor betreiben, während *Parameter 1-10 Motorart* auf [1] PM, Vollpol SPM eingestellt ist.

10.8 Fehlerstromschutzschalter und Isolationswiderstandsüberwachung (IRM)

Je nach Anforderung der örtlichen Sicherheitsvorschriften kann als zusätzliche Schutzmaßnahme eine Mehrfach-Schutzerdung oder Einsatz eines FI-Schutzschalters (Fehlerstromschutzschalter) vorgeschrieben sein. Bei einem Erdschluss kann im Fehlerstrom ein Gleichstromanteil enthalten sein. Fehlerstromschutzschalter sind gemäß den örtlichen Vorschriften anzuwenden. Die Relais müssen für die Absicherung von Geräten mit dreiphasigem Brückengleichrichter und für einen kurzzeitigen Impulsstrom im Einschaltmoment zugelassen sein. Nähere Angaben finden Sie unter *Kapitel 10.9 Ableitstrom*.

10.9 Ableitstrom

Befolgen Sie im Hinblick auf die Schutzerdung von Geräten mit einem Ableitstrom gegen Erde von mehr als 3,5 mA alle nationalen und lokalen Vorschriften. Die Frequenzumrichtertechnologie nutzt hohe Schaltfrequenzen bei hoher Leistung. Dieses hochfrequente Schalten erzeugt einen Ableitstrom zum Erdanschluss.

Der Erdableitstrom setzt sich aus verschiedenen Faktoren zusammen und hängt von verschiedenen Systemkonfigurationen ab, u. a. folgenden:

- Filterung von Funkfrequenzstörungen
- Motorkabellänge
- Motorkabelabschirmung
- Frequenzumrichterleistung.

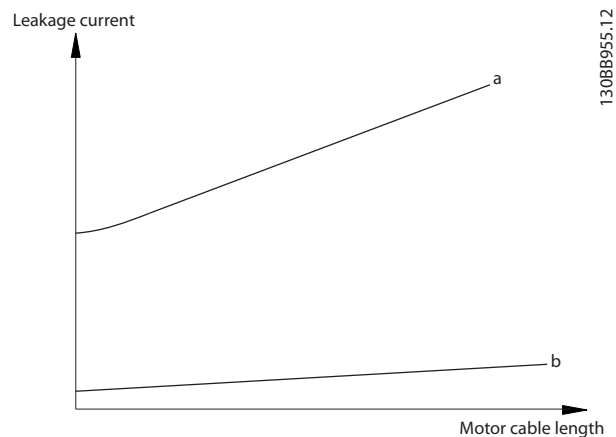


Abbildung 10.11 Einfluss von Motorkabellänge und Leistungsgröße auf den Ableitstrom. Leistungsgröße a > Leistungsgröße b.

Der Ableitstrom hängt ebenfalls von der Netzverzerrung ab.

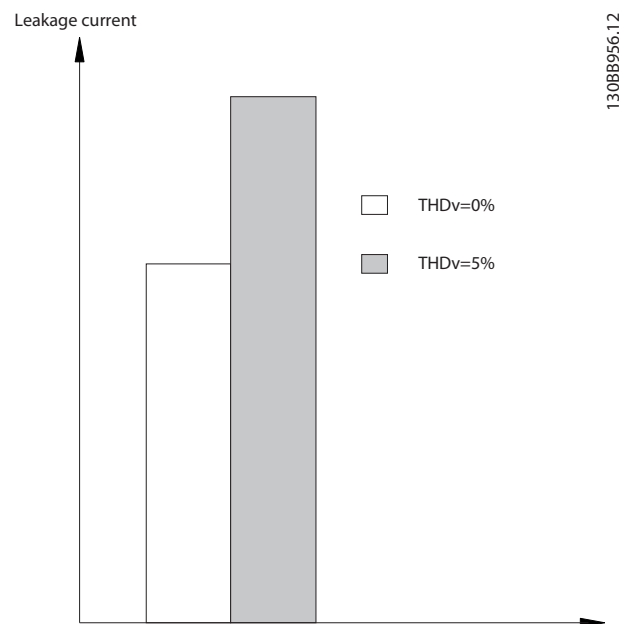


Abbildung 10.12 Die Netzverzerrung beeinflusst den Ableitstrom

Zur Übereinstimmung mit EN/IEC 61800-5-1 (Produktnorm für Elektrische Leistungsantriebssysteme mit einstellbarer Drehzahl) müssen besondere Anforderungen erfüllt werden, wenn der Erdableitstrom 3,5 mA übersteigt.

Verstärken Sie die Erdung durch Berücksichtigung der folgenden Anforderungen zur Schutzerdung:

- Erdungskabel (Klemme 95) mit einem Querschnitt von mindestens 10 mm² (8 AWG).
- Zwei getrennt verlegte Erdungskabel, die die vorgeschriebenen Maße einhalten

Weitere Informationen finden Sie in EN/IEC 61800-5-1 und EN 50178.

Fehlerstromschutzschalter

Wenn Fehlerstromschutzschalter (RCDs), auch als Erdschlusstremschalter bezeichnet, zum Einsatz kommen, sind die folgenden Anforderungen einzuhalten:

- Verwenden Sie nur allstromsensitive Fehlerstromschutzschalter (Typ B).
- Verwenden Sie Fehlerstromschutzschalter mit Einschaltverzögerung, um Fehler durch transiente Erdströme zu vermeiden.
- Bemessen Sie Fehlerstromschutzschalter in Bezug auf Systemkonfiguration und Umgebungsbedingungen.

Der Ableitstrom enthält mehrere Frequenzen, die ihren Ursprung in der Netzfrequenz und in der Taktfrequenz haben. Der Typ der verwendeten Fehlerstromschutzeinrichtung beeinflusst, ob die Taktfrequenz erkannt wird.

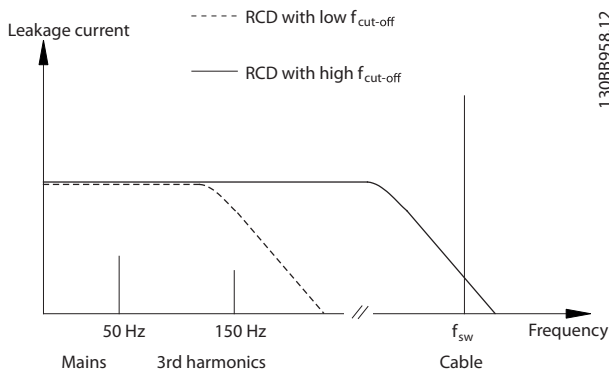


Abbildung 10.13 Hauptbeitragsfaktoren zum Ableitstrom

Die Menge des von der Fehlerstromschutzeinrichtung erkannten Ableitstroms hängt von der Trennfrequenz des Fehlerstromschutzschalters ab.

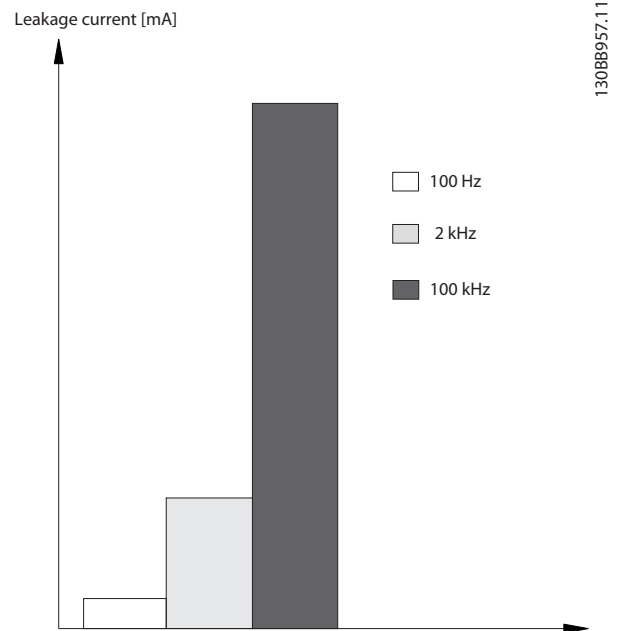


Abbildung 10.14 Einfluss der Trennfrequenz des Fehlerstromschutzschalters auf den Ableitstrom

10.10 IT-Netz

Ungeerdete Netzversorgung

Wird der Frequenzumrichter von einer isolierten Netzstromquelle (IT-Netz, potenzialfreie Dreieckschaltung oder geerdete Dreieckschaltung) oder TT/TNS-Netz mit geerdetem Zweig versorgt, wird empfohlen, den EMV-Schalter über *Parameter 14-50 EMV-Filter* am Frequenzumrichter und *Parameter 14-50 EMV-Filter* am Filter auf AUS zu setzen. Weitere Informationen entnehmen Sie Norm IEC 364-3. In dieser Betriebsart sind die Filterkondensatoren zwischen Chassis und Zwischenkreis abgeschaltet, um Schäden am Zwischenkreis zu vermeiden und die Erdungskapazität gemäß IEC 61800-3 zu verringern. Wenn optimale EMV-Leistung erforderlich ist, oder Motoren parallel angeschlossen sind, oder die Motorleitung länger als 25 m (82 ft) ist, empfiehlt Danfoss die Einstellung von *Parameter 14-50 EMV-Filter* auf [EIN]. Lesen Sie hierzu auch *Anwendungshinweis VLT am IT-Netz*. Es ist wichtig, Isolationsmonitore zu verwenden, die zusammen mit der Leistungselektronik (IEC 61557-8) einsetzbar sind.

Danfoss empfiehlt nicht die Verwendung eines Ausgangsschützes für 525–690 V Frequenzumrichter, die im IT Netz betrieben werden.

10.11 Wirkungsgrad

Wirkungsgrad des Frequenzumrichters (η_{VLT})

Die Last am Frequenzumrichter hat kaum Auswirkung auf seinen Wirkungsgrad. In der Regel ist der Wirkungsgrad bei der Motornennfrequenz $f_{M,N}$, derselbe, ob der Motor nun 100 % des Wellennendrehmoments oder, im Fall von Teillasten, nur 75 % liefert.

Der Wirkungsgrad des Frequenzumrichters ändert sich selbst dann nicht, wenn Sie eine andere U/f-Kennlinie wählen. Dennoch haben die U/f-Kennlinien Einfluss auf den Wirkungsgrad des Motors.

Der Wirkungsgrad nimmt leicht ab, wenn die Taktfrequenz auf einen Wert von über 5 kHz eingestellt ist. Der Wirkungsgrad nimmt leicht ab, wenn die Netzspannung 480 V beträgt oder das Motorkabel länger als 30 m (98 ft) ist.

Berechnung des Frequenzumrichter-Wirkungsgrads

Berechnen Sie den Wirkungsgrad des Frequenzumrichters bei unterschiedlichen Drehzahlen und Lasten auf Grundlage von *Abbildung 10.15*. Der Faktor in dieser Abbildung muss mit dem spezifischen Wirkungsgradfaktor, der in den Spezifikationstabellen *Kapitel 7.1 Elektrische Daten, 380-480 V* und *Kapitel 7.2 Elektrische Daten, 525-690 V* zu finden ist, multipliziert werden.

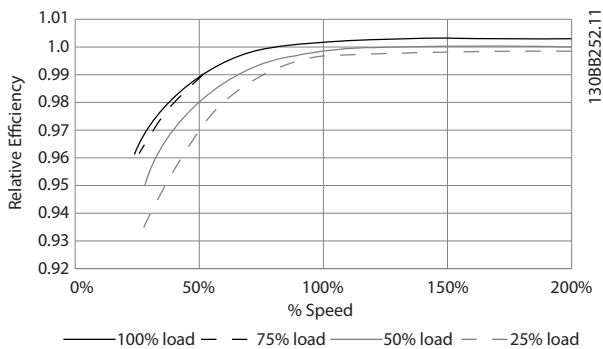


Abbildung 10.15 Typische Wirkungsgradkurven

Beispiel: Nehmen wir als Beispiel einen Frequenzumrichter mit 160 kW und 380–480 V AC bei 25 % Last bei 50 % Drehzahl. *Abbildung 10.15* gibt 0,97 an – der Nennwirkungsgrad für einen Frequenzumrichter mit 160 kW ist also 0,98. Der tatsächliche Wirkungsgrad ist gleich: $0,97 \times 0,98 = 0,95$.

Motorwirkungsgrad (η_{MOTOR})

Der Wirkungsgrad eines an den Frequenzumrichter angeschlossenen Motors hängt von der Magnetisierungsstufe ab. In der Regel ist der Wirkungsgrad genauso gut wie bei Netzbetrieb. Der Motorwirkungsgrad ist außerdem vom Motortyp abhängig.

Im Nenndrehmomentbereich von 75–100 % ist der Motorwirkungsgrad praktisch konstant, sowohl wenn dieser vom Frequenzumrichter geregelt wird und wenn er direkt im Netz betrieben wird.

Bei kleinen Motoren haben die U/f-Kennlinien nur einen minimalen Einfluss auf den Wirkungsgrad. Allerdings ergeben sich beachtliche Vorteile bei Motoren mit mindestens 11 kW (14,75 HP).

Die Taktfrequenz hat in der Regel keinen Einfluss auf den Wirkungsgrad von kleinen Motoren. Bei Motoren mit mindestens 11 kW (14,75 hp) wird der Wirkungsgrad erhöht (1–2 %), da die Form der Sinuskurve des Motorstroms bei hoher Taktfrequenz fast perfekt ist.

Wirkungsgrad des Systems (η_{SYSTEM})

Zur Berechnung des Systemwirkungsgrads wird der Wirkungsgrad des Frequenzumrichters (η_{DRIVE}) mit dem Motorwirkungsgrad (η_{MOTOR}) multipliziert:

$$\eta_{SYSTEM} = \eta_{VLT} \times \eta_{MOTOR}$$

10.12 Störgeräusche

Störgeräusche von Frequenzumrichtern haben drei Ursachen:

- DC-Zwischenkreisdrosseln.
- Interne Lüfter.
- EMV-Filterdrossel.

Tabelle 10.15 listet die typischen, im Abstand von 1 m (9 ft) zum Frequenzumrichter gemessenen Störgeräuschwerte auf:

Baugröße	dBA bei voller Lüfterdrehzahl
E1h-E4h	80

Tabelle 10.15 Störgeräusche

Testergebnisse wurden nach ISO 3744 für hörbare Geräuschpegel in einer kontrollierten Umgebung ermittelt. Das Geräusch-Tonspektrum wurde für die Aufzeichnung von technischen Daten zur Hardware-Performance nach ISO 1996-2 Anhang D qualifiziert.

Eine neue Lüftersteuerung für die Baugrößen E1h-E4h trägt dazu bei, die hörbaren Geräusche zu reduzieren, indem sie dem Bediener ermöglicht, verschiedene Lüfterbetriebsmodi anhand von bestimmten Bedingungen auszuwählen. Weitere Informationen, siehe *Parameter 30-50 Heat Sink Fan Mode*.

10.13 dU/dt-Bedingungen

HINWEIS

Um vorzeitige Alterung von Motoren zu vermeiden, die nicht für den Betrieb mit einem Frequenzumrichter ausgelegt sind, weil sie etwa nicht über Phasentrennpapier oder eine geeignete Isolation verfügen, empfiehlt Danfoss dringend, den Ausgang des Frequenzumrichters mit einem Filter für dU/dt oder einem Sinusfilter auszurüsten. Nähere Informationen über dU/dt- und Sinusfilter siehe das *Projektierungshandbuch für Ausgangsfilter*.

Wenn ein Transistor in der Wechselrichterbrücke schaltet, steigt die Spannung im Motor im Verhältnis dU/dt, abhängig von:

- Motorkabel (Typ, Querschnitt, Länge mit/ohne Abschirmung).
- Induktivität.

Die Selbstinduktivität verursacht ein Übersteuern U_{PEAK} in der Motorspannung, bevor sie sich auf einem von der Spannung im Zwischenkreis bestimmten Pegel stabilisiert. Die Anstiegszeit und Spitzenspannung U_{PEAK} beeinflussen die Lebensdauer des Motors. Besonders Motoren ohne

Phasentrennpapier werden von zu hohen Spitzenspannungen geschädigt. Die Motorkabellänge hat Auswirkungen auf Anstiegszeit und Spitzenspannung. Wenn etwa das Motorkabel kurz ist (wenige Meter), sind Anstiegszeit und Spitzenspannung niedriger. Bei einem langen Motorkabel (100 m (328 ft)) steigen Anstiegszeit und Spitzenspannung.

Spitzenspannung an den Motorklemmen wird durch das Schalten der IGBT-Transistoren verursacht. Der Frequenzumrichter erfüllt die Anforderungen von IEC 60034-25 im Hinblick auf Motoren, die für die Regelung durch Frequenzumrichter ausgelegt sind. Der Frequenzumrichter erfüllt ebenfalls IEC 60034-17 im Hinblick auf Normmotoren, die von Frequenzumrichtern geregelt werden.

High-Power-Bereich

Die Leistungsgrößen in *Tabelle 10.16* und *Tabelle 10.21* bei geeigneten Netzspannungen erfüllen die Bestimmungen von IEC 60034-17 bezüglich normaler, über Frequenzumrichter gesteuerter Motoren, von IEC 60034-25 bezüglich Motoren, die für eine Steuerung durch Frequenzumrichter entwickelt wurden, und von NEMA MG 1-1998 Teil 31.4.4.2 für Wechselrichter-gepeiste Motoren. Die Leistungsgrößen in *Tabelle 10.16* bis *Tabelle 10.21* sind nicht konform mit NEMA MG 1-1998 Teil 30.2.2.8 für Universalmotoren.

10

380–480 V

Leistungsgröße [kW]	Kabel [m (ft)]	Netzspannung [V]	Anstiegszeit [μ s]	Spitzenspannung [V]	dU/dt [V/ μ s]
355–450 (500–600)	5 (16)	460	0,23	1038	2372
	30 (98)	460	0,72	1061	644
	150 (492)	460	0,46	1142	1160
	300 (984)	460	1,84	1244	283
500–560 (650–750)	5 (16)	460	0,42	1042	1295
	30 (98)	460	0,57	1200	820
	150 (492)	460	0,63	1110	844
	300 (984)	460	2,21	1175	239

Tabelle 10.16 NEMA dU/dt-Testergebnisse für E1h–E4h mit ungeschirmten Kabeln und ohne Ausgangsfilter, 380–480 V

Leistungsgröße [kW]	Kabel [m (ft)]	Netzspannung [V]	Anstiegszeit [μ s]	Spitzenspannung [V]	dU/dt [V/ μ s]
355–450 (500–600)	5 (16)	460	0,33	1038	2556
	30 (98)	460	1,27	1061	668
	150 (492)	460	0,84	1142	1094
	300 (984)	460	2,25	1244	443
500–560 (650–750)	5 (16)	460	0,53	1042	1569
	30 (98)	460	1,22	1200	1436
	150 (492)	460	0,90	1110	993
	300 (984)	460	2,29	1175	411

Tabelle 10.17 IEC dU/dt-Testergebnisse für E1h–E4h mit ungeschirmten Kabeln und ohne Ausgangsfilter, 380–480 V

Leistungsgröße [kW]	Kabel [m (ft)]	Netzspannung [V]	Anstiegszeit [μ s]	Spitzenspannung [V]	dU/dt [V/ μ s]
355–450 (500–600)	5 (16)	460	0,17	1017	3176
	30 (98)	460	–	–	–
	150 (492)	460	0,41	1268	1311
500–560 (650–750)	5 (16)	460	0,17	1042	3126
	30 (98)	460	–	–	–
	150 (492)	460	0,22	1233	2356

Tabelle 10.18 NEMA dU/dt-Testergebnisse für E1h–E4h mit abgeschirmten Kabeln und ohne Ausgangsfilter, 380–480 V

Leistungsgröße [kW]	Kabel [m (ft)]	Netzspannung [V]	Anstiegszeit [μ s]	Spitzenspannung [V]	dU/dt [V/ μ s]
355–450 (500–600)	5 (16)	460	0,26	1017	3128
	30 (98)	460	–	–	–
	150 (492)	460	0,70	1268	1448
500–560 (650–750)	5 (16)	460	0,27	1042	3132
	30 (98)	460	–	–	–
	150 (492)	460	0,52	1233	1897

Tabelle 10.19 IEC dU/dt-Testergebnisse für E1h–E4h mit abgeschirmten Kabeln und ohne Ausgangsfilter, 380–480 V

525–690 V

Leistungsgröße [kW]	Kabel [m (ft)]	Netzspannung [V]	Anstiegszeit [μ s]	Spitzenspannung [V]	dU/dt [V/ μ s]
450–630 (450–650)	30 (98)	690	0,37	1625	3494
	50 (164)	690	0,86	2030	1895
710–800 (750–950)	5 (16)	690	0,25	1212	3850
	20 (65)	690	0,33	1525	3712
	50 (164)	690	0,82	2040	1996

Tabelle 10.20 IEC dU/dt-Testergebnisse für E1h–E4h mit ungeschirmten Kabeln und ohne Ausgangsfilter, 525–690 V

Leistungsgröße [kW]	Kabel [m (ft)]	Netzspannung [V]	Anstiegszeit [μ s]	Spitzenspannung [V]	dU/dt [V/ μ s]
450–630 (450–650)	5 (16)	690	0,23	1450	5217
	48 (157)	690	0,38	1637	3400
	150 (492)	690	0,94	1762	1502
710–800 (750–950)	5 (16)	690	0,26	1262	3894
	48 (157)	690	0,46	1625	2826
	150 (492)	690	0,94	1710	1455

Tabelle 10.21 IEC dU/dt-Testergebnisse für E1h–E4h mit abgeschirmten Kabeln und ohne Ausgangsfilter, 525–690 V

HINWEIS
PRÜFERGEBNISSE

NEMA liefert keine dU/dt-Ergebnisse für 690 V.

