



Projektierungshandbuch VLT[®] HVAC Drive FC 102

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/Compliance-Abnahmen	7
3.2 Gehäuse-Schutzarten	9
4 Produktübersicht	11
4.1 Baugröße nach Leistung	11
4.2 Gehäuseübersicht, 380–480 V	12
4.3 Gehäuseübersicht, 525–690 V	13
5 Produktfunktionen	14
5.1 Automatisierte Betriebsfunktionen	14
5.2 Kundenspezifische Anwendungsfunktionen	17
5.3 Spezifische VLT [®] HVAC Drive-Funktionen	21
5.4 Einfacher Kaskadenregler	33
5.5 Dynamisches Bremsen – Übersicht	34
5.6 Zwischenkreiskopplung – Übersicht	35
5.7 Rückspeiseeinheit – Übersicht	36
5.8 Rückwandkühlkanal – Übersicht	37
6 Optionen und Zubehör – Übersicht	39
6.1 Feldbusgeräte	39
6.2 Funktionserweiterungen	40
6.3 Bewegungssteuerungs- und Relaiskarten	41
6.4 Bremswiderstände	41
6.5 Sinusfilter	41
6.6 du/dt-Filter	42
6.7 Gleichtaktfilter	42
6.8 OberschwingungsfILTER	42
6.9 High-Power-Nachrüstätze	42

7 Spezifikationen	43
7.1 Elektrische Daten, 380-480 V	43
7.2 Elektrische Daten, 525-690 V	45
7.3 Netzversorgung	47
7.4 Motorausgang und Motordaten	47
7.5 Umgebungsbedingungen	47
7.6 Kabelspezifikationen	48
7.7 Steuereingang/-ausgang und Steuerdaten	48
8 Außen- und Klemmenabmessungen	52
8.1 E1h-Außen- und Klemmenabmessungen	52
8.2 E2h-Außen- und Klemmenabmessungen	58
8.3 E3h-Außen- und Klemmenabmessungen	64
8.4 E4h-Außen- und Klemmenabmessungen	71
9 Überlegungen zur mechanischen Installation	78
9.1 Lagerung	78
9.2 Anheben des Gerätes	78
9.3 Betriebsumgebung	78
9.4 Montagekonfigurationen	80
9.5 Kühlung	80
9.6 Leistungsreduzierung	81
10 Überlegungen zur elektrischen Installation	84
10.1 Sicherheitshinweise	84
10.2 E1h–E4h-Anschlussplan	85
10.3 Anschlüsse	86
10.4 Steuerkabel und Klemmen	87
10.5 Sicherungen und Trennschalter	90
10.6 Motor	90
10.7 Bremsung	93
10.8 Fehlerstromschutzeinrichtung (RCD) und Isolationswiderstandsüberwachung (IRM)	96
10.9 Ableitstrom	96
10.10 IT-Netz	97
10.11 Wirkungsgrad	98
10.12 Störgeräusche	98
10.13 dU/dt-Bedingungen	99
10.14 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Übersicht	101
10.15 EMV-gerechte Installation	105
10.16 Oberschwingungen – Übersicht	108

11 Grundlegende Betriebsprinzipien eines Frequenzumrichters	111
11.1 Beschreibung des Betriebs	111
11.2 Antriebssteuerung	111
12 Anwendungsbeispiele	121
12.1 Anschlusskonfiguration für die automatische Motoranpassung (AMA)	121
12.2 Anschlusskonfigurationen für analogen Drehzahlsollwert	121
12.3 Verdrahtungskonfigurationen für Start/Stop	122
12.4 Anschlusskonfiguration für externe Alarmquittierung	123
12.5 Anschlusskonfiguration für Drehzahlsollwert, Verwendung eines manuellen Potenziometers	123
12.6 Anschlusskonfiguration für Drehzahl auf/Drehzahl ab	124
12.7 Anschlusskonfiguration für RS485-Netzwerkverbindung	124
12.8 Anschlusskonfiguration für einen Motorthermistor	125
12.9 Anschlusskonfiguration für einen Kaskadenregler	126
12.10 Anschlusskonfiguration für eine Relaiskonfiguration mit Smart Logic Control	127
12.11 Anschlusskonfiguration für Pumpe mit variabler Drehzahl	127
12.12 Anschlusskonfiguration für Führungspumpen-Wechsel	128
13 Bestellung eines Frequenzumrichters	129
13.1 Antriebskonfigurator	129
13.2 Bestellnummern für Optionen und Zubehör	131
13.3 Bestellnummern für Filter und Bremswiderstände	133
13.4 Ersatzteile	133
14 Anhang	134
14.1 Abkürzungen und Symbole	134
14.2 Definitionen	135
Index	137

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
MG16Z1xx	Erstausgabe	4,44

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

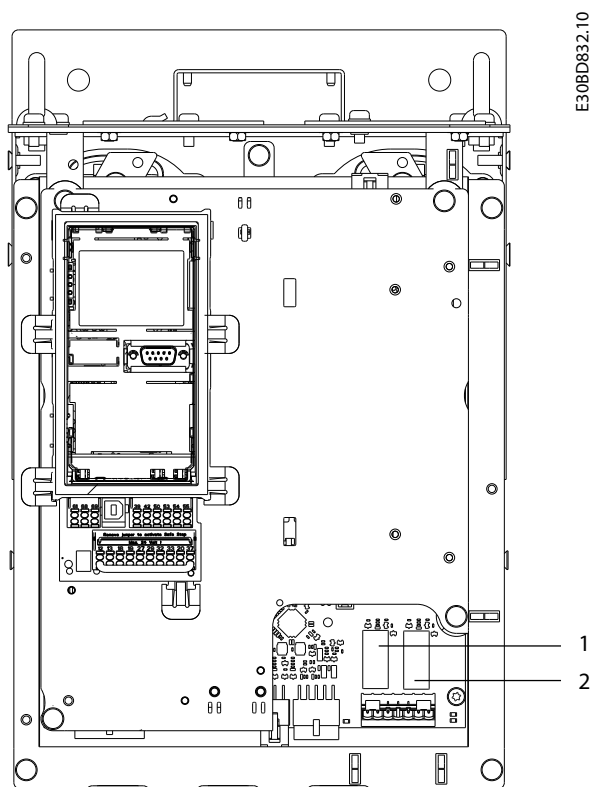
Eine optionale Netzabschirmung ist für Gehäuse der Schutzart IP21/IP54 (Typ 1/Typ 12) erhältlich. Schutzabdeckung um gemäß BGV A2, VBG 4 vor der versehentlichen Berührung der Leistungsklemmen zu schützen.

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-Frequenzumrichtern zu finden sind. Nicht alle Zulassungen sind auf allen Frequenzumrichtern zu finden.

3.1 Vorschriften/Compliance-Abnahmen

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 Niederspannungs-

richtlinie 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-/Gas-Plattformen – müssen durch mindestens eine Schiffszertifizierungsgesellschaft zertifiziert werden, um eine behördliche Genehmigung und eine Versicherung zu erhalten. Danfoss VLT® HVAC Drive Serie Frequenzumrichter werden durch bis zu 12 verschiedene Schiffsklassifizierungsgesellschaften zertifiziert.

Zulassungen und Zertifizierungen ansehen oder drucken können Sie im 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 Gehäuse-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 Baugröße nach Leistung

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 Gehäuseübersicht, 380–480 V

Baugröße	E1h	E2h	E3h	E4h
Nennleistung ¹⁾				
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-Optionen ³⁾				
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 Frequenzrichter, 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 Gehäuseübersicht, 525–690 V

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

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 dreht den Motor bei konstanter Ausgangsfrequenz des Frequenzumrichters, 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, die eine höhere DC-Zwischenkreisspannung hervorruft.
- 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 Überdrehzahl des Motors (z. B. aufgrund eines übermäßigen 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 zur Ableitung der überschüssigen Bremsenergie an. Bei angeschlossenem Bremswiderstand ist beim Bremsen ein höheres Bremsmoment verfügbar.

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

HINWEIS

Eine AC-Bremse ist nicht so wirksam wie dynamisches Bremsen mit Bremswiderstand.

Überspannungssteuerung (OVC)

Durch eine automatische Verlängerung der Rampe-Ab Zeit reduziert eine Überspannung das Risiko einer Abschaltung des Frequenzumrichters aufgrund einer Überspannung im Zwischenkreis.

HINWEIS

OVC kann für den PM-Motor in allen Steuerungsarten, PM VVC⁺, Flux OL und Flux CL für PM-Motoren aktiviert werden.

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 Erkennung von Versorgungsspannungsasymmetrien

Ein Betrieb bei starker Versorgungsspannungsasymmetrie kann die Lebensdauer des Motors und des Frequenzumrichters reduzieren. Die Bedingungen gelten als schwer, wenn der Motor bei nahezu nomineller Last kontinuierlich betrieben wird. In Werkseinstellung wird der Frequenzumrichter bei Auftreten einer Versorgungsspannungsasymmetrie (*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 bestimmen Sie in *Parameter 4-18 Stromgrenze*, die Verzögerung zwischen Stromgrenzenwarnung und Abschaltung wird in *Parameter 14-24 Stromgrenze Verzögerungszeit* festgelegt.

Drehzahlgrenze

Minimale Drehzahlgrenze: *Parameter 4-11 Min. Drehzahl [UPM]* oder *Parameter 4-12 Min. Frequenz [Hz]* begrenzt den minimalen Betriebsdrehzahlbereich des Frequenzumrichters.

Maximal Drehzahlgrenze: *Parameter 4-13 Max. Drehzahl [UPM]* oder *Parameter 4-19 Max. Ausgangsfrequenz* begrenzt die max. Ausgangsdrehzahl, 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 Wechselrichter wird nach Erreichen eines bestimmten fest programmierten Spannungsniveaus abgeschaltet, um die Leistungshalbleiter und die Zwischenkreiskondensatoren 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 SFAVM 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.

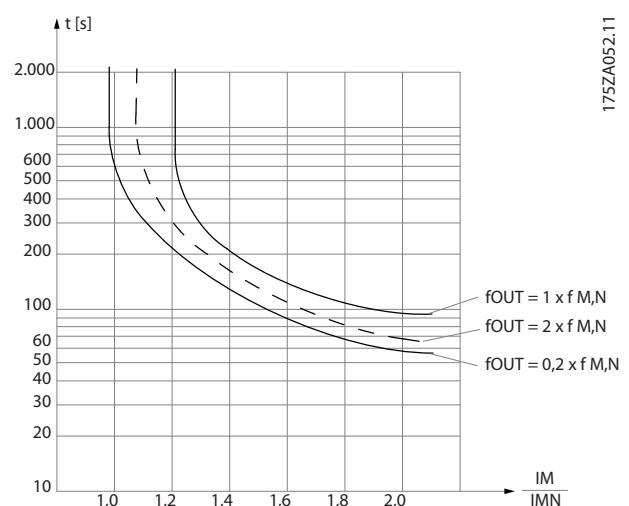


Abbildung 5.1 ETR-Eigenschaften

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 gemäß EN-60079-7 zugelassenen Ex-e-Motoren ausgestattet. In Kombination mit einer ATEX-zugelassenen PTC-Überwachungsvorrichtung wie der Option VLT® MCB 112 PTC oder einem externen Gerät ist für die Installation keine separate Zulassung einer ausgewiesenen Zertifizierungsstelle erforderlich.

Die thermische ATEX ETR-Überwachungsfunktion ermöglicht die Verwendung eines Ex-e-Motors anstelle eines teureren, größeren und schwereren Ex-d-Motors. Die Funktion sorgt für eine Begrenzung des Motorstroms durch den Frequenzumrichter, um eine Überhitzung zu verhindern.

Anforderungen im Zusammenhang mit dem Ex-e-Motor

- Achten Sie darauf, dass der Ex-e-Motor für den Betrieb in Gefahrenzonen (ATEX-Zone 1/21, ATEX-Zone 2/22) mit Frequenzumrichtern zugelassen ist. Der Motor muss für die spezifische Gefahrenzone zertifiziert sein.
- Installieren Sie den Ex-e-Motor je nach Zulassung in Zone 1/21 oder 2/22 des Gefahrenbereichs.

HINWEIS

Installieren Sie den Frequenzumrichter außerhalb des Gefahrenbereichs.

- Achten Sie darauf, dass der Ex-e-Motor mit einem ATEX-zugelassenen Überlastschutz ausgestattet ist. Dieses Gerät überwacht die Temperatur in den Motorwicklungen. Wenn ein kritisches Temperaturniveau erreicht wird oder eine Fehlfunktion auftritt, schaltet der Überlastschutz den Motor ab.

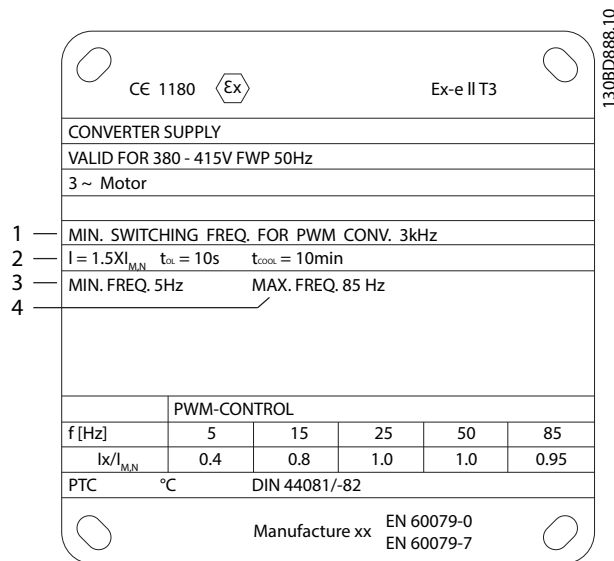
- Die Option VLT® PTC Thermistor MCB 112 sorgt für eine ATEX-zugelassene Überwachung der Motortemperatur. Der Frequenzumrichter muss mit 3–6 in Reihe geschalteten PTC-Thermistoren gemäß DIN 44081 oder 44082 ausgestattet sein.
- Alternativ können Sie auch eine externe PTC-Schutzvorrichtung mit ATEX-Zulassung verwenden.
- Unter folgenden Umständen ist ein Sinuswellenfilter erforderlich:
 - Lange Kabel (Spannungsspitzen) oder erhöhte Netzspannungen führen zu Spannungen, die über die maximal zulässige Spannung an Motorklemmen hinausgehen.
 - Minimale Taktfrequenz des Frequenzumrichters laut Motorhersteller. Die minimale Taktfrequenz des Frequenzumrichters wird als Standardwert in *Parameter 14-01 Taktfrequenz* angezeigt.

Kompatibilität von Motor und Frequenzumrichter

Für Motoren, die gemäß EN-60079-7 zertifiziert sind, liefert der Motorhersteller eine Datenliste mit Grenzwerten und Regeln in Form eines Datenblatts oder auf dem Typenschild des Motors. Beachten Sie bei Planung, Installation, Kommissionierung, Betrieb und Service die Grenzwerte und Regeln des Herstellers für folgende Punkte:

- Minimale Taktfrequenz.
- Maximaler 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 zeigt die Anforderungen an den Frequenzumrichter

Wenn Frequenzumrichter und Motor zueinander passen, legt Danfoss die folgenden Zusatzanforderungen fest, um einen angemessenen thermischen Motorschutz zu gewährleisten:

- Überschreiten Sie nicht das maximal zulässige Verhältnis zwischen Frequenzumrichtergröße und Motorgröße. Der typische Wert beträgt $I_{VLT, n} \leq 2 \times I_{m,n}$
- Berücksichtigen Sie sämtliche Spannungsabfälle zwischen Frequenzumrichter und Motor. Wenn der Motor mit einer Spannung betrieben wird, die unterhalb der U/f-Kennlinie liegt, kann die Stromstärke zunehmen und einen Alarm auslösen.

Weitere Informationen erhalten Sie durch das 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 Antrieb 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.
- Geregelte 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 Geräuschentwicklung 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

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 eines Vergleichers-Funktion WAHR wird. Der Zustand führt zu einer zugehörigen Aktion, wie in *Abbildung 5.3* gezeigt.

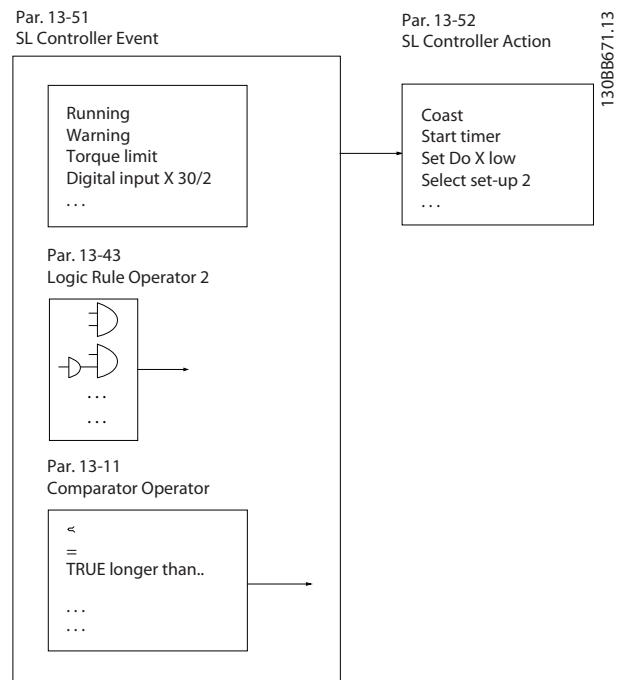
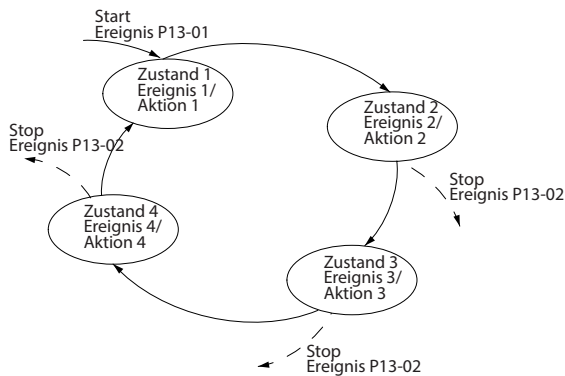


Abbildung 5.3 SLC-Ereignis und Aktion

Die Ereignisse und Aktionen sind paarweise geordnet. Wenn also das Ereignis [0] erfüllt ist (den Wert WAHR annimmt), dann wird Aktion [0] ausgeführt. Nach Ausführung der ersten Aktion werden die Bedingungen des nächsten Ereignisses ausgewertet. Wenn dieses Ereignis wird als wahr ausgewertet wird, dann 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:

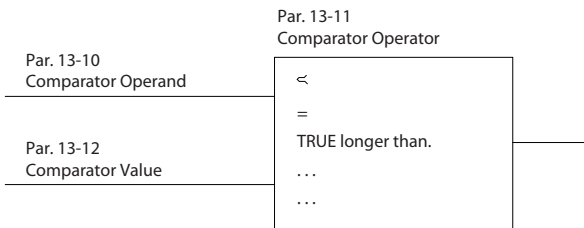


130BA062.13

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.

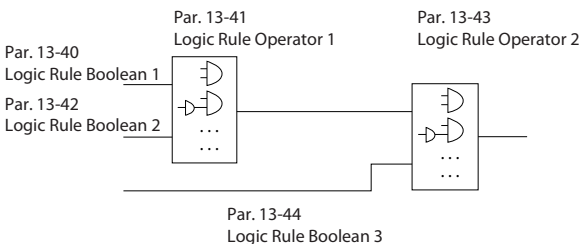


130BB672.10

Abbildung 5.5 Vergleicher

Logikregeln

Es ist möglich, 3 boolesche 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

5.3 Spezifische VLT® HVAC Drive-Funktionen

Ein Frequenzumrichter nutzt die Tatsache, dass Zentrifugallüfter und Kreiselpumpen den Proportionalitätsgesetzen für solche Anwendungen folgen. Nähere Informationen finden Sie im Abschnitt *Kapitel 5.3.1 Einsatz eines Frequenzumrichters für Energieeinsparungen*.

5.3.1 Einsatz eines Frequenzumrichters für Energieeinsparungen

Der klare Vorteil beim Einsatz eines Frequenzumrichters zur Drehzahlregelung von Lüftern und Pumpen sind die erreichbaren Einsparungen im Hinblick auf den Energieverbrauch. Im Vergleich zu alternativen Regelsystemen bietet ein Frequenzumrichter die höchste Energieeffizienz zur Regelung von Lüftungs- und Pumpenanlagen.

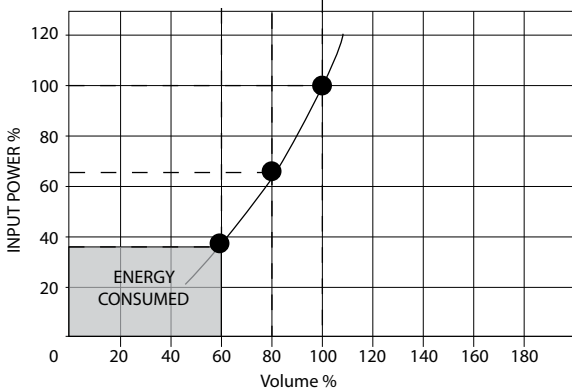
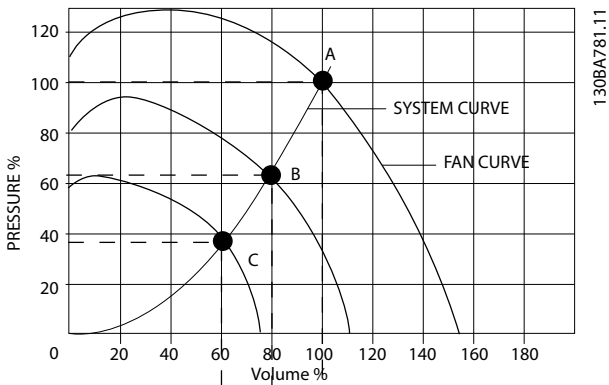


Abbildung 5.7 Energieeinsparungen mit reduzierter Lüfterkapazität

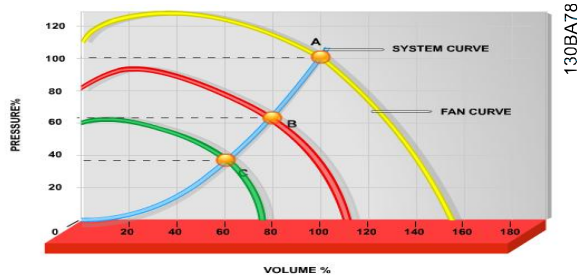


Abbildung 5.8 Lüfterkurven für reduzierte Lüftervolumen.

Beispiele für Energieeinsparungen

Wie in *Abbildung 5.9* zu sehen, wird der Durchfluss durch Änderung der Drehzahl geregelt. Durch Reduzierung der Drehzahl um nur 20 % gegenüber der Nenndrehzahl wird der Durchfluss um 20 % reduziert. Der Durchfluss ist direkt proportional zur Drehzahl. Der Stromverbrauch wird dagegen um 50 % reduziert.

Soll die Anlage an nur sehr wenigen Tagen im Jahr einen Durchfluss erzeugen, der 100 % entspricht, jedoch im

Durchschnitt unter 80 % des Nenndurchflusswertes, so erreicht man eine Energieeinsparung von mehr als 50 %.

Abbildung 5.9 beschreibt die Abhängigkeit von Durchfluss, Druck und Leistungsaufnahme von der Drehzahl.