10.14 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

Elektrische Geräte erzeugen Störungen und sind zugleich den Störungen von anderen Quellen ausgesetzt. Die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) dieser Effekte ist von den Leistungs- und Oberschwingungseigenschaften der Geräte abhängig.

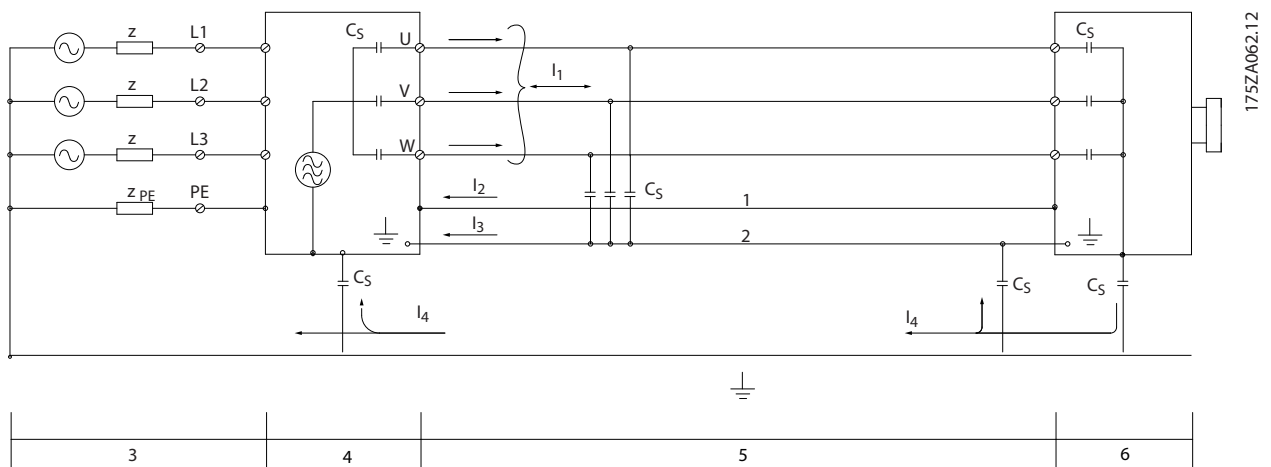
Die unkontrollierte Wechselwirkung zwischen elektrischen Geräten in einer Anlage kann die Kompatibilität und den zuverlässigen Betrieb beeinträchtigen. Störungen können sich folgendermaßen äußern:

- Elektrostatische Entladung
- Schnelle Spannungsänderungen
- Hochfrequente Störspannungen bzw. Störfelder

Schalttransienten im Frequenzbereich von 150 kHz bis 30 MHz treten in der Regel leitungsgebunden auf. Störaussendung vom Antriebssystem im Bereich von 30 MHz bis 1 GHz werden durch den Wechselrichter, das Motorkabel und den Motor erzeugt.

Durch kapazitive Ströme des Motorkabels, in Verbindung mit hohem dU/dt der Motorspannung, werden Ableitströme erzeugt. Siehe *Abbildung 10.16*. Abgeschirmte Motorkabel haben eine höhere Kapazität zwischen den Phasenleitern und dem Schirm sowie zwischen Schirm und Erde. Diese erhöhte Kabelkapazität ändert zusammen mit anderen Parasitärkapazitäten und der Motorinduktivität die elektromagnetischen Emissionen des Geräts. Die Änderung der elektromagnetischen Emissionen tritt vorwiegend bei Emissionen unter 5 MHz auf. Der Ableitstrom (I_1) fließt zum Großteil über die Abschirmung (I_3) direkt zurück zum Gerät. Es verbleibt dann nur ein kleines elektromagnetisches Feld (I_4) vom abgeschirmten Motorkabel. Die Abschirmung verringert zwar die abgestrahlte Störung, erhöht jedoch die Niederfrequenzstörungen am Netz.

10



1	Massekabel	C_s	Mögliche Pfade für Parasitärkapazitäten im Abzweig (variiert in verschiedenen Installationen)
2	Abschirmung	I_1	Gleichtakt-Ableitstrom
3	Netzversorgung	I_2	Abgeschirmtes Motorkabel
4	Frequenzumrichter	I_3	Schutzerdung (vierter Leiter in Motorkabeln)
5	Abgeschirmtes Motorkabel	I_4	Unbeabsichtigter Gleichtaktstrom
6	Motor	-	-

Abbildung 10.16 Elektrisches Modell mit möglichen Ableitströmen

10.14.1 EMV-Prüfergebnisse

Folgende Ergebnisse wurden unter Verwendung eines Frequenzumrichters (mit Optionen, falls erforderlich), einer abgeschirmten Steuerleitung, eines Steuerkastens mit Potenziometer sowie eines Motors und geschirmten Motorkabels erzielt.

EMV-Filtertyp	Normen und Anforderungen	Leitungsgeführte Störaussendung			Abgestrahlte Störaussendung	
		Klasse B Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbereich sowie Kleinbe- triebe	Klasse A Gruppe 1 Industrie- bereich	Klasse A Gruppe 2 Industriebereich	Klasse B Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbereich sowie Kleinbe- triebe	Klasse A Gruppe 1 Industriebereich
	EN 55011					
	EN/IEC 61800-3	Kategorie C1 Erste Umgebung Wohnungen und Büro	Kategorie C2 Erste Umgebung Wohnungen und Büro	Kategorie C3 Zweite Umgebung Industrie	Kategorie C1 Erste Umgebung Wohnungen und Büro	Kategorie C2 Erste Umgebung Wohnungen und Büro
H2						
FC202	355–560 kW 380–480 V	No	No	150 m (492 ft)	No	No
	450–800 kW 525–690 V	No	No	150 m (492 ft)	No	No
H4						
FC202	355–560 kW 380–480 V	No	150 m (492 ft)	150 m (492 ft)	No	Ja
	450–800 kW 525–690 V	Ohne Funktion	30 m (98 ft)	150 m (492 ft)	No	No

Tabelle 10.22 EMV-Prüfergebnisse (Störaussendung und Störfestigkeit)

⚠️ WARNUNG

Diese Art von Antriebssystem ist nicht für den Einsatz in einem öffentlichen Netz mit Niederspannung ausgelegt, das Wohn- und Geschäftshäuser versorgt. Bei der Verwendung in einem solchen Netz sind Funkfrequenzstörungen zu erwarten, und ergänzende Abhilfemaßnahmen können erforderlich sein.

10.14.2 Emissionsanforderungen

Gemäß der EMV-Produktnorm für drehzahlveränderbare Frequenzumrichter, EN/IEC 61800-3:2004, hängen die EMV-Anforderungen von der Umgebung ab, in der der Frequenzumrichter installiert ist. Die jeweiligen Umgebungen sind mit ihren Anforderungen an die Netzspannung in *Tabelle 10.23* definiert.

Die Frequenzumrichter erfüllen die in IEC/EN 61800-3 (2004)+AM1 (2011), Kategorie C3 beschriebenen EMV-Anforderungen für in der zweiten Umgebung installierten Geräte mit einer Stromaufnahme von mehr als 100 A pro Phase. Die Konformitätsprüfung wird mit einem 150 m (492 ft) langen abgeschirmten Motorkabel durchgeführt.

Kategorie (EN 61800-3)	Definition	Leitungsgeführte Störaussendung (EN 55011)
C1	In der ersten Umgebung (Wohn-, Geschäfts- und Gewerbebereich sowie Kleinbetriebe) installierte Frequenzumrichter mit einer Versorgungsspannung unter 1000 V	Klasse B
C2	In der ersten Umgebung (Wohn-, Geschäfts- und Gewerbebereich sowie Kleinbetriebe) installierte Frequenzumrichter mit einer Versorgungsspannung unter 1000 V, die nicht steckbar oder bewegbar sind und die von einer Fachperson installiert bzw. in Betrieb werden müssen.	Klasse A Gruppe 1
C3	In der zweiten Umgebung (Industriebereich) installierte Frequenzumrichter mit einer Versorgungsspannung unter 1000 V	Klasse A Gruppe 2
C4	Zweite Umgebung mit folgenden Gegebenheiten: <ul style="list-style-type: none"> • Versorgungsspannung von mindestens 1000 V • Nennstrom von mindestens 400 A • Zur Verwendung in komplexen Systemen bestimmt 	Keine Begrenzung. Es muss ein EMV-Plan erstellt werden.

Tabelle 10.23 Emissionsanforderungen

Wenn die Fachgrundnorm Störaussendung zugrunde gelegt wird, müssen die Frequenzumrichter die Grenzwerte in *Tabelle 10.24* einhalten.

Umgebung	Fachgrundnorm	Anforderungen an leitungsgeführte Emissionen gemäß EN 55011-Grenzwerten
Erste Umgebung (Wohnung und Büro)	Fachgrundnorm EN/IEC 61000-6-3 für Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe.	Klasse B
Zweite Umgebung (Industriebereich)	Fachgrundnorm EN/IEC 61000-6-4 für Industriebereiche.	Klasse A Gruppe 1

Tabelle 10.24 Grenzwerte der Fachgrundnorm Störaussendung

10.14.3 Störfestigkeitsanforderungen

Die Störfestigkeitsanforderungen für Frequenzumrichter sind abhängig von der Installationsumgebung. In Industriebereichen sind die Anforderungen höher als in Wohn- oder Bürobereichen. Alle Danfoss Frequenzumrichter erfüllen die Störfestigkeitsanforderungen sowohl für Industriebereiche als auch für Wohn-/Büroumgebungen.

Um die Störfestigkeit gegenüber Schalttransienten zu dokumentieren, wurde der nachfolgende Störfestigkeitstest an einem Frequenzumrichter (mit Optionen, falls relevant), einer abgeschirmten Steuerleitung und einem Steuerkasten mit Potenziometer, Motorkabel und Motor durchgeführt. Die Prüfungen wurden nach den folgenden Fachgrundnormen durchgeführt. Nähere Angaben finden Sie in *Tabelle 10.25*

- **EN 61000-4-2 (IEC 61000-4-2):** Elektrostatische Entladung (ESD): Simulation elektrostatischer Entladung von Personen.
- **EN 61000-4-3 (IEC 61000-4-3):** Elektromagnetisches Einstrahlungsfeld, amplitudenmodulierte Simulation der Auswirkungen von Radar- und Funkgeräten sowie von mobilen Kommunikationsgeräten.
- **EN 61000-4-4 (IEC 61000-4-4):** Schalttransienten: Simulation von Störungen, herbeigeführt durch Schalten mit einem Schütz, Relais oder ähnlichen Geräten.
- **EN 61000-4-5 (IEC 61000-4-5):** Überspannungen: Simulation von Transienten durch Blitzschlag in der Nähe von Installationen.
- **EN 61000-4-6 (IEC 61000-4-6):** HF-Gleichtakt: Simulation der Auswirkung von Funksendegeräten, die an Verbindungskabel angeschlossen sind.

Fachgrundnorm	Impulskette IEC 61000-4-4	Stoßspannungst- ransienten IEC 61000-4-5	ESD IEC 61000-4-2	Gestrahltes elektromagnetisches Feld IEC 61000-4-3	HF-Gleichtakt- spannung IEC 61000-4-6
Abnahmekriterium	B	B	B	A	A
Reihe	4 kV CM (Common Mode)	2 kV/2 Ω Differenzbetrieb 4 kV/12 Ω CM (Common Mode)	–	–	10 V _{eff}
Motor	4 kV CM (Common Mode)	4 kV/2 Ω ¹⁾	–	–	10 V _{eff}
Bremse	4 kV CM (Common Mode)	4 kV/2 Ω ¹⁾	–	–	10 V _{eff}
Zwischenkreiskopplung	4 kV CM (Common Mode)	4 kV/2 Ω ¹⁾	–	–	10 V _{eff}
Steuerkabel	2 kV CM (Common Mode)	2 kV/2 Ω ¹⁾	–	–	10 V _{eff}
Standardbus	2 kV CM (Common Mode)	2 kV/2 Ω ¹⁾	–	–	10 V _{eff}
Relaisleitungen	2 kV CM (Common Mode)	2 kV/2 Ω ¹⁾	–	–	10 V _{eff}
Anwendungs- und Feldbus-Optionen	2 kV CM (Common Mode)	2 kV/2 Ω ¹⁾	–	–	10 V _{eff}
LCP-Kabel	2 kV CM (Common Mode)	2 kV/2 Ω ¹⁾	–	–	10 V _{eff}
Externe 24 V DC	2 V CM (Common Mode)	0,5 kV/2 Ω Differenzbetrieb 1 kV/12 Ω CM (Common Mode)	–	–	10 V _{eff}
Gehäuse	–	–	8 kV AD 6 kV CD	10 V/m	–

Tabelle 10.25 EMV-Immunitätstabelle, Spannungsbereich: 380–480 V, 525–600 V und 525–690 V
¹⁾ Einkopplung auf den Kabelschirm

AD: Luftentladung (Air Discharge); CD: Kontaktentladung (Contact Discharge); CM (Common Mode): Gleichtakt (Common Mode); DM: Differenzbetrieb

10.14.4 EMV-Konformität

HINWEIS

VERANTWORTUNG DES BETREIBERS

Gemäß dem Standard EN 61800-3 für drehzahlveränderbare Frequenzumrichter ist der Betreiber der Anlage für die Gewährleistung der EMV-Konformität verantwortlich. Hersteller können Lösungen zur Erfüllung der Anforderungen des Standards beim Betrieb anbieten. Die Betreiber sind für den Einsatz dieser Lösungen verantwortlich und kommen für die damit verbundenen Kosten auf.

Es gibt 2 Optionen zur Gewährleistung der elektromagnetischen Verträglichkeit.

- Beseitigen oder minimieren Sie Störungen an der Quelle der Störaussendung.
- Steigern Sie die Störfestigkeit in Geräten, die von deren Empfang beeinträchtigt werden.

EMV-Filter

Ziel ist es, Anlagen zu errichten, die ohne Hochfrequenzstörungen zwischen den Komponenten stabil arbeiten. Um einen hohen Grad an Störfestigkeit zu erreichen, empfehlen wir die Verwendung von Frequenzumrichtern mit qualitativ hochwertigen EMV-Filtern.

10

HINWEIS

FUNKSTÖRUNGEN

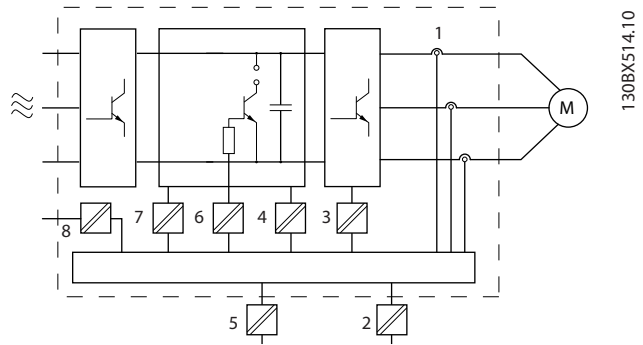
In einer Wohnumgebung kann dieses Produkt Funkstörungen verursachen. In diesem Fall sind zusätzliche Maßnahmen zur Abschwächung dieser Störungen erforderlich.

Konformität von PELV-Isolierung und galvanischer Trennung

Alle Steuer- und Relaisklemmen der E1h-E4h-Frequenzumrichter erfüllen die PELV-Anforderungen (gilt nicht bei geerdetem Dreieck-Netz größer 400 V).

Die galvanische (sichere) Trennung wird erreicht, indem die Anforderungen für höhere Isolierung erfüllt und die entsprechenden Kriech-/Luftstrecken beachtet werden. Diese Anforderungen sind in der Norm EN 61800-5-1 beschrieben.

Die elektrische Isolierung wird wie gezeigt hergestellt (siehe *Abbildung 10.17*). Die beschriebenen Komponenten erfüllen die PELV-Anforderungen sowie die Anforderungen an die galvanische Trennung.



130BX514.10

1	Stromwandler
2	Galvanische Trennung für die RS485-Standard-Busschnittstelle
3	Ansteuerungsschaltung der IGBTs
4	Stromversorgung (Schaltnetzteil) einschließlich Signal-trennung der Zwischenkreisspannung V DC.
5	Galvanische Trennung für die externe 24-V-Versorgung
6	Optokoppler, Bremsmodul (optional)
7	Einschaltstrombegrenzung, EMV und Temperaturmesskreise.
8	Relaisebene

Abbildung 10.17 Galvanische Trennung

10.15 EMV-gerechte Installation

Befolgen Sie die Anweisungen in der *Bedienungsanleitung*, um eine EMV-gerechte Installation durchzuführen. Ein Beispiel für EMV-gerechte Installation finden Sie unter *Abbildung 10.18*.

HINWEIS

VERDRILLTE ABSCHIRMUNGSENDEN (PIGTAILS)

Verdrillte Abschirmungsenden erhöhen die Impedanz der Abschirmung bei höheren Frequenzen, was die Wirksamkeit der Abschirmung stark reduziert und den Ableitstrom erhöht. Verwenden Sie integrierte Schirmbügel, um verdrillte Abschirmungsenden zu vermeiden.

- Zur Verwendung für Relais, Steuerleitungen, eine Signalschnittstelle, Feldbus oder Bremse verbinden Sie die Abschirmung an beiden Enden mit dem Gehäuse. Wenn die Erdung eine hohe Impedanz hat, rauscht oder Strom führt, unterbrechen Sie die Abschirmung an einem Ende, um Masseschleifen zu vermeiden.
- Führen Sie die Ableitströme mithilfe einer Montageplatte aus Metall zum Gerät zurück. Durch die Montageschrauben muss stets ein guter elektrischer Kontakt von der Montageplatte zum Frequenzumrichtergehäuse gewährleistet sein.
- Verwenden Sie immer abgeschirmte Motorausgangskabel. Eine Alternative dazu sind ungeschirmte Motorkabel in Metallrohren.

HINWEIS**ABGESCHIRMTE KABEL**

Wenn keine abgeschirmten Kabel oder Metallrohre verwendet werden, erfüllen das Gerät und die Installation nicht die regulatorischen Vorschriften der Grenzwerte für Funkfrequenzemissionen.

- Stellen Sie sicher, dass die Motorkabel und Anschlusskabel für Bremse so kurz wie möglich sind, um das Störungsniveau des gesamten Systems zu reduzieren.
- Sie dürfen Steuer- und Buskabel nicht gemeinsam mit Anschlusskabeln für Motor und Bremse verlegen.
- Für Kommunikations- und Steuerleitungen müssen Sie die jeweiligen besonderen Kommunikationsprotokollstandards beachten. So müssen Sie für USB beispielsweise abgeschirmte Kabel verwenden, während Sie für RS485/Ethernet abgeschirmte oder ungeschirmte UTP-Kabel verwenden können.
- Stellen Sie sicher, dass alle Steuerklemmenverbindungen den PELV-Anforderungen entsprechen.

HINWEIS**EMV-STÖRUNGEN**

Verwenden Sie für Motor- und Steuerleitungen abgeschirmte Kabel und verlegen Sie die Kabel für Netzversorgung, Motor- und Steuerleitungen getrennt. Die Nichtbeachtung dieser Vorgabe kann zu nicht vorgesehenem Verhalten oder reduzierter Leistung der Anlage führen. Ein Mindestabstand von 200 mm (7,9 in) zwischen Leistungskabeln sowie Steuerleitungen ist erforderlich.

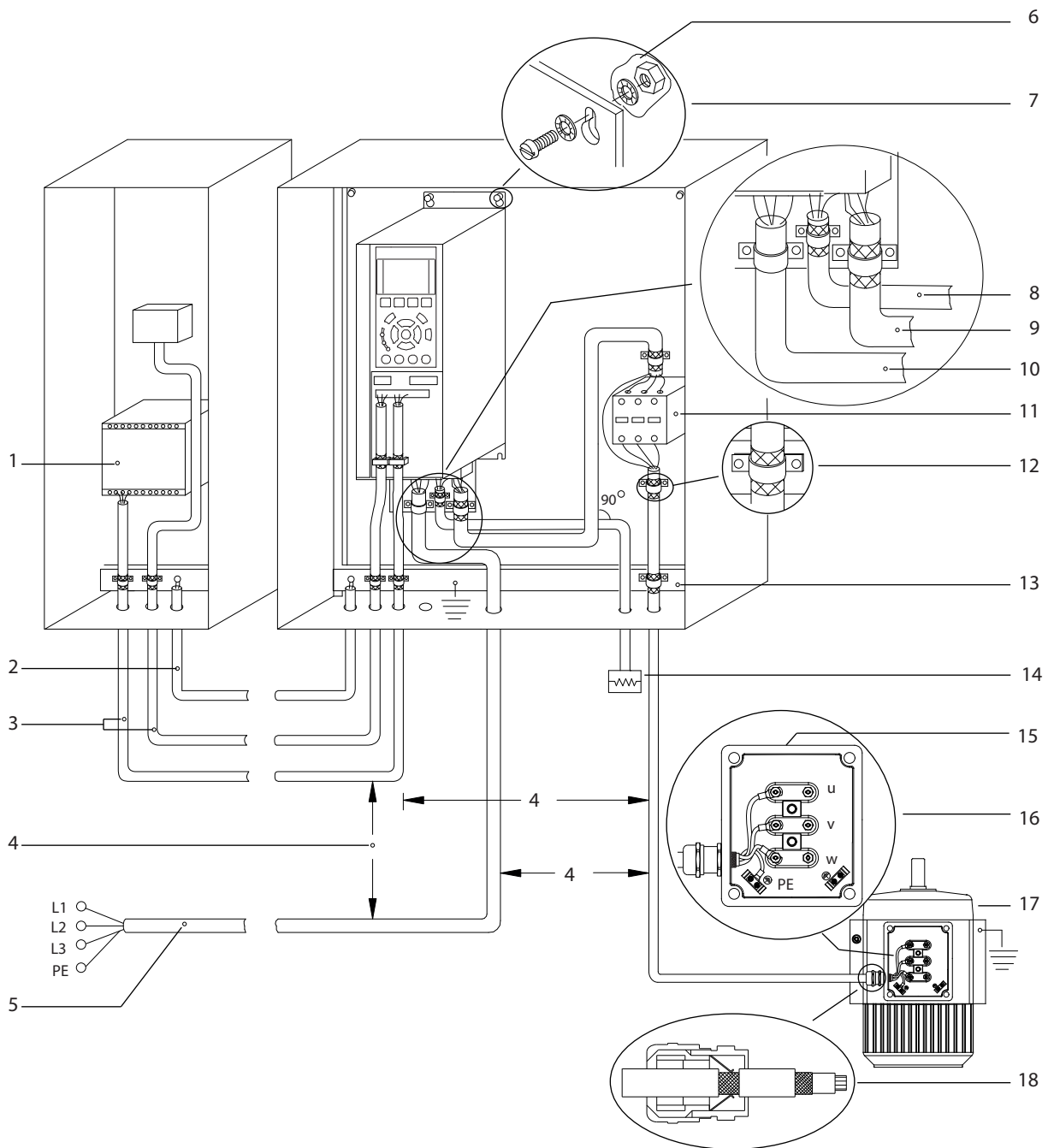
HINWEIS**INSTALLATION IN GROSSER HÖHENLAGE**

Es besteht die Gefahr von Überspannung. Die Isolierung zwischen Komponenten und kritischen Teilen ist ggf. nicht ausreichend und entspricht möglicherweise nicht den PELV-Anforderungen. Reduzieren Sie die Gefahr von Überspannung durch externe Schutzeinrichtungen oder galvanische Trennung.

Kontaktieren Sie Danfoss bei Installationen in einer Höhe von über 2000 m (6500 ft) hinsichtlich der PELV-Konformität.

HINWEIS**PELV-KONFORMITÄT**

Verhindern Sie elektrischen Schlag, indem Sie eine Stromversorgung vom Typ PELV (Schutzkleinspannung – Protective Extra Low Voltage) verwenden und die Installation gemäß den örtlichen bzw. nationalen Vorschriften für PELV-Versorgungen ausführen.



10

1	SPS	10	Netzkabel (ungeschirmt)
2	Minimum 16 mm ² (6 AWG) Potentialausgleich	11	Ausgangsschütz usw.
3	Steuerleitungen	12	Kabelisolierung, abisoliert
4	Mindestens 200 mm (7,9 in) zwischen Steuerleitungen, Motorkabeln und Netzkabeln.	13	Gemeinsame Erdsammelschiene. Beachten Sie nationale und örtliche Vorschriften für die Schaltschränkerdung.
5	Netzversorgung	14	Bremswiderstand
6	Freiliegende (nicht lackierte) Oberfläche	15	Metallkasten
7	Sternscheiben	16	Anschluss zum Motor
8	Anschlusskabel für Bremse (abgeschirmt)	17	Motor
9	Motorkabel (abgeschirmt)	18	EMV-Kabelverschraubung

Abbildung 10.18 Beispiel für EMV-gerechte Installation

10.16 Oberschwingungen – Übersicht

Nicht lineare Lasten, wie sie z. B. bei Frequenzumrichtern gegeben sind, nehmen nicht gleichmäßig Strom aus dem Netz auf. Dieser nicht sinusförmige Strom verfügt über Anteile, die ein Vielfaches der Grundstromfrequenz darstellen. Jene Anteile werden als Oberschwingungen bezeichnet. Es ist wichtig, den Gesamtoberschwingungsgehalt der Netzversorgung zu regeln. Zwar wirken sich die Oberschwingungsströme nicht direkt auf den Verbrauch von elektrischer Energie aus, jedoch erzeugen sie Wärme in der Verkabelung und in den Transformatoren und können andere Geräte beeinflussen, die an dieselbe Verteilung angeschlossen sind.

10.16.1 Oberschwingungsanalyse

Da Oberschwingungen die Wärmeverluste erhöhen, müssen Sie diese bei der Auslegung von Systemen berücksichtigen, damit eine Überlastung des Transformators, der Drosseln und Verkabelung ausgeschlossen ist. Führen Sie gegebenenfalls eine Analyse der Oberschwingungen im elektrischen System durch, um die Auswirkungen auf die Geräte zu bestimmen.

Nicht sinusförmige Ströme lassen sich mithilfe einer Reihe von Fourier-Analysen in Sinusströme verschiedener Frequenz, d. h. in verschiedene Oberschwingungsströme I_n mit einer Grundfrequenz von 50 Hz oder 60 Hz, zerlegen.

Abkürzung	Beschreibung
f_1	Grundfrequenz (50 Hz oder 60 Hz)
I_1	Strom bei der Grundfrequenz
U_1	Spannung bei der Grundfrequenz
I_n	Strom bei der n-ten Oberschwingungsfrequenz
U_n	Spannung bei der n-ten Oberschwingungsfrequenz
n	Ordnungszahl

Tabelle 10.26 Oberschwingungsbezogene Abkürzungen

	Grundstrom (I_1)	Oberschwingungsstrom (I_n)		
		I_5	I_7	I_{11}
Strom	I_1	I_5	I_7	I_{11}
Frequenz	50 Hz	250 Hz	350 Hz	550 Hz

Tabelle 10.27 Grund- und Oberschwingungsströme

Strom	Oberschwingungsstrom				
	I_{eff}	I_1	I_5	I_7	I_{11-49}
Eingangsstrom	1,0	0,9	0,5	0,2	<0,1

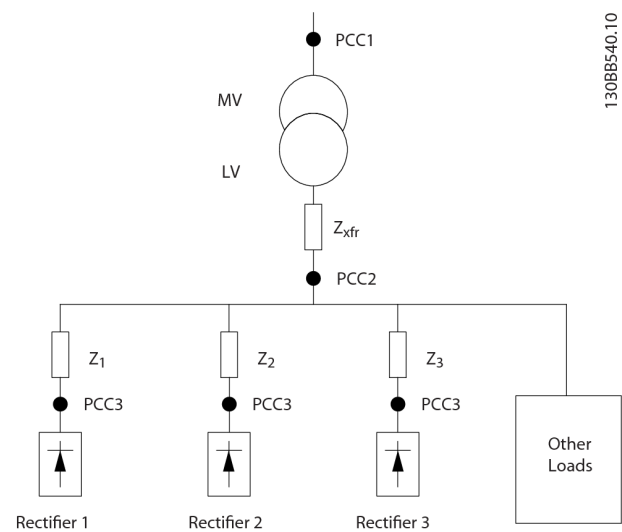
Tabelle 10.28 Oberschwingungsströme verglichen mit dem effektiven Eingangsstrom Strom

Die Spannungsverzerrung in der Netzversorgungsspannung hängt von der Größe der Oberschwingungsströme multipliziert mit der internen Netzimpedanz der betreffenden Frequenz ab. Die gesamte Spannungsverzerrung (THDi) ergibt sich aus den einzelnen Spannungsüberschwingungen nach folgender Formel:

$$THDi = \frac{\sqrt{U_{25}^2 + U_{27}^2 + \dots + U_{2n}^2}}{U}$$

10.16.2 Einfluss von Oberschwingungen in einer Energieverteilungsanlage

In *Abbildung 10.19* ist ein Transformator auf der Primärseite mit einem Verknüpfungspunkt PCC1 an der Mittelspannungsversorgung verbunden. Der Transformator hat eine Impedanz Z_{xfr} und speist eine Reihe von Verbrauchern. Der Verknüpfungspunkt, an dem alle Verbraucher angeschlossen sind, ist PCC2. Jeder Verbraucher wird durch Kabel mit einer Impedanz Z_1, Z_2, Z_3 angeschlossen.



13088540.10

Verknüpfungspunkt	Verknüpfungspunkt
MV	Mittlere Spannung
LV	Niederspannung
Z_{xfr}	Transformatorimpedanz
$Z\#$	Modellierungswiderstand und Induktivität in der Verdrahtung

Abbildung 10.19 Kleine Verteilungsanlage

Von nichtlinearen Verbrauchern aufgenommene Oberschwingungsströme führen durch den Spannungsabfall an den Impedanzen des Stromverteilungssystems zu einer Spannungsverzerrung. Höhere Impedanzen ergeben höhere Grade an Spannungsverzerrung.

Die Stromverzerrung steht mit der Geräteleistung und der individuellen Last in Verbindung. Spannungsverzerrung steht mit der Systemleistung in Verbindung. Die Spannungsverzerrung im PCC lässt sich nicht ermitteln, wenn nur die Oberschwingungsleistung der Last bekannt ist. Um die Verzerrung im PCC vorhersagen zu können, müssen die Konfiguration des Verteilungssystems und die entsprechenden Impedanzen bekannt sein.

Ein häufig verwendeter Begriff, um die Impedanz eines Stromnetzes zu beschreiben, ist das Kurzschlussverhältnis R_{scc} , definiert als das Verhältnis zwischen Kurzschluss-Scheinleistung der Versorgung am PCC (S_{sc}) und der Nennscheinleistung

der Last. $(S_{equ}) \cdot R_{scc} = \frac{S_{sc}}{S_{equ}}$

wobei $S_{sc} = \frac{U^2}{Z_{Versorgung}}$ und $S_{equ} = U \times I_{equ}$

Störende Wirkungen von Oberschwingungen

- Oberschwingungsströme tragen zu Systemverlusten bei (in Verdrahtung und Transformator).
- Spannungsverzerrung durch Oberschwingungen führt zu Störungen anderer Lasten und erhöht Verluste in anderen Lasten.

10.16.3 IEC-Oberschwingungsnormen

Im Großteil von Europa ist die Grundlage für eine objektive Bewertung der Netzspannungsqualität das Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Geräten (EMVG). Die Übereinstimmung mit diesen Regelungen stellt sicher, dass alle Geräte und Netzwerke, die an das elektrische System angeschlossen sind, ihren Zweck erfüllen, ohne Probleme zu verursachen.

10

Standard	Definition
EN 61000-2-2, EN 61000-2-4, EN 50160	Darin sind die Grenzwerte der Netzspannung in öffentlichen und industriellen Stromnetzen festgelegt.
EN 61000-3-2, 61000-3-12	Darin werden durch angeschlossene Geräte verursachte Netzstörungen in Produkten mit geringer Stromstärke geregelt.
EN 50178	Dient zur Überwachung der Ausrüstung von Starkstromanlagen mit elektronischen Betriebsmitteln.

Tabelle 10.29 Technische EN-Normen zur Netzspannungsqualität

Es gibt 2 europäischen Normen, die Oberschwingungen im Frequenzbereich von 0 Hz bis 9 kHz behandeln:

EN 61000–2–2 (Verträglichkeitswerte für niederfrequente, leitungsgebundene Störungen und Signalisierung in öffentlichen Niederspannungs-Versorgungsnetzen)

Der Standard EN 61000–2–2 definiert die Anforderungen an Verträglichkeitswerte für PCC (Verknüpfungspunkt) von AC-Niederspannungssystemen in einem öffentlichen Versorgungsnetz. Grenzwerte sind nur für die Oberschwingungsspannung und die Oberschwingungsverzerrung der Spannung insgesamt angegeben. EN 61000–2–2 definiert keine Grenzwerte für Oberschwingungsströme. In Situationen, in denen der Gesamtoberschwingungsgehalt THD(V)=8% beträgt, entsprechen die PCC-Grenzwerte denen, die in EN 61000–2–4 Klasse 2 angegeben sind.

EN 61000-2-4 (Verträglichkeitswerte für niederfrequente, leitungsgebundene Störungen und Signalisierung in Industrieanlagen)

Der Standard EN 61000-2-4 definiert die Anforderungen an Verträglichkeitswerte in Industrie- und privaten Versorgungsnetzen. Außerdem definiert die Norm folgende 3 Klassen von elektromagnetischen Umgebungen:

- Klasse 1 bezieht sich auf Verträglichkeitswerte, die kleiner sind, als die des öffentlichen Versorgungsnetzes. Dies beeinflusst Geräte, die Störungen gegenüber empfindlich sind (Laborgeräte, einige Automatisierungsgeräte und bestimmten Schutzgeräte).
- Klasse 2 bezieht sich auf Verträglichkeitswerte für das öffentliche Versorgungsnetz. Die Klasse gilt für PCCs im öffentlichen Versorgungsnetz und IPCs (interne Verknüpfungspunkte) in Industrie- oder anderen privaten Versorgungsnetzen. Alle Geräte für den Betrieb in einem öffentlichen Versorgungsnetz sind in dieser Klasse zugelassen.
- Klasse drei bezieht sich auf Verträglichkeitswerte, die höher sind als die des öffentlichen Versorgungsnetzes. Diese Klasse gilt nur für IPCs in Industriebereichen. Verwenden Sie diese Klasse, wenn folgende Geräte vorhanden sind:
 - Große Frequenzumrichter.
 - Schweißmaschinen.
 - Große, häufig anlaufende Motoren.
 - Sich schnell ändernde Lasten.

In der Regel können Sie eine Klasse nicht vorzeitig definieren, ohne die vorgesehene Ausrüstung und die in der Umgebung angewendeten Prozesse zu berücksichtigen. VLT®-High Power Drives halten die Grenzen der Klasse 3 unter typischen Versorgungssystembedingungen ($R_{Sc} > 10$ oder $v_k \text{ Line} < 10 \%$) ein.

Ordnungszahl (h)	Klasse 1 (V _h %)	Klasse 2 (V _h %)	Klasse 3 (V _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

Tabelle 10.30 Kompatibilitätsstufen für Oberschwingungen

	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
THDv	5%	8%	10%

Tabelle 10.31 Verträglichkeitswerte für die Gesamt-Oberschwingungsverzerrung der Spannung THDv

10.16.4 Oberschwingungskonformität

Danfoss-Frequenzumrichter erfüllen die folgenden Standards:

- IEC61000-2-4
- IEC61000-3-4
- G5/4

10.16.5 Reduzierung, Vermeidung oder Kompensation von Oberschwingungen

In Fällen, in denen zusätzliche Oberschwingungsunterdrückung gefordert ist, bietet Danfoss die folgenden Geräte zur Reduzierung, Vermeidung oder Kompensation von Netzurückwirkungen:

- VLT® 12-Pulse Drives
- VLT® AHF-Filter
- VLT® Low Harmonic Drives
- VLT® Active Filters

Die Wahl der richtigen Lösung hängt von verschiedenen Faktoren ab:

- Das Stromnetz (Hintergrundverzerrung, Netzasymmetrie, Resonanz und Art der Versorgung (Transformator/Generator))
- Anwendung (Lastprofil, Anzahl Lasten und Lastgröße)
- Örtliche/nationale Anforderungen/Vorschriften (IEEE519, IEC, G5/4 usw.)
- Gesamtbetriebskosten (Anschaffungskosten, Wirkungsgrad und Wartung).

10.16.6 Oberschwingungsberechnung

Verwenden Sie die kostenlose DanfossMCT 31-Berechnungssoftware, um das Ausmaß der Spannungsverzerrung am Netz sowie notwendige Gegenmaßnahmen zu bestimmen. Das Werkzeug *VLT® Harmonic Calculation MCT 31* ist verfügbar in der www.danfoss.com.

11 Grundlagen der Bedienung eines Antriebs

Dieses Kapitel enthält eine Übersicht über die primären Baugruppen und Schaltkreise eines Danfoss-Frequenzumrichters. Es dient zur Beschreibung der internen elektrischen und Signalverarbeitungsfunktionen. Eine Beschreibung der internen Regelungsstruktur ist ebenfalls enthalten.

11.1 Beschreibung des Betriebs

Ein Frequenzumrichter ist ein elektronischer Regler, der eine geregelte Menge an Drehstrom an einen dreiphasigen Induktionsmotor liefert. Durch die Bereitstellung einer variablen Frequenz und Spannung regelt der Frequenzumrichter die Motordrehzahl oder behält eine konstante Drehzahl bei, wenn sich die Last des Motors ändert. Der Frequenzumrichter kann einen Motor auch ohne die bei einem Netzdirektanlauf übliche mechanische Belastung starten und stoppen.

In seiner Grundform kann der Frequenzumrichter in 4 Hauptabschnitte unterteilt werden:

Gleichrichter

Der Gleichrichter besteht aus SCRs oder Dioden, welche die Dreiphasen-Wechselspannung in eine pulsierende Gleichspannung umwandeln.

Zwischenkreis

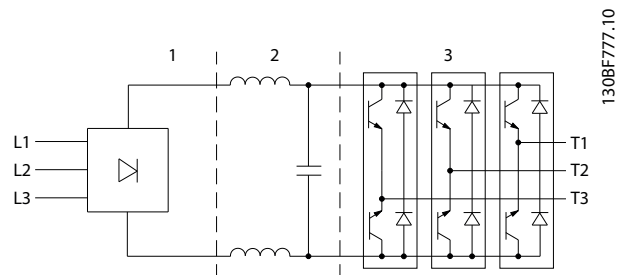
Der Zwischenkreis besteht aus Drosseln und Kondensatorbatterien, welche die pulsierende Gleichspannung stabilisieren.

Wechselrichter

Der Wechselrichter nutzt IGBTs zum Umwandeln der Gleichspannung in eine Wechselspannung mit variabler Spannung und Frequenz.

Steuerung/Regelung

Der Regelbereich besteht aus Software, die die Hardware zum Erzeugen der variablen Spannung betreibt, mit der der Drehstrommotor gesteuert und geregelt wird.



1	Gleichrichter (SCR/Dioden)
2	Zwischenkreis
3	Wechselrichter (IGBTs)

Abbildung 11.1 Interne Verarbeitung

11.2 Frequenzumrichtersteuerungen

Folgende Prozesse werden zur Steuerung und Regelung des Motors verwendet:

- Benutzereingabe/-sollwert.
- Istwertverarbeitung.
- Benutzerdefinierte Regelungsstruktur.
 - Regelung ohne/mit Rückführung.
 - Motorsteuerung (Drehzahl, Drehmoment oder Prozess).
- Steueralgorithmen (VVC+, Fluxvektor ohne Geber, Fluxvektor mit Motor-Istwert und interne Stromregelung VVC+).

11.2.1 Benutzereingaben/-sollwerte

Der Frequenzumrichter nutzt eine Eingangsquelle (auch als Sollwert bezeichnet) zur Steuerung und Regelung des Motors. Der Frequenzumrichter erhält diese Eingabe entweder

- Manuell über das LCP. Diese Methode wird als lokaler [Hand On] bezeichnet.
- Per Fernsteuerung über Analog-/Digitaleingänge bzw. verschiedene serielle Schnittstellen (RS485, USB oder einen optionalen Feldbus). Diese Methode wird als Fern-[Auto On] bezeichnet, und es handelt sich hierbei um die Werkseinstellung.

Aktiver Sollwert

Der Begriff „Aktiver Sollwert“ bezeichnet die aktive Eingangsquelle. Der aktive Sollwert wird in *Parameter 3-13 Sollwertvorgabe* eingestellt. Siehe *Abbildung 11.2* und *Tabelle 11.1*.

Weitere Informationen finden Sie im *Programmierhandbuch*.

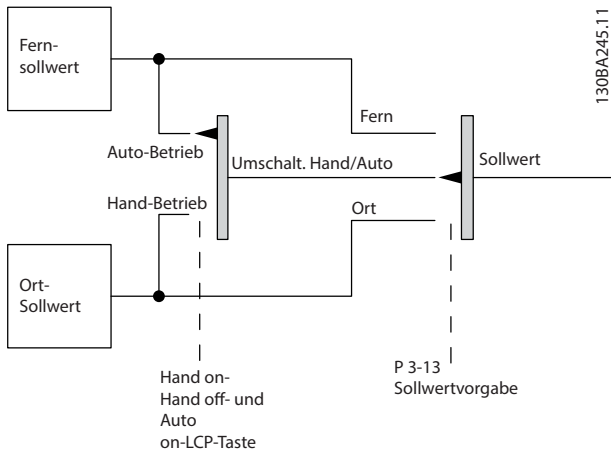


Abbildung 11.2 Auswahl des aktiven Sollwerts

LCP-Tasten	Parameter 3-13 Sollwertvorgabe	Aktiv Sollwert
[Hand On]	Umschalt. Hand/Auto	Hand-Betrieb
[Hand On]⇒(Off)	Umschalt. Hand/Auto	Hand-Betrieb
[Auto On]	Umschalt. Hand/Auto	Fern
[Auto On]⇒(Off)	Umschalt. Hand/Auto	Fern
Alle Tasten	Hand-Betrieb	Hand-Betrieb
Alle Tasten	Fern	Fern

Tabelle 11.1 Ort- und Fernsollwertkonfigurationen

11.2.2 Fernsollwertverarbeitung

Die Fernsollwertverarbeitung ist bei Betrieb ohne Rückführung sowie mit Rückführung einsetzbar. Siehe *Abbildung 11.3*.

Im Frequenzumrichter können bis zu 8 interne Festsollwerte programmiert werden. Sie können den aktiven internen Festsollwert mithilfe von Digitaleingängen oder dem seriellen Kommunikationsbus extern auswählen.

Externe Sollwerte können auch an den Frequenzumrichter übertragen werden, in der Regel über einen analogen Steuereingang. Alle Sollwertquellen sowie der Bus-Sollwert ergeben durch Addition den gesamten externen Sollwert. Wählen Sie eine der folgenden Optionen als aktiven Sollwert aus:

- Externer Sollwert
- Festsollwert
- Sollwert
- Summe des externen Sollwerts, des Festsollwerts und des Sollwerts

Der aktive Sollwert kann skaliert werden. Der skalierte Sollwert wird wie folgt berechnet:

$$Sollwert = X + X \times \left(\frac{Y}{100} \right)$$

X ist der externe Sollwert, der Festsollwert oder die Summe dieser Sollwerte, und Y ist *Parameter 3-14 Relativer Festsollwert* in [%].