Q = Durchfluss	P = Leistung
Q ₁ = Nenndurchfluss	P ₁ = Nennleistung
Q ₂ = Gesenkter Durchfluss	P ₂ = Reduzierte Leistung
H = Druck	n = Drehzahlregelung
H ₁ = Nenndruck	n ₁ = Nenndrehzahl
H ₂ = Gesenkter Druck	n ₂ = Gesenkte Drehzahl

Tabelle 5.1 Proportionalitätsgesetze

Durchfluss: $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}$

Druck: $\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2$

Leistung: $\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$

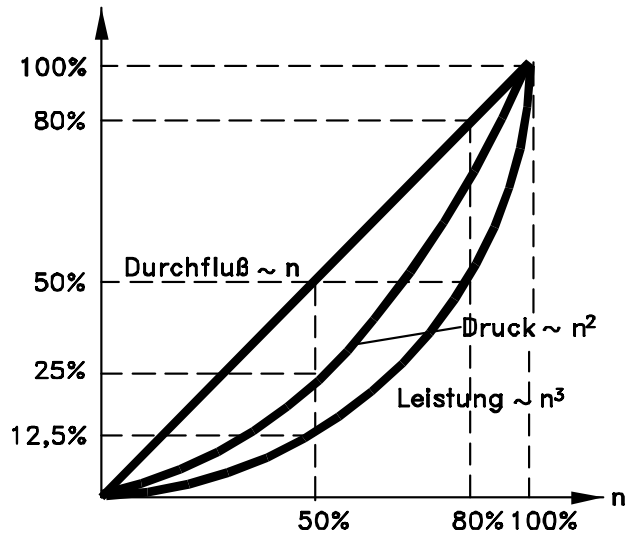
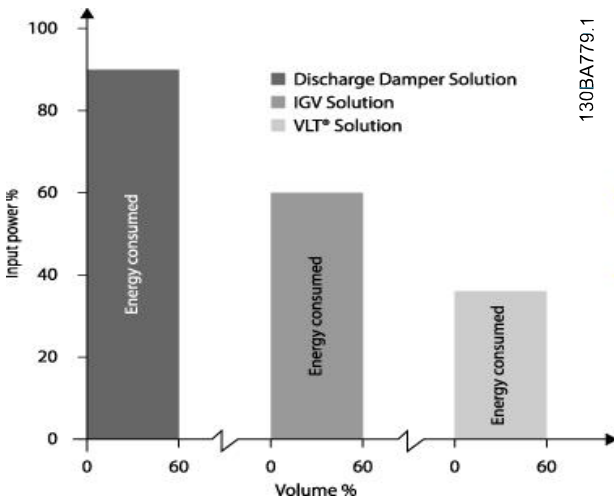


Abbildung 5.9 Proportionalitätsgesetze

Vergleich der Energieeinsparungen

Mit der Danfoss Frequenzrichter-Lösung können größere Energieeinsparungen erzielt werden als mit herkömmlichen Energiesparlösungen. Der Frequenzrichter regelt die Lüfterdrehzahl entsprechend der thermischen Belastung des Systems und fungiert als Gebäudeleitsystem (BMS).

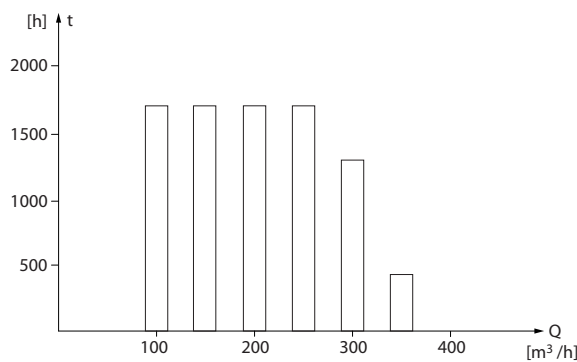
Das Diagramm (*Abbildung 5.10*) zeigt die typischen Energieeinsparungen, die mit drei wohlbekannten Lösungen möglich sind, wenn das Lüftervolumen auf 60 % reduziert wird. Wie im Diagramm dargestellt, können in typischen Anwendungen mehr als 50 % Energie eingespart werden.



Durch Dämpfungseinrichtungen wird die Leistungsaufnahme gesenkt. Durch Leitschaufeln ist eine Reduzierung um 40 % möglich; deren Installation ist allerdings kostspielig. Mit der leicht zu installierenden Danfoss Frequenzumrichter-Lösung wird der Energieverbrauch um über 50 % reduziert.

Beispiel mit variablem Durchfluss über 1 Jahr
 Abbildung 5.11 basiert auf einer Pumpenkennlinie, die von einem Pumpendatenblatt stammt. Das erzielte Ergebnis zeigt Energieeinsparungen von über 50 % bei der gegebenen Durchflussverteilung über ein Jahr. Die Amortisationszeit hängt vom Preis pro kWh sowie vom Preis des Frequenzumrichters ab. In diesem Beispiel beträgt sie weniger als ein Jahr im Vergleich zu Ventilen und konstanter Drehzahl.

Abbildung 5.10 Drei übliche Systeme zur Einsparung von Energie



$$P_{\text{Welle}} = P_{\text{Wellenleistung}}$$

Abbildung 5.11 Durchflussverteilung über 1 Jahr

m³/h	Verteilung		Ventilregelung		Antriebssteuerung	
	%	Stunden	Leistung	Verbrauch	Leistung	Verbrauch
			A ₁ -B ₁	kWh	A ₁ -C ₁	kWh
350	5	438	42,5	18615	42,5	18615
300	15	1314	38,5	50589	29,0	38106
250	20	1752	35,0	61320	18,5	32412
200	20	1752	31,5	55188	11,5	20148
150	20	1752	28,0	49056	6,5	11388
100	20	1752	23,0	40296	3,5	6132
Σ	100	8760	-	275064	-	26801

Tabelle 5.2 Energieeinsparungen – Berechnung

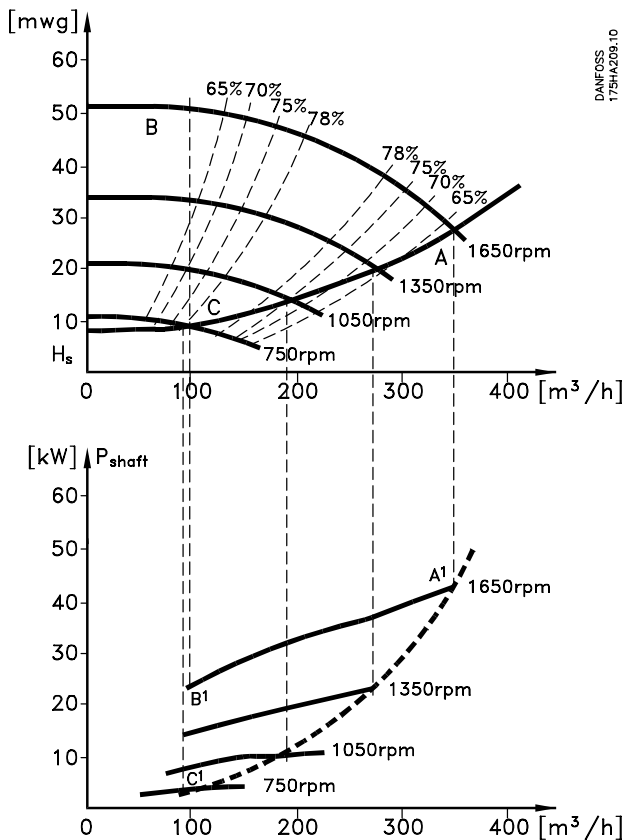
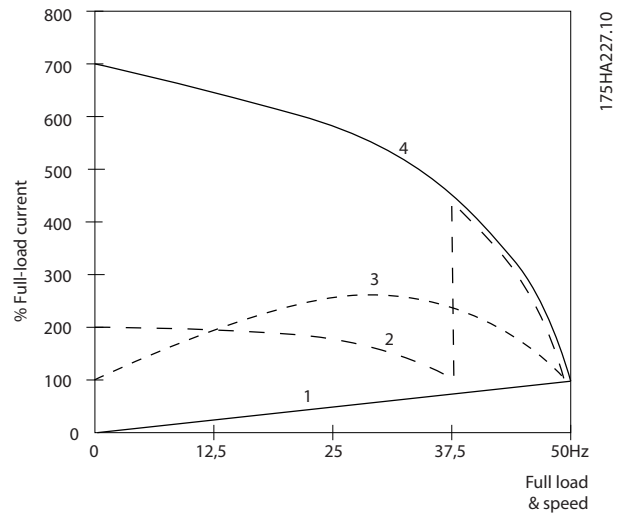


Abbildung 5.12 Energieeinsparung bei einer Pumpenanwendung

Motorstarter sind bei Verwendung eines Frequenzumrichters nicht erforderlich. Wie in *Abbildung 5.13* gezeigt, benötigt ein Frequenzumrichter nicht mehr als den Nennstrom.



1 = VLT® HVAC Drive
2 = Stern-/Dreieckstarter
3 = Softstarter
4 = Start direkt am Netz

Abbildung 5.13 Stromverbrauch eines Frequenzumrichters

5.3.2 Einsatz eines Frequenzumrichters zur besseren Kontrolle

Durch den Einsatz eines Frequenzumrichters zur Durchfluss- oder Druckregelung ergibt sich ein Regelsystem, das sich sehr genau regulieren lässt. Mithilfe eines Frequenzumrichters können Sie die Drehzahl eines Lüfters oder einer Pumpe stufenlos ändern, sodass sich auch eine stufenlose Regelung des Durchflusses und des Drucks ergibt. Darüber hinaus passt ein Frequenzumrichter die Lüfter- oder Pumpendrehzahl schnell an die geänderten Durchfluss- oder Druckbedingungen in der Anlage an.

Cos ϕ -Kompensation

In der Regel liefert der VLT® HVAC Drive mit einem $\cos \phi$ von 1 eine Korrektur des Leistungsfaktors für den $\cos \phi$ des Motors. Damit muss der $\cos \phi$ des Motors bei der Dimensionierung der Kompensationsanlage nicht mehr berücksichtigt werden.

Stern-/Dreieckstarter oder Softstarter sind nicht erforderlich

Wenn größere Motoren gestartet werden, müssen in vielen Ländern Geräte verwendet werden, die den Startstrom begrenzen. In konventionelleren Systemen sind Stern-/Dreieckstarter oder oder Softstarter weit verbreitet. Solche

5.3.3 Einsatz eines Frequenzumrichters zur Kostensenkung

Der Frequenzumrichter macht einige Geräte überflüssig, die ansonsten eingesetzt werden würden. Die beiden in *Abbildung 5.14* und *Abbildung 5.15* gezeigten Systeme können in etwa zum gleichen Preis eingerichtet werden.

Kosten ohne Frequenzumrichter

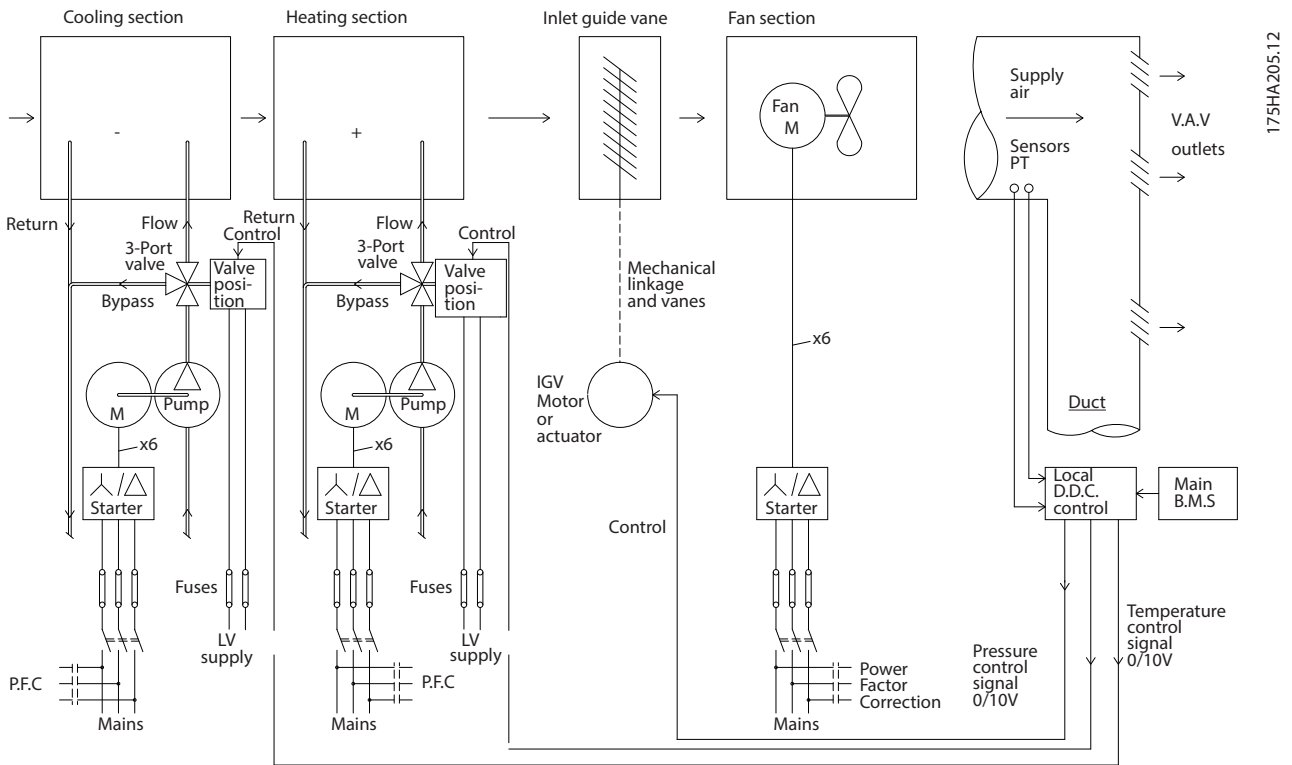
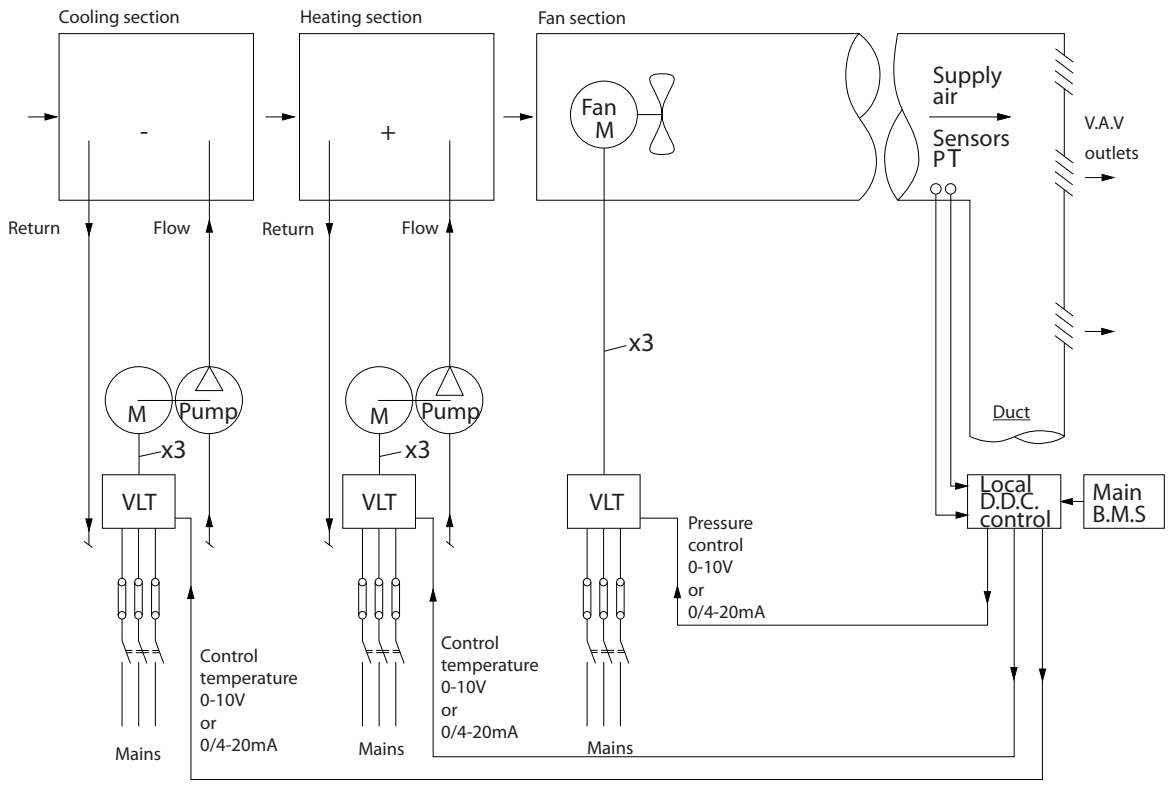


Abbildung 5.14 Traditionelles Lüftersystem

5

Kosten ohne Frequenzumrichter



175HA206.11

DDC	Direkte digitale Regelung
VVS	Variabler Luftvolumenstrom
GMS	Gebäudemanagementsystem

Abbildung 5.15 Durch Frequenzumrichter geregeltes Lüftungssystem

5.3.4 HVAC VLT® Lösungen

5.3.4.1 Variabler Luftvolumenstrom

Systeme mit variablem Luftvolumenstrom (VVS) dienen zur Regelung der Lüftungs- und Temperaturverhältnisse in Gebäuden. Zentrale VVS-Systeme gelten dabei als die energiesparendste Methode zur Gebäudeklimatisierung. Zentrale Systeme sind effizienter als dezentrale Systeme.

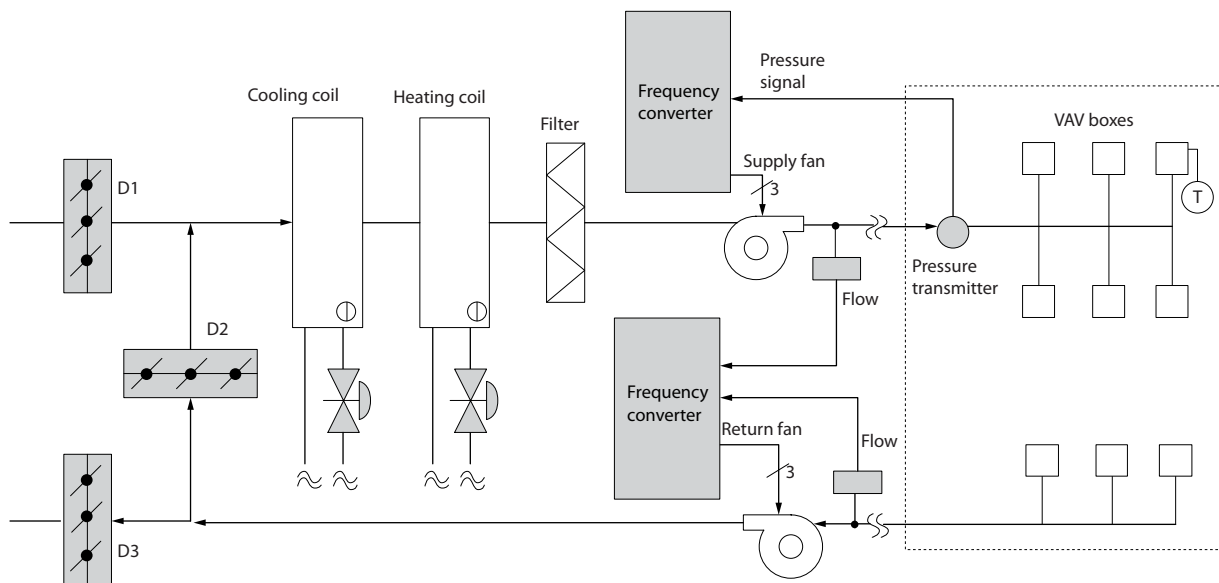
Der höhere Wirkungsgrad ergibt sich aus der Nutzung größerer Kühllüfter und Kälteanlagen, die einen sehr viel höheren Wirkungsgrad haben als kleine Motoren und verzweigte luftgekühlte Kälteanlagen. Außerdem trägt der geringere Wartungsaufwand zur Kostensenkung bei.

VLT® Lösung

Während Dämpfer und IGVs (Dralldrosseln) dafür sorgen, dass der Druck im Leitungssystem konstant bleibt, kann eine Frequenzumrichter-Lösung viel mehr Energie einsparen und die Installation vereinfachen. Statt einen künstlichen Druckabfall zu erzeugen oder den Wirkungsgrad des Lüfters zu senken, senkt der Frequenzumrichter die Lüfterdrehzahl, um den vom System geforderten Fluss und Druck zur Verfügung zu stellen.

Zentrifugalgeräte wie Lüfter senken den von ihnen produzierten Druck und Fluss, während ihre Drehzahl sinkt. Die Leistungsaufnahme wird gesenkt.

Der Abluftventilator wird laufend überwacht bzw. geregelt, um eine gleichbleibende Strömungsdifferenz zwischen Zu- und Rückstrom aufrechtzuerhalten. Bei Einsatz des hochmodernen PID-Reglers des HVAC-Frequenzumrichters kann auf weitere Regler verzichtet werden.



130BB455.10

Abbildung 5.16 Frequenzumrichter in einem System mit variablem Luftvolumenstrom

Weitere Informationen zum *variablen Luftvolumenstrom* erhalten Sie bei Ihrem Danfoss-Händler: Anwendungshinweis zur Verbesserung von VVS-Lüftungsanlagen.

5.3.4.2 Konstanter Luftvolumenstrom

Systeme für konstanten Volumenstrom (KVS) sind zentrale Lüftungsanlagen, die zur Belüftung großer Gemeinschaftsbereiche mit geringen Mengen temperierter Frischluft eingesetzt werden. Sie waren die Vorläufer der variablen Luftsysteme und sind auch in älteren, gewerblich genutzten Mehrzonengebäuden zu finden. Diese Systeme heizen Frischluft mit Klimageräten vor, die mit Heizspulen ausgestattet sind. Viele werden auch zur Klimatisierung von Gebäuden eingesetzt und verfügen daher auch über eine Kühlschleife. Gebläsekonvektoren werden häufig verwendet, um die Heiz- und Kühlanforderungen in den einzelnen Zonen zu unterstützen.

VLT® Lösung

Mit einem Frequenzumrichter sind erhebliche Energieeinsparungen bei gleichzeitiger angemessener Regelung des Gebäudes möglich. Temperatur- oder CO₂-Sensoren können dabei als Istwertgeber für den Frequenzumrichter dienen. Ganz gleich, ob Temperatur, Luftqualität oder beides gesteuert werden soll – bei einem konstanten Luftvolumenstromsystem kann der Regelbetrieb den jeweiligen Verhältnissen im Gebäude angepasst werden. Je weniger Menschen sich im geregelten Bereich befinden, desto weniger Frischluft wird benötigt. Der CO₂-Sensor misst niedrigere Werte und senkt die Drehzahl der Versorgungslüfter. Der Abluftventilator moduliert zur Aufrechterhaltung eines statischen Drucksollwerts oder einer festgelegten Differenz zwischen der Stromversorgung und Abluftströmen.

Die Anforderungen zur Temperaturregelung variieren je nach Außentemperatur und der Personenzahl im geregelten Bereich. Wenn die Temperatur unter den Sollwert absinkt, kann der Versorgungslüfter die Drehzahl verringern. Der Rückführungslüfter moduliert zur Aufrechterhaltung eines statischen Drucksollwerts. Durch Reduzierung der Luftströmung wird auch die zur Beheizung oder Kühlung der Luft aufgewendete Energie verringert, was weitere Einsparungen zur Folge hat.

Verschiedene Funktionen des dedizierten DanfossHLK-Frequenzumrichters können zur Verbesserung der Leistung eines Konstant Luftstromvolumensystems verwendet werden. Ein Problem bei der Regelung eines Lüftungssystems ist schlechte Luftqualität. Die programmierbare Mindestfrequenz kann zur Aufrechterhaltung einer Mindestmenge an Zuluft unabhängig vom Ist- oder Sollwertsignal eingestellt werden. Der Frequenzumrichter enthält zudem einen PID-Regler mit 3 Zonen und 3 Sollwerten, der eine Überwachung von Temperatur und Luftqualität ermöglicht. Der Frequenzumrichter wird auch dann, wenn die Temperaturanforderungen erfüllt sind, für eine ausreichende Luftzufuhr sorgen, um auch die Anforderungen an die Luftqualität zu erfüllen. Der Regler kann zwei Istwertsignale zur Regelung des Rückführungslüfters überwachen und vergleichen und gleichzeitig einen festgelegten Differenzialluftstrom zwischen der Versorgung und der Rückführungsleitung aufrechterhalten.