Wenn Y, *Parameter 3-14 Relativer Festsollwert*, auf 0 % eingestellt ist, wird der Sollwert nicht von der Skalierung beeinflusst.

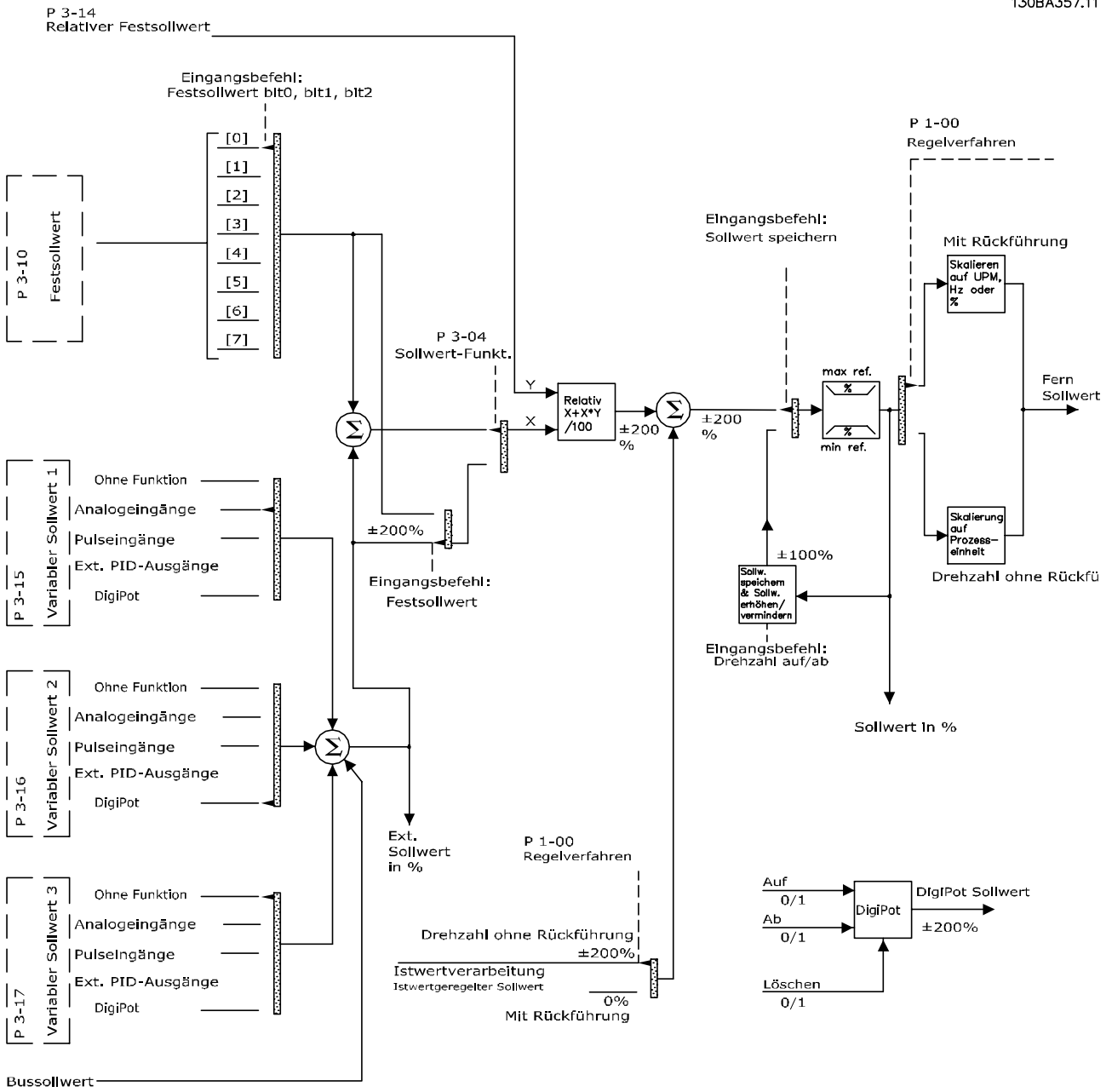


Abbildung 11.3 Fernsollwertverarbeitung

11.2.3 Istwertverarbeitung

Die Istwertverarbeitung lässt sich so konfigurieren, dass sie mit Anwendungen arbeitet, die eine erweiterte Steuerung erfordern, wie etwa mehrere Sollwerte und mehreren Signaltypen. Siehe *Abbildung 11.4*. Drei Regelverfahren sind gebräuchlich:

Einzelne Zone (einzelner Sollwert)

Dieser Regelungstyp ist eine grundlegende Istwertkonfiguration. Sollwert 1 wird zu einem anderen Sollwert (falls vorhanden) addiert und das Istwertsignal wird gewählt.

Mehrere Zonen (einzelner Sollwert)

Dieser Regelungstyp verwendet 2 oder 3 Istwertensoren, aber nur einen Sollwert. Der Istwert kann hinzugefügt oder abgezogen werden oder aus ihm kann der Durchschnitt gebildet werden. Zusätzlich kann der maximale oder minimale Wert verwendet werden. Sollwert 1 wird ausschließlich bei dieser Konfiguration eingesetzt.

Mehrere Zonen (Sollwert/Istwert)

Das Sollwert/Istwert-Paar mit der größten Differenz regelt die Drehzahl des Frequenzumrichters. Der Maximalwert versucht, alle Zonen an oder unter ihren jeweiligen Sollwerten zu halten; der Minimalwert versucht, alle Zonen an oder über ihren jeweiligen Sollwerten zu halten.

Beispiel

Eine Anwendung mit 2 Zonen und 2 Sollwerten. Der Sollwert von Zone 1 beträgt 15 bar, der Istwert 5,5 bar. Der Sollwert von Zone 2 beträgt 4,4 bar, der Istwert 4,6 bar. Wenn Maximum eingestellt ist, werden Sollwert und Istwert der Zone 2 an den PID-Regler gesendet, da diese die geringere Differenz aufweisen (der Istwert ist größer als der Sollwert, was eine negative Differenz ergibt). Wenn Minimum ausgewählt wurde, werden Sollwert und Istwert der Zone 1 an den PID-Regler gesendet, da diese die größere Differenz aufweisen (der Istwert ist kleiner als der Sollwert, was eine positive Differenz ergibt).

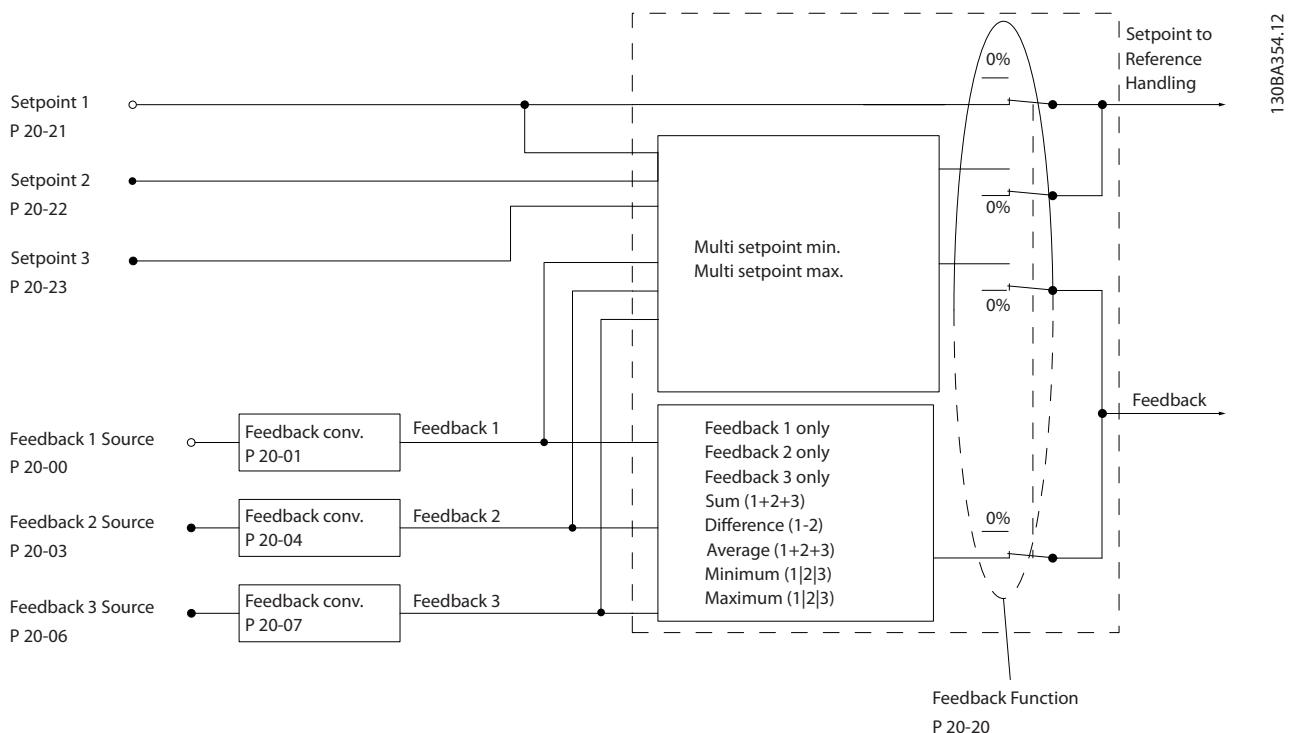
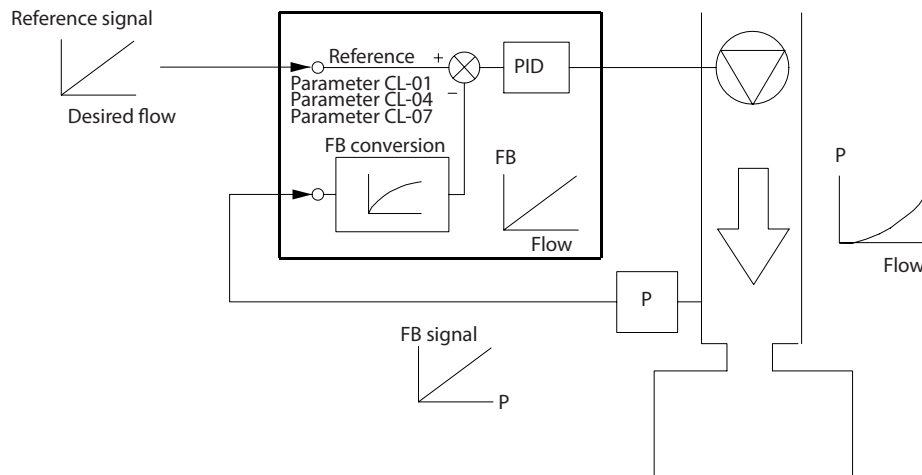


Abbildung 11.4 Blockschaubild über die Verarbeitung von Istwertsignalen

Istwertumwandlung

In einigen Anwendungen kann die Umwandlung des Istwertsignals hilfreich sein. Zum Beispiel kann ein Drucksignal für eine Durchflussrückführung verwendet werden. Da die Quadratwurzel des Drucks proportional zum Durchfluss ist, ergibt die Quadratwurzel des Drucksignals einen zum Durchfluss proportionalen Wert, siehe *Abbildung 11.5*.



130BF834.10

Abbildung 11.5 Istwertumwandlung

11.2.4 Regelungsstruktur – Übersicht

Die Regelungsstruktur ist ein Softwareprozess, der den Motor anhand benutzerdefinierter Sollwerte (z. B. U/min) regelt und festlegt, ob eine Rückführung verwendet/nicht verwendet wird (Regelung mit/ohne Rückführung). Der Bediener definiert die Regelung in *Parameter 1-00 Regelverfahren*.

Die Regelstrukturen sehen wie folgt aus:

Regelungsstruktur ohne Rückführung

- Drehzahl [U/min]
- Drehmoment (Nm)

Regelungsstruktur mit Rückführung

- Drehzahl [U/min]
- Drehmoment (Nm)
- Prozess (benutzerdefinierte Einheiten, z. B. lpm, psi, %, bar)

11.2.5 Regelungsstruktur ohne Rückführung

Im Modus ohne Rückführung verwendet der Frequenzrichter mindestens einen Sollwert (lokal oder remote), um Drehzahl und Drehmoment des Motors zu regeln. Es gibt zwei Arten der Regelung ohne Rückführung:

- Drehzahlregelung. Keine Rückführung vom Motor.
- Drehmomentregelung. Im VVC⁺-Betrieb verwendet. Die Funktion wird in mechanisch robusten Anwendungen verwendet, ihre Genauigkeit ist jedoch begrenzt. Die Drehmomentfunktion ohne Rückführung funktioniert grundsätzlich nur in einer Drehzahlrichtung. Das Drehmoment wird anhand der Strommessung im Frequenzrichter berechnet. Siehe *Kapitel 12 Anwendungsbeispiele*.

Bei der in *Abbildung 11.6* abgebildeten Konfiguration arbeitet der Frequenzumrichter im Modus ohne Rückführung. Er empfängt vom LCP (Hand-Betrieb) oder über ein Fernsignal (Auto-Betrieb) ein Eingangssignal. Der Umrichter empfängt das Signal (Drehzahlollwert) und konditioniert es folgendermaßen:

- Programmierte minimale und maximale Motordrehzahlgrenzwerte (in U/min und Hz).
- Rampe-Auf- und Rampe-Ab-Zeiten.
- Motordrehrichtung

Der Sollwert wird anschließend zur Motorregelung übermittelt.

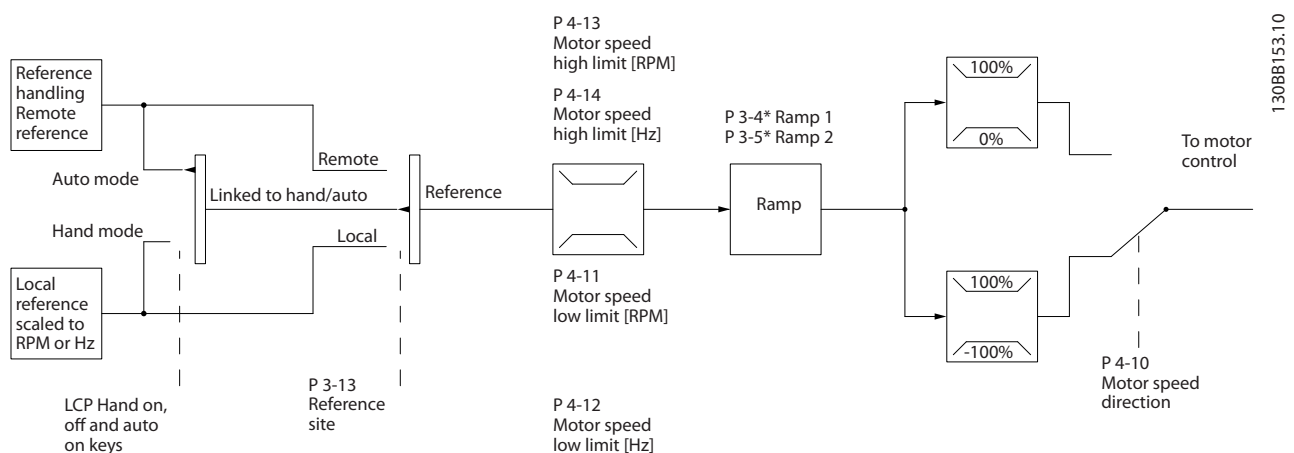


Abbildung 11.6 Blockschaltbild einer Regelstruktur ohne Rückführung

11.2.6 Regelungsstruktur mit Rückführung

Im Modus mit Rückführung verwendet der Frequenzumrichter mindestens einen Sollwert (lokal oder remote), um den Motor zu regeln. Der Frequenzumrichter empfängt ein Istwertsignal von einem Sensor im System. Daraufhin vergleicht er diesen Istwert mit einem Sollwert und erkennt, ob eine Abweichung zwischen diesen beiden Signalen vorliegt. Anschließend passt der Frequenzumrichter die Drehzahl des Motors an, um die Abweichung zu beheben.

Beispiel: Eine Pumpenanwendung, bei der der Frequenzumrichter die Drehzahl der Pumpe so regelt, dass der statische Druck in einer Leitung konstant bleibt (siehe *Abbildung 11.7*). Der Frequenzumrichter empfängt ein Istwertsignal von einem Sensor im System. Er vergleicht diesen Istwert mit einem Sollwert und erkennt, ob eine Abweichung zwischen diesen beiden Signalen vorliegt. Zum Ausgleich dieser Abweichung passt er dann die Drehzahl des Motors an.

Der statische Drucksollwert wird als Sollwertsignal an den Frequenzumrichter übermittelt. Ein statischer Drucksensor misst den tatsächlichen statischen Druck in der Leitung und übermittelt diesen Wert als Istwertsignal an den Frequenzumrichter. Wenn das Istwertsignal größer ist als der Sollwert, führt der Frequenzumrichter zur Druckminderung eine Rampe Ab durch. Ist der Leitungsdruck niedriger als der Sollwert, führt der Frequenzumrichter zur Erhöhung des von der Pumpe gelieferten Drucks eine Rampe Auf Funktion durch.

Es gibt drei Arten der Regelung mit Rückführung:

- Drehzahlregelung. Diese Art der Regelung erfordert eine PID-Rückführung für einen Eingang. Eine optimierte Drehzahlregelung mit Istwertrückführung arbeitet mit einer wesentlich höheren Genauigkeit als eine ohne Istwertrückführung. Die Drehzahlregelung entscheidet, welcher Eingang zur Rückführung des PID-Drehzahlwertes in *Parameter 7-00 Drehgeberrückführung* verwendet werden soll.
- Drehmomentregelung. Diese im Fluxvektorbetrieb verwendete Regelung mit Geberrückführung bietet überlegene Leistung in allen vier Quadranten und bei allen Motordrehzahlen. Die Drehmomentregelung ist Teil der Motorregelung in Anwendungen, in denen das Drehmoment an der Motorwelle die Anwendung zur Regelung der Zugspannung benötigt. Drehmomentregelung wird in *Parameter 1-00 Regelverfahren* gewählt, entweder als [4] *VVC⁺ ohne Rückführung* oder als [2] *Fluxvektor-Steuerprinzip mit Drehgeber*. Die Drehmomenteinstellung erfolgt durch Festlegung eines analogen, digitalen oder busgesteuerten Sollwerts. Die maximale Drehzahlgrenze wird in *Parameter 4-21 Variable Drehzahlgrenze* festgelegt. Bei Betrieb mit Drehmomentregelung empfehlen wir, eine komplette AMA auszuführen, da die richtigen Motordaten entscheidend für eine optimale Leistung sind.
- Prozessregelung. Mit dem PID-Prozessregler lassen sich Anwendungsparameter steuern, die mit unterschiedlichen Sensoren messbar sind (Druck, Temperatur, Fluss) und vom angeschlossenen Motor über eine Pumpe oder einen Lüfter beeinflusst werden können.

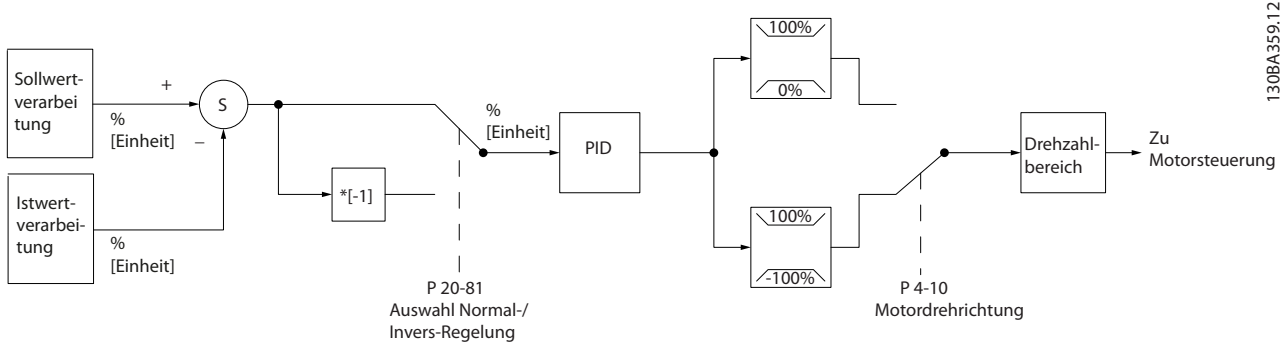


Abbildung 11.7 Blockschaubild des Reglers mit Rückführung

Programmierbare Merkmale

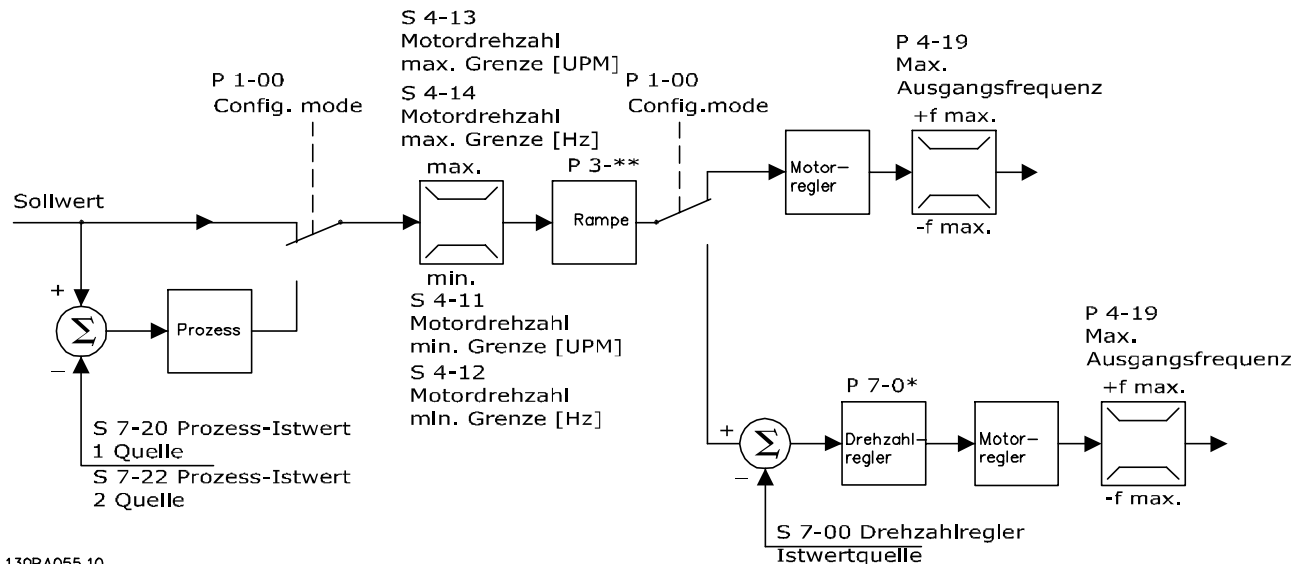
Auch wenn der Regler des Frequenzumrichters oft bereits mit den voreingestellten Werten für zufriedenstellende Leistung sorgt, können Sie die Regelung des Systems durch Anpassung einiger PID-Parameter oft noch verbessern. Für diese Optimierung steht die *Automatische Anpassung* zur Verfügung.

- Inverse Regelung – die Motordrehzahl wird bei einem hohen Istwertsignal erhöht.
- Startfrequenz – das System erreicht schnell einen bestimmten Betriebsstatus, bevor der PID-Regler übernimmt.
- Integrierter Tiefpassfilter – verringert Störungen des Istwertsignals.

11.2.7 Regelverarbeitung

Siehe *Aktive/Inaktive Parameter in verschiedenen Antriebssteuerungsmodi* im *Programmierhandbuch* für eine Übersicht der verfügbaren Steuerungskonfigurationen, je nach Verwendung eines AC-Motors oder Vollpol-PM-Motors.

11.2.7.1 Regelungsstruktur in VVC+



130BA055.10

Abbildung 11.8 Regelungsstruktur in VVC⁺-Konfigurationen mit und ohne Rückführung

Der resultierende Sollwert aus dem Sollwertsystem in *Abbildung 11.8* wird in der Rampenbegrenzung und Drehzahlbegrenzung empfangen und durch sie geführt, bevor er an die Motorregelung übergeben wird. Der Ausgang der Motorregelung ist dann zusätzlich durch die maximale Frequenzgrenze beschränkt.

Parameter 1-01 Steuerprinzip ist auf [1] VVC⁺ und *Parameter 1-00 Regelverfahren* auf [0] Ohne Rückführung eingestellt. Wenn *Parameter 1-00 Regelverfahren* auf [1] Mit Drehgeber eingestellt ist, wird der resultierende Sollwert von der Rampenbegrenzung und Drehzahlgrenze an einen PID-Drehzahlregler übergeben. Die Parameter für den PID-Drehzahlregler befinden sich in *Parametergruppe 7-0* PID Drehzahlregler*. Der resultierende Sollwert vom PID-Drehzahlregler wird beschränkt durch die Frequenzgrenze an die Motorsteuerung geschickt.

Wählen Sie [3] PID-Prozess in *Parameter 1-00 Regelverfahren*, um den PID-Prozessregler zur Regelung mit Rückführung (z. B. bei einer Druck- oder Durchflussregelung) zu verwenden. Die Parameter für Prozess-PID-Regelung befinden sich in den *Parametergruppen 7-2* PID-Prozess Istw. Istw.* und *7-3* PID-Prozessregler*.

11.2.7.2 Regelungsstruktur bei Fluxvektor ohne Geber

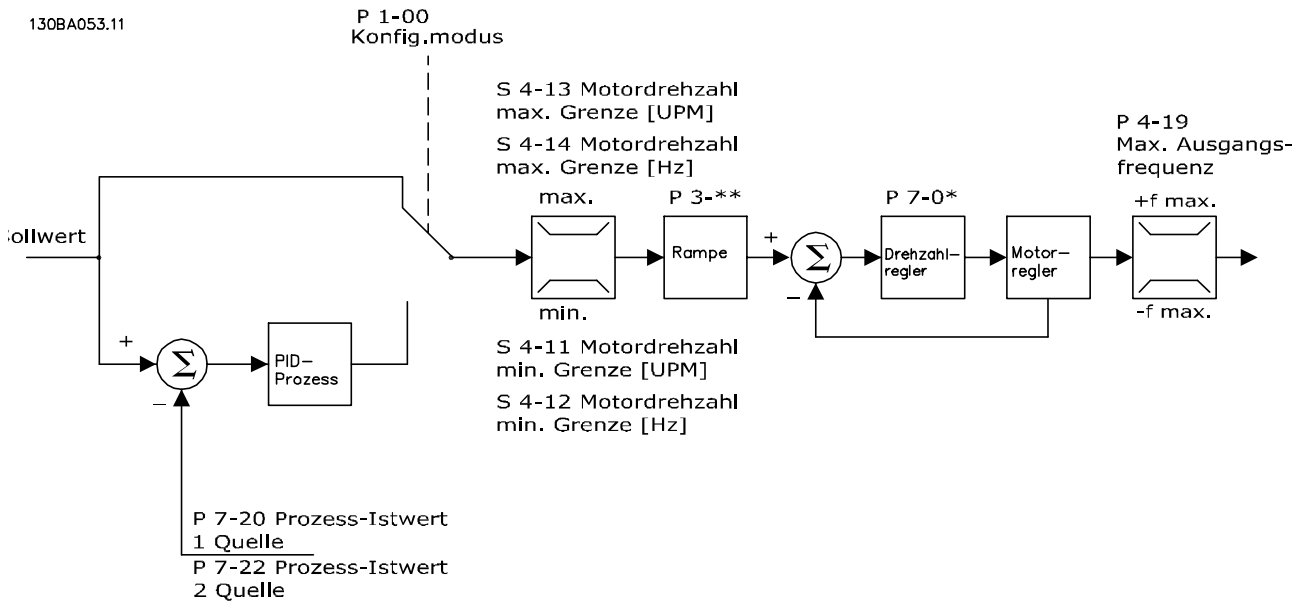


Abbildung 11.9 Regelungsstruktur bei Konfigurationen mit Fluxvektor mit und ohne Geber

Der resultierende Sollwert aus dem Sollwertsystem wird in *Abbildung 11.9* entsprechend der angegebenen Parametereinstellungen durch die Rampen- und Drehzahlbegrenzungen geführt.

Parameter 1-01 Steuerprinzip ist auf [2] Fluxvektor ohne Geber und Parameter 1-00 Regelverfahren auf [0] Ohne Rückführung eingestellt. Ein errechneter Drehzahlwert wird zur Steuerung der Ausgangsfrequenz am PID-Drehzahlregler erzeugt. Der Drehzahl-PID-Regler muss mit seinen Parametern P, I und D (Parametergruppe 7-0* PID Drehzahlregler) eingestellt werden.

Wählen Sie [3] PID-Prozess in Parameter 1-00 Regelverfahren, um den PID-Prozessregler zur Regelung mit Rückführung bei einer Druck- oder Durchflussregelung zu verwenden. Die Parameter für Prozess-PID-Regelung befinden sich in den Parametergruppen 7-2* PID-Prozess Istw. und 7-3* PID-Prozessregler.

11.2.7.3 Regelungsstruktur bei Fluxvektor mit Geber

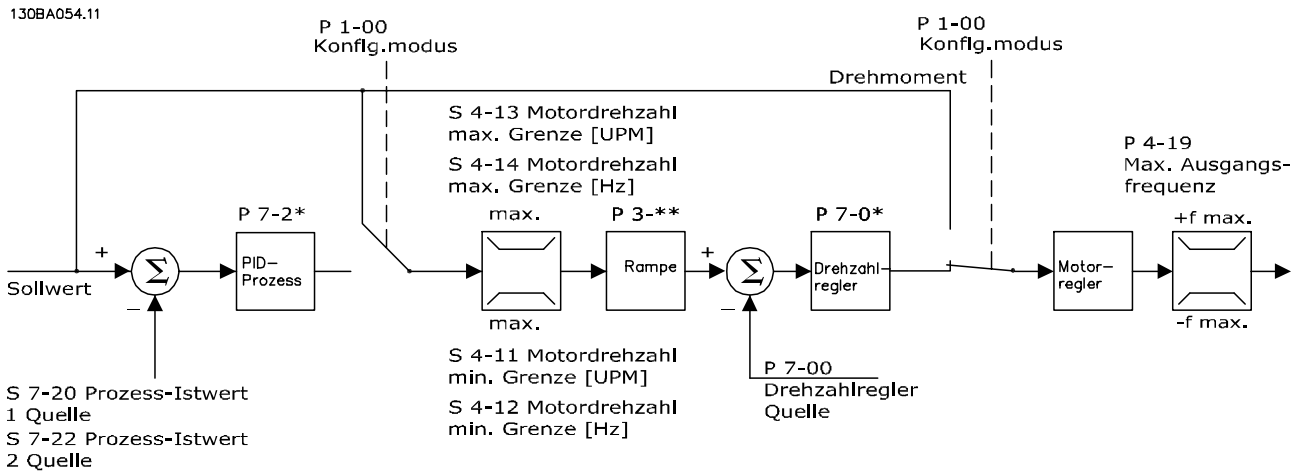


Abbildung 11.10 Regelungsstruktur bei Konfiguration mit Fluxvektor mit Geber

In *Abbildung 11.10* wird der Motorregelung in dieser Konfiguration ein Istwertsignal von einem direkt am Motor montierten Drehgeber oder Resolver zugeführt (eingestellt in *Parameter 1-02 Drehgeber Anschluss*). Der resultierende Sollwert kann als Eingang für den PID-Drehzahlregler oder direkt als Drehmomentsollwert verwendet werden.

Parameter 1-01 Steuerprinzip ist auf [3] *Fluxvektor mit Geber* und *Parameter 1-00 Regelverfahren* auf [1] *Mit Drehgeber* eingestellt. Die Parameter für den PID-Drehzahlregler befinden sich in *Parametergruppe 7-0* PID Drehzahlregler*.

Sie können die Drehmomentregelung nur in der Konfiguration *Fluxvektor mit Geber* (*Parameter 1-01 Steuerprinzip*) auswählen. Wenn dieser Modus gewählt wurde, erhält der Sollwert die Einheit Nm. Er benötigt keinen Drehmomentistwert, da das Drehmoment anhand der Strommessung des Frequenzumrichters berechnet wird.

Der PID-Prozessregler kann zur Regelung mit Rückführung bei einer Druck- oder Durchflussregelung verwendet werden. Die PID-Prozess-Parameter befinden sich in den *Parametergruppen 7-2* PID-Prozess Istw.* und *7-3* PID Prozessregler* ein.

11

11.2.7.4 Interner Stromgrenzenregler in Betriebsart VVC⁺

Wenn der Motorstrom bzw. das Motordrehmoment die in *Parameter 4-16 Momentengrenze motorisch*, *Parameter 4-17 Momentengrenze generatorisch* und *Parameter 4-18 Stromgrenze* festgelegten Drehmomentgrenzen überschreitet, wird die integrierte Stromgrenzenregler aktiviert.

Wenn der Frequenzumrichter während des Motorbetriebs oder im generatorischen Betrieb die aktuellen Grenzwerte erreicht, versucht das Gerät schnellstmöglich, die eingestellten Drehmomentgrenzen wieder zu unterschreiten, ohne die Kontrolle über den Motor zu verlieren.

12 Anwendungsbeispiele

Die Beispiele in diesem Abschnitt sollen als Schnellreferenz für häufige Anwendungen dienen.

- Parametereinstellungen sind die regionalen Werkseinstellungen, sofern nicht anders angegeben (in *Parameter 0-03 Ländereinstellungen* ausgewählt).
- Neben den Zeichnungen sind die Parameter für die Klemmen und ihre Einstellungen aufgeführt.
- Wenn Schaltereinstellungen für die Analogklemmen A53 und A54 erforderlich sind, werden diese ebenfalls dargestellt.
- Um die Funktion „Safe Torque Off“ (STO) in Werkseinstellung zu betreiben, benötigen Sie ggf. Drahtbrücken zwischen Klemme 12 und Klemme 37.

12.1 Anschlußbeispiel für eine automatische Motoranpassung (AMA)

		Parameter	
FC		Funktion	Einstellung
+24 V	12	Parameter 1-29 Autom. Motoranpassung	[1] Komplette AMA
+24 V	13		
D IN	18	Parameter 5-12 Klemme 27 Digitaleingang	[2]* Motorfreilauf invers
D IN	19		
COM	20	*=Werkseinstellung	
D IN	27	Hinweise/Anmerkungen: Sie müssen Parametergruppe 1-2* Motordaten entsprechend dem Motor-Typenschild einstellen.	
D IN	29		
D IN	32		
D IN	33		
D IN	37		
+10 V	50		
A IN	53		
A IN	54		
COM	55		
A OUT	42		
COM	39		

Tabelle 12.1 Anschlußkonfiguration für AMA mit angeschlossener Kl. 27

		Parameter	
FC		Funktion	Einstellung
+24 V	12	Parameter 1-29 Autom. Motoranpassung	[1] Komplette AMA
+24 V	13		
D IN	18	Parameter 5-12 Klemme 27 Digitaleingang	[0] Ohne Funktion
D IN	19		
COM	20	*=Werkseinstellung	
D IN	27	Hinweise/Anmerkungen: Sie müssen Parametergruppe 1-2* Motordaten entsprechend dem Motor-Typenschild einstellen.	
D IN	29		
D IN	32		
D IN	33		
D IN	37		
+10 V	50		
A IN	53		
A IN	54		
COM	55		
A OUT	42		
COM	39		

Tabelle 12.2 Anschlußkonfiguration für AMA ohne Kl. 27 angeschlossen

12.2 Anschlußbeispiel für einen analogen Drehzahlsollwert

		Parameter	
FC		Funktion	Einstellung
+10 V	50	Parameter 6-10 Klemme 53 Skal. Min.Spannung	0,07 V*
A IN	53		
A IN	54	Parameter 6-11 Klemme 53 Skal. Max.Spannung	10 V*
COM	55		
A OUT	42	Parameter 6-14 Klemme 53 Skal. Min.-Soll/Istwert	0 U/min
COM	39		
		Parameter 6-15 Klemme 53 Skal. Max.-Soll/Istwert	1500 U/min
		*=Werkseinstellung	
		Hinweise/Anmerkungen:	

Tabelle 12.3 Anschlußkonfigurationen für analogen Drehzahlsollwert (Spannung)

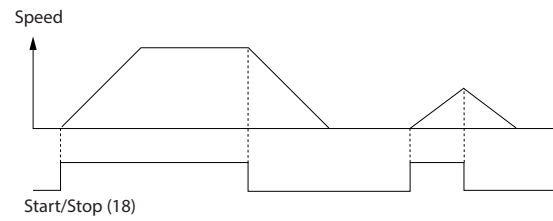
FC		Parameter	
		Funktion	Einstellung
	e30bb927.11	Parameter 6-12 Klemme 53 Skal. Min.Strom	4 mA*
		Parameter 6-13 Klemme 53 Skal. Max.Strom	20 mA*
		Parameter 6-14 Klemme 53 Skal. Min.-Soll/ Istwert	0 U/min
		Parameter 6-15 Klemme 53 Skal. Max.-Soll/ Istwert	1500 U/min
		* = Werkseinstellung	
Hinweise/Anmerkungen:			

Tabelle 12.4 Anschlusskonfigurationen für analogen Drehzahlsollwert (Strom)

12.3 Anschlußbeispiel für Start/Stop

FC		Parameter		
		Funktion	Einstellung	
	130BB802.10	Parameter 5-10 Klemme 18 Digitaleingang	[8] Start*	
		Parameter 5-12 Klemme 27 Digitaleingang	[0] Ohne Funktion	
		Parameter 5-19 Klemme 37 Sicherer Stopp	[1] Safe Torque Off-Alarm	
		* = Werkseinstellung		
		Hinweise/Anmerkungen: Wenn Parameter 5-12 Klemme 27 Digitaleingang auf [0] Ohne Funktion programmiert ist, wird keine Drahtbrücke zu Klemme 27 benötigt.		

Tabelle 12.5 Verkabelungskonfiguration für Start/Stop-Befehl mit Safe Torque Off

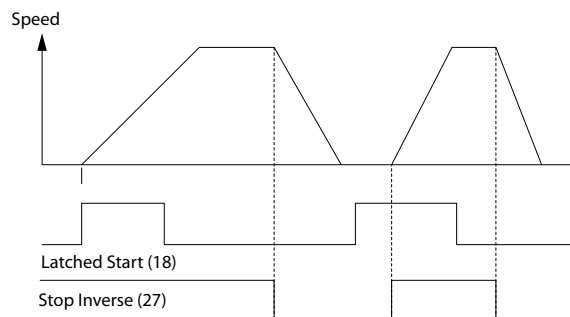


130BB805.12

Abbildung 12.1 Start/Stop mit Safe Torque Off

FC		Parameter		
		Funktion	Einstellung	
	130BB803.10	Parameter 5-10 Klemme 18 Digitaleingang	[9] Puls-Start	
		Parameter 5-12 Klemme 27 Digitaleingang	[6] Stopp (invers)	
		* = Werkseinstellung		
		Hinweise/Anmerkungen: Wenn Parameter 5-12 Klemme 27 Digitaleingang auf [0] Ohne Funktion programmiert ist, wird keine Drahtbrücke zu Klemme 27 benötigt.		

Tabelle 12.6 Anschlusskonfiguration für Puls-Start/Stop



130BB806.10

Abbildung 12.2 Puls-Start/Stop invers

		Parameter	
		Funktion	Einstellung
		Parameter 5-10 Klemme 18 Digitaleingang	[8] Start
		Parameter 5-11 Klemme 19 Digitaleingang	[10] Reversierung*
		Parameter 5-12 Klemme 27 Digitaleingang	[0] Ohne Funktion
		Parameter 5-14 Klemme 32 Digitaleingang	[16] Festsollwert Bit 0
		Parameter 5-15 Klemme 33 Digitaleingang	[17] Festsollwert Bit 1
		Parameter 3-10 Festsollwert	
		Festsollwert 0	25%
		Festsollwert 1	50%
		Festsollwert 2	75%
		Festsollwert 3	100%
		*=Werkseinstellung	
		Hinweise/Anmerkungen:	

Tabelle 12.7 Verkabelungskonfiguration für Start/Stop mit Reversierung und 4 Festsdrehzahlen

12.4 Anschlußbeispiel für externe Alarmquittierung

		Parameter	
		Funktion	Einstellung
		Parameter 5-11 Klemme 19 Digitaleingang	[1] Reset
		*=Werkseinstellung	
		Hinweise/Anmerkungen:	

Tabelle 12.8 Anschlusskonfiguration für externe Alarmquittierung

12.5 Anschlußbeispiel für Drehzahlsollwert unter Verwendung eines manuellen Potenziometers

		Parameter	
		Funktion	Einstellung
		Parameter 6-10 Klemme 53 Skal. Min.Spannung	0,07 V*
		Parameter 6-11 Klemme 53 Skal. Max.Spannung	10 V*
		Parameter 6-14 Klemme 53 Skal. Min.-Soll/Istwert	0 U/min
		Parameter 6-15 Klemme 53 Skal. Max.-Soll/Istwert	1500 U/min
		*=Werkseinstellung	
		Hinweise/Anmerkungen:	

Tabelle 12.9 Verkabelungskonfigurationen für Drehzahlsollwert (Unter Verwendung eines manuellen Potenziometers)

12.6 Anschlußbeispiel für Drehzahl auf/
Drehzahl ab

		Parameter	
		Funktion	Einstellung
		Parameter 5-10 Klemme 18 Digitaleingang	[8] Start*
		Parameter 5-12 Klemme 27 Digitaleingang	[19] Sollw. speich.
		Parameter 5-13 Klemme 29 Digitaleingang	[21] Drehzahl auf
		Parameter 5-14 Klemme 32 Digitaleingang	[22] Drehzahl ab
		*=Werkseinstellung	
		Hinweise/Anmerkungen:	

Tabelle 12.10 Anschlußbeispiel für Drehzahl auf/Drehzahl ab

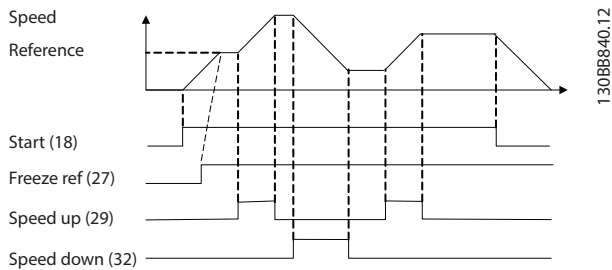


Abbildung 12.3 Drehzahl auf/Drehzahl ab

12.7 Anschlußbeispiel für RS485-
Netzwerkverbindung

		Parameter	
		Funktion	Einstellung
		Parameter 8-30 FC-Protokoll	FC-Profil*
		Parameter 8-31 Adresse	1*
		Parameter 8-32 Baudrate	9600*
		*=Werkseinstellung	
		Hinweise/Anmerkungen: Wählen Sie in den Parametern Protokoll, Adresse und Baudrate.	

Tabelle 12.11 Anschlußkonfigurationen für RS485-
Netzwerkverbindung

12.8 Anschlußbeispiel für einen Motorthermistor

HINWEIS

Sie müssen Thermistoren verstärkt oder zweifach isolieren, um die PELV-Anforderungen zu erfüllen.