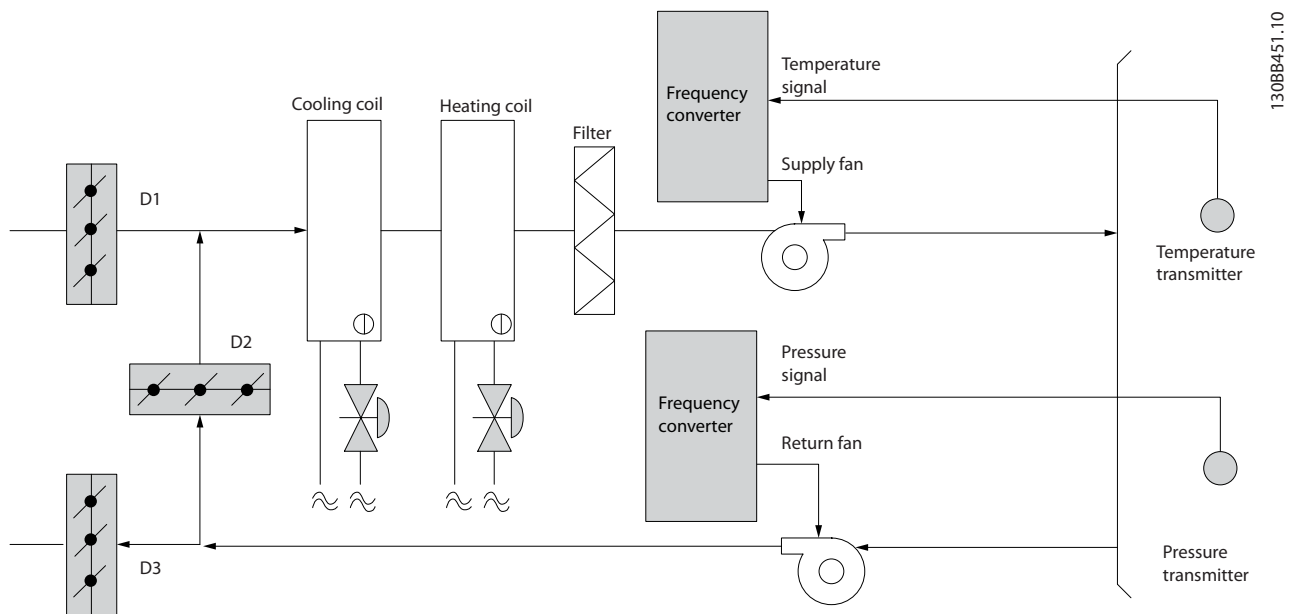


Abbildung 5.17 Frequenzumrichter in einem System mit konstantem Luftvolumenstrom

Bei Ihrem Danfoss-Händler erhalten Sie weitere Informationen zum Anwendungshinweis *Konstanter Luftvolumenstrom: Verbesserung von VVS-Lüftungsanlagen*.

5.3.4.3 Kühlturmgebläse

Kühlturmgebläse dienen zur Kühlung von Kondensatorwasser in wassergekühlten Kälteanlagen. Diese sind am effizientesten, wenn es um die Kaltwasserbereitung geht. Sie sind bis zu 20 % effizienter als luftgekühlte Anlagen. Je nach den klimatischen Verhältnissen sind Kühltürme häufig die energiesparendste Methode zur Kühlung des Kondensatorwassers wassergekühlter Kühlanlagen.

Kühltürme kühlen das Kondenswasser durch Verdunstung. Um die Oberfläche des Kondensatorwassers zu vergrößern, wird dieses in den Kühlturm gesprüht. Das Kühlturmgebläse führt Luft durch den Füllbereich und unterstützt damit die Verdunstung des Wassers. Durch die Verdunstung wird dem Wasser Energie entzogen, was eine Temperatursenkung bewirkt. Das gekühlte Wasser wird im Kühlturmbecken aufgefangen, von wo es wieder in den Kondensator der Kühlanlage zurückgepumpt wird. Danach wiederholt sich der Kreislauf.

VLT® Lösung

Mit einem Frequenzumrichter können die Kühlturmlüfter auf die erforderliche Drehzahl zur Aufrechterhaltung der Kondensatorwassertemperatur geregelt werden. Die Frequenzumrichter können auch zum Ein- und Ausschalten des Lüfters nach Bedarf verwendet werden. Wenn die Drehzahl der Kühlturmlüfter bei einem Danfoss VLT® AQUA Drive unter einen bestimmten Wert absinkt, reduziert sich der Kühleffekt. Bei Verwendung eines Getriebes zum Antrieb des Turmlüfters kann eine Mindestdrehzahl von 40 bis 50 % erforderlich sein. Die kundenseitig programmierbare Mindestfrequenz ermöglicht die Aufrechterhaltung der Mindestdrehzahl auch dann, wenn der Istwert oder der Drehzahlsollwert eigentlich niedrigere Drehzahlen bewirken sollten.

Der Frequenzumrichter kann als Standardfunktion so programmiert werden, dass er in einen „Schlafmodus“ wechselt und der Lüfter stoppt, bevor eine höhere Drehzahl erforderlich ist. Außerdem haben einige Kühlturmlüfter unerwünschte Frequenzen, die zu Schwingungen führen können. Diese Frequenzen lassen sich durch Frequenzabblendung im Frequenzumrichter leicht vermeiden.

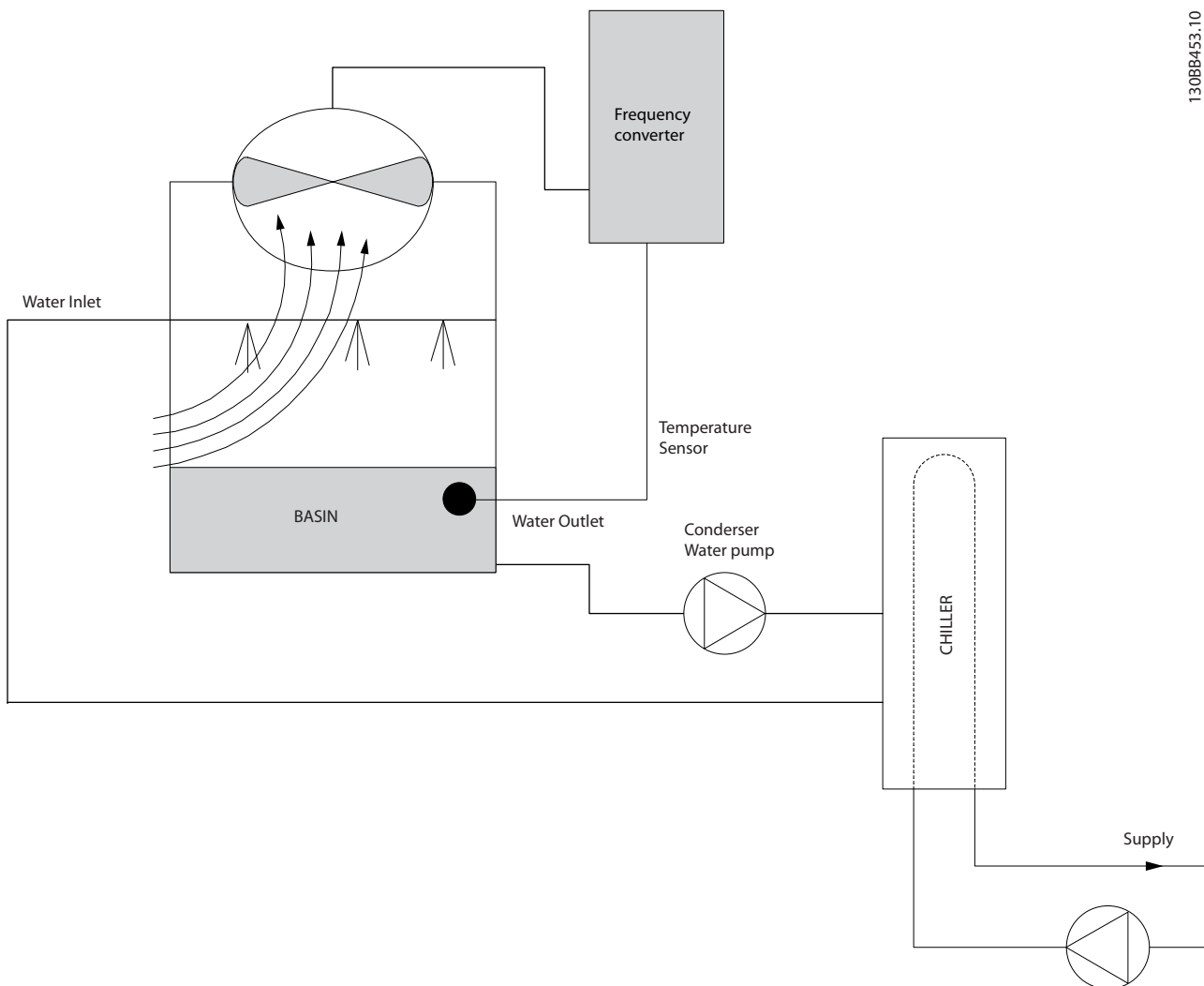


Abbildung 5.18 Bei einem Kühlturmgebläse eingesetzte Frequenzumrichter

Bei Ihrem Danfoss-Händler erhalten Sie weitere Informationen zum Anwendungshinweis *Kühlturmgebläse: Verbesserung der Lüftersteuerung an Kühltürme*.

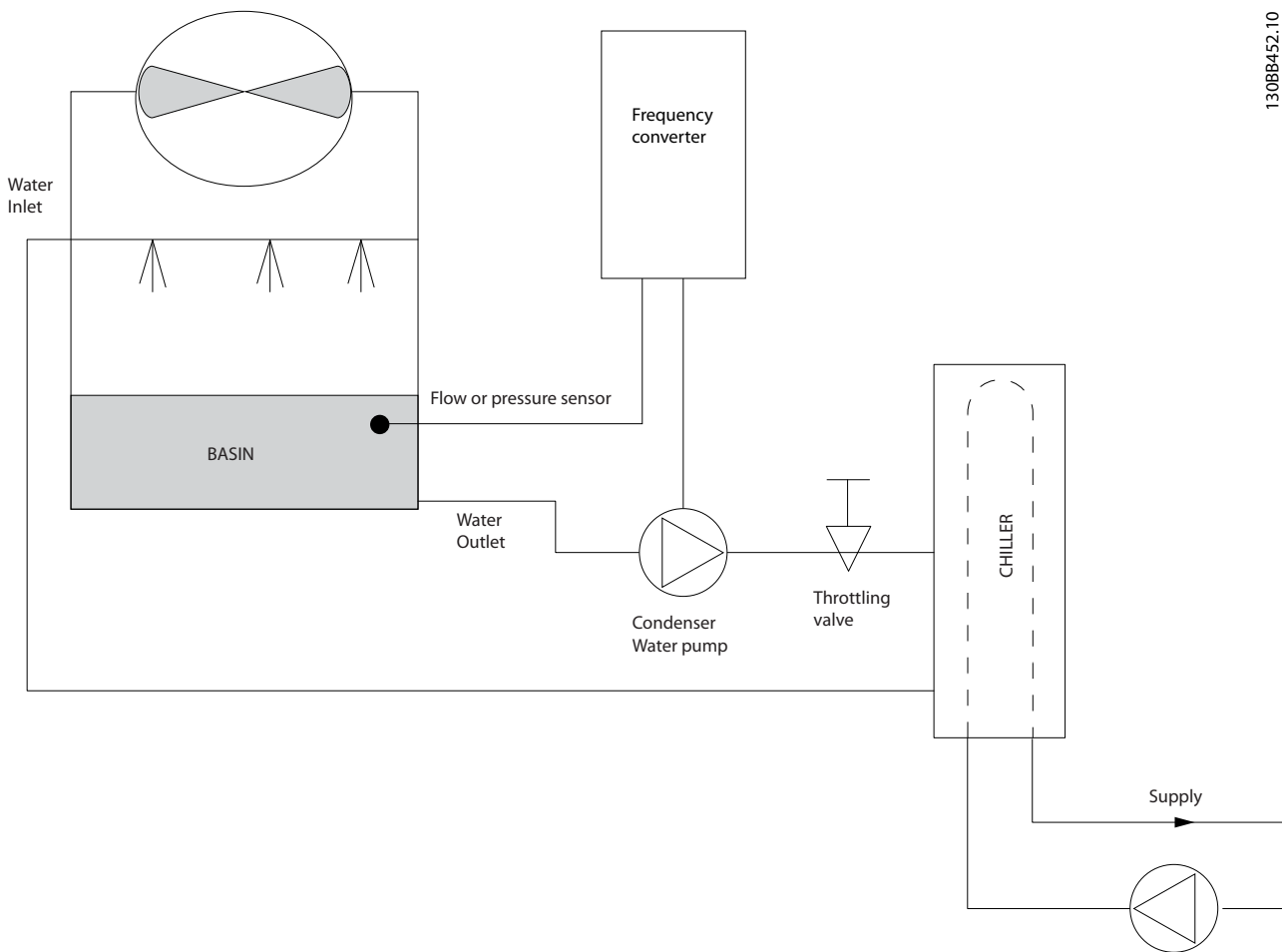
5.3.4.4 Kondenswasserpumpen

Kondenswasserpumpen werden hauptsächlich zur Wasserzirkulation durch den Kondensatorteil wassergekühlter Kühlanlagen und den dazugehörigen Kühlturm eingesetzt. Das Kondenswasser nimmt die Wärme aus dem Kondensator in sich auf und gibt sie im Kühlturm wieder ab. Diese sind am effizientesten, wenn es um die Kaltwasserbereitung geht Sie sind bis zu 20 % effizienter als luftgekühlte Anlagen.

VLT® Lösung

Ein Frequenzumrichter kann als Ergänzung zu Kondenswasserpumpen eingesetzt werden, um das Drosselventil und/oder eine Trimmung der Pumpenlaufräder zu ersetzen.

Durch den Einsatz eines Frequenzumrichters anstelle eines Drosselventils wird die Energie eingespart, die ansonsten durch das Ventil aufgenommen würde. Das Einsparpotenzial kann dabei mindestens 15-20 % ausmachen. Die Trimmung des Pumpenlaufrads lässt sich nicht rückgängig machen. Wenn sich daher die Bedingungen ändern und ein höherer Durchfluss erforderlich ist, muss das Laufrad ausgetauscht werden.



130BB452.10

Abbildung 5.19 Mit einer Kondenswasserpumpe eingesetzter Frequenzumrichter

Bei Ihrem Danfoss-Händler erhalten Sie weitere Informationen zum Anwendungshinweis *Kondenswasserpumpen Verbesserung von Kondenswasserpumpensystemen*.

5.3.4.5 Primärpumpen

Primärpumpen in einem Primär-/Sekundärpumpensystem können zur Aufrechterhaltung einer konstanten Strömung durch Geräte eingesetzt werden, bei denen sich Betrieb und Steuerung im Falle schwankender Strömungen schwierig gestalten. Das primäre/sekundäre Pumpensystem bietet eine Trennung von „primärem“ Produktionskreis und „sekundärem“ Verteilerkreis. Durch die Trennung kann der Auslegungsdurchfluss z. B. in Kühlern konstant bleiben und die Geräte ordnungsgemäß arbeiten, während gleichzeitig die Strömung im restlichen System variieren kann. Wenn die Verdampfer-Strömungsgeschwindigkeit in einem Kühler abnimmt, tritt im Wasser eine Überkühlung ein. Wenn das Wasser überkühlt wird, versucht der Kühler, seine Kühlleistung zu verringern. Wenn die Strömungsgeschwindigkeit weit genug oder zu schnell absinkt, kann der Kühler seine Last nicht schnell genug abwerfen, und durch die geringere Verdampfungstemperatur des Kühlers wird der Kühler sicherheitshalber abgeschaltet; ein manueller Reset ist notwendig. Dieser Fall tritt häufiger in großen Anlagen ein, besonders dann, wenn zwei oder mehr Kühler parallel geschaltet sind und eine Primär-/Sekundärpumpenfunktion nicht eingesetzt wird.

VLT® Lösung

Ein Frequenzumrichter kann als Ergänzung zum Primärsystem eingesetzt werden, um das Drosselventil und/oder eine Trimmung der Pumpenlaufräder zu ersetzen und auf diese Weise die Betriebskosten zu senken. Zwei Regelverfahren sind dabei gebräuchlich:

- Am Auslass jedes Kühlers kann ein Durchflussmesser installiert und zur direkten Steuerung der Pumpe eingesetzt werden, da die gewünschte Strömungsgeschwindigkeit bekannt und konstant ist. Mithilfe des PID-Reglers erhält der Frequenzumrichter stets die passende Strömungsgeschwindigkeit aufrecht und gleicht sogar den sich ändernden Widerstand im Primärrohrkreislauf aus, wenn Kühler und ihre Pumpen zu- und abgeschaltet werden.
- Mithilfe der örtlichen Drehzahlbestimmung setzt der Bediener einfach die Ausgangsfrequenz herab, bis der Auslegungsdurchfluss erreicht ist. Das Benutzen eines Frequenzumrichters zur Senkung der Pumpendrehzahl ähnelt dem Trimmen der Pumpenlaufräder, der Pumpenwirkungsgrad bleibt dabei jedoch höher. Man verringert einfach die Pumpendrehzahl, bis der richtige Durchfluss erreicht ist, und hält danach die entsprechende Drehzahl konstant. Bei jedem Zuschalten des Kühlers arbeitet die Pumpe mit dieser Drehzahl. Da der Primärkreislauf keine Regelventile oder sonstigen Vorrichtungen hat, die die Systemkurve beeinflussen könnten, und die durch Zu- und Abschalten von Kühlern hervorgerufenen Schwankungen geringfügig sind, ist eine solche konstante Drehzahl angemessen. Falls die Strömungsgeschwindigkeit im System später erhöht werden muss, kann der Frequenzumrichter einfach die Pumpendrehzahl erhöhen, sodass kein neues Pumpenlaufrad erforderlich ist.

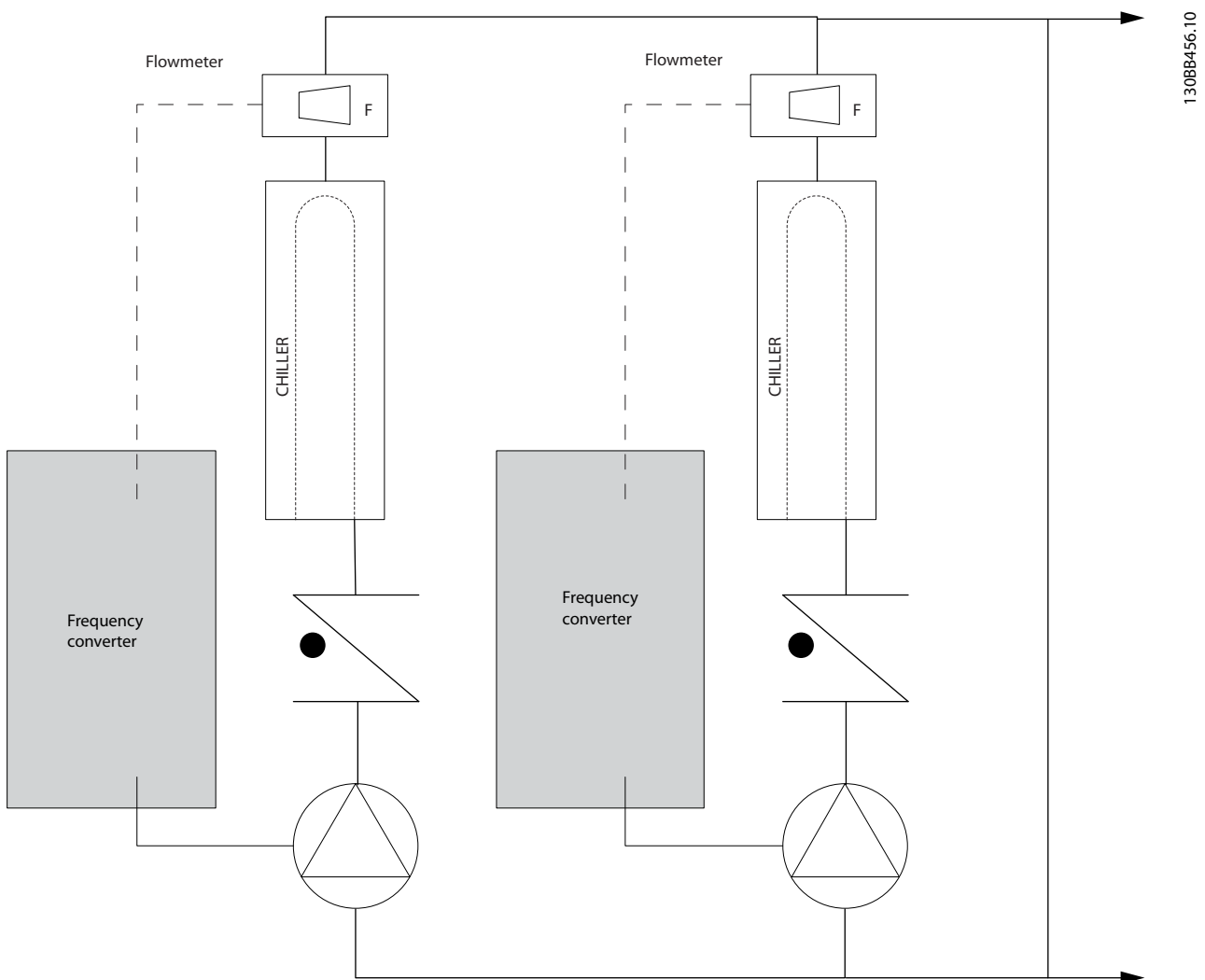


Abbildung 5.20 Mit Primärpumpen in einem Primär-/Sekundärpumpensystem eingesetzte Frequenzumrichter

Bei Ihrem Danfoss-Händler erhalten Sie weitere Informationen zum Anwendungshinweis *Primärpumpen: Verbesserung von Primärpumpen in Primär-/Sekundärsystemen*.

5.3.4.6 Hilfspumpen

Hilfspumpen in einem gekühlten Primär-/Sekundärwasserpumpensystem dienen zur Verteilung des gekühlten Wassers aus dem Primärproduktionskreislauf in die Lastbereiche. Das Primär-/Sekundärpumpensystem dient zur hydraulischen Abkopplung eines Rohrkreislaufts vom anderen. In diesem Fall dient die Primärpumpe zur Aufrechterhaltung einer konstanten Strömung durch die Kühler und erlaubt gleichzeitig variierende Strömungswerte in den Hilfspumpen und somit eine bessere Steuerung und einen niedrigeren Energieverbrauch.

Wenn kein Primär-/Sekundärkonzept eingesetzt und ein System mit variablem Volumen konstruiert wird, kann der Kühler für den Fall, dass die Strömungsgeschwindigkeit weit genug oder zu schnell absinkt, seine Last nicht schnell genug abgeben. Dies hat zur Folge, dass die bei zu niedriger Verdampfertemperatur ansprechende Sicherheitsvorrichtung den Kühler abschaltet, worauf dieser durch ein Reset wieder aktiviert werden muss. Dieser Fall tritt häufiger in großen Anlagen ein, besonders dann, wenn zwei oder mehr Kühler parallel geschaltet sind.