		Parameter																																		
		Funktion	Einstellung																																	
<table border="1"> <tr><th colspan="2">VLT</th></tr> <tr><td>+24 V</td><td>12</td></tr> <tr><td>+24 V</td><td>13</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>18</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>19</td></tr> <tr><td>COM</td><td>20</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>27</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>29</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>32</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>33</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>37</td></tr> <tr><td>+10 V</td><td>50</td></tr> <tr><td>A IN</td><td>53</td></tr> <tr><td>A IN</td><td>54</td></tr> <tr><td>COM</td><td>55</td></tr> <tr><td>A OUT</td><td>42</td></tr> <tr><td>COM</td><td>39</td></tr> </table>		VLT		+24 V	12	+24 V	13	D IN	18	D IN	19	COM	20	D IN	27	D IN	29	D IN	32	D IN	33	D IN	37	+10 V	50	A IN	53	A IN	54	COM	55	A OUT	42	COM	39	Parameter 1-90 [2] Thermistor-Thermischer Motorschutz Parameter 1-93 [1] Analog-Thermistoranschluß *=Werkseinstellung
VLT																																				
+24 V	12																																			
+24 V	13																																			
D IN	18																																			
D IN	19																																			
COM	20																																			
D IN	27																																			
D IN	29																																			
D IN	32																																			
D IN	33																																			
D IN	37																																			
+10 V	50																																			
A IN	53																																			
A IN	54																																			
COM	55																																			
A OUT	42																																			
COM	39																																			
		Hinweise/Anmerkungen: Wenn nur eine Warnung erforderlich ist, müssen Sie Parameter 1-90 Thermischer Motorschutz auf [1] Thermistor Warnung programmieren.																																		

Tabelle 12.12 Anschlusskonfigurationen für einen Motorthermistor

12.9 Anschlußbeispiel für eine Relaiskonfiguration mit Smart Logic Control

		Parameter																																		
		Funktion	Einstellung																																	
<table border="1"> <tr><th colspan="2">FC</th></tr> <tr><td>+24 V</td><td>12</td></tr> <tr><td>+24 V</td><td>13</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>18</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>19</td></tr> <tr><td>COM</td><td>20</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>27</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>29</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>32</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>33</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>37</td></tr> <tr><td>+10 V</td><td>50</td></tr> <tr><td>A IN</td><td>53</td></tr> <tr><td>A IN</td><td>54</td></tr> <tr><td>COM</td><td>55</td></tr> <tr><td>A OUT</td><td>42</td></tr> <tr><td>COM</td><td>39</td></tr> </table>		FC		+24 V	12	+24 V	13	D IN	18	D IN	19	COM	20	D IN	27	D IN	29	D IN	32	D IN	33	D IN	37	+10 V	50	A IN	53	A IN	54	COM	55	A OUT	42	COM	39	Parameter 4-30 [1] Warnung Drehgeberüberwachung Funktion Parameter 4-31 100 U/min Drehgeber max. Fehlabweichung Parameter 4-32 5 s Drehgeber Timeout-Zeit Parameter 7-00 [2] MCB 102 Drehgeberrückführung Parameter 17-11 1024* Inkremental Auflösung [Pulse/U] Parameter 13-00 [1] Ein Smart Logic Controller Parameter 13-01 [19] Warnung SL-Controller Start Parameter 13-02 [44] [Reset]-Taste Stopp Parameter 13-10 [21] Nr. der Vergleich-Operand Parameter 13-11 [1] ≈ (gleich)* Vergleich-Funktion Parameter 13-12 90 Vergleich-Wert Parameter 13-51 [22] SL-Controller Vergleich 0 Ereignis Parameter 13-52 [32] Digitalausgang A-AUS Aktion Parameter 5-40 [80] SL-Digital-Relaisfunktion Ausgang A *=Werkseinstellung
FC																																				
+24 V	12																																			
+24 V	13																																			
D IN	18																																			
D IN	19																																			
COM	20																																			
D IN	27																																			
D IN	29																																			
D IN	32																																			
D IN	33																																			
D IN	37																																			
+10 V	50																																			
A IN	53																																			
A IN	54																																			
COM	55																																			
A OUT	42																																			
COM	39																																			

	Parameter
	<p>Hinweise/Anmerkungen: Wenn der Grenzwert der Drehgeberüberwachung überschritten wird, wird <i>Warnung 90, Istwertüberwachung</i> ausgegeben. Der SLC überwacht <i>Warnung 90, Istwertüberwachung</i>, und wenn diese wahr wird, wird Relais 1 ausgelöst. Externe Geräte benötigen möglicherweise eine Wartung. Wenn der Istwertfehler innerhalb von 5 s wieder unter diese Grenze fällt, läuft der Frequenzumrichter weiter, und die Warnung wird ausgeblendet. Setzen Sie Relais 1 durch Drücken von [Reset] auf dem LCP zurück.</p>

Tabelle 12.13 Anschlussbeispiel für eine Relaiskonfiguration mit Smart Logic Control

12.10 Anschlußbeispiel für eine Tauchpumpe

Die Anlage besteht aus einer Tauchpumpe die von einem Danfoss VLT® AQUA Drive und einem Drucktransmitter gesteuert wird. Der Transmitter sendet ein Istwertsignal (4-20 mA) an den Frequenzumrichter, der durch Regelung der Pumpendrehzahl einen konstanten Druck beibehält. Bei der Auslegung eines Frequenzumrichters für eine Tauchpumpenanwendung müssen einige wichtige Aspekte berücksichtigt werden. Wählen Sie den Frequenzumrichter anhand des Motorstroms aus.

- Der CAN-Motor ist ein Motor mit einer Edelstahlwanne zwischen Läufer und Ständer mit einem größeren Luftspalt mit höherem magnetischen Widerstand als bei normalen Motoren. Dieses schwächere Feld bewirkt, dass die Motoren mit höherem Nennstrom ausgelegt werden als normale Motoren mit gleicher Nennleistung.
- Die Pumpe enthält Axiallager, die bei einem Betrieb unter der Mindestdrehzahl (in der Regel 30 Hz) beschädigt werden.
- Die Motorreaktanz ist in Tauchpumpenmotoren nicht linear, weshalb die automatische Motoranpassung (AMA) ggf. nicht durchgeführt werden kann. In der Regel werden Tauchpumpen in Verbindung mit langen Motorkabeln eingesetzt, wodurch die nicht lineare Motorreaktanz ggf. eliminiert wird; dadurch wird ermöglicht, dass der Frequenzumrichter eine AMA durchführt. Schlägt

die AMA fehl, können Sie die Motordaten über die *Parametergruppe 1-3* Erw. Motordaten* einstellen (siehe Motordatenblatt). Ist die AMA erfolgreich, gleicht der Frequenzumrichter den Spannungsabfall in den langen Motorkabeln aus. Wenn die erweiterten Motordaten manuell eingestellt werden, müssen Sie hierbei zur Optimierung der Systemleistung die Länge des Motorkabels berücksichtigen.

- Es ist wichtig, dass die Anlage bei minimalem Verschleiß von Pumpe und Motor betrieben werden kann. Ein Danfoss-Sinusfilter kann die Beanspruchung der Motorisolierung reduzieren und die Lebensdauer erhöhen (überprüfen Sie die vorhandene Motorisolierung und die dU/dt-Spezifikation des Frequenzumrichters). Die meisten Tauchpumpenhersteller verlangen den Einsatz von Ausgangsfiltern.
- Es kann schwierig werden, die EMV Vorschriften einzuhalten, da das spezielle Pumpenkabel, das für die nassen Bedingungen im Brunnen geeignet ist, in der Regel ungeschirmt ist. Durch den Einsatz eines abgeschirmten Kabels oberhalb des Brunnens und Herstellung einer Verbindung zwischen Schirm und Brunnenleitung können Sie Abhilfe schaffen, falls die Leitung aus Stahl besteht. Ein Sinusfilter reduziert zudem die elektromagnetischen Störungen in ungeschirmten Motorkabeln.

Der spezielle CAN-Motor wird aufgrund der nassen Installationsbedingungen eingesetzt. Der Frequenzumrichter muss entsprechend dem Ausgangsstrom für die Anlage ausgelegt sein, damit er den Motor bei Nennleistung betreiben kann.

Um eine Beschädigung des Axiallagers der Pumpe zu vermeiden und eine ausreichende und möglichst schnelle Motorkühlung zu gewährleisten, müssen Sie eine möglichst schnelle Rampe der Pumpe vom Stillstand auf die Mindestdrehzahl einstellen. Die meisten Tauchpumpenhersteller empfehlen, dass die Pumpe innerhalb von 2-3 s auf die minimale Drehzahl (30 Hz) hoch gefahren wird. Der VLT® AQUA Drive FC202 verfügt für solche Anwendungen über vorprogrammierte Ausgangs- und Endrampen. Bei den Ausgangs- und Endrampen handelt es sich um 2 separate Rampen, wobei der Motor bei aktivierter Ausgangsrampe aus dem Stillstand auf die Mindestdrehzahl hochgefahren wird und bei einem Erreichen dieser Drehzahl automatisch zu normaler Rampe geschaltet wird. Die Endrampe fährt umgekehrt, von der Mindestdrehzahl bei einem Stopp, die Rampe ab zum Stillstand. Ziehen Sie auch eine Aktivierung der erweiterten Mindestdrehzahlüberwachung in Erwägung, wie in *Kapitel 5.9 Erweiterte Mindestdrehzahlüberwachung – Übersicht* beschrieben.

Nutzen Sie für einen zusätzlichen Schutz der Pumpe die Trockenlauferkennungsfunktion. Weitere Informationen finden Sie im *Programmierhandbuch*.

Zur Vermeidung von Wasserschlägen können Sie den Pumpenfüllmodus aktivieren. Der Danfoss-Frequenzumrichter kann mithilfe des PID-Reglers vertikale Rohre füllen, um mit einer langsamen Rampe auf des Drucks gemäß einer benutzerdefinierten Geschwindigkeit (Einheiten/Sekunde) durchzuführen. Bei Aktivierung wechselt der Frequenzumrichter in den Pumpenfüllmodus, sobald nach dem Anlauf die Mindestdrehzahl erreicht wird. Es findet eine langsame Rampe auf des Drucks statt, bis dieser einen benutzerdefinierten Füllsollwert erreicht, bei dem der Frequenzumrichter automatisch den Pumpenfüllmodus deaktiviert und mit normaler Regelung mit Rückführung den Betrieb fortsetzt.

Elektrische Verdrahtung

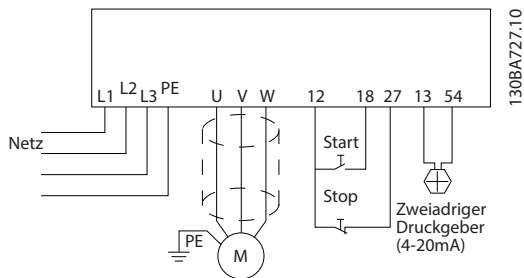


Abbildung 12.4 Verkabelung für Anwendung mit Tauchpumpe

HINWEIS

Stellen Sie die Einheit für Analogeingang 2 (Klemme 54) auf mA ein. (Schalter 202).

Parametereinstellungen

Parameter
Parameter 1-20 Motornennleistung [kW]
Parameter 1-21 Motornennleistung [PS]
Parameter 1-22 Motornennspannung
Parameter 1-24 Motornennstrom
Parameter 1-28 Motordrehrichtungsprüfung
Aktivieren Sie die reduzierte automatische Motoranpassung in Parameter 1-29 Autom. Motoranpassung

Tabelle 12.14 Relevante Parameter für die Tauchpumpe Anwendung

Parameter	Einstellung
Parameter 3-02 Minimaler Sollwert	Die minimale Sollwerteinheit entspricht der Einheit in Parameter 20-12 Soll-/Istwert-einheit
Parameter 3-03 Maximaler Sollwert	Die maximale Sollwerteinheit entspricht der Einheit in Parameter 20-12 Soll-/Istwert-einheit
Parameter 3-84 Initial Ramp Time	(2 s)
Parameter 3-88 Final Ramp Time	(2 s)
Parameter 3-41 Rampenzeit Auf 1	(8 s je nach Größe)
Parameter 3-42 Rampenzeit Ab 1	(8 s je nach Größe)
Parameter 4-11 Min. Drehzahl [UPM]	(30 Hz)
Parameter 4-13 Max. Drehzahl [UPM]	(50/60 Hz)
Verwenden Sie den Assistent für Regelung mit Rückführung unter Quick-Menü→Funktionskonfiguration zum einfachen Einstellen eines PID-Reglers.	

Tabelle 12.15 Beispieleinstellungen für Tauchpumpe Anwendung

Parameter	Einstellung
Parameter 29-00 Pipe Fill Enable	Deaktiviert
Parameter 29-04 Pipe Fill Rate	(Istwerteinheiten)
Parameter 29-05 Filled Setpoint	(Istwerteinheiten)

Tabelle 12.16 Einstellungsbeispiel für Rohrfüllmodus

Leistung

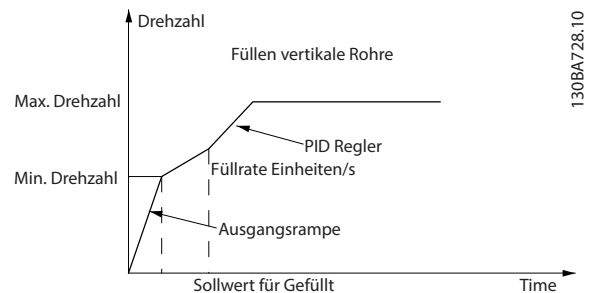


Abbildung 12.5 Leistungskurve für den Rohrfüllmodus

12.11 Verkabelungskonfiguration für einen Kaskadenregler

Abbildung 12.6 zeigt ein Beispiel für einen einfachen Kaskadenregler mit einer Pumpe mit variabler Drehzahl (Führungspumpe) und zwei Pumpen mit konstanter Drehzahl, einem 4–20-mA-Messumformer sowie Sicherheitsverriegelung des Systems.

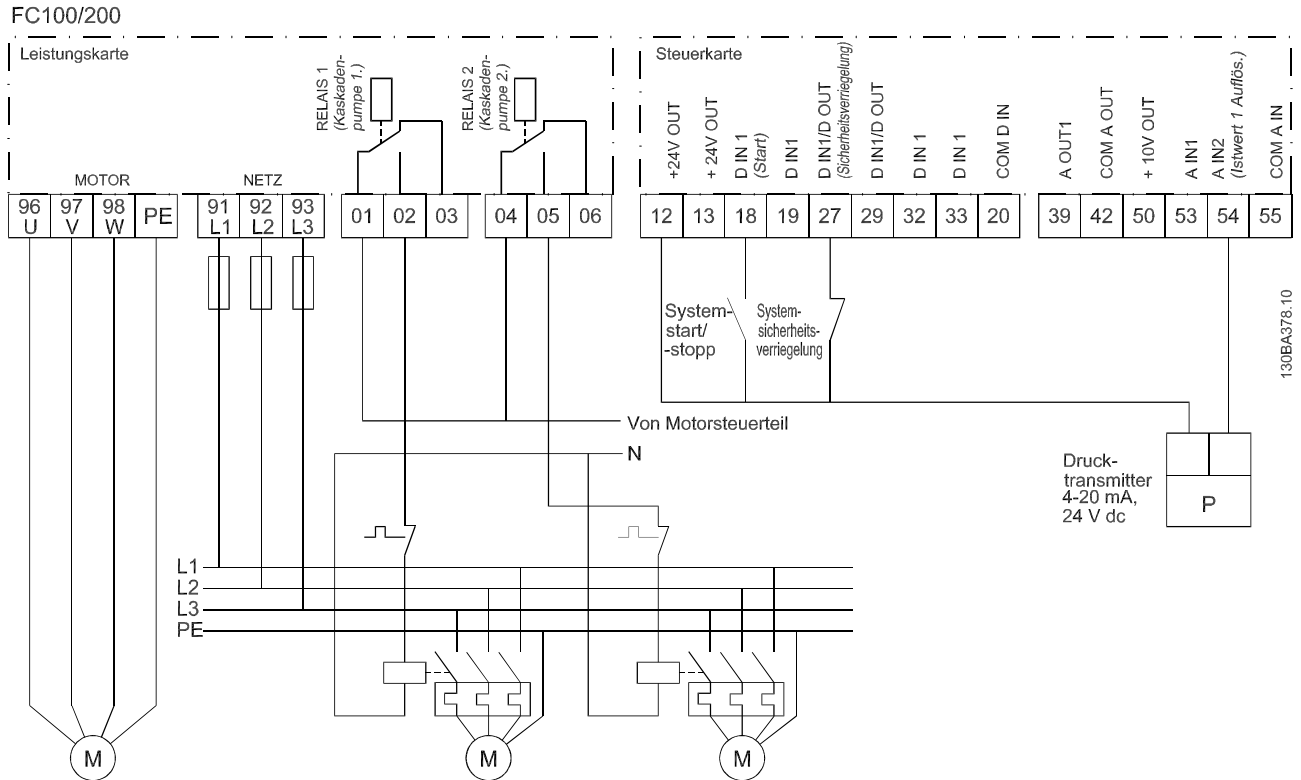


Abbildung 12.6 Schaltbild für Kaskadenregler

12

12.12 Anschlussbeispiel für eine Pumpe mit konstanter/variabler Drehzahl

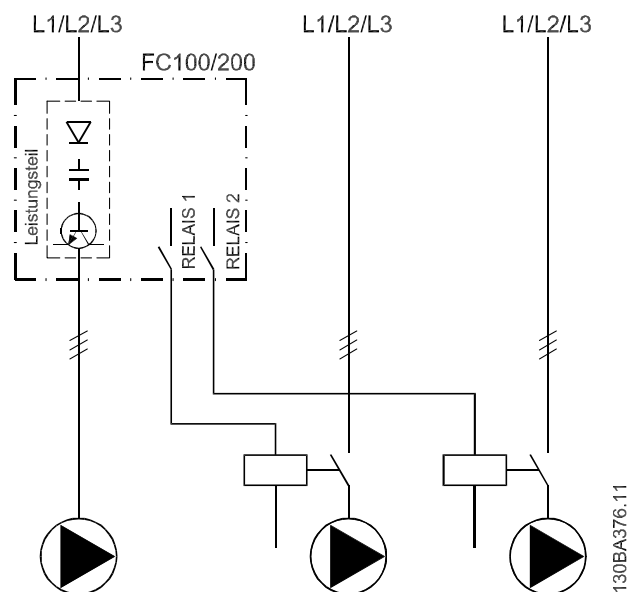


Abbildung 12.7 Schaltbild für Pumpe mit konstanter/variabler Drehzahl

12.13 Anschlussbeispiel für Führungspumpen-Wechsel

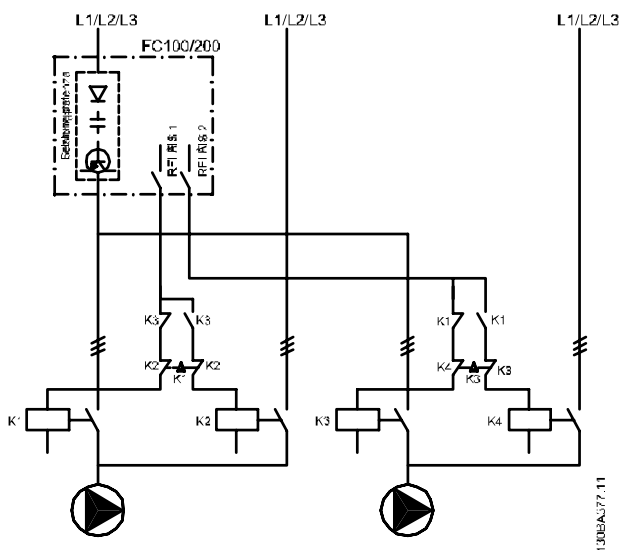


Abbildung 12.8 Schaltbild für den Führungspumpen-Wechsel.

Jede Pumpe muss an zwei Schütze (K1/K2 und K3/K4) mit einer mechanischen Verriegelung angeschlossen sein. Thermische Relais oder andere Motorüberlastschutzeinrichtungen müssen je nach örtlichen Vorschriften und/oder individuellen Anforderungen vorgesehen werden.

- Relais 1 (R1) und Relais 2 (R2) sind die integrierten Relais des Frequenzumrichters.
- Wenn alle Relais stromlos sind, schaltet das erste integrierte Relais, das erregt wird, das Schütz ein, das der vom Relais gesteuerten Pumpe entspricht. Relais 1 schaltet z. B. Schütz K1 ein, das zur Führungspumpe wird.
- K1 sperrt K2 über die mechanische Verriegelung und verhindert die Anschaltung der Netzversorgung an den Ausgang des Frequenzumrichters (über K1).
- Ein Hilfsschaltkontakt an K1 verhindert Einschalten von K3.
- Relais 2 steuert Schütz K4 zur Ein-/Ausschaltung der Pumpe mit konstanter Drehzahl.
- Beim Wechsel werden beide Relais stromlos und jetzt wird Relais 2 als erstes Relais erregt.

Eine detaillierte Beschreibung zur Inbetriebnahme von gemischten Pumpen- und Master/Follower-Anwendungen finden Sie im *Produkt Handbuch VLT® Kaskadenregler-Optionen MCO 101/102*.