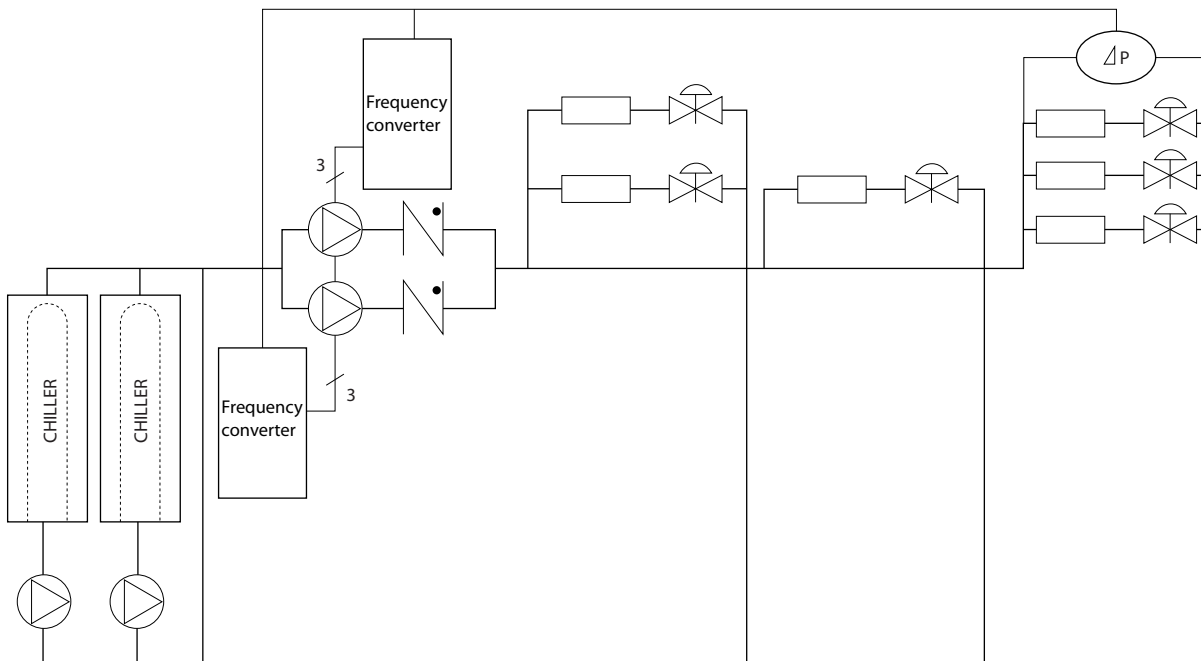
VLT® Lösung

Zwar hilft ein Primär-/Sekundärsystem mit 2-Wege-Ventilen, Energie zu sparen und Systemsteuerungsprobleme leichter zu bewältigen, aber eine volle Nutzung des Einspar- und Steuerungspotenzials ist erst durch die Ergänzung von Frequenzumrichtern möglich. Wenn die Sensoren an den richtigen Punkten angebracht werden, sind die Pumpen mithilfe von Frequenzumrichtern in der Lage, ihre Drehzahl anzupassen und sie der Systemkurve statt der Pumpenkurve folgen zu lassen. Dadurch werden Energieverschwendung und die meisten Überdrucksituationen verhindert, mit denen Zwei-Wege-Ventile konfrontiert werden können.

Mit Erreichen der vorgegebenen Last schalten die Zwei-Wege-Ventile ab, wodurch der an der Last und dem Zwei-Wege-Ventil gemessene Differenzdruck erhöht wird. Mit Ansteigen dieses Drucks verlangsamt sich die Pumpe, um den Sollwert zu halten. Die Sollwertgröße wird durch Summieren des Druckabfalls der Last und des Zwei-Wege-Ventils unter Auslegungsbedingungen errechnet.

HINWEIS

Bitte beachten Sie, dass mehrere Pumpen im Parallelbetrieb mit gleicher Drehzahl laufen müssen, um die Energieeinsparung zu erhöhen. Diese haben entweder individuell zugeordnete Frequenzumrichter oder nur einen Frequenzumrichter, der die Pumpen parallel betreibt.



130BB454.10

Abbildung 5.21 Mit Primärpumpen in einem Primär-/Sekundärpumpensystem eingesetzte Frequenzumrichter

Bei Ihrem Danfoss-Händler erhalten Sie weitere Informationen zum Anwendungshinweis *Sekundärpumpen: Verbesserung von Sekundärpumpen in Primär-/Sekundärsystemen*.

5.4 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 Nenndrehzahl bei Volllast 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.

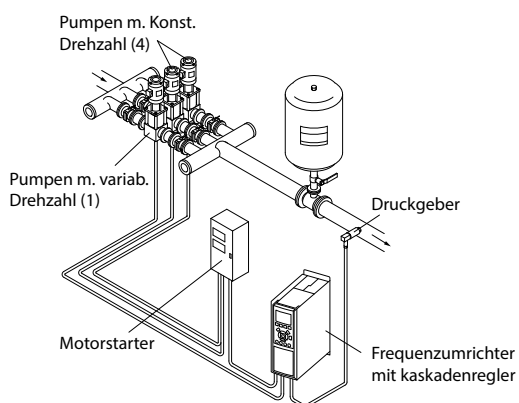


Abbildung 5.22 Einfacher Kaskadenregler

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 Befehlssignal 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.

5.4.1.1 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.

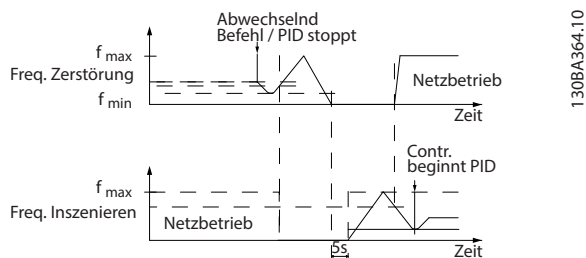


Abbildung 5.23 Führungspumpen-Wechsel

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.

5.4.1.2 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.

5.5 Dynamisches Bremsen – Übersicht

Dynamisches Bremsen verlangsamt 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-/Ausschaltfrequenz 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* $\neq 0$ 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 zu Bremswiderständen finden Sie im *Projektierungshandbuch VLT® Brake Resistor MCE 101*.

Bei Frequenzumrichtern mit der Bremsoption ist ein Brems-IGBT integriert und die Klemmen 81(R-) und 82(R+) sind 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. Er begrenzt die Spannung, indem er den externen Widerstand an den

Zwischenkreis schaltet, 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 Ansteuersignal für das Brems-IGBT wird von der Steuerkarte generiert und über Leistungskarte und IGBT-Ansteuerkarte an das Brems-IGBT übermittelt. Außerdem überwachen Leistungs- und Steuerkarte das Brems-IGBT auf einen Kurzschluss hin. Die Leistungskarte überwacht zudem den Bremswiderstand vor möglicher Überlastung.

5.6 Zwischenkreiskopplung – Übersicht

Die Zwischenkreiskopplung ist eine Funktion, die den Anschluss der Gleichspannungskreise mehrerer Frequenzumrichter ermöglicht, sodass ein System mit mehreren Frequenzumrichtern für den Betrieb eines mechanischen Verbrauchers entsteht. Die Zwischenkreiskopplung bietet folgende Vorteile:

Energieeinsparungen

Ein im generatorischen Modus laufender Motor kann Frequenzumrichter versorgen, die im Motormodus laufen.

Geringerer Ersatzteilbedarf

Üblicherweise wird nur ein Bremswiderstand für das gesamte Frequenzumrichtersystem statt einem Bremswiderstand pro Frequenzumrichter benötigt.

Netzersatzanlage

Bei einem Netzfehler können alle angeschlossenen Frequenzumrichter über den Zwischenkreis von einer Ersatzanlage versorgt werden. Die Anwendung kann weiterbetrieben oder kontrolliert heruntergefahren werden.

Vorbedingungen

Bevor eine Zwischenkreiskopplung in Betracht gezogen werden kann, müssen folgende Vorbedingungen erfüllt sein:

- Der Frequenzumrichter muss mit Zwischenkreiskopplungsklemmen ausgestattet sein.
- Die Produktserie muss gleichbleiben. Ausschließlich VLT[®] HVAC Drive Frequenzumrichter, die mit anderen VLT[®] HVAC Drive Frequenzumrichtern eingesetzt werden.
- Die Frequenzumrichter müssen physisch nahe beieinander aufgestellt werden, damit die Verkabelungen nicht länger als 25 m (82 ft) sein müssen.
- Die Frequenzumrichter müssen dieselbe Nennspannung haben.
- Beim Hinzufügen eines Bremswiderstands in einer Konfiguration mit Zwischenkreiskopplung müssen alle Frequenzumrichter über einen Bremschopper verfügen.
- Die Zwischenkreisverbindungen sind mit externen Sicherungen abzusichern.

Ein Diagramm mit bewährten Verfahren bei der Anwendung von Zwischenkreiskopplungen finden Sie in *Abbildung 5.24*.

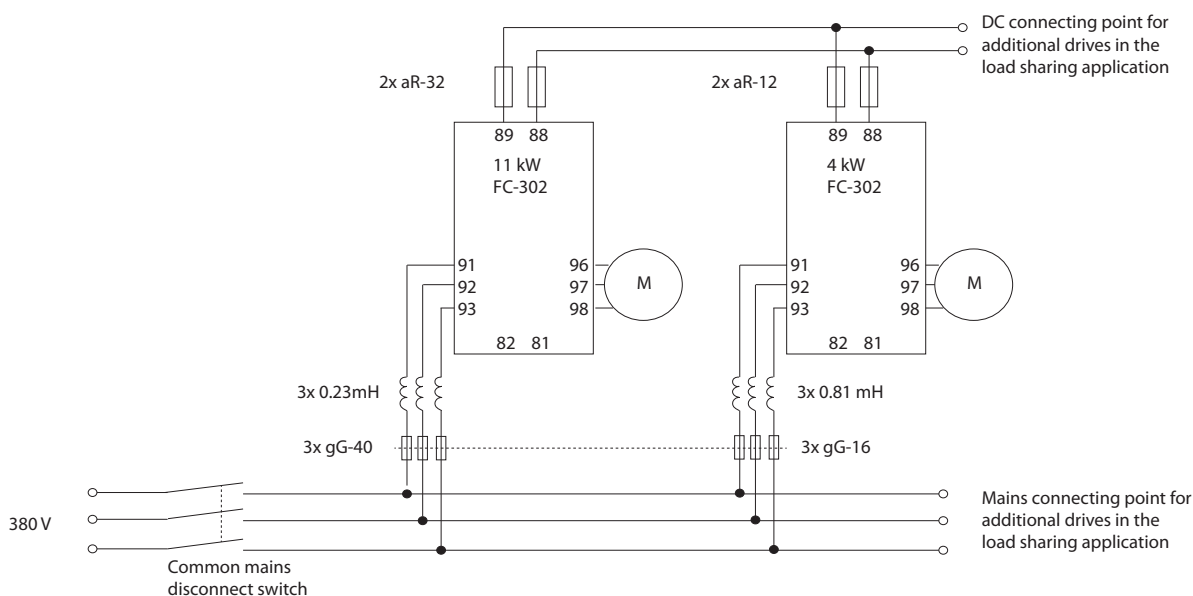


Abbildung 5.24 Diagramm mit bewährten Verfahren bei der Anwendung von Zwischenkreiskopplungen

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-Netz-drosseln 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.

5.7 Rückspeiseeinheit – Übersicht

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:

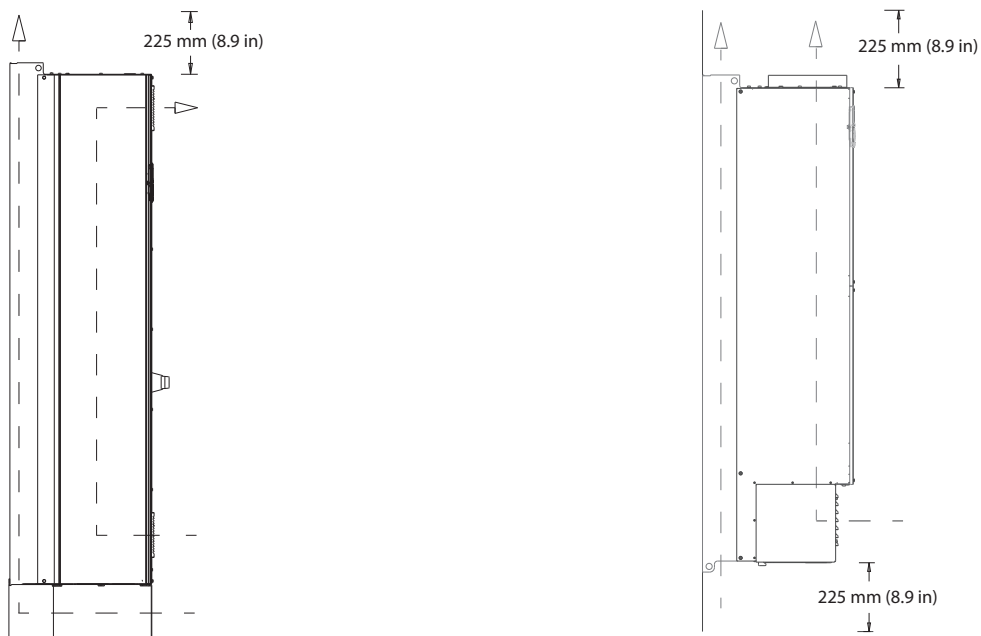
- Der Bremschopper ermöglicht die Ableitung der überschüssigen Energie in Form von Wärme in den Bremswiderstandspulen.
- Rückspeiseklemmen ermöglichen den Anschluss einer Rückspeiseeinheit eines Drittanbieters an einen Frequenzumrichter, sodass überschüssige Energie an das Stromnetz abgegeben wird.

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

5.8 Rückwandkühlkanal – Übersicht

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 5.25* zeigt die Standard-Luftstromkonfiguration für einen E1h–E4h-Frequenzumrichter.

Unterschiedliche Rückwandkühlungssätze sind verfügbar, die die Luftzirkulation je nach den individuellen Bedürfnissen umleiten. *Abbildung 5.26* zeigt 2 optionale Luftzirkulationskonfigurationen für einen E1h–E4h-Frequenzumrichter.

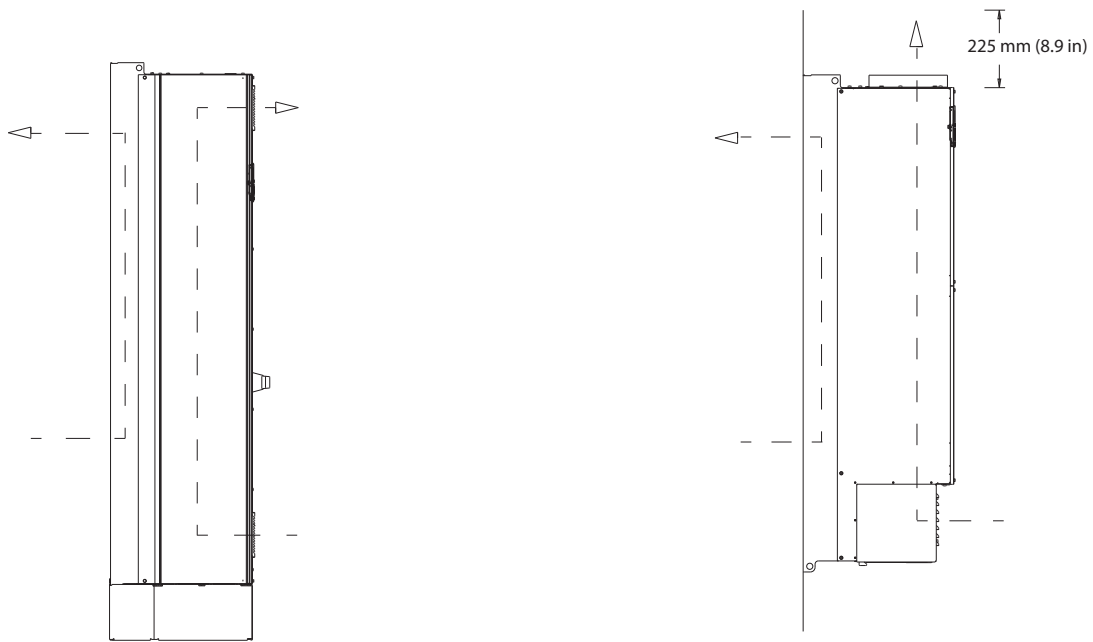


1308F699.10

5

Abbildung 5.25 Standard-Luftzirkulationskonfiguration für E1h/E2h (links) und E3h/E4h (rechts)

5



130BF700.10

Abbildung 5.26 Optionale Luftzirkulationskonfiguration durch die Rückwand für E1h/E2h (links) und E3h/E4h (rechts)

6 Optionen und Zubehör – Übersicht

6.1 Feldbusgeräte

Dieser Abschnitt enthält eine Beschreibung der Feldbusgeräte, die in der VLT® HVAC Drive erhältlich sind. Der Einsatz eines Feldbusgeräts senkt Systemkosten, beschleunigt und optimiert die Kommunikation und bietet eine einfach zu bedienende Benutzerschnittstelle. Bestellnummern finden Sie unter *Kapitel 13.2 Bestellnummern für Optionen und Zubehör*.

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® LonWorks MCA 108

LonWorks ist ein für die Gebäudeautomation entwickeltes Feldbus-System. Es ermöglicht die Kommunikation zwischen einzelnen Geräten im selben System (P2P) und unterstützt die Dezentralisierung der Steuerung.

- Keine große Hauptstation erforderlich (Master/Follower).
- Einheiten empfangen Signale direkt.
- Unterstützt eine Schnittstellentopologie ohne Befehlsebenen (flexible Verdrahtung und Installation).

- Unterstützt integrierte I/Os und I/O-Optionen (einfache Implementierung dezentraler I/Os).
- Sensorsignale können über Buskabel schnell zu einem anderen Regler übertragen werden.
- Zertifizierte Konformität mit den Spezifikationen von LonMark Ver. 3.4.

6.1.4 VLT® BACnet MCA 109

Das offene Kommunikationsprotokoll für den weltweiten Einsatz in der Gebäudeautomation. Das BACnet-Protokoll ist ein internationales Protokoll, das alle Teile innerhalb der Gebäudeautomation effizient integriert – angefangen beim Stellglied und bis hin zum Gebäudemanagementsystem.

- BACnet ist der weltweite Standard für die Gebäudeautomation.
- Internationale Norm ISO 16484-5.
- Das Protokoll kann ohne anfallende Lizenzgebühren in Gebäudeautomationssystemen jeder Größe eingesetzt werden.
- Die BACnet-Option ermöglicht die Kommunikation des Frequenzumrichters mit Gebäudemanagementsystemen, in denen das BACnet-Protokoll ausgeführt wird.
- BACnet wird in der Regel bei Heizungs-, Klima- und Lüftungsanlagen sowie zur Steuerung von Klimageräten eingesetzt.
- Das BACnet-Protokoll lässt sich einfach in vorhandene Netzwerke zur Anlagensteuerung integrieren.

6.1.5 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.

6.1.6 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.

6.1.7 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.

6.1.8 VLT® BACnet/IP MCA 125

Die Option VLT® BACnet/IP MCA 125 ermöglicht eine schnelle und einfache Integration des Frequenzumrichters in das Gebäudemanagementsysteme (BMS) mithilfe des BACnet/IP-Protokolls oder durch die Ausführung von BACnet über Ethernet. Sie kann Datenpunkte lesen und teilen sowie tatsächliche und angeforderte Werte auf die Systeme übertragen und aus ihnen auslesen.

Die Option MCA 125 verfügt über 2-Ethernet-Stecker und ermöglicht so eine Daisy-Chain-Konfiguration ohne externe Schalter zu benötigen. Der eingebettete, gesteuerte 3-Anschluss-Schalter der Option VLT® BACnet/IP MCA 125 beinhaltet 2 externe und einen internen Ethernet-Anschluss. Der Schalter ermöglicht den Einsatz einer Leitungsstruktur für die Ethernet-Verkabelung. Diese Option ermöglicht die Parallelsteuerung mehrerer hocheffizienter Permanentmagnet-Motoren und die Überwachung von Punkten, die in typischen HLK-Anwendungen benötigt werden. Neben der Standardfunktion bietet die Option MCA 125 Folgendes:

- COV (change of value, Wertänderung).
- Mehrfaches Lesen/Schreiben von Eigenschaften.
- Alarm-/Warnungsmittelungen
- Mögliche Änderung von BACnet-Objektnamen zur Steigerung der Benutzerfreundlichkeit.
- BACnet Loop-Objekt.
- Segmentierte Datenübertragung.
- Trenddarstellung nach Zeit oder Ereignis.

6.2 Funktionserweiterungen

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

6.2.1 VLT® General Purpose I/O Module MCB 101

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

- 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 umschaltbar
- 1 Analogausgang 0/4-20 mA
- Federzugklemmen

6.2.2 VLT® Relay Card MCB 105

Die Option MCB 105 erweitert die Relaisfunktionen um 3 zusätzliche Relaisausgänge.

- Schützt die Steuerleitungen.
- Federzugklemmen.

Maximale Taktfrequenz (Nennlast/min. Last)

6 min⁻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 Zeitablaufsteuerungen 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.

6.3 Bewegungssteuerungs- und Relaiskarten

Dieser Abschnitt enthält eine Beschreibung der Bewegungssteuerungs- und Relaiskartenooptionen, die in der VLT® HVAC 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-Frequenzrichter angepasst.

Bei Anschluss der Oberschwingungsfilter AHF 005 oder AHF 010 vor einem Danfoss-Frequenzrichter 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-Nachrüstätze

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® HVAC Drive FC102	N355	N400	N560
Normale Überlast (Normale Überlast = 110 % Strom/60 s)	NO	NO	NO
Typische Wellenleistung bei 400 V [kW]	355	400	450
Typische Wellenleistung bei 460 V [HP] (nur Nordamerika)	500	600	600
Typische Wellenleistung bei 480 V [kW]	400	500	530
Baugröße	E1h/E3h	E1h/E3h	E1h/E3h
Ausgangsstrom (3-phasig)			
Dauerbetrieb (bei 400 V) [A]	658	745	800
Überlast (60 s) (bei 400 V) [A]	724	820	880
Dauerbetrieb (bei 460/480 V) [A]	590	678	730
Aussetzbetrieb (60 s Überlast) (bei 460/480 V) [A]	649	746	803
Dauerleistung kVA (bei 400 V) [kVA]	456	516	554
Dauerleistung kVA (bei 460 V) [kVA]	470	540	582
Dauerleistung kVA (bei 480 V) [kVA]	511	587	632
Max. Eingangsstrom			
Dauerbetrieb (bei 400 V) [A]	634	718	771
Dauerbetrieb (bei 460/480 V) [A]	569	653	704
Maximale Anzahl und Kabelquerschnitt 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 Anzahl und Kabelquerschnitt pro Phase (E3h)			
- Netz und Motor [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)
- 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-kopplung 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)}	6928	8036	8783
Geschätzte Verlustleistung bei 460 V [W] ^{3) 4)}	5910	6933	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 Ladeschaltung Übertemperatur Abschaltung [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)	85 (185)

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

VLT® HVAC Drive FC102	N500	N560
Normale Überlast (Normale Überlast = 110 % Strom/60 s)	NO	NO
Typische Wellenleistung bei 400 V [kW]	500	560
Typische Wellenleistung bei 460 V [HP] (nur Nordamerika)	650	750
Typische Wellenleistung bei 480 V [kW]	560	630
Baugröße	E2h/E4h	E2h/E4h
Ausgangsstrom (3-phasig)		
Dauerbetrieb (bei 400 V) [A]	880	990
Überlast (60 s) (bei 400 V) [A]	968	1089
Dauerbetrieb (bei 460/480 V) [A]	780	890
Aussetzbetrieb (60 s Überlast) (bei 460/480 V) [A]	858	979
Dauerleistung kVA (bei 400 V) [kVA]	610	686
Dauerleistung kVA (bei 460 V) [kVA]	621	709
Dauerleistung kVA (bei 480 V) [kVA]	675	771
Max. Eingangsstrom		
Dauerbetrieb (bei 400 V) [A]	848	954
Dauerbetrieb (bei 460/480 V) [A]	752	848
Maximale Anzahl und Kabelquerschnitt 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 Anzahl und Kabelquerschnitt pro Phase (E4h)		
- Netz und Motor [mm ² (AWG)] ¹⁾	6 x 240 (6 x 500 mcm)	6 x 240 (6 x 500 mcm)
- 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)}	9473	11102
Geschätzte Verlustleistung bei 460 V [W] ^{3) 4)}	7809	9236
Wirkungsgrad ⁴⁾	0,98	0,98
Ausgangsfrequenz	0-590 Hz	0-590 Hz
Kühlkörper Übertemperatur Abschl. [°C (°F)]	110 (230)	100 (212)
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 Ladeschaltung 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 Erhöhung der Verlustleistung des Frequenzumrichters 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 den Optionen für 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. Informationen zu Teillastverlusten siehe www.danfoss.com/vltenergyefficiency.

7.2 Elektrische Daten, 525-690 V

VLT® HVAC Drive FC102	N450	N500	N560	N630
Normale Überlast (Normale Überlast = 110 % Strom/60 s)	NO	NO	NO	NO
Typische Wellenleistung bei 550 V [kW]	355	400	450	500
Typische Wellenleistung bei 575 V [HP]	450	500	600	650
Typische Wellenleistung bei 690 V [kW]	450	500	560	630
Baugröße	E1h/E3h	E1h/E3h	E1h/E3h	E1h/E3h
Ausgangsstrom (3-phasig)				
Dauerbetrieb (bei 550 V) [A]	470	523	596	630
Aussetzbetrieb (60 s Überlast) (bei 550 V) [A]	517	575	656	693
Dauerbetrieb (bei 575/690 V) [A]	450	500	570	630
Aussetzbetrieb (60 s Überlast) (bei 575/690 V) [A]	495	550	627	693
Dauerleistung kVA (bei 550 V) [kVA]	448	498	568	600
Dauerleistung kVA (bei 575 V) [kVA]	448	498	568	627
Dauerleistung kVA (bei 690 V) [kVA]	538	598	681	753
Max. Eingangsstrom				
Dauerbetrieb (bei 550 V) [A]	453	504	574	607
Dauerbetrieb (bei 575 V) [A]	434	482	549	607
Dauerbetrieb (bei 690 V) [A]	434	482	549	607
Maximale Anzahl und Kabelquerschnitt 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)	6 x 240 (6 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)	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)	2 x 185 (2 x 350 mcm)	2 x 185 (2 x 350 mcm)
Maximale Anzahl und Kabelquerschnitt pro Phase (E3h)				
- Netz und Motor [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)	6 x 240 (6 x 500 mcm)
- 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)	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)	4 x 185 (4 x 350 mcm)
Maximale externe Netzsicherungen [A] ²⁾	800	800	800	800
Geschätzte Verlustleistung bei 600 V [W] ³⁾⁴⁾	6062	6879	8076	9208
Geschätzte Verlustleistung bei 690 V [W] ³⁾⁴⁾	5939	6715	7852	8921
Wirkungsgrad ⁴⁾	0,98	0,98	0,98	0,98
Ausgangsfrequenz [Hz]	0–590	0–590	0–590	0–590
Kühlkörper Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	110 (230)	110 (230)	110 (230)	110 (230)
Steuerkarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	80 (176)	80 (176)	80 (176)	80 (176)
Leistungskarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)	85 (185)	85 (185)
Lüfterleistungskarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)	85 (185)	85 (185)
Aktive Ladeschaltung Übertemperatur Abschaltung [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)	85 (185)	85 (185)

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

VLT® HVAC Drive FC102	N710	N800
Normale Überlast (Normale Überlast = 110 % Strom/60 s)	NO	NO
Typische Wellenleistung bei 550 V [kW]	560	670
Typische Wellenleistung bei 575 V [HP]	750	950
Typische Wellenleistung bei 690 V [kW]	710	800
Baugröße	E2h/E4h	E2h/E4h
Ausgangsstrom (3-phasig)		
Dauerbetrieb (bei 550 V) [A]	763	889
Aussetzbetrieb (60 s Überlast) (bei 550 V) [A]	839	978
Dauerbetrieb (bei 575/690 V) [A]	730	850
Aussetzbetrieb (60 s Überlast) (bei 575/690 V) [A]	803	935
Dauerleistung kVA (bei 550 V) [kVA]	727	847
Dauerleistung kVA (bei 575 V) [kVA]	727	847
Dauerleistung kVA (bei 690 V) [kVA]	872	1016
Max. Eingangsstrom		
Dauerbetrieb (bei 550 V) [A]	735	857
Dauerbetrieb (bei 575 V) [A]	704	819
Dauerbetrieb (bei 690 V) [A]	704	819
Maximale Anzahl und Kabelquerschnitt 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 Anzahl und Kabelquerschnitt pro Phase (E4h)		
- Netz und Motor [mm ² (AWG)] ¹⁾	6 x 240 (6 x 500 mcm)	6 x 240 (6 x 500 mcm)
- 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 600 V [W] ³⁾⁴⁾	10346	12723
Geschätzte Verlustleistung bei 690 V [W] ³⁾⁴⁾	10066	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 Ladeschaltung Übertemperatur Abschaltung [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)

Tabelle 7.4 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 $\pm 15\%$ 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 Erhöhung der Verlustleistung des Frequenzumrichters 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 den Optionen für 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. Informationen zu Teillastverlusten 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 Versorgungsnennspannung ¹⁾
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 Hz ¹⁾
Schalten am Ausgang	Unbegrenzt
Rampenzeiten	0,01–3600 s

1) Spannungs- und leistungsabhängig.

Drehmomentkennlinie

Startmoment (konstantes Drehmoment)	Maximal 150 %/60 s ¹⁾²⁾
Überlastmoment (konstantes Drehmoment)	Maximal 150 %/60 s ¹⁾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) H ₂ S-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.

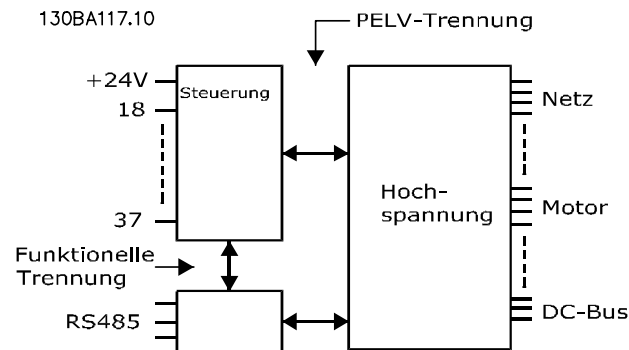


Abbildung 7.1 PELV-Isolierung

Pulseingänge

Programmierbare Pulseingänge	2
Klempennummer 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 k Ω
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 k Ω
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.

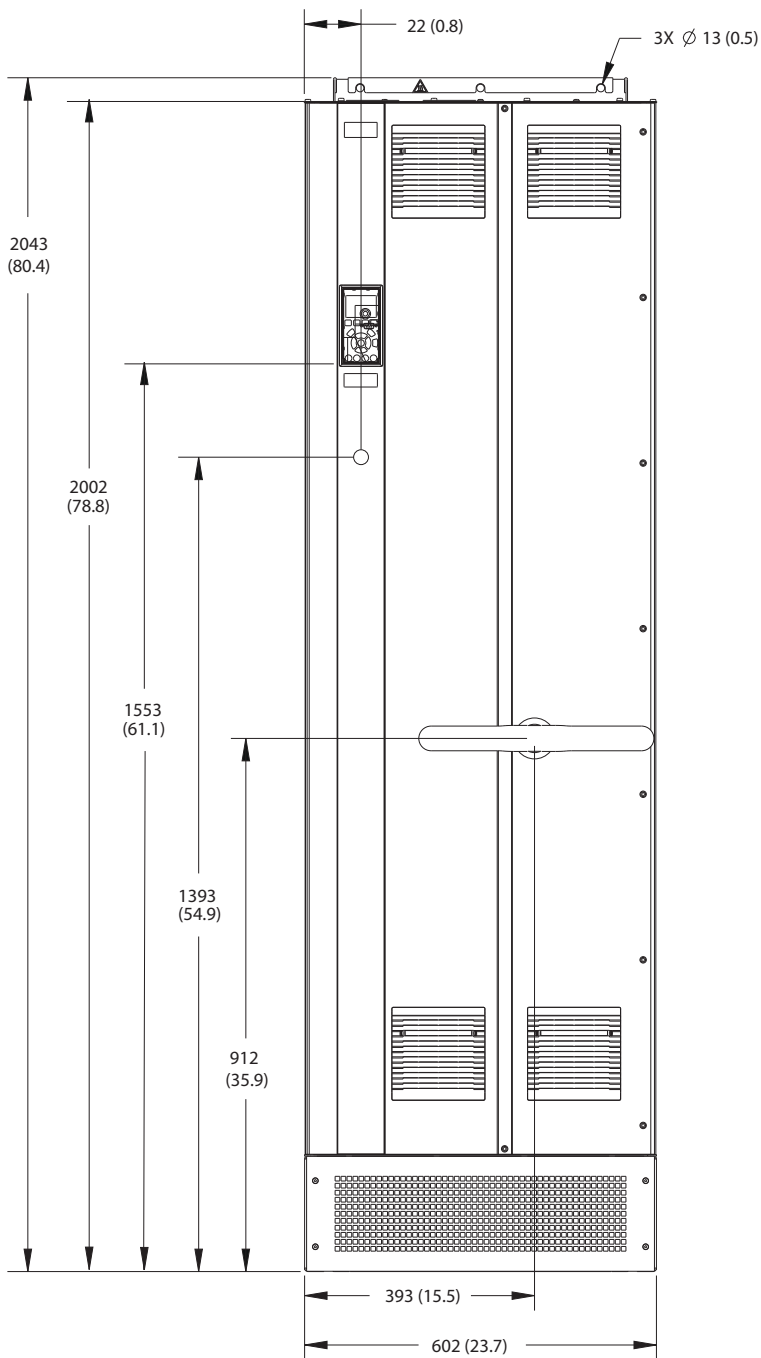
Die USB-Verbindung ist galvanisch von der Versorgungsspannung (PELV, Schutzkleinspannung) und anderen Hochspannungsklemmen getrennt.

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

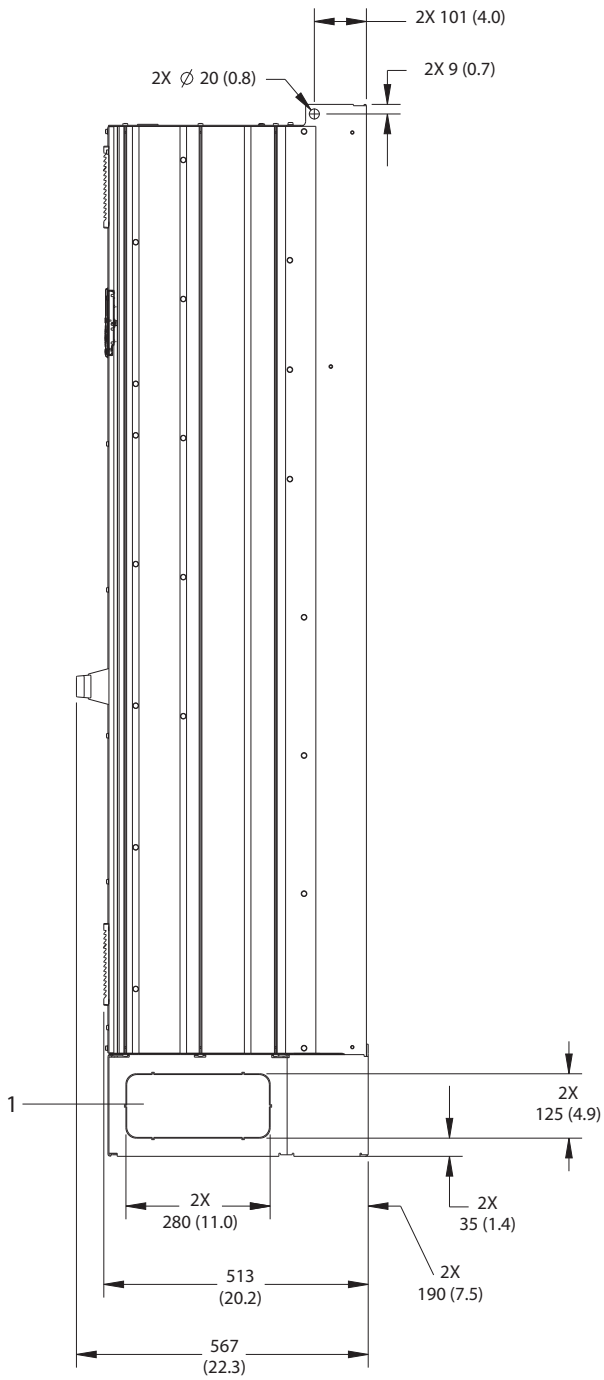
8.1.1 Außenabmessungen E1h



130BF648.10

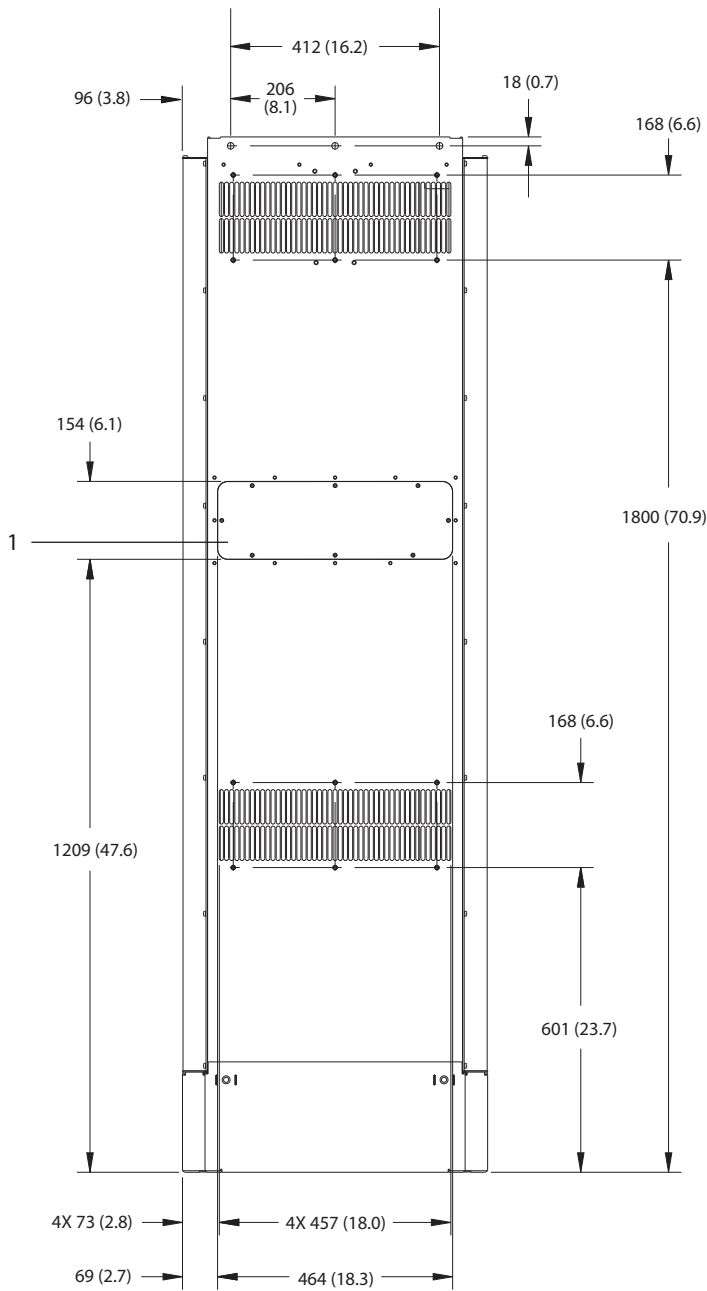
8

Abbildung 8.1 Frontansicht E1h



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

Abbildung 8.2 Seitenansicht E1h

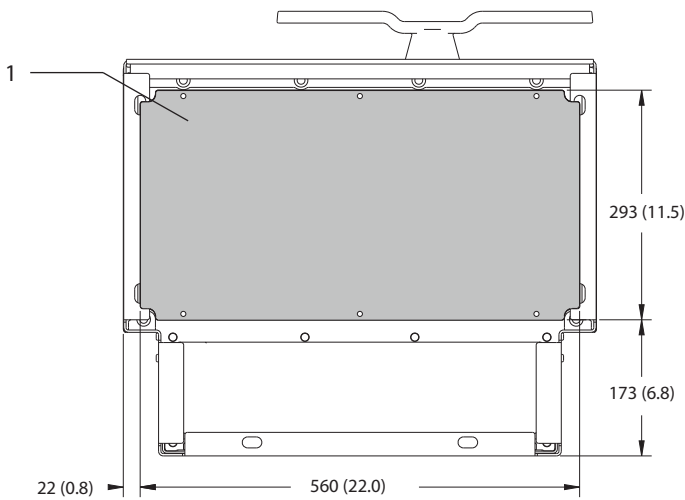
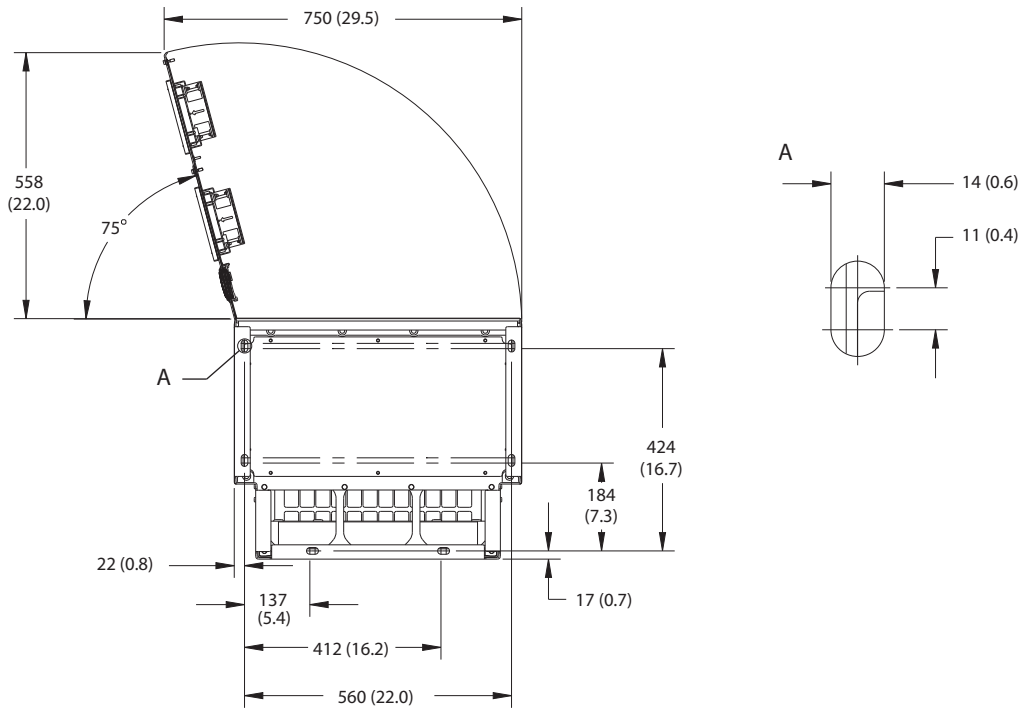


8

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

Abbildung 8.3 Rückansicht E1h

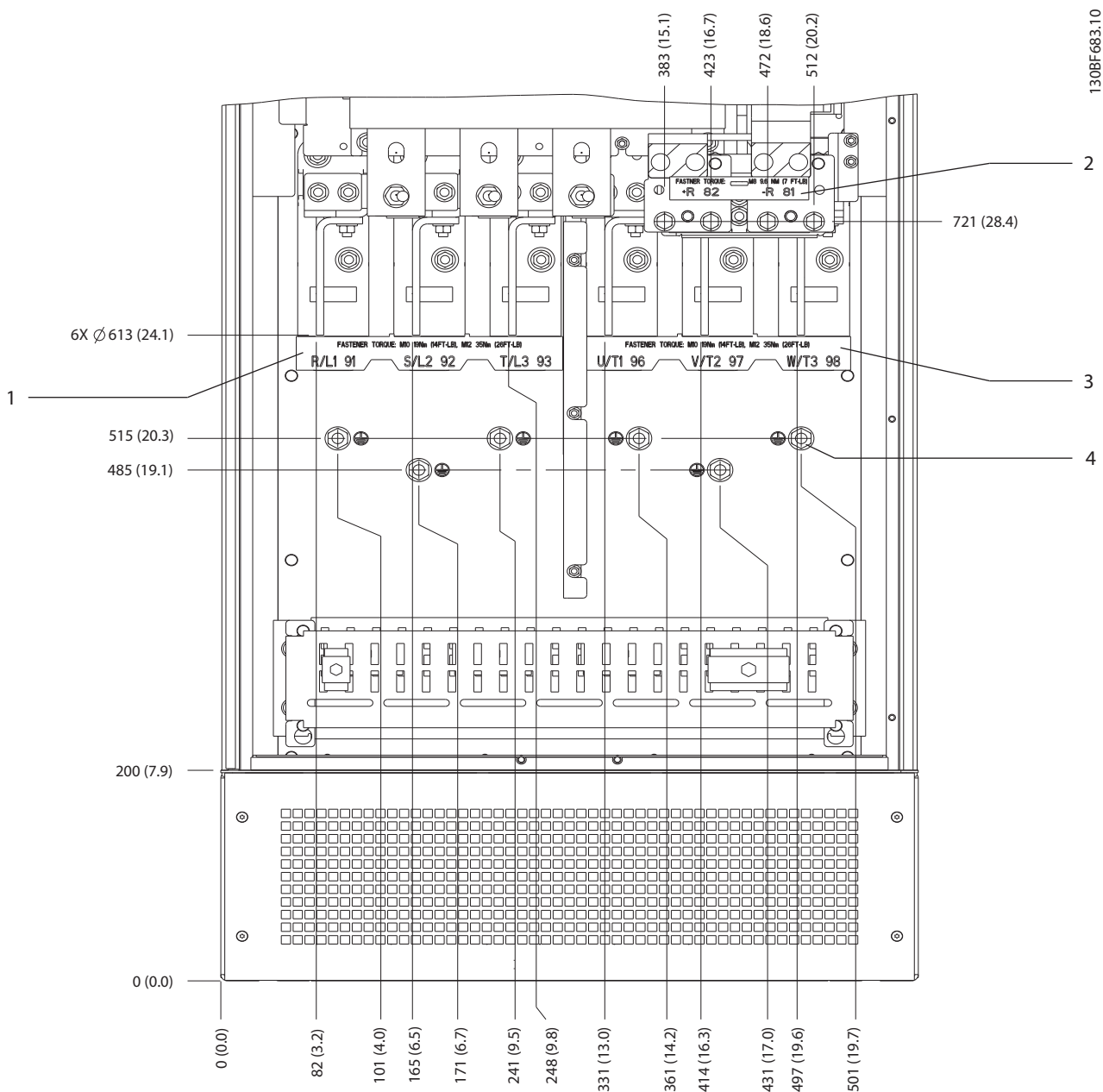
130BF651.10



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

Abbildung 8.4 Abmessungen Türabstand und Bodenplatte für E1h

8.1.2 E1h-Klemmenabmessungen



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

Abbildung 8.5 E1h-Klemmenabmessungen (Frontansicht)