13 Bestellung eines Frequenzumrichters

13.1 Antriebskonfigurator

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
F	C	-								T											X	X	S	X	X	X	X	A		B		C						D

130BC530.10

Tabelle 13.1 Typencode

Produktgruppen	1-3	
Frequenzumrichter-Serie	4-6	
Erzeugungscodes	7	
Nennleistung	8-10	
Phasen	11	
Netzspannung	12	
Gehäuse Gehäusetyp Schutzart Steuerversorgungsspannung	13-15	
Hardwarekonfiguration	16-23	
EMV-Filter/Low Harmonic Drive/12 Pulse	16-17	
Bremse	18	
Display (LCP)	19	
Beschichtung der Platine	20	
Netzoption	21	
Anpassung A	22	
Anpassung B	23	
Softwareversion	24-27	
Software-Sprache	28	
A-Option	29-30	
B-Optionen	31-32	
C0-Optionen, MCO	33-34	
C1 Optionen	35	
Software für die C-Option	36-37	
D-Optionen	38-39	

Tabelle 13.2 Typencodebeispiel für die Bestellung eines Frequenzumrichters

Konfigurieren Sie den korrekten Frequenzumrichter für die entsprechende Anwendung mithilfe des Internet-basierten Antriebskonfigurators. Der Antriebskonfigurator ist auf der globalen Internetseite zu finden: www.danfoss.com/drives. Der Konfigurator erzeugt einen Typencode und eine 8-stellige Bestellnummer, mit der Sie den Frequenzumrichter über Ihre Vertretung vor Ort bestellen können. Außerdem können Sie eine Projektliste mit mehreren Produkten aufstellen und an ihren Danfoss-Außendienstmitarbeiter senden.

Ein Beispiel für einen Typencode:

FC-202N355T5E20H4BGCXXXSXXXXA0BXCXXXXD0

Die Bedeutung der Zeichen in dieser Zeichenfolge sind definiert in *Tabelle 13.3*. Im obigen Typencode sind z. B. die Optionen Profibus DP-V1 und die externe 24 V-Versorgung enthalten.

Frequenzumrichter werden automatisch mit einem Sprachpaket geliefert, das für die Region, in der sie bestellt werden, relevant ist. Vier regionale Sprachpakete decken die folgenden Sprachen ab:

Sprachpaket 1

Englisch, Deutsch, Französisch, Niederländisch, Spanisch, Schwedisch, Italienisch und Finnisch.

Sprachpaket 2

Englisch, Deutsch, Chinesisch, Koreanisch, Japanisch, Thai, Traditionell-Chinesisch und Bahasa (Indonesisch).

Sprachpaket 3

Englisch, Deutsch, Slowenisch, Bulgarisch, Serbisch, Rumänisch, Ungarisch, Tschechisch und Russisch.

Sprachpaket 4

Englisch, Deutsch, Spanisch, Englisch (US), Griechisch, brasilianisches Portugiesisch, Türkisch und Polnisch.

Wenn Sie Frequenzumrichter mit einem anderen Sprachpaket bestellen möchten, wenden Sie sich an Ihren lokalen Danfoss-Händler.

Beschreibung	Position	Mögliche Option
Produktgruppe	1–3	FC-
Frequenzumrichter-Serie	4–6	102: FC302
Nennleistung	8–10	N355: 355 kW (500 HP) N400: 400 kW (600 HP) N450: 450 kW (450–600 HP) N500: 500 kW (500–650 HP) N560: 560 kW (600–750 HP) N630: 630 kW (650 HP) N710: 710 kW (750 HP) N800: 800 kW (950 HP)
Phasen	11	Drei Phasen (T)
Netzspannung	11–12	T5: 380–480 V AC T7: 525–690 V AC
Gehäuse	13–15	E00: IP00 (nur Bauformen E3h/E4h mit oberer Rückspeiseeinheit/Zwischenkreiskopplung) E20: IP20 E21: IP21/Typ 1 E54: IP54/Typ 12 E2M: IP21/Typ 1 mit Netzabschirmung E5M: IP54/Typ 12 mit Netzabschirmung H21: IP21/Typ 1 mit Heizgerät H54: IP54/Typ 12 mit Heizgerät C20: IP20/Typ 1 mit Edelstahl-Kühlkanal C21: IP21/Typ 1 mit Edelstahl-Kühlkanal C54: IP54/Typ 12 mit Edelstahl-Kühlkanal C2M: IP21/Typ 1 mit Netzabschirmung und Edelstahl-Kühlkanal C5M: IP54/Typ 12 mit Netzabschirmung und Edelstahl-Kühlkanal C2H: IP21/Typ 1 mit Heizgerät und Edelstahl-Kühlkanal C5H: IP54/Typ 12 mit Heizgerät und Edelstahl-Kühlkanal
EMV-Filter	16–17	H2: EMV-Filter, Klasse A2 (C3) H4: EMV-Filter, Klasse A1 (C2)
Bremse	18	X: Kein Bremschopper B: Bremschopper montiert T: Safe Torque Off (STO) U: Bremschopper + Safe Torque Off R: Zwischenkreisklemmen S: Bremschopper + Anschlussklemmen der Rückspeiseeinheit (nur Bauformen E3h/E4h)
Display	19	X: Kein LCP G: Grafisches LCP (LCP 102) J: Kein LCP + USB durch Tür zugänglich L: Grafisches LCP + USB durch Tür zugänglich
Beschichtung der Platine	20	C: Beschichtete Platine R: Beschichtete Platine 3C3 + robuste Bauweise
Netzoption	21	X: Keine Netzoption 3: Netztrennschalter + Sicherungen 7: Sicherungen A: Sicherungen + Zwischenkreiskopplungsklemmen (nur Bauformen E3h/E4h) D: Zwischenkreiskopplungsklemmen (nur Bauformen E3h/E4h)
Hardware, Anpassung A	22	X: Keine Option
Hardware, Anpassung B	23	X: Keine Option Q: Kühlkörperzugang
Softwareversion	24–28	SXXX: Aktuelle Version - Standard-Software
Software-Sprache	28	X: Standard-Sprachpaket

Tabelle 13.3 Typenschlüssel für Bestellungen der Bauformen E1h–E4h

Beschreibung	Position	Mögliche Option
A-Option	29–30	AX: Keine A-Option A0: VLT® PROFIBUS DP V1 MCA 101 A4: VLT® DeviceNet MCA 104 AL: VLT® PROFINET MCA 120 AN: VLT® EtherNet/IP MCA 121 AQ: VLT® POWERLINK MCA 122
B-Optionen	31–32	BX: Keine Option B0: VLT® Analog I/O-Option MCB 109 B2: VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 B4: VLT® Sensoreingangsoption MCB 114 BK: VLT®-Universal-E/A-Modul MCB 101 BP: VLT®-Relaiskarte MCB 105 BR: VLT®-Drehgebereingang MCB 102 BY: VLT® Extended Cascade Controller MCO 101
C0/ E0-Optionen	33–34	CX: Keine Option
C1-Optionen/ A/B im Adapter der C-Option	35	X: Keine Option R: VLT® Erweiterte Relais-Optionskarte MCB 113
Software für die C-Option/E1-Optionen	36–37	XX: Keine Software-Option
D-Optionen	38–39	DX: Keine Option D0: VLT® 24-V-DC-Versorgung MCB 107

Tabelle 13.4 Typenschlüssel für Bestellung der Optionen der Bauformen E1h–E4h

13.2 Bestellnummern für Optionen und Zubehör

Typ	Beschreibung	Bestellnummer
Diverse Ausrüstung		
PROFIBUS, obere Einführung	Einführung von oben für Schutzart IP54.	176F1742
USB für Türereinbau	Die Verlängerung des USB-Kabels ist für alle Baugrößen erhältlich und ermöglicht den Zugriff auf die Antriebssteuerung von einem Laptop aus, ohne dass der Frequenzrichter geöffnet werden muss.	130B1156
Erdungsschiene	Mehr Erdungsanschlüsse für Frequenzrichter der Bauformen E1h und E2h.	176F6609
Netzabschirmung, E1h	Vor die Leistungsklemmen montierte Abschirmung (Abdeckung) zum Schutz vor unbeabsichtigtem Kontakt.	176F6619
Netzabschirmung, E2h	Vor die Leistungsklemmen montierte Abschirmung (Abdeckung) zum Schutz vor unbeabsichtigtem Kontakt.	176F6620
Klemmenleisten	Schraubanschlussklemmen zum Austausch von Federzugklemmen. (1 Stck. 10-polige, 1 Stck. 6-polige und 1 Stck. 3-polige Steckverbinder)	130B1116
Rückseitige Kühlkanalsätze		
Einlass Unten /Auslass Oben E3h	Erlaubt den Einlass der Kühlluft unten / Auslass oben Dieser Satz kann nur für die Bauform E3h mit 600 mm (21,6 in)-Grundplatte verwendet werden.	176F6606
Einlass Unten /Auslass Oben E3h	Erlaubt den Einlass der Kühlluft unten / Auslass oben Dieser Satz kann nur für die Bauform E3h mit 800 mm (31,5 in)-Grundplatte verwendet werden.	176F6607
Einlass Unters./Auslass Obers., E4h	Erlaubt den Einlass der Kühlluft unten / Auslass oben Dieser Satz kann nur für die Bauform E4h mit 800 mm (31,5 in)-Grundplatte verwendet werden.	176F6608
Einlass Rücks./Auslass Rücks., E1h	Mit dem Bausatz ist es möglich, die Luft auf der Rückseite des Frequenzrichters ein- und wieder abzuführen. Dieser Satz kann nur für die Bauform E1h verwendet werden.	176F6617

Typ	Beschreibung	Bestellnummer	
Einlass Rücksl./Auslass Rücksl., E2h	Mit dem Bausatz ist es möglich, die Luft auf der Rückseite des Frequenzumrichters ein- und wieder abzuführen. Dieser Satz kann nur für die Bauform E2h verwendet werden.	176F6618	
Einlass Rücksl./Auslass Rücksl., E3h	Mit dem Bausatz ist es möglich, die Luft auf der Rückseite des Frequenzumrichters ein- und wieder abzuführen. Dieser Satz kann nur für die Bauform E3h verwendet werden.	176F6610	
Einlass Rücksl./Auslass Rücksl., E4h	Mit dem Bausatz ist es möglich, die Luft auf der Rückseite des Frequenzumrichters ein- und wieder abzuführen. Dieser Satz kann nur für die Bauform E4h verwendet werden.	176F6611	
Einlass Unters./Auslass Rücksl., E3h	Ermöglicht eine Umleitung der Kühlluft durch die Unterseite sowie durch die Rückseite des Frequenzumrichters. Dieser Satz kann nur für die Bauform E3h mit 600 mm (21,6 in)-Grundplatte verwendet werden.	176F6612	
Einlass Unters./Auslass Rücksl., E3h	Ermöglicht eine Umleitung der Kühlluft durch die Unterseite sowie durch die Rückseite des Frequenzumrichters. Dieser Satz kann nur für die Bauform E3h mit 800 mm (31,5 in)-Grundplatte verwendet werden.	176F6613	
Einlass Unters./Auslass Rücksl., E4h	Ermöglicht eine Umleitung der Kühlluft durch die Unterseite sowie durch die Rückseite des Frequenzumrichters. Dieser Satz kann nur für die Bauform E4h mit 800 mm (31,5 in)-Grundplatte verwendet werden.	176F6614	
Einlass Rücksl./Auslass Obers., E3h	Ermöglicht eine Umleitung der Kühlluft durch die Rückseite sowie durch die Oberseite des Frequenzumrichters. Dieser Satz kann nur für die Bauform E3h verwendet werden.	176F6615	
Einlass Rücksl./Auslass Obers., E4h	Ermöglicht eine Umleitung der Kühlluft durch die Rückseite sowie durch die Oberseite des Frequenzumrichters. Dieser Satz kann nur für die Bauform E4h verwendet werden.	176F6616	
LCP			
LCP 101	Numerisches LCP-Bedienteil (LCP 101)	130B1124	
LCP 102	Grafisches LCP-Bedienteil (LCP 102).	130B1107	
LCP-Kabel	Separates LCP-Kabel, 3 m (9 Fuß).	175Z0929	
LCP-Einbausatz, IP21	Einbausatz für Schaltschrankeinbau einschließlich grafischem LCP, Befestigungen, 3 m (9 Fuß) langem Kabel und Dichtung.	130B1113	
LCP-Einbausatz, IP21	Einbausatz für Schaltschrankeinbau einschließlich numerischem LCP, Befestigungen und Dichtung.	130B1114	
LCP-Einbausatz, IP21	Einbausatz für Schaltschrankeinbau für alle LCPs, einschließlich Befestigungen, 3 m (9 Fuß) langem Kabel und Dichtung.	130B1117	
Optionen für Steckplatz A (Feldbusgeräte)		Unbeschichtet	Beschichtet
MCA 101	PROFIBUS- DP V0/V1.	130B1100	130B1200
MCA 104	DeviceNet	130B1102	130B1202
MCA 120	PROFINET	130B1135	130B1235
MCA 121	EtherNet/IP	130B1119	130B1219
MCA 122	Modbus TCP	130B1196	130B1296
Optionen für Steckplatz B (Funktionserweiterungen)			
MCB 101	Mehrzweck-Eingangs-/Ausgangsoption.	130B1125	130B1212
MCB 105	Relaisoption.	130B1110	130B1210
MCB 109	Analog-E/A-Option.	130B1143	130B1243
MCB 112	ATEX PTC-Thermistorkarte.	-	130B1137
MCB 114	PT100-Sensoreingang.	130B1172	130B1272
MCO 101	Erweiterter Kaskadenregler	130B1154	130B1254
Optionen für Steckplatz C (Motion Control und Relaiskarten)			
MCB 113	Erweiterte Relais-Optionskarte.	130B1164	130B1264
MCO 102	Erweiterter Kaskadenregler	130B1154	130B1254
Option für Steckplatz D		Unbeschichtet	Beschichtet

Typ	Beschreibung	Bestellnummer	
MCB 107	Externe 24-V/DC-Versorgung	130B1108	130B1208
Externe Optionen			
EtherNet/IP	Ethernet-Master.	175N2584	

Tabelle 13.5 Optionen und Zubehör

Typ	Beschreibung	Bestellnummer
PC-Software		
MCT 10	MCT 10 Konfigurationssoftware - 1 Anwender.	130B1000
MCT 10	MCT 10 Konfigurationssoftware - 5 Anwender.	130B1001
MCT 10	MCT 10 Konfigurationssoftware - 10 Anwender.	130B1002
MCT 10	MCT 10 Konfigurationssoftware - 25 Anwender.	130B1003
MCT 10	MCT 10 Konfigurationssoftware - 50 Anwender.	130B1004
MCT 10	MCT 10 Konfigurationssoftware - 100 Anwender.	130B1005
MCT 10	MCT 10 Konfigurationssoftware - unbegrenzte Anzahl von Anwendern.	130B1006

Tabelle 13.6 Software-Optionen

Sie können die Optionen bereits als werkseitig montiert bestellen. Informationen zur Kompatibilität von Feldbus- und Anwendungsoptionen mit älteren Software-Versionen wenden Sie sich an Ihren Danfoss-Händler.

13.3 Bestellnummern für Filter und Bremswiderstände

Informationen zu Bemaßungsspezifikationen und Bestellnummern für Filter und Bremswiderstände finden Sie im folgenden Projektierungshandbuch:

- *VLT® Brake Resistor MCE 101 Projektierungshandbuch.*
- *VLT® Advanced Harmonic Filters AHF 005/AHF 010 Projektierungshandbuch.*
- *Projektierungshandbuch für die Ausgangsfilter.*

13.4 Ersatzteile

Die verfügbaren Ersatzteile für Ihre Anwendung finden Sie im VLT Shop oder im Antriebskonfigurator (www.danfoss.com/drives).

14 Anhang

14.1 Abkürzungen und Symbole

60° AVM	60° Asynchrone Vektormodulation
A	Ampere
AC	Wechselstrom
AD	Luftentladung (Air Discharge)
AEO	Automatische Energieoptimierung
AI	Analogeingang
AIC	Ampere Interrupting Current
AMA	Automatische Motoranpassung
AWG	American Wire Gauge = Amerikanisches Drahtmaß
°C	Grad Celsius
CB	Trennschalter
CD	Konstante Entladung
CDM	Komplettes Antriebsmodul: Frequenzumrichter, Versorgung und Hilfseinrichtungen
CE	European Conformity (Europäische Sicherheitsstandards)
CM (Common Mode)	Gleichtakt
CT	Konstantes Drehmoment
DC	Gleichstrom
DI	Digitaleingang
DM (Differenzbetrieb)	Differenzbetrieb
D-TYP	Abhängig vom Frequenzumrichter
EMV	Electromagnetic Compatibility (Elektromagnetische Verträglichkeit)
EMK	Elektromotorische Gegenkraft
ETR	Elektronisches Thermorelais
°F	Grad Fahrenheit
f _{JOG}	Motorfrequenz bei aktivierter JOG-Funktion
f _M	Motorfrequenz
f _{MAX}	Maximale Ausgangsfrequenz, gilt am Ausgang des Frequenzumrichters
f _{MIN}	Minimale Motorfrequenz vom Frequenzumrichter
f _{M,N}	Motornennfrequenz
FC	Frequenzumrichter
HIPERFACE®	HIPERFACE® ist eine eingetragene Marke von Stegmann
HO	Hohe Überlast
HP	Horse Power
HTL	HTL-Drehgeber (10-30 V) Pulse - Hochspannungs-Transistorlogik
Hz	Hertz
I _{INV}	Wechselrichter-Nennausgangsstrom
I _{LIM}	Stromgrenze
I _{M,N}	Motornennstrom
I _{VLT,MAX}	Maximaler Ausgangsstrom

I _{VLT,N}	Vom Frequenzumrichter gelieferter Ausgangs-nennstrom
kHz	Kilohertz
LCP	Local Control Panel (LCP-Bedieneinheit)
Lsb	Least Significant Bit (geringstwertiges Bit)
m	Meter
mA	Milliampere
MCM	Mille Circular Mil
MCT	Motion Control Tool
mH	Induktivität in Millihenry
mm	Millimeter
ms	Millisekunden
Msb	Most Significant Bit (höchstwertiges Bit)
η _{VLT}	Der Wirkungsgrad des Frequenzumrichters ist definiert als das Verhältnis zwischen Leistungsabgabe und Leistungsaufnahme.
nF	Kapazität in Nanofarad
LCP 101	Numerische LCP-Bedieneinheit
Nm	Newtonmeter
NO	Normale Überlast
n _s	Synchrone Motordrehzahl
Online/Offline-Parameter	Änderungen der Online-Parameter sind sofort nach Änderung des Datenwertes wirksam
P _{br,cont.}	Nennleistung des Bremswiderstands (Durchschnittsleistung bei kontinuierlichem Bremsen)
PCB	Leiterplatte
PCD	Process Data (Prozessdaten)
PDS	Antriebssystem: CDM und ein Motor
PELV	PELV (Schutzkleinspannung - Protective Extra Low Voltage)
P _m	Nenn-Ausgangsleistung des Frequenzumrichters als hohe Überlast (HO)
P _{M,N}	Motornennleistung
PM-Motor	Permanentmagnetmotor
PID-Prozess	PID-Regler (Proportional, Integriert, Differenzial), der dafür sorgt, dass Drehzahl, Druck, Temperatur usw. konstant gehalten werden
R _{br,nom}	Nenn-Widerstandswert, mit dem an der Motorwelle für eine Dauer von 1 Minute eine Bremsleistung von 150/160 % gewährleistet wird.
Fehlerstromschutzschalter	Fehlerstromschutzschalter
Rückspeisung	Generatorische Klemmen
R _{min}	Zulässiger Mindestwert des Bremswiderstands nach Frequenzumrichter
EFF	Effektivwert
U/min [UPM]	Umdrehungen pro Minute

R _{rec}	Empfohlener Bremswiderstand von Danfoss-Bremswiderständen
s	Sekunde
SCCR	Kurzschluss-Stromnennwert
SFAVM	Statorfluss-orientierte asynchrone Vektormodulation
STW (ZSW)	Zustandswort
SMPS	Schaltnetzteil SMPS
THD	Gesamtoberschwingungsgehalt
T _{LIM}	Drehmomentgrenze
TTL	Pulse des TTL-Drehgebers (5 V) - Transistor-Logik
U _{M,N}	Motornennspannung
UL	Underwriters Laboratories (US-Organisation für die Sicherheitszertifizierung)
V	Volt
VT	Variables Drehmoment
VVC+	Spannungsvektorsteuerung Plus (Voltage Vector Control Plus)

Tabelle 14.1 Abkürzungen und Symbole

14.2 Definitionen

Bremswiderstand

Der Bremswiderstand wird zur Aufnahme der bei generatorischer Bremsung erzeugten Energie benötigt. Während generatorischer Bremsung erhöht sich die Zwischenkreisspannung. Ein Bremschopper stellt sicher, dass die generatorische Energie an den Bremswiderstand übertragen wird.

Losbrechmoment

$$n_s = \frac{2 \times \text{Par.} . 1 - 23 \times 60 \text{ s}}{\text{Par.} . 1 - 39}$$

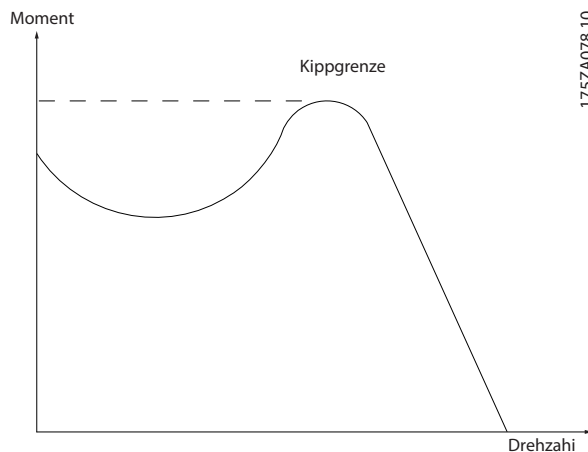


Abbildung 14.1 Tabelle Losbrechmoment

Motorfreilauf

Die Motorwelle dreht im Motorfreilauf. Kein Drehmoment am Motor.

Konstantmoment (CT)-Kennlinie

Konstantmomentkennlinie; wird für Anwendungen wie Förderbänder, Verdrängungspumpen und Kräne eingesetzt.

Initialisierung

Eine Initialisierung (*Parameter 14-22 Betriebsart*) stellt die Werkseinstellungen des Frequenzumrichters wieder her.