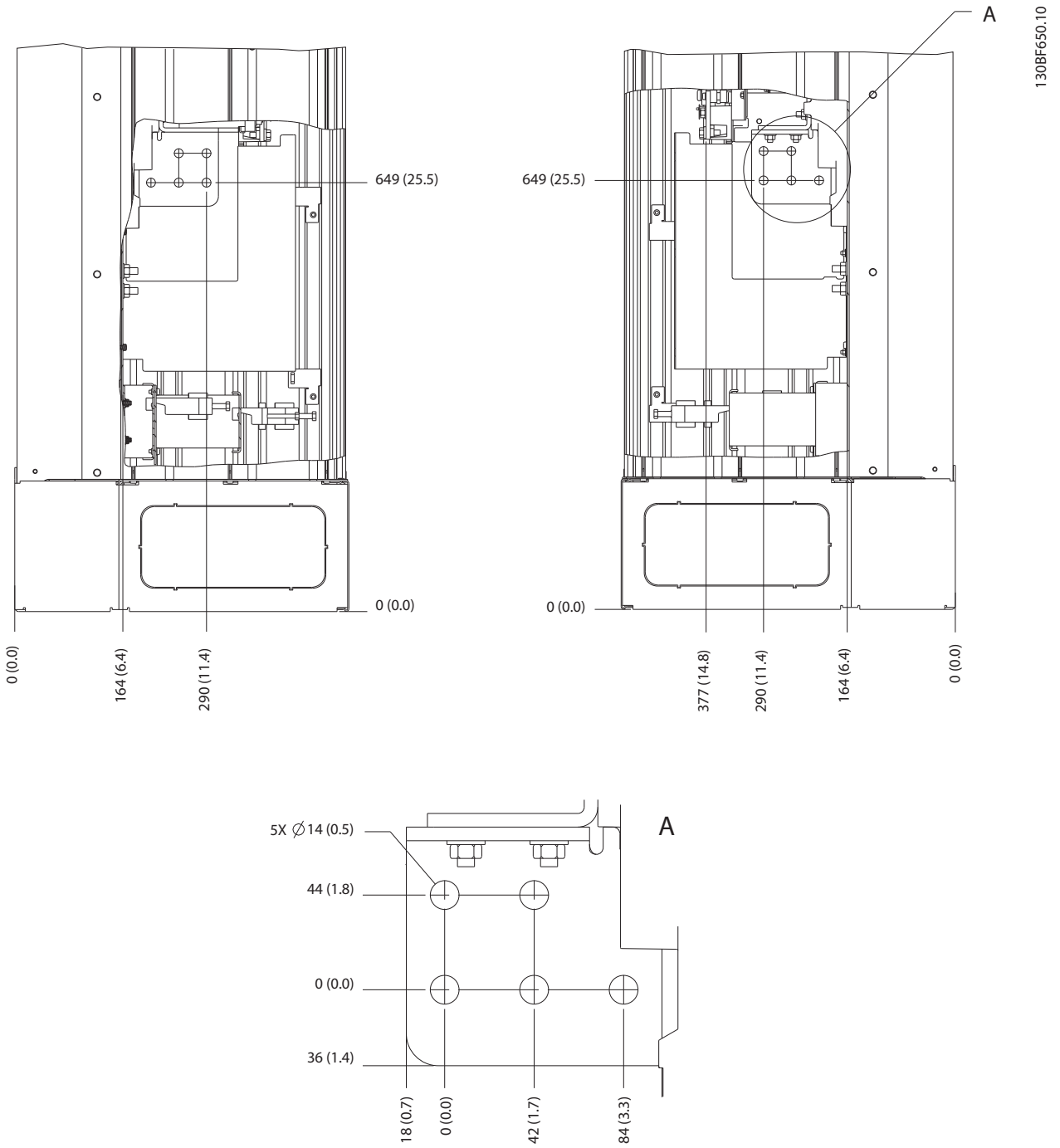
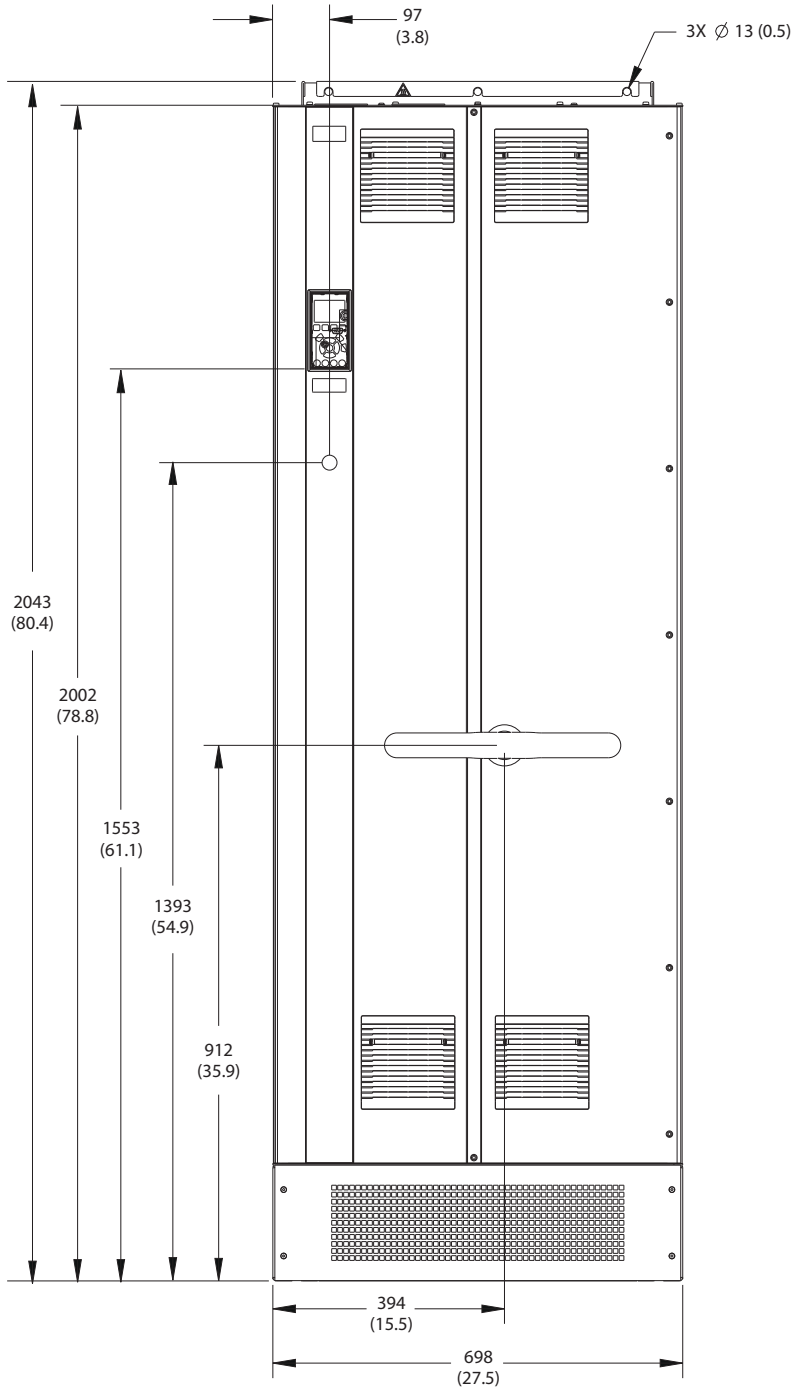


Abbildung 8.6 E1h-Klemmenabmessungen (Seitenansichten)

8.2 E2h-Außen- und Klemmenabmessungen

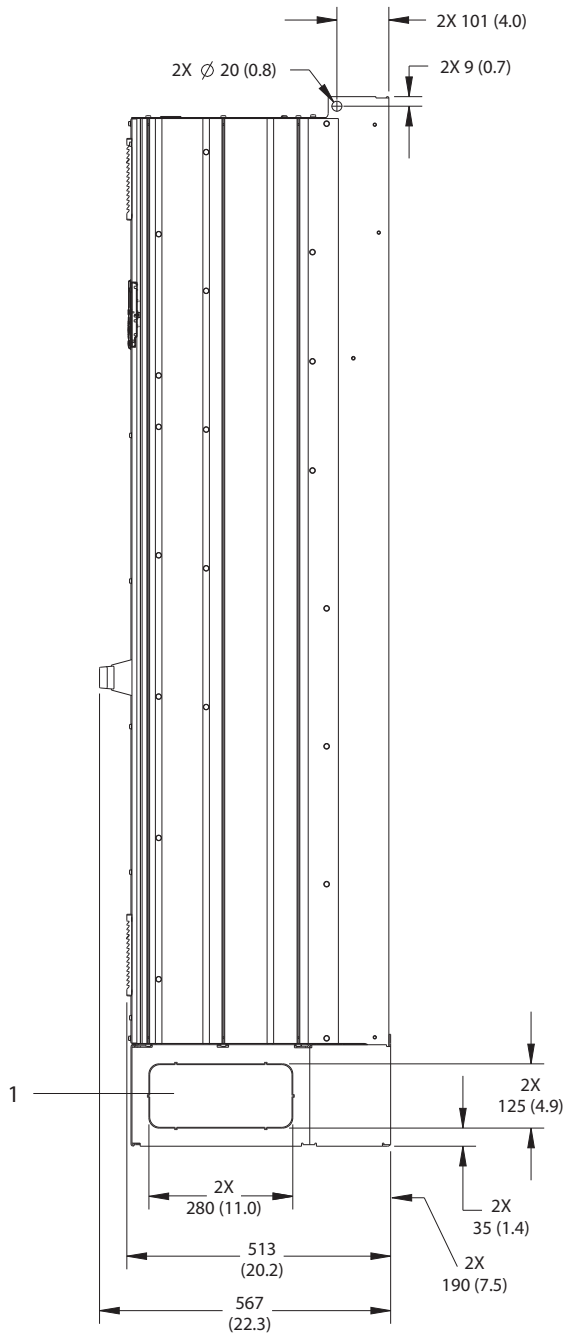
8.2.1 Außenabmessungen E2h



130BF654.10

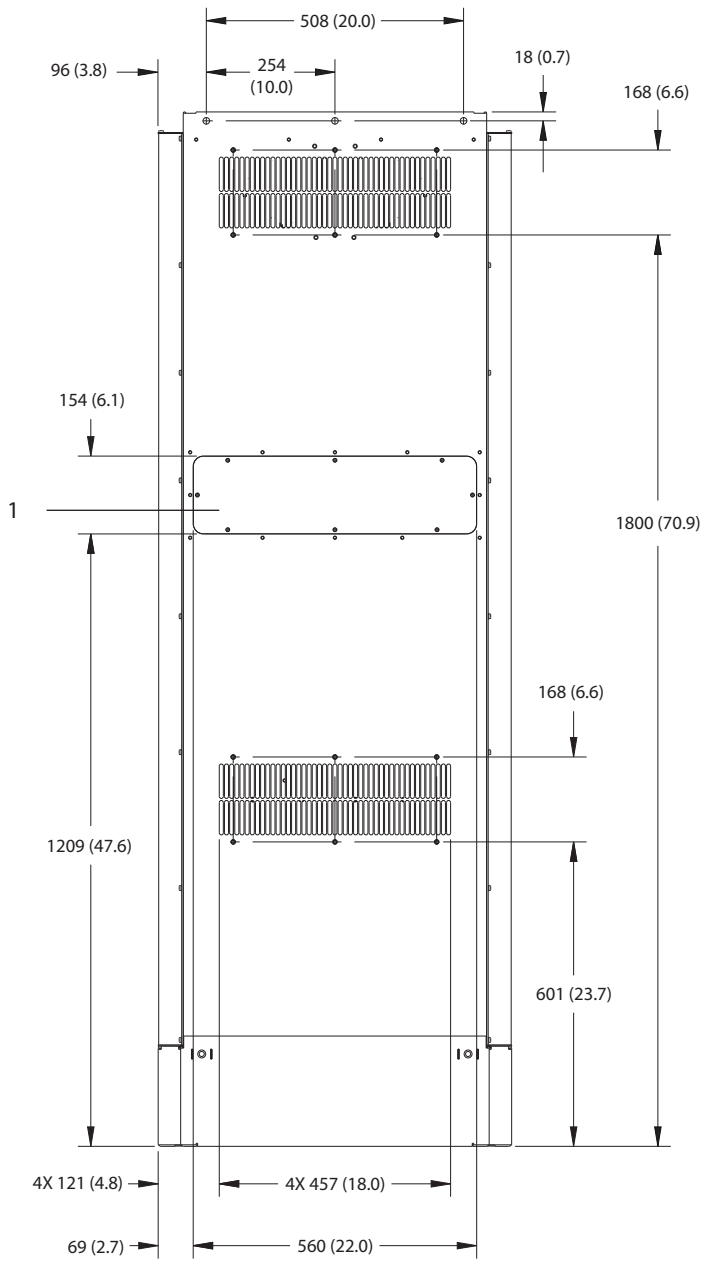
8

Abbildung 8.7 Frontansicht E2h



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

Abbildung 8.8 Seitenansicht E2h

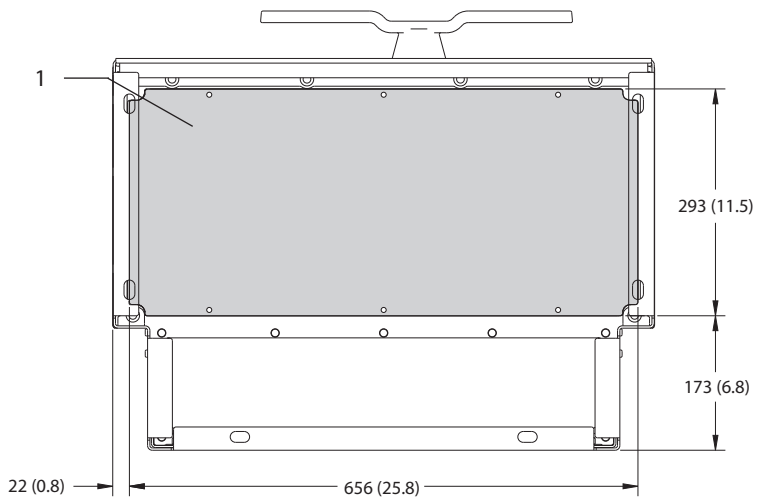
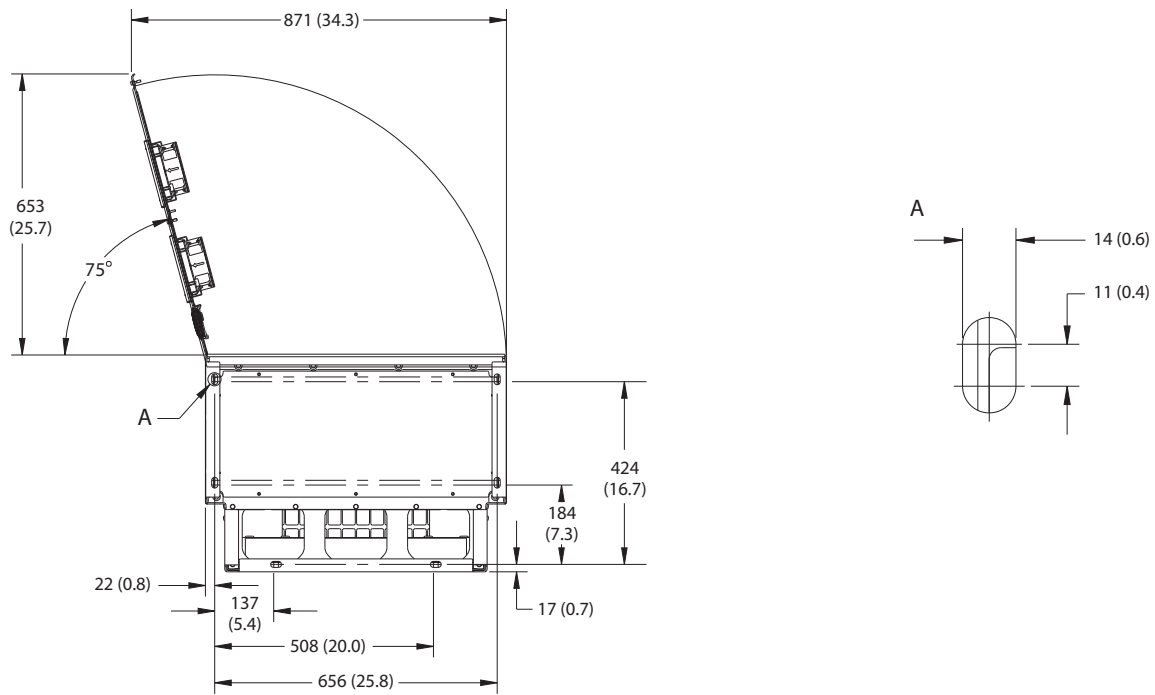


1	Kühlkörper-Zugang mit Abdeckung (optional)
---	--

Abbildung 8.9 Rückansicht E2h

8

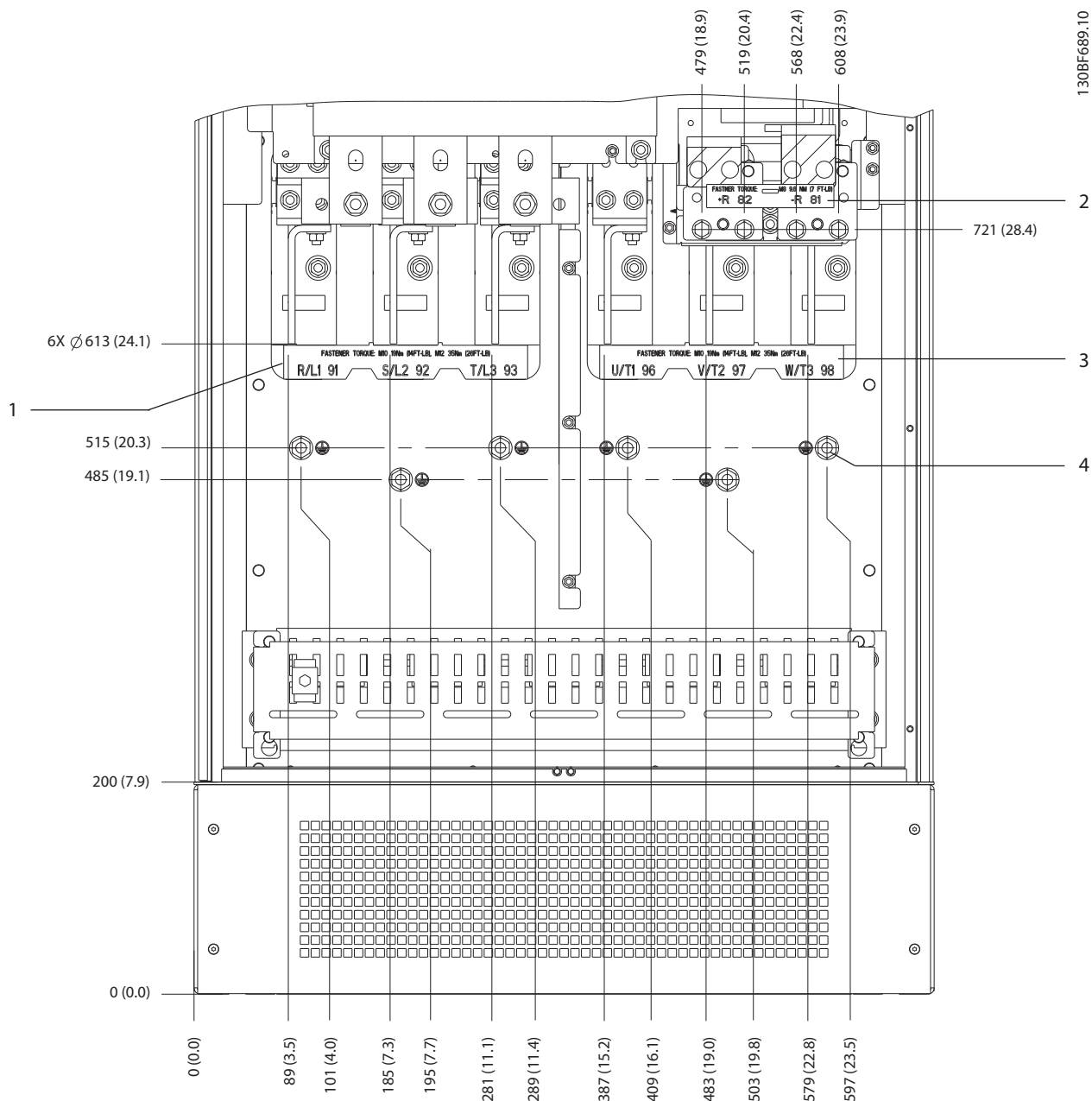
1308F652.10



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)

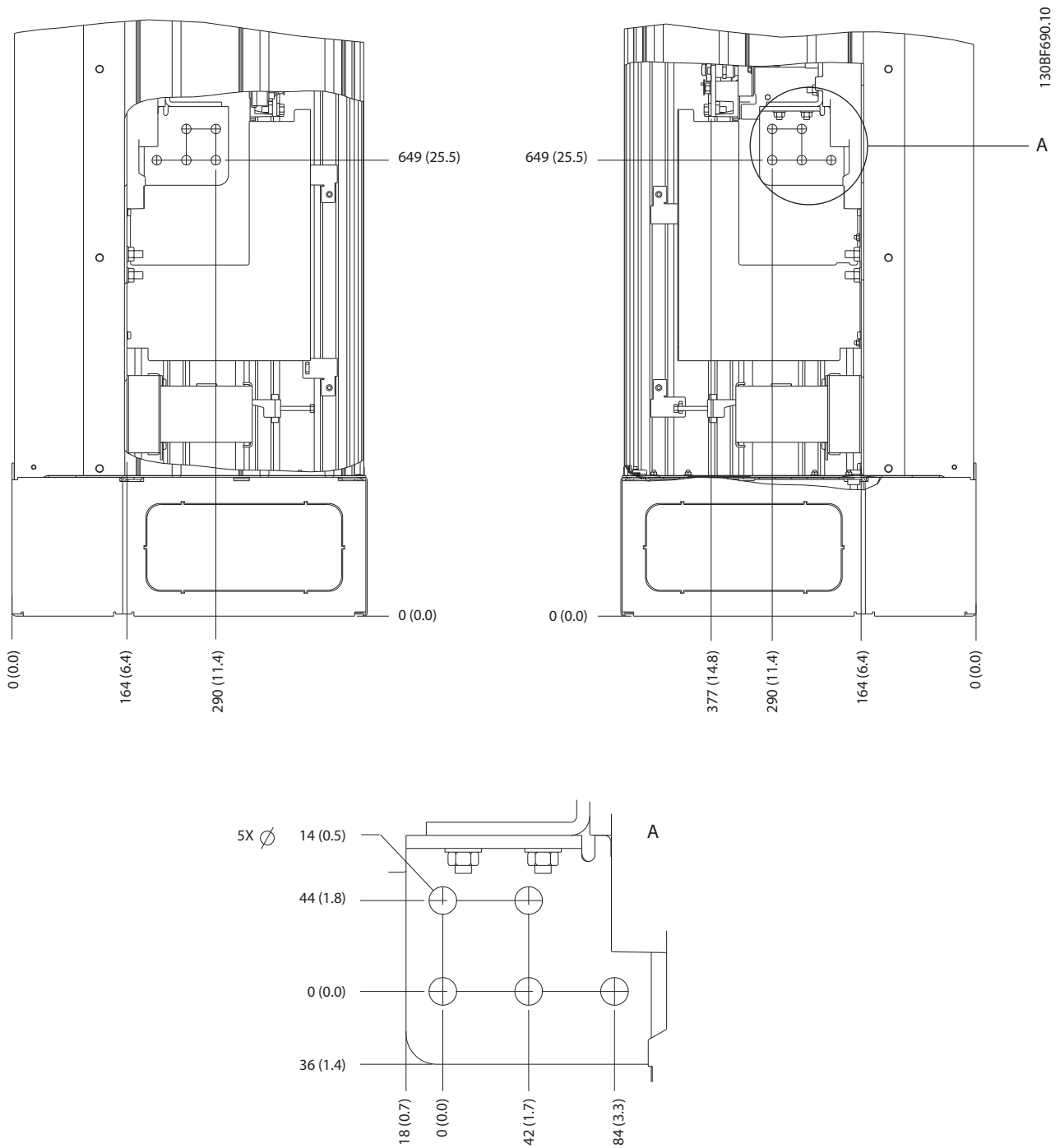
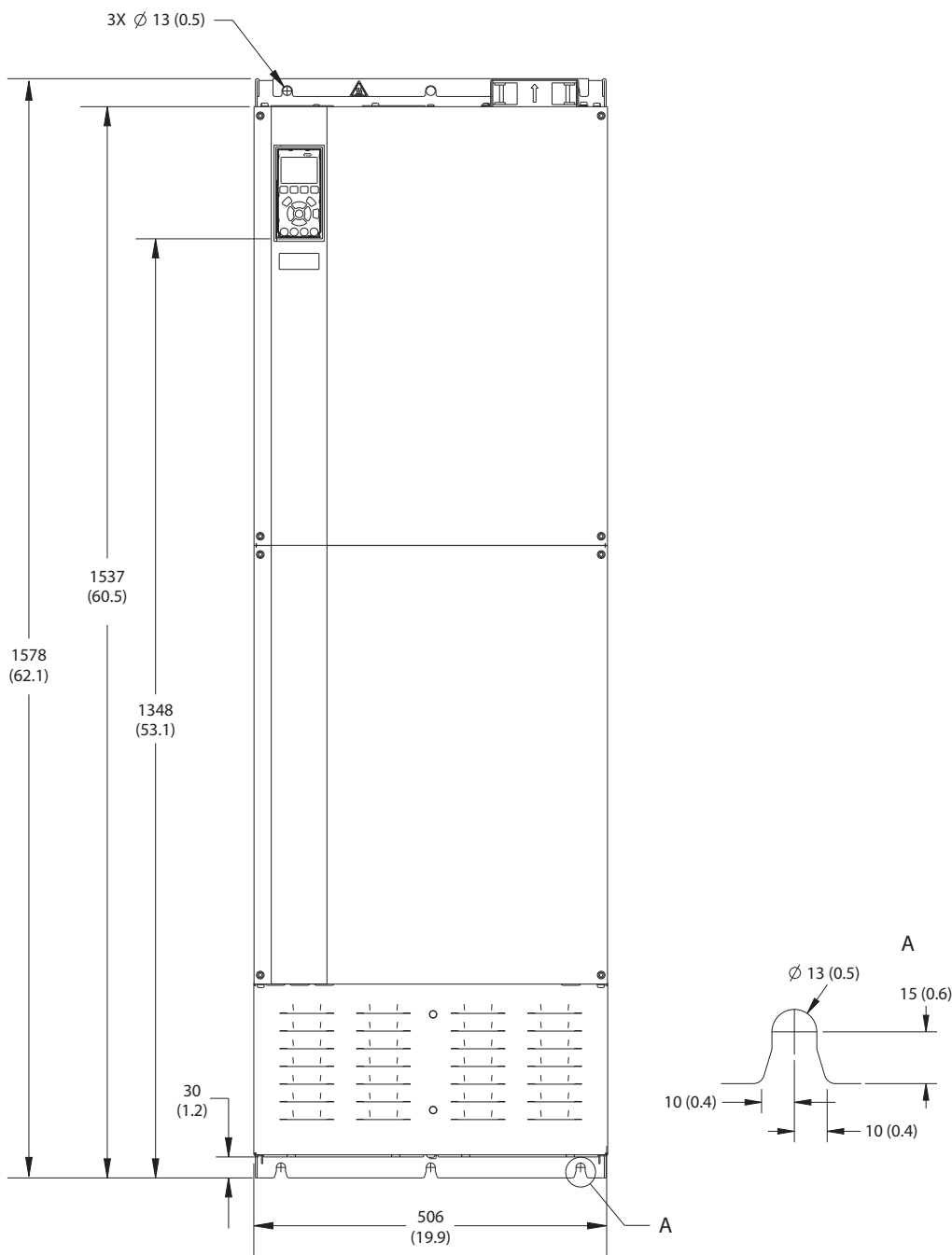