Arbeitszyklus für Aussetzbetrieb

Der Aussetzbetrieb bezieht sich auf eine Abfolge von Arbeitszyklen. Jeder Zyklus besteht aus einem Belastungs- und einem Entlastungszeitraum. Der Betrieb kann periodisch oder aperiodisch sein.

Leistungsfaktor

Der Wirkleistungsfaktor (Lambda) berücksichtigt alle Oberschwingungen und ist immer kleiner als der Leistungsfaktor (Cosinus phi), der nur die 1. Oberschwingung von Strom und Spannung berücksichtigt.

$$\cos \phi = \frac{P \text{ (kW)}}{P \text{ (kVA)}} = \frac{U \lambda \times I \lambda \times \cos \phi}{U \lambda \times I \lambda}$$

Cosinus phi wird auch als Lastverschiebungsfaktor bezeichnet.

Lambda und Cos phi sind für DanfossVLT®-Frequenzumrichter in *Kapitel 7.3 Netzversorgung* aufgeführt.

Der Leistungsfaktor gibt an, wie stark ein Frequenzumrichter die Netzversorgung belastet.

Je niedriger der Leistungsfaktor, desto höher der I_{eff} bei gleicher kW-Leistung.

Darüber hinaus weist ein hoher Leistungsfaktor darauf hin, dass der Anteil der Oberschwingungsströme sehr niedrig ist.

Alle Danfoss-Frequenzumrichter verfügen über eingebaute Zwischenkreisdrosseln, die einen hohen Leistungsfaktor erzielen und die gesamte Spannungsverzerrung THD der Netzversorgung deutlich reduzieren.

Pulseingang/Inkrementalgeber

Ein externer digitaler Geber für Istwertinformationen von Motordrehzahl und Drehrichtung. Drehgeber werden für eine schnelle und exakte Rückführung in hochdynamischen Anwendungen eingesetzt.

Parametersatz

Sie können die Parametereinstellungen in vier Parametersätzen speichern. Sie können zwischen den vier Parametersätzen wechseln oder einen Satz bearbeiten, während ein anderer Satz gerade aktiv ist.

Schlupfausgleich

Der Frequenzumrichter gleicht den belastungsabhängigen Motorschlupf aus, indem er unter Berücksichtigung des Motorersatzschaltbildes und der gemessenen Motorlast die Ausgangsfrequenz anpasst (nahezu konstante Motordrehzahl).

Smart Logic Control (SLC)

SLC ist eine Folge benutzerdefinierter Aktionen, die der Frequenzumrichter ausführt, wenn die SLC die zugehörigen benutzerdefinierten Ereignisse als TRUE (WAHR) auswertet. (*Parametergruppe 13-** Smart Logic*).

Frequenzumrichter-Standardbus

Schließt RS485-Bus mit FC-Protokoll oder MC-Protokoll ein. Siehe *Parameter 8-30 FC-Protokoll*.

Thermistor

Ein temperaturabhängiger Widerstand, mit dem die Temperatur des Frequenzumrichters oder des Motors überwacht wird.

Abschaltung

Ein Zustand, der in Fehlersituationen eintritt, z. B. bei einer Übertemperatur des Frequenzumrichters oder wenn der Frequenzumrichter den Motor, Prozess oder Mechanismus schützt. Der Neustart wird verzögert, bis die Fehlerursache behoben wurde und der Alarmzustand quittiert wird.

Beenden Sie den Abschaltungszustand durch:

- Aktivierung von „Reset“.
- Programmierung des Frequenzumrichters zum automatischen Quittieren.

Sie dürfen die Abschaltung nicht zu Zwecken der Personensicherheit verwenden.

Abschaltblockierung

Ein Zustand, der in Fehlersituationen eintritt, in denen der Frequenzumrichter aus Sicherheitsgründen abschaltet und ein manueller Eingriff erforderlich ist. Sie können eine Abschaltblockierung nur durch Unterbrechen der Netzversorgung, Beheben der Fehlerursache und erneuten Anschluss des Frequenzumrichters aufheben. Der Neustart wird verzögert, bis der Alarmzustand über die [Reset]-Taste quittiert wird.

VT-Kennlinie

Variable Drehmomentkennlinie; typisch bei Anwendungen mit quadratischem Lastmomentverlauf über den Drehzahlbereich, z. B. Kreiselpumpen und Lüfter.

Index

A

Abgestrahlte Störaussendung..... 95

Abkürzungen..... 130

Ableitstrom..... 5, 89

Abmessungen

- Außenabmessungen E1h..... 46
- Außenabmessungen E2h..... 52
- Außenabmessungen E3h..... 58
- Außenabmessungen E4h..... 65
- E1h-Leistungsanschlüsse..... 50
- E2h-Leistungsanschlüsse..... 56
- E3h-Leistungsanschlüsse..... 62
- E4h-Leistungsanschlüsse..... 69
- Produktserienübersicht..... 11

Abschirmung

- EMV-Schirmabschluss..... 61
- Kabel..... 79
- Netz..... 5
- Verdrillte Enden..... 98

AC-Bremse..... 28

Adern..... 77

- Siehe auch *Kabel*

Aktiver Sollwert..... 106

Analog

- Anschlusskonfiguration für Drehzollsollwert..... 115
- Ausgangsspezifikationen..... 43
- Ein-/Ausgangsbeschreibungen und Werkseinstellungen..... 82
- Eingangsspezifikationen..... 42

Anschlusskonfiguration für externe Alarmquittierung..... 117

Anschlussplan

- E1h–E4h..... 78
- Feste Pumpe mit variabler Drehzahl..... 122
- Führungspumpen-Wechsel..... 123
- Kaskadenregler..... 122

Anstiegszeit..... 92

Arbeitszyklus

- Berechnung..... 86
- Definition..... 130

ATEX-Überwachung..... 17, 73

Ausbrechplatte..... 47

Ausgang

- Schalter..... 14
- Schütz..... 90, 100
- Spezifikationen..... 43

Außenabmessungen

- E1h..... 46
- E2h..... 52
- E3h..... 58
- E4h..... 65

Auto on..... 105

Automatische Energieoptimierung..... 15

Automatische Motoranpassung

- Anschlusskonfiguration..... 115
- Tauchpumpe..... 120
- Übersicht..... 16

Automatische Taktfrequenzmodulation..... 15

B

Bandbreitenverwaltung..... 24

Bedienungsanleitung..... 4

Benutzereingabe..... 105

Berechnungen

- Arbeitszyklus des Widerstands..... 86
- Bremsmoment..... 88
- Bremswiderstand..... 87
- Harmonic Software..... 104
- Kurzschlussverhältnis..... 102
- Skalierter Sollwert..... 106
- THDi..... 101

Bestellung..... 124

Betrieb mit niedriger Drehzahl..... 75

Bodenplatte zur Kabeleinführung..... 46

Bremsung

- Dynamisches Bremsen..... 28
- Grenzwerte..... 88
- Leistungsdiagramm..... 87
- Steuerung mit Bremsfunktion..... 88
- Verwendung als alternative Bremsfunktion..... 89

Bremswiderstand

- Anschlussplan..... 78
- Auswahl von..... 86
- Bestellung..... 128
- Definition..... 130
- Formel für Nennleistung..... 129
- Klemmen..... 80
- Projektierungshandbuch..... 4
- Übersicht..... 34

Bremswiderstand..... 28

C

CAN-Motor..... 120

CE-Zeichen..... 7

CSA/cUL-Zulassung..... 8

D

DC-Bremse..... 28

DeviceNet..... 32, 127

Digital

- Ausgangsspezifikationen..... 43
- Ein-/Ausgangsbeschreibungen und Werkseinstellungen..... 82
- Eingangsspezifikationen..... 42

Drehmoment

- Kennlinie..... 41
- Steuerung/Regelung..... 111

Drehzahl		Flux	
Anschlusskonfiguration für einen Drehzahlsollwert.....	117	Regelungsstruktur bei Fluxvektor mit Geber.....	114
Anschlusskonfigurationen für Drehzahl auf/Drehzahl ab.....	118	Regelungsstruktur bei Fluxvektor ohne Geber.....	113
PID-Rückführung.....	111	Formel	
Steuerung/Regelung.....	111	Ausgangsstrom.....	129
DU/dt.....	92	Frequenzumrichter-Wirkungsgrad.....	129
Durchflussüberwachung.....	27	Nennleistung des Bremswiderstands.....	129
		Stromgrenze.....	129
E		Fournier-Analyse.....	101
EAC-Markierung.....	8	Frequenzausblendung.....	19
Eingangsspezifikationen.....	42	Frequenzumrichter	
Elektrische Spezifikationen 380–480 V.....	36	Abmessungen von Produktserien.....	11
Elektrische Spezifikationen 525–690 V.....	38	Abstandsanforderungen.....	74
Elektronisch thermische Überlast.....	16	Konfigurator.....	124
Elektronisches Thermorelais (ETR).....	77	Nennleistungen.....	11
Emissionsanforderungen.....	95	Funkstörungen.....	15
EMV		G	
Allgemeine Aspekte.....	94	Galvanische Trennung.....	16, 43, 98
Filter.....	98	Gase.....	73
Installation.....	100	Gehäuseschutzart.....	9
Kompatibilität.....	98	Gewerbeumgebung.....	95
Position des E3h-Schirmabschlusses.....	61	Gleichrichter.....	105
Position des E4h-Schirmabschlusses.....	68	Gleichspannungszwischenkreis	
Prüfergebnisse.....	95	Beschreibung des Betriebs.....	105
Richtlinie.....	7	Klemmen.....	80
Störungen.....	99	Gleichtaktfilter.....	35
Verwendung eines Schalters mit IT-Netzen.....	90		
EMV-Störungen.....	15	H	
Energie		Hand on.....	105
Effizienzklasse.....	41	Heben.....	72
Entladezeit.....	5	Heizung	
Erdung.....	16, 90	Anschlussplan.....	78
Ersatzteile.....	128	Nutzung.....	72
Erweiterte Mindestdrehzahlüberwachung.....	28	Hochspannung.....	5
Erweiterte Relais-Optionskarte.....	34	Höhe.....	75
EtherNet/IP.....	32		
EU-Ökodesignrichtlinie.....	8	I	
Explosionsgefährdete Bereiche.....	73	Installation	
Exportkontrollvorschriften.....	8	Anforderungen.....	74
		Elektrische.....	77
F		Qualifiziertes Personal.....	5
Fehlerstromschutzschalter.....	89, 90	Installation in großer Höhenlage.....	99
Felddbus.....	32, 81	Instandhaltung.....	73
Fernsollwert.....	106	IP-Schutzart.....	9
Filter		Isolation.....	86
Bestellung.....	128	Istwert	
DU/dt-Filter.....	35	Behandlung.....	108
EMV-Filter.....	98	Signal.....	110
Gleichtaktfilter.....	35	Umwandlung.....	109
Oberschwingungsfiler.....	35	IT-Netze.....	90
Sinusfilter.....	34, 79		

K

Kabel
 Abschirmung..... 79
 Bremse..... 80
 Geschirmt..... 99
 Kabeltyp und Nennwerte..... 77
 Maximale Kabelanzahl und -querschnitt pro Phase..... 36
 Motorkabel..... 83
 Öffnung..... 46
 Spezifikationen..... 42
 Stromanschlüsse..... 79
 Verlegung..... 80

Kanalkühlung..... 74

Kaskadenregler
 Anschlussplan..... 122
 Übersicht..... 22
 Verwendung eines Schützes..... 22

Kinetischer Speicher..... 18

Klemmen
 Analogeingang/-ausgang..... 82
 Bremswiderstand..... 80
 Digitaleingang/-ausgang..... 82
 Klemme 37..... 82
 Relaisklemmen..... 83
 RS485..... 82
 Serielle Kommunikation..... 82
 Steuerungsbeschreibungen und Werkseinstellungen..... 81
 Zwischenkreiskopplung..... 80

Klemmenabmessungen
 E1h..... 50
 E2h..... 56
 E3h..... 62
 E4h..... 69

Kondensation..... 72

Kondensatorlagerung..... 72

Konformität
 Mit ADN..... 6
 Richtlinien..... 7

Konventionen..... 4

Kühlkörper
 Erforderlicher Luftdurchsatz..... 75
 Reinigung..... 73
 Übertemperatur-Abschaltung..... 36
 Zugangsdeckel..... 48

Kühlung
 Anforderungen..... 74
 Staubwarnung..... 73
 Übersicht zur Rückwand Kühlluftführung..... 30

Kurzschluss
 Berechnung des Verhältnisses..... 102
 Bremsung..... 28, 88
 Definition..... 131
 Kurzschlusschutz..... 13
 SCCR-Nennwert..... 83

L

Lagerung..... 72

Leistung
 Anschlüsse..... 79
 Faktor..... 130
 Nennwerte..... 11
 Spezifikationen..... 36

Leistungsreduzierung..... 14, 15, 41, 74, 75

Leitungsgeführte Störaussendung..... 95

Losbrechmoment..... 130

Lüfter
 Erforderlicher Luftdurchsatz..... 75
 Temperaturregelte Lüfter..... 15

Luftfeuchtigkeit..... 72

Luftzirkulation
 Durchsätze..... 75
 Konfigurationen..... 31

M

Marine-Zertifizierung..... 8

Maschinenrichtlinie..... 8

Messwandler..... 82

Modbus..... 33

Modulation..... 15, 129, 130

Montagekonfigurationen..... 74

Motor
 Ableitstrom..... 89
 Anschlussplan..... 78
 Ausgangsspezifikationen..... 41
 CAN-Motor..... 120
 Definition des Losbrechmoments..... 130
 Drehung..... 84
 Erkennung fehlender Phasen..... 14
 Ex-d..... 33
 Ex-e..... 17
 Isolation..... 86
 Isolationsbeanspruchung..... 120
 Istwert..... 114
 Kabel..... 79, 83, 89
 Parallelschaltung..... 84
 Reduzierung von Lagerströmen..... 86
 Thermischer Schutz..... 16, 84
 Thermistor-Verkabelungskonfiguration..... 119
 Typenschild..... 18
 Vollständiges Drehmoment..... 19
 Zündschutzart..... 73

Motorfangschaltung..... 14, 15, 18

Motorfreilauf..... 25

N

Nachrüstätze..... 35

NEMA-Schutzart..... 9

Netz		Regelung ohne Rückführung	
Abschirmung.....	5	Blockschaltbild.....	109
Ausfall.....	18	Übersicht.....	109
Schwankungen.....	15	Regelung ohne Rückführung:	
Spezifikationen.....	41	Kaskadenregler.....	22
Versorgungsspezifikationen.....	41	Relais	
Niederspannung		ADN-konforme Installation.....	6
Öffentliches Versorgungsnetz.....	95	Erweiterte Relaiskartenoption.....	34
Richtlinie.....	7	Karte.....	34
O		Kaskadenregler.....	22
Oberschwingungen		Klemmen.....	83
Definition des Leistungsfaktors.....	130	Option.....	33
EN-Standards.....	102	Spezifikationen.....	44
Filter.....	35	Resonanzdämpfung.....	15
IEC-Standards.....	102	Rohrfüllmodus.....	121
Reduzierung.....	104	Rotor.....	14
Übersicht.....	101	RS485	
Optionen		Anschlussplan.....	78
Bestellung.....	125, 126, 128	Frequenzumrichter-Standardbus.....	131
Feldbus.....	32	Klemmen.....	82
Funktionserweiterungen.....	33	Verkabelungskonfiguration.....	118
Gehäuseverfügbarkeit.....	11	Rückspeisefähig	
Kaskadenregler.....	22	Verfügbarkeit.....	11
Motion Control.....	34	Rückspeisung	
Relaiskarten.....	34	Klemmen.....	50
P		Übersicht.....	30
PELV.....	16, 43, 98	Rückspülmodus.....	25
PID		Rückwandkühlung.....	30, 74
Regler.....	16, 108, 111	S	
Potenzimeter.....	82, 117	Safe Torque Off	
PROFIBUS.....	32, 127	Anschlussplan.....	78
PROFINET.....	32	Einhaltung von Maschinenrichtlinien.....	7
Programmierhandbuch.....	4	Klemmenanordnung.....	82
Prozessregelung.....	111	Projektierungshandbuch.....	4
PTC-Thermistorkarte.....	33	Übersicht.....	20
Puls		Verkabelungskonfiguration.....	116
Anschlusskonfiguration für Start/Stopp.....	116	Schalter	
Eingangsspezifikationen.....	43	A53 und A54.....	42, 82
Pumpe		Trennschalter.....	83
Wirkungsgrad.....	23	Schlupfausgleich.....	130
Zuschalten.....	24	Schutzart	
Q		Bremsfunktion.....	13
Qualifiziertes Personal.....	5	Kurzschluss.....	13
Quick-Menü.....	21	Netzspannungsunsymmetrie.....	14
R		Schutzart.....	11
RCM-Kennzeichnung.....	8	Therm. Motorschutz.....	16
Regelmäßiges Formieren.....	72	Überlast.....	14
Regelung mit Rückführung		Überspannung.....	13
Blockschaltbild.....	110	Überstrom.....	77
Übersicht.....	109	Sensoreingangsoption.....	33
		Serielle Kommunikation.....	82
		Sicherheit	
		Handbuch.....	5, 77

Sicherungen		Thermistor	
Empfehlung für Netzversorgung.....	13	Definition.....	131
Spezifikationen.....	83	Kabelführung.....	80
Überspannungsschutz.....	77	Klemmenanordnung.....	82
Zur Verwendung mit Stromanschlüssen.....	79	Verkabelungskonfiguration.....	119
Sinusfilter.....	34, 79	Transformator.....	101
Skalierter Sollwert.....	106	Trennschalter.....	13, 83, 90
Smart Logic Control		Türabstand.....	46
Übersicht.....	19	TÜV-Zertifikat.....	8
Verkabelungskonfiguration.....	0, 120	Typencode.....	124
SmartStart.....	21	Ü	
Software-Versionen.....	128	Überlast	
Sollwert		Elektronisch thermische Überlast.....	16
Aktiver Sollwert.....	106	Grenzwerte.....	14
Drehzahleingang.....	115, 116	Komplikationen durch Oberschwingungen.....	101
Fernsollwert.....	106	Überspannung	
Spannungsasymmetrie.....	14	Alternative Bremsfunktion.....	89
Sprachpakete.....	124	Bremsung.....	34
Start/Stopp-Anschlusskonfiguration.....	116, 117	Schutzart.....	13
Steuerkarte		Überspannungsschutz.....	77
RS485-Spezifikationen.....	43	Übertemperatur.....	131
Spezifikationen.....	45	U	
Übertemperatur-Abschaltung.....	36	UKrSEPRO-Zertifikat.....	8
Steuerklemmen.....	81	UL	
Steuerung/Regelung		Schutzart der Bauform.....	9
Arten der.....	111	Zulassungsmarkierung.....	8
Beschreibung des Betriebs.....	105	Umgebung.....	41, 72
Charakteristik.....	44	Umgebungsbedingungen	
Strukturen.....	109	Spezifikationen.....	41
STO.....	4	Übersicht.....	72
Siehe auch <i>Safe Torque Off</i>		Universal-E/A-Modul.....	33
Störfestigkeitsanforderungen.....	96	USB-Spezifikationen.....	45
Störgeräusche.....	91	V	
Strom		Verarbeitung	
Ableitstrom.....	89, 90	Fernsollwert.....	106
Ausgangsnennstrom.....	129	Verdrillte Abschirmungsenden.....	98
Formel für Stromgrenze.....	129	Verknüpfungspunkt.....	101
Grundstrom.....	101	Vor-/Nach-Schmierung.....	26, 27
Interner Stromgrenzenregler.....	114	Vorheizung.....	19
Oberschwingungsstrom.....	101	VVC+.....	112, 114
Reduzierung am Motor.....	86	W	
Transienter Erd-.....	90	Warnungen.....	5, 77
Verzerrung.....	102	Wechselrichter.....	105
T		Wiederanlauf.....	18
Taktfrequenz			
Leistungsreduzierung.....	14, 76		
Sinusfilter.....	34, 79		
Stromanschlüsse.....	79		
Verwendung mit Fehlerstromschutzschaltern.....	90		
Tauchpumpe			
Anschlussplan.....	120		
Einstellungen.....	121		
Verwendet mit erweiterter Mindestdrehzahlüberwachung.....	28		
Temperatur.....	73, 76		

Wirkungsgrad	
AMA verwenden.....	16
Berechnung.....	91
Formel für den Frequenzrichter-Wirkungsgrad.....	129

Wohnbereich.....	95
------------------	----

Z

Zwischenkreiskopplung	
Anschlussplan.....	78
Klemmen.....	30, 80
Kurzschlusschutz.....	13
Übersicht.....	29
Warnung.....	5



.....
Die in Katalogen, Prospekten und anderen schriftlichen Unterlagen, wie z.B. Zeichnungen und Vorschlägen enthaltenen Angaben und technischen Daten sind vom Käufer vor Übernahme und Anwendung zu prüfen. Der Käufer kann aus diesen Unterlagen und zusätzlichen Diensten keinerlei Ansprüche gegenüber Danfoss oder Danfoss-Mitarbeitern ableiten, es sei denn, dass diese vorsätzlich oder grob fahrlässig gehandelt haben. Danfoss behält sich das Recht vor, ohne vorherige Bekanntmachung im Rahmen der angemessenen und zumutbaren Änderungen an seinen Produkten – auch an bereits in Auftrag genommenen – vorzunehmen. Alle in dieser Publikation enthaltenen Warenzeichen sind Eigentum der jeweiligen Firmen. Danfoss und das Danfoss-Logo sind Warenzeichen der Danfoss A/S. Alle Rechte vorbehalten.
.....

Danfoss A/S
Ulsnaes 1
DK-6300 Graasten
vlt-drives.danfoss.com