Abbildung 8.12 E2h-Klemmenabmessungen (Seitenansichten)

8.3 E3h-Außen- und Klemmenabmessungen

8.3.1 Außenabmessungen E3h



130BF656.10

8

Abbildung 8.13 Frontansicht E3h

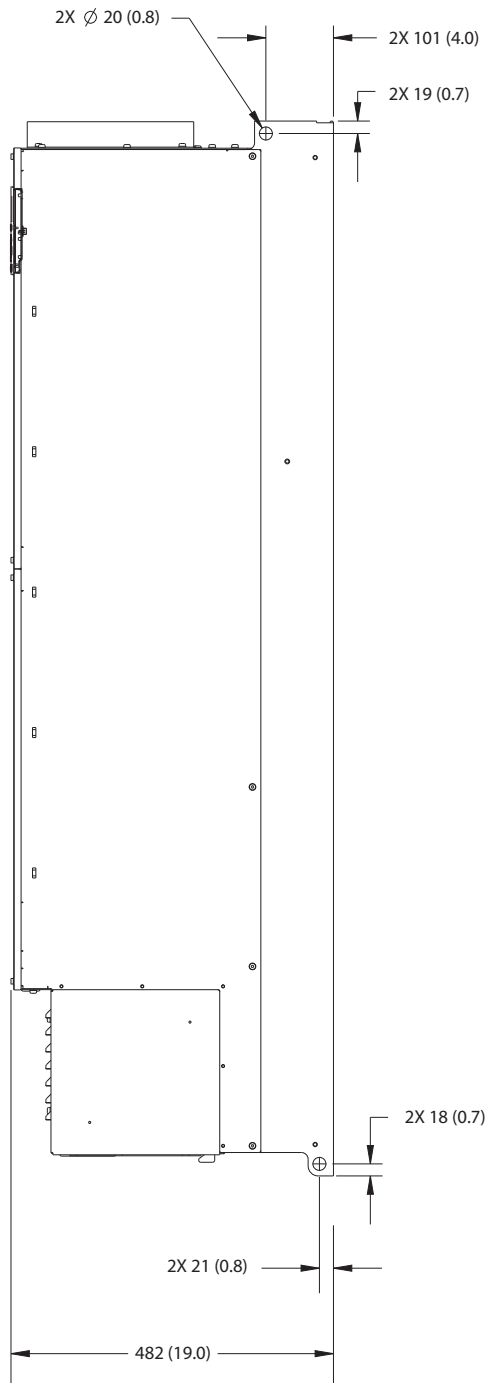
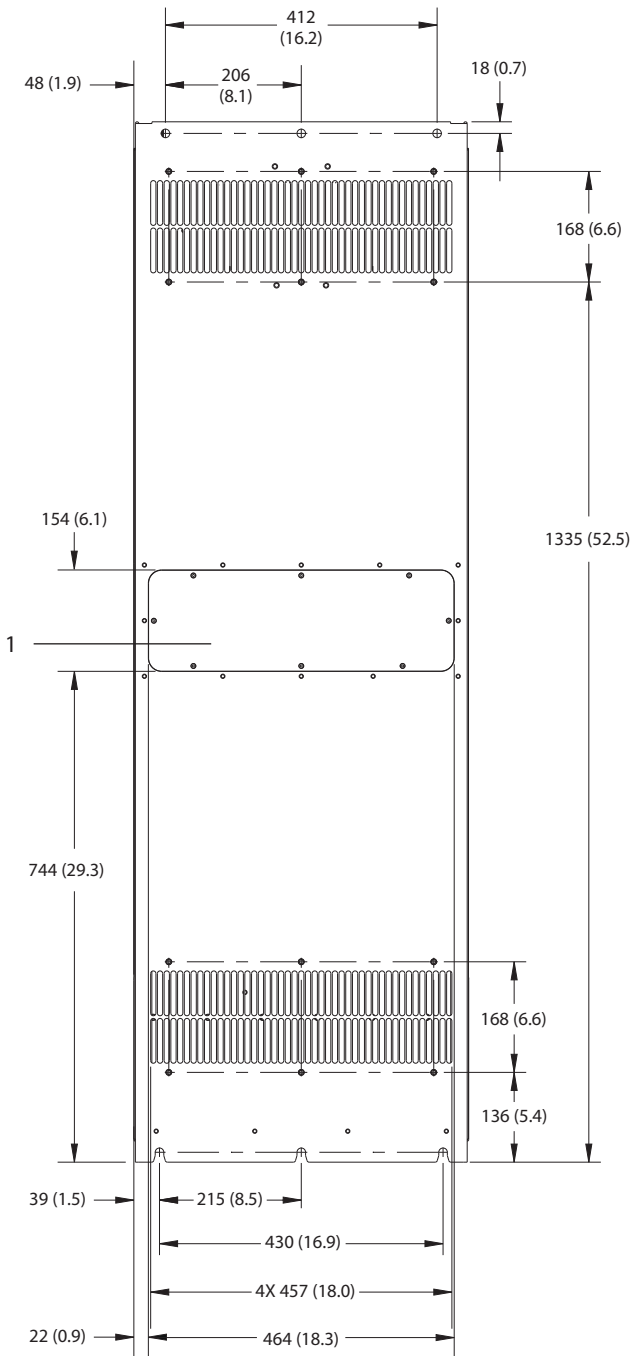


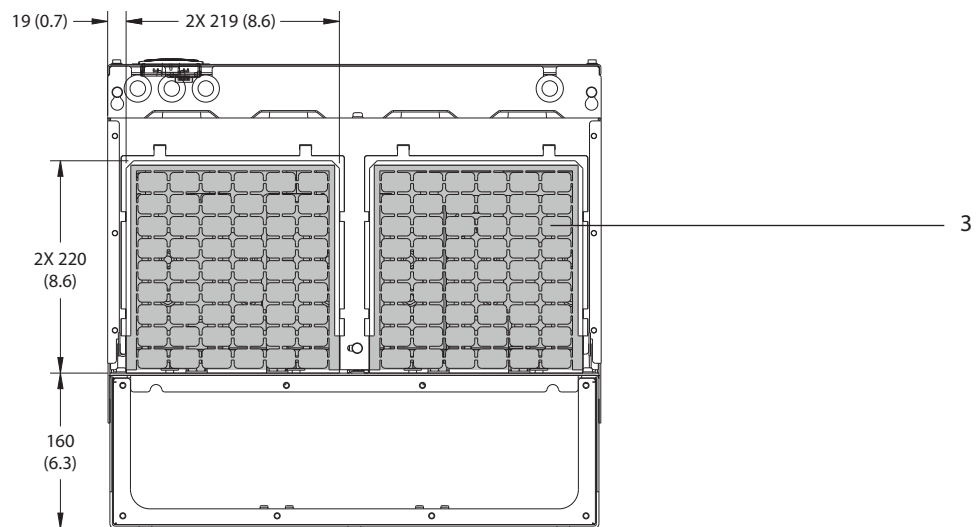
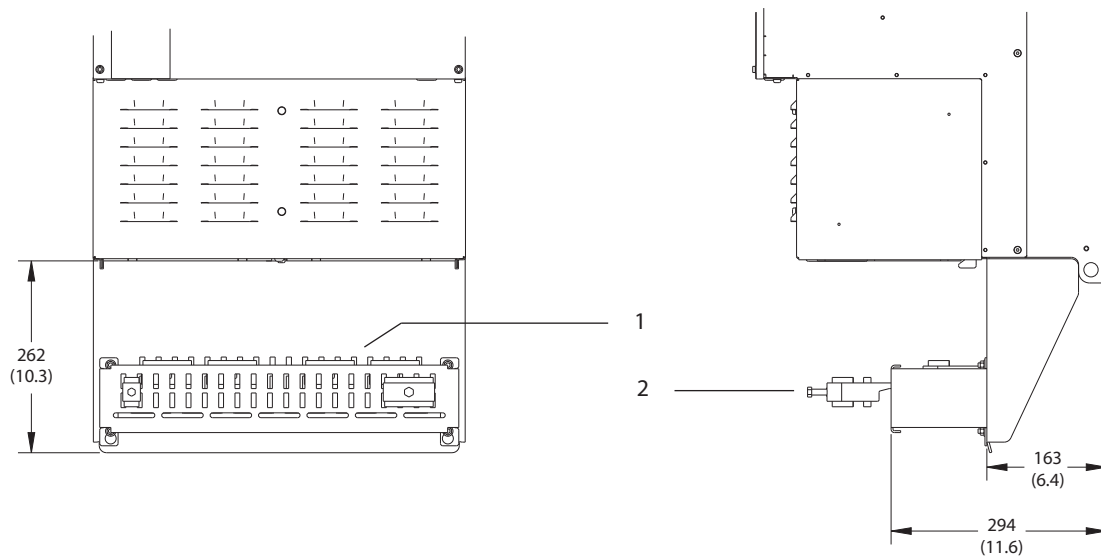
Abbildung 8.14 Seitenansicht E3h

8



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

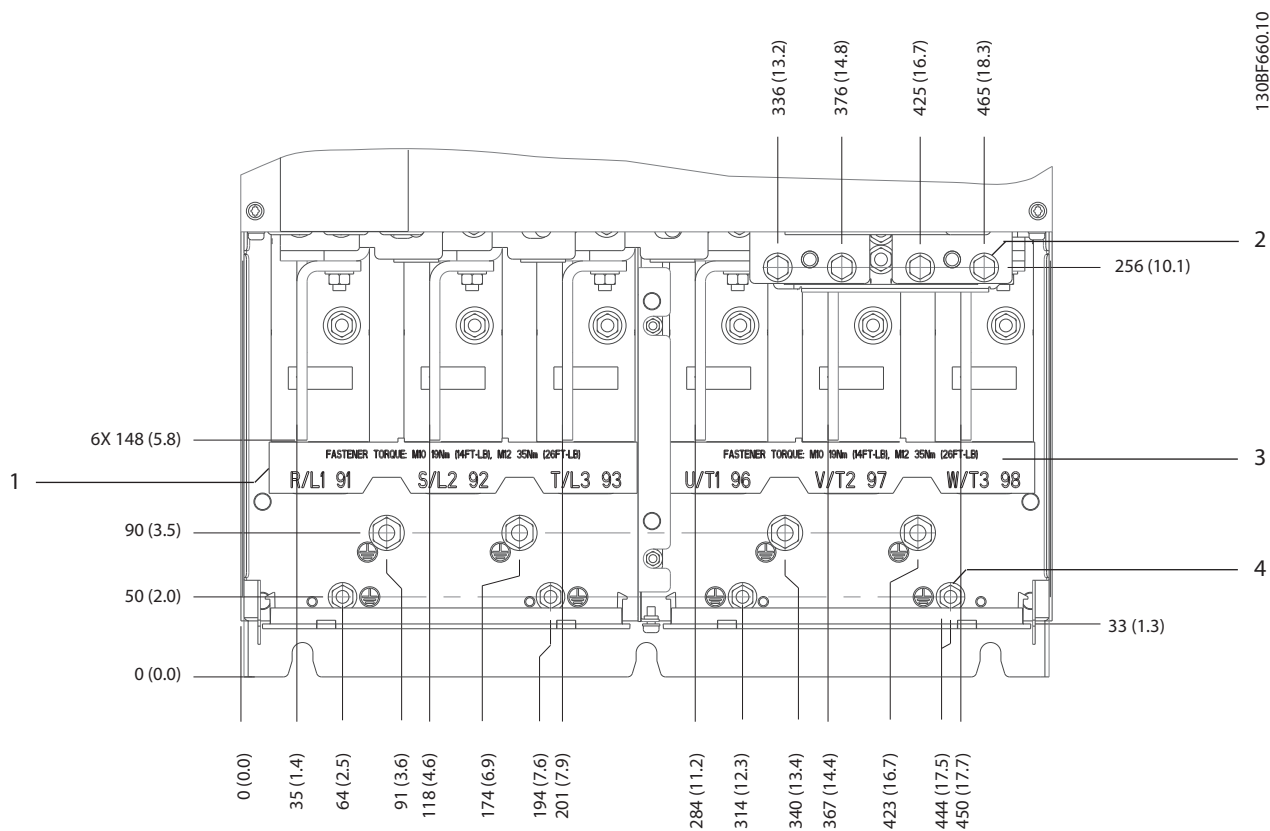
Abbildung 8.15 Rückansicht E3h



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)

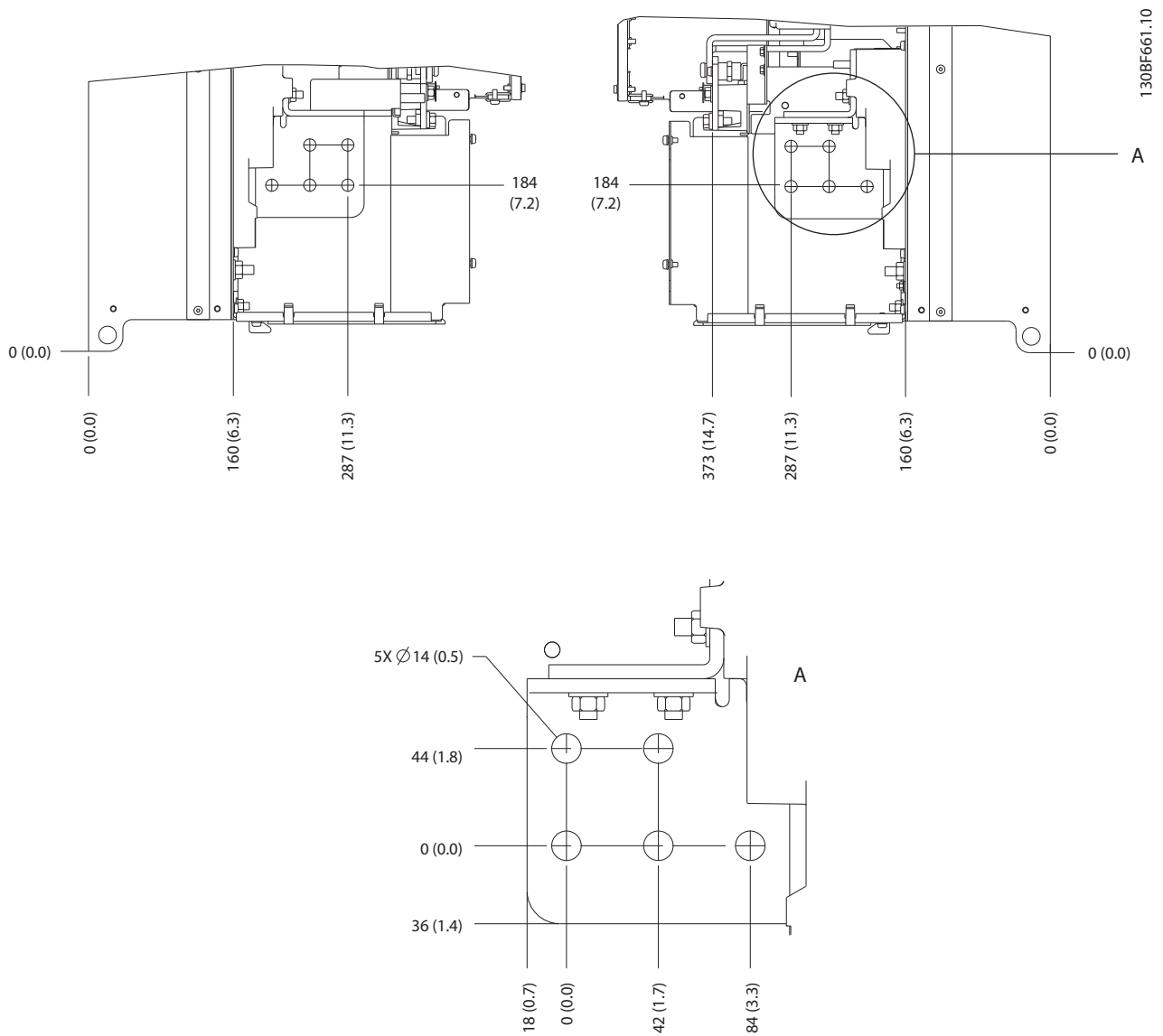


Abbildung 8.18 Abmessungen der Motor-, Netz- und Erdungsanschlussklemmen für E3h (Seitenansichten)

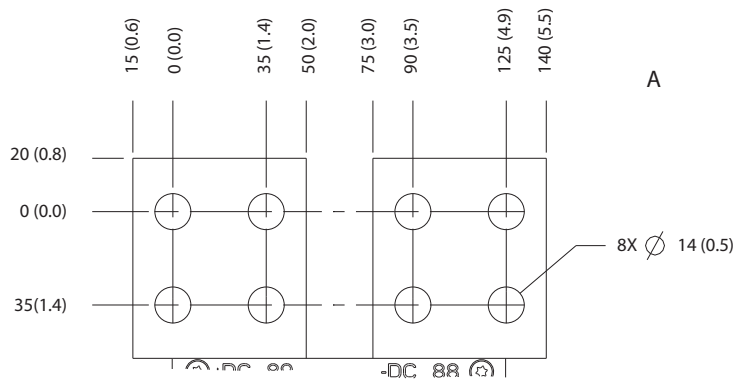
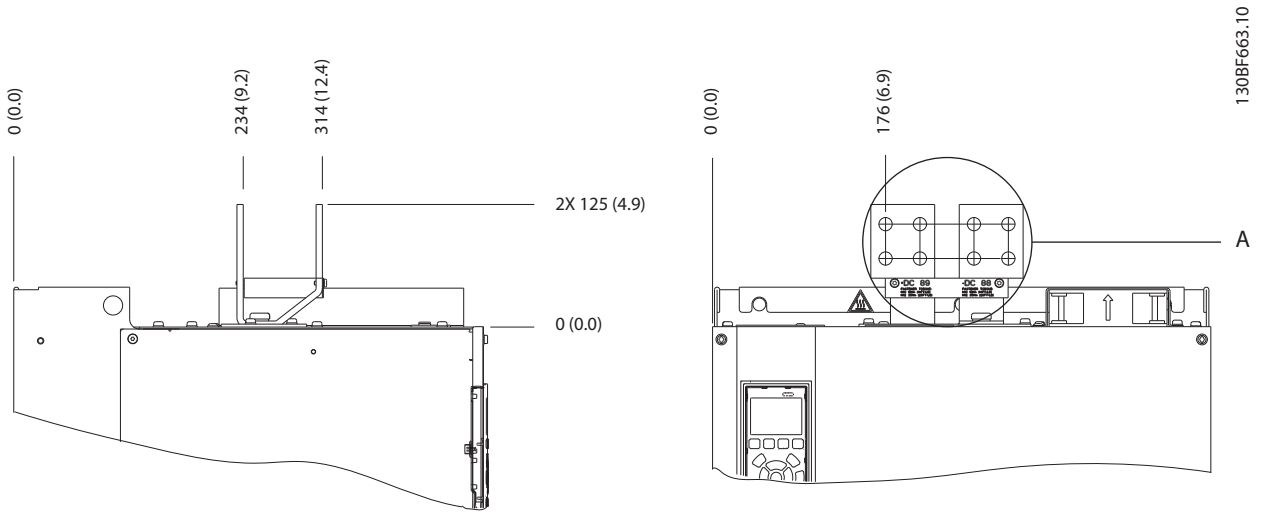
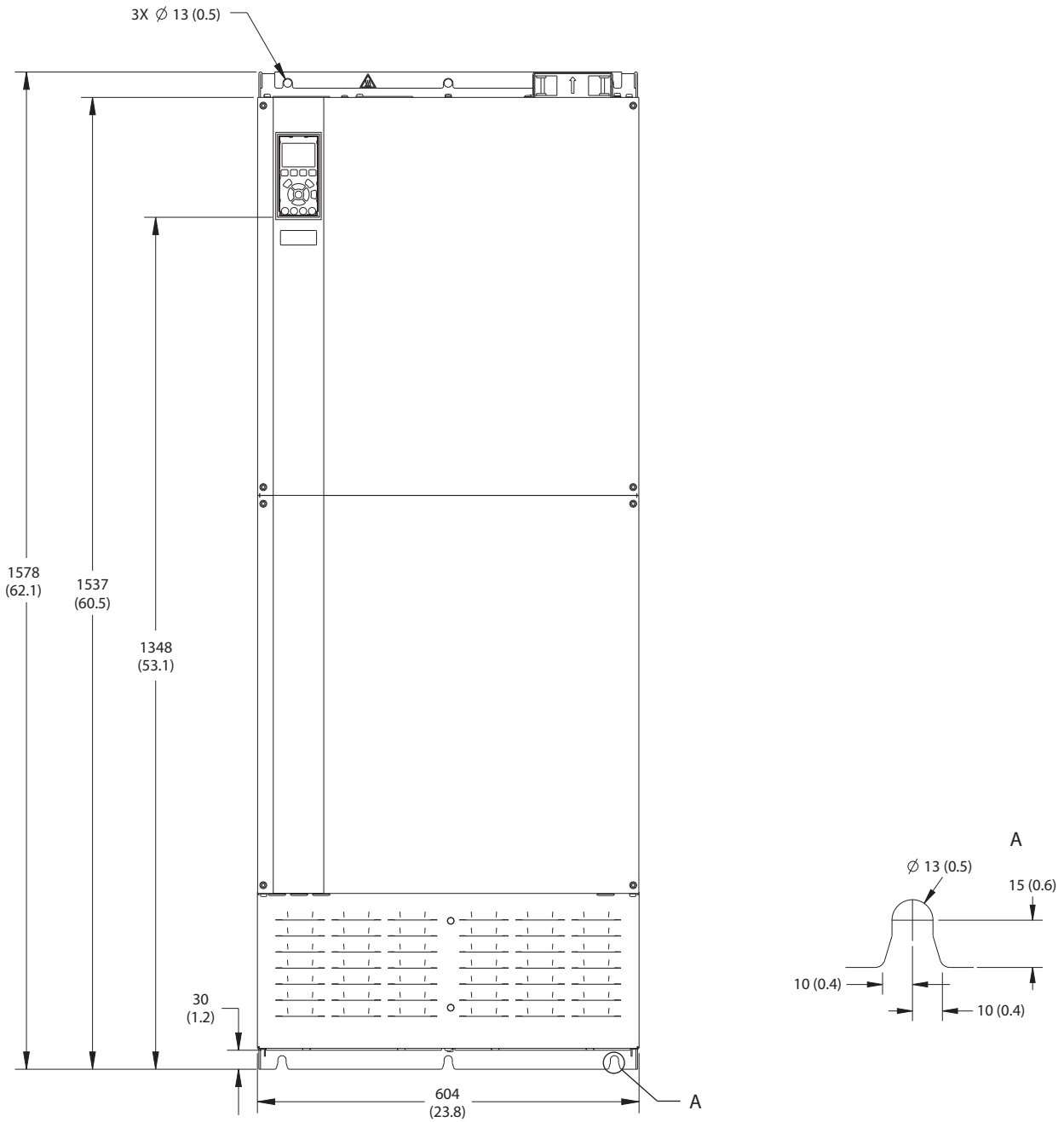


Abbildung 8.19 Abmessungen der Zwischenkreiskopplungsklemmen/Anschlüsse für Rückspeiseeinheiten für E3h

8.4 E4h-Außen- und Klemmenabmessungen

8.4.1 Außenabmessungen E4h



8

Abbildung 8.20 Frontansicht E4h

8

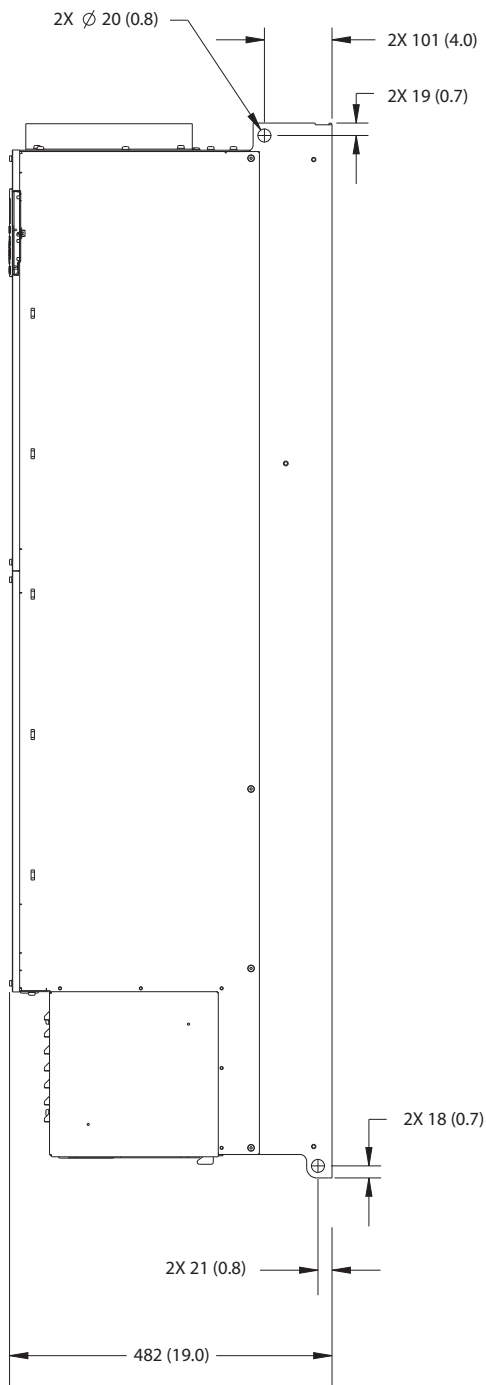
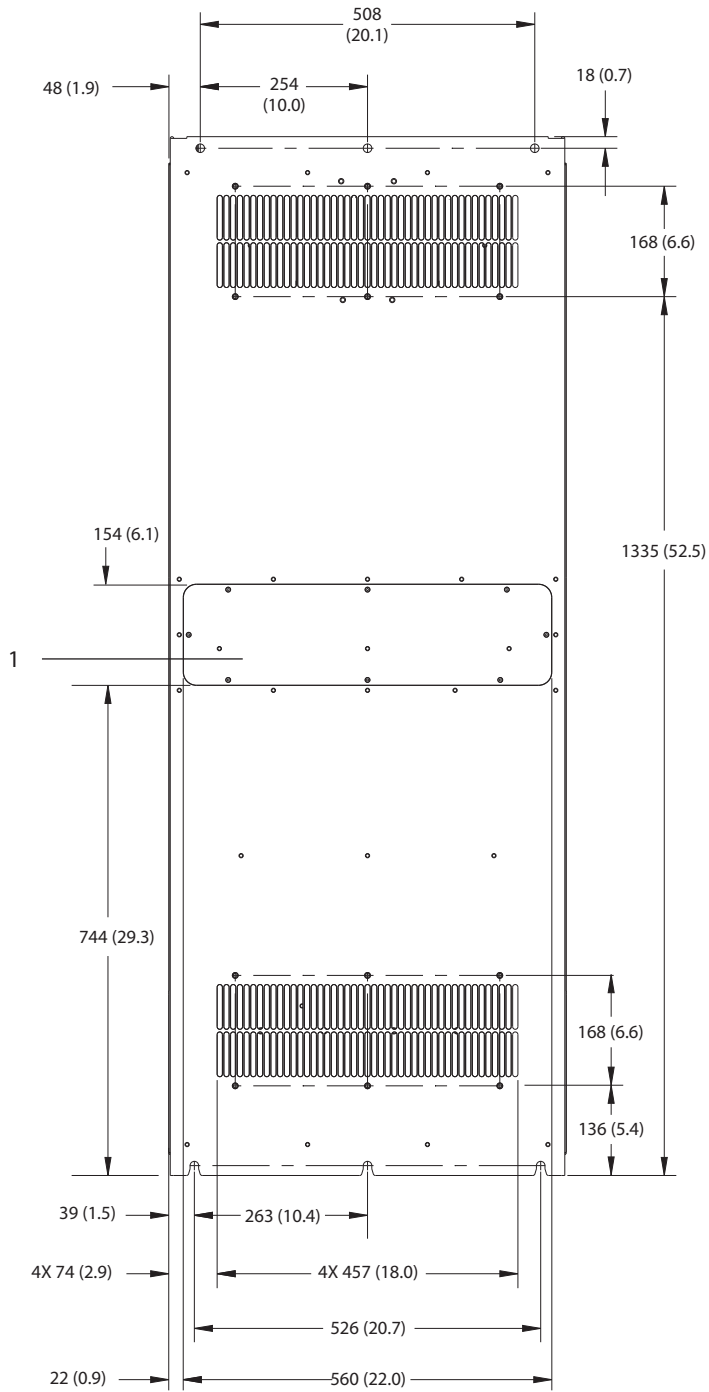
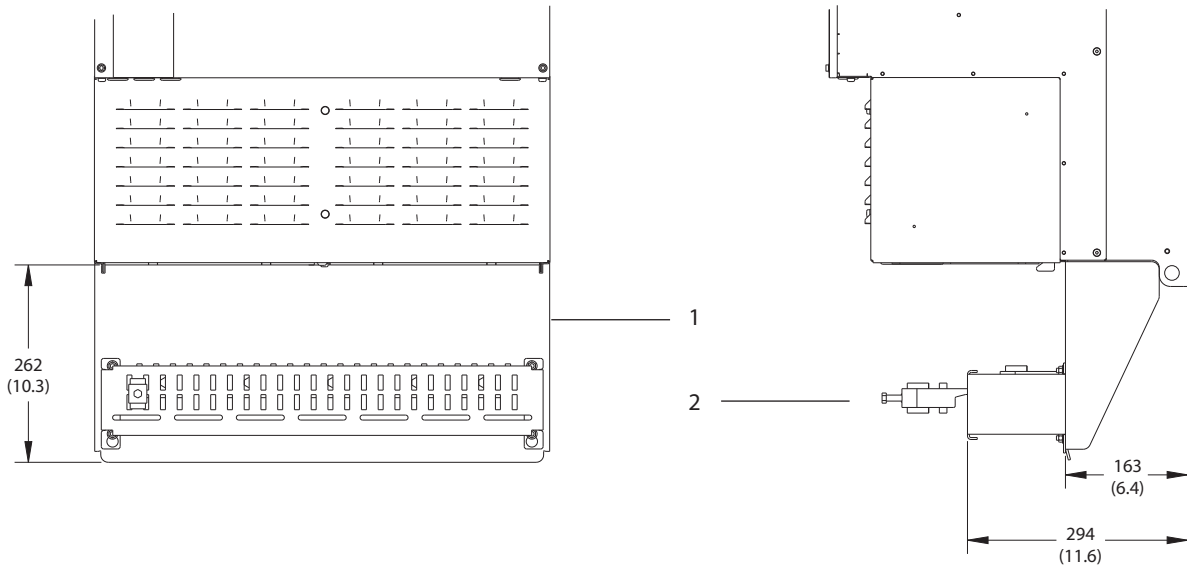


Abbildung 8.21 Seitenansicht E4h

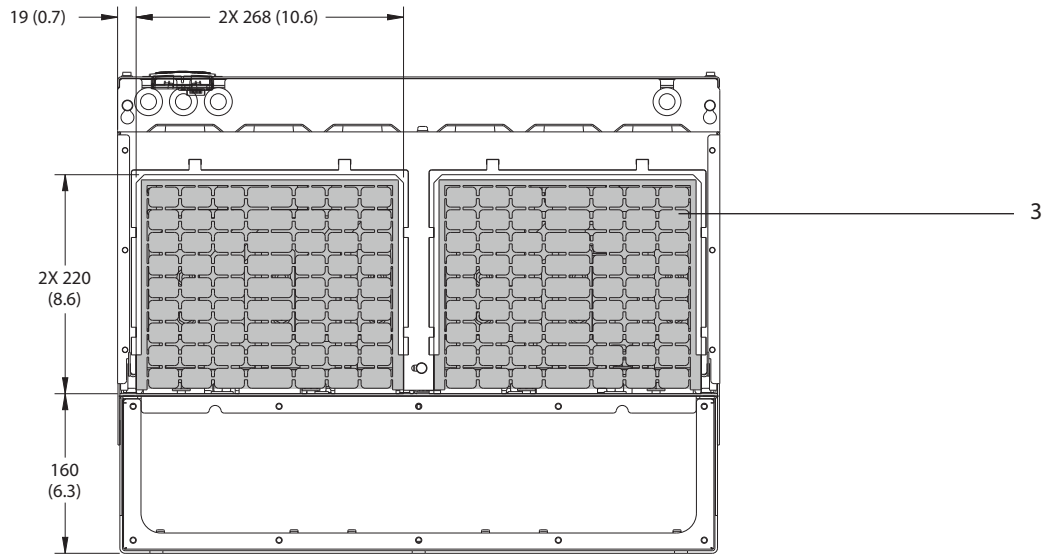


1	Kühlkörper-Zugang mit Abdeckung (optional)
---	--

Abbildung 8.22 Rückansicht E4h



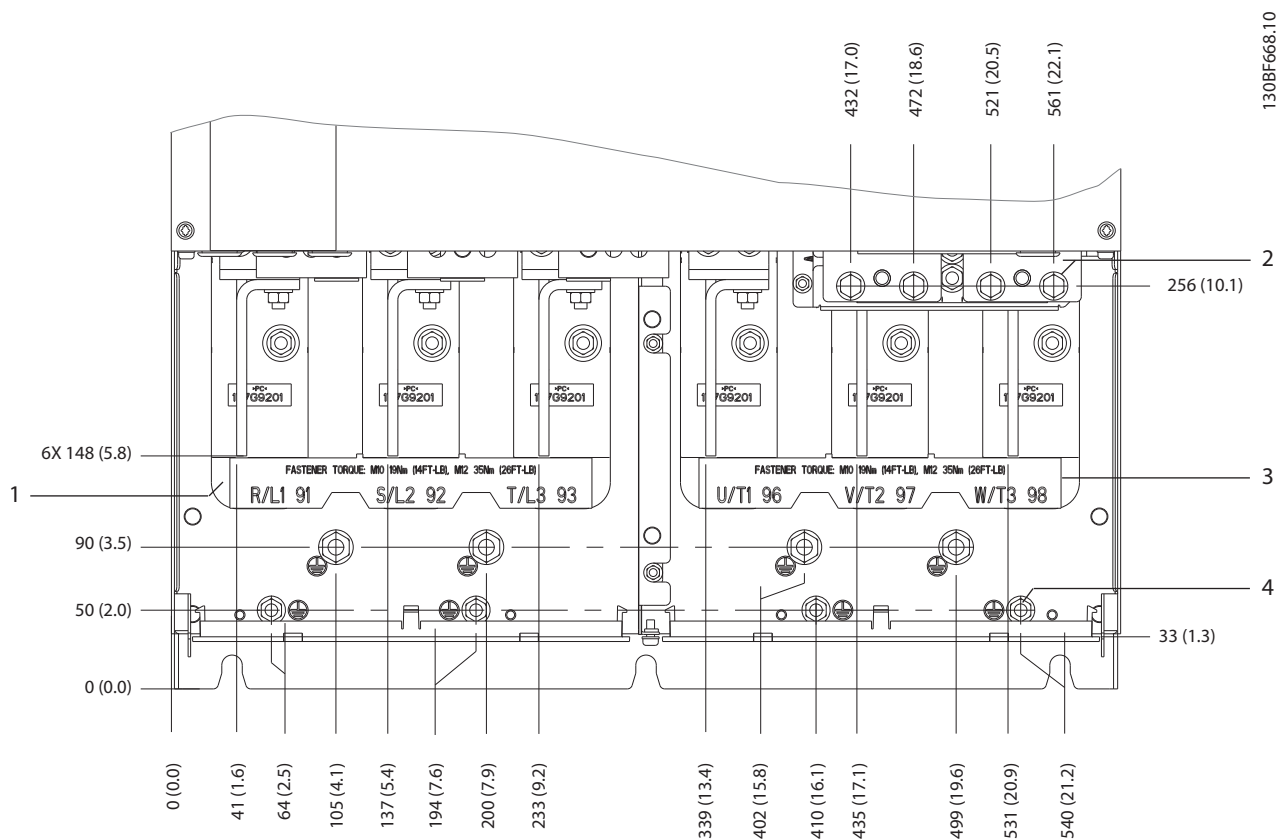
8



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

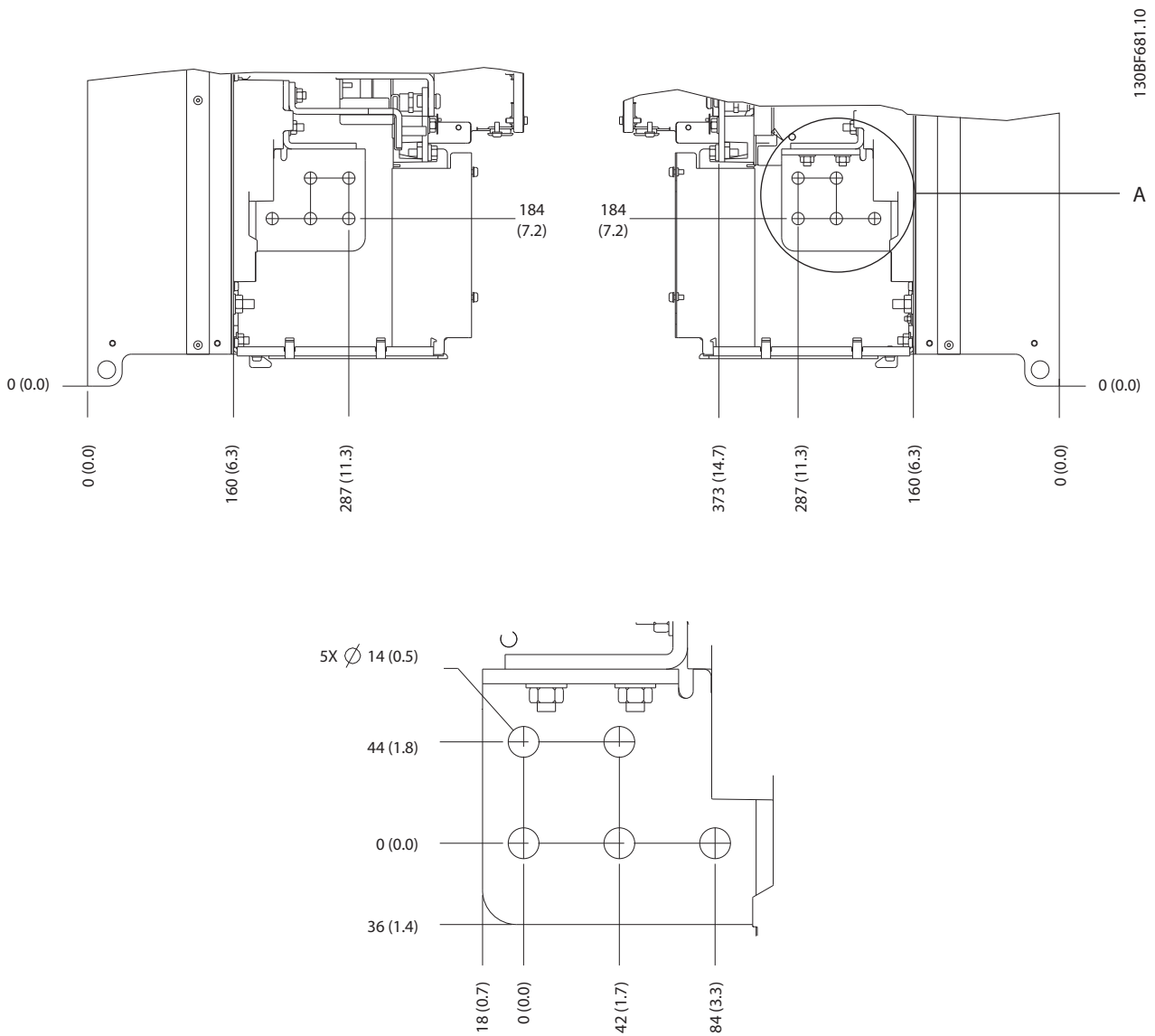
Abbildung 8.23 Abmessungen EMV-Schirmanschluss und Bodenplatte zur Kabeleinführung für E4h

8.4.2 E4h-Klemmenabmessungen



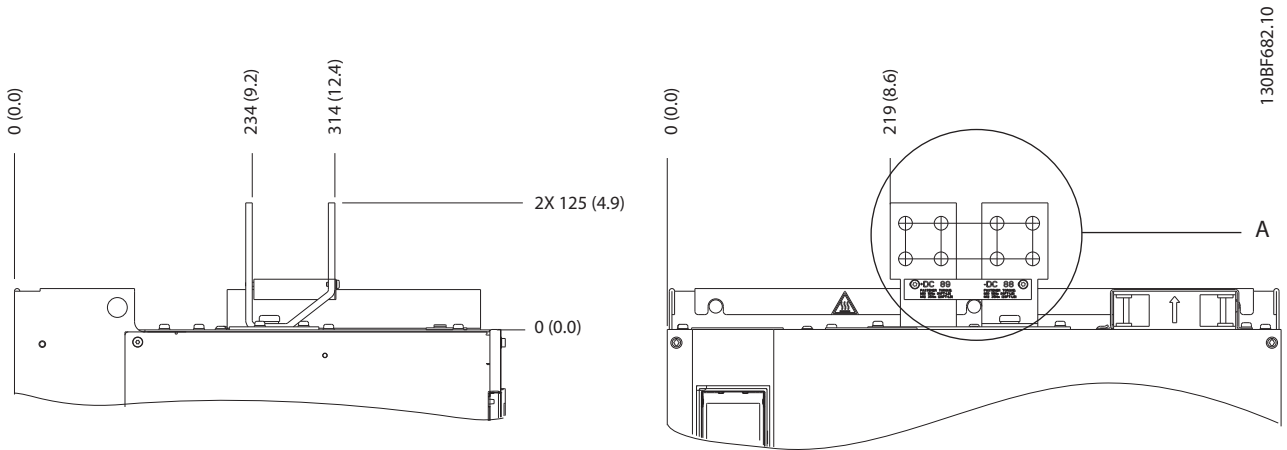
1	Netzklemmen	3	Motorklemmen
2	Anschlussklemmen für Bremse oder Rückspeiseeinheit	4	Erdungsklemmen, M8- und M10-Sechskantmuttern

Abbildung 8.24 E4h-Klemmenabmessungen (Frontansicht)



8

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



130BF682.10

8

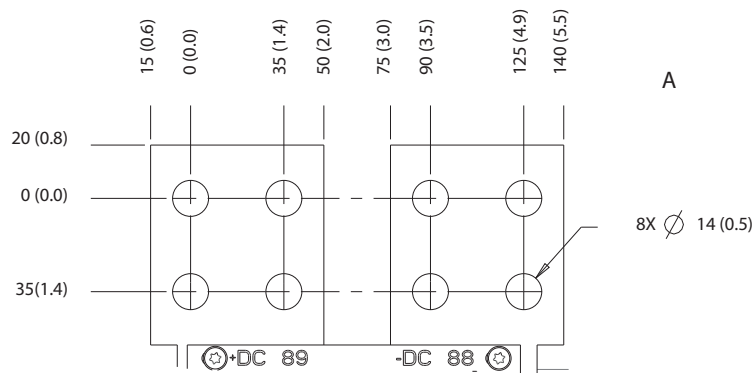


Abbildung 8.26 Abmessungen der Zwischenkreiskopplungsklemmen/Anschlüsse für Rückspeiseeinheiten für E4h

9 Überlegungen 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 des Gerätes

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°.

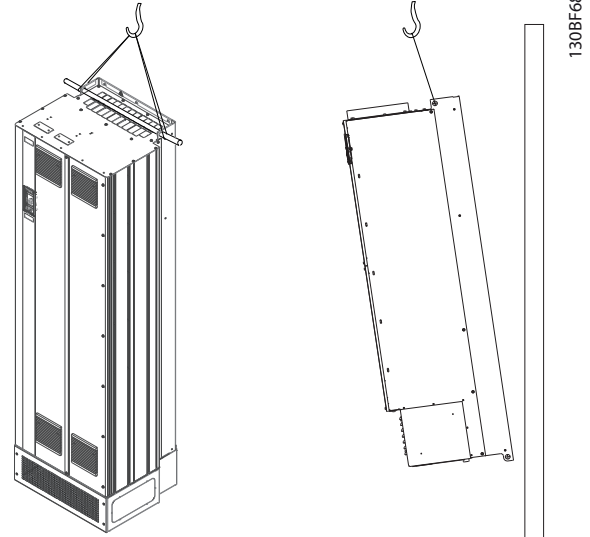


Abbildung 9.1 Empfohlenes Hebeverfahren

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 Montagekonfigurationen

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 5.8 Rückwandkühlkanal – Übersicht*.
- 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. Hinweise zur ordnungsgemäßen Montage finden Sie in *Kapitel 9.4 Montagekonfigurationen*.

- Sehen Sie über und unter dem Frequenzumrichter zur Luftzirkulation einen ausreichenden Abstand vor. Abstandsanforderung: 225 mm (9 in).
- 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 (3300 ft) 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 Kühlkörperkühlung führt ca. 90 % der Wärme über die Kühlkanäle auf der 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 Türlüfter verwenden können.
- **Rückwand-Kühlung**
Die Anbringung von oberen und unteren Abdeckungen am Frequenzumrichter ermöglicht es, die Kühlluft über die rückseitigen Kühlkanäle aus dem Raum abzuleiten.

HINWEIS

Für die Bauformen E3h und E4h (IP20) ist im Schaltschrank mindestens ein Türlüfter erforderlich, um die nicht über den rückseitigen Kühlkanal des Frequenzumrichters abgeführte Wärme aus dem Schrank abzuleiten. Zudem wird die durch weitere Komponenten im Frequenzumrichter erzeugte Wärme ebenfalls abgeführt. Zur Auswahl der passenden Lüftergröße berechnen Sie den erforderlichen Gesamt-Luftstrom.

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*.

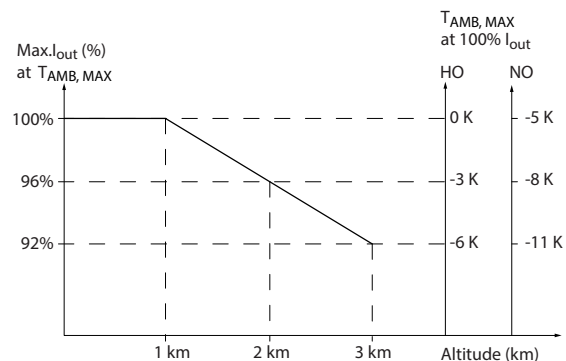


Abbildung 9.2 Höhenabhängige Ausgangsstromreduzierung bei $T_{AMB, MAX}$

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.

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 *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.

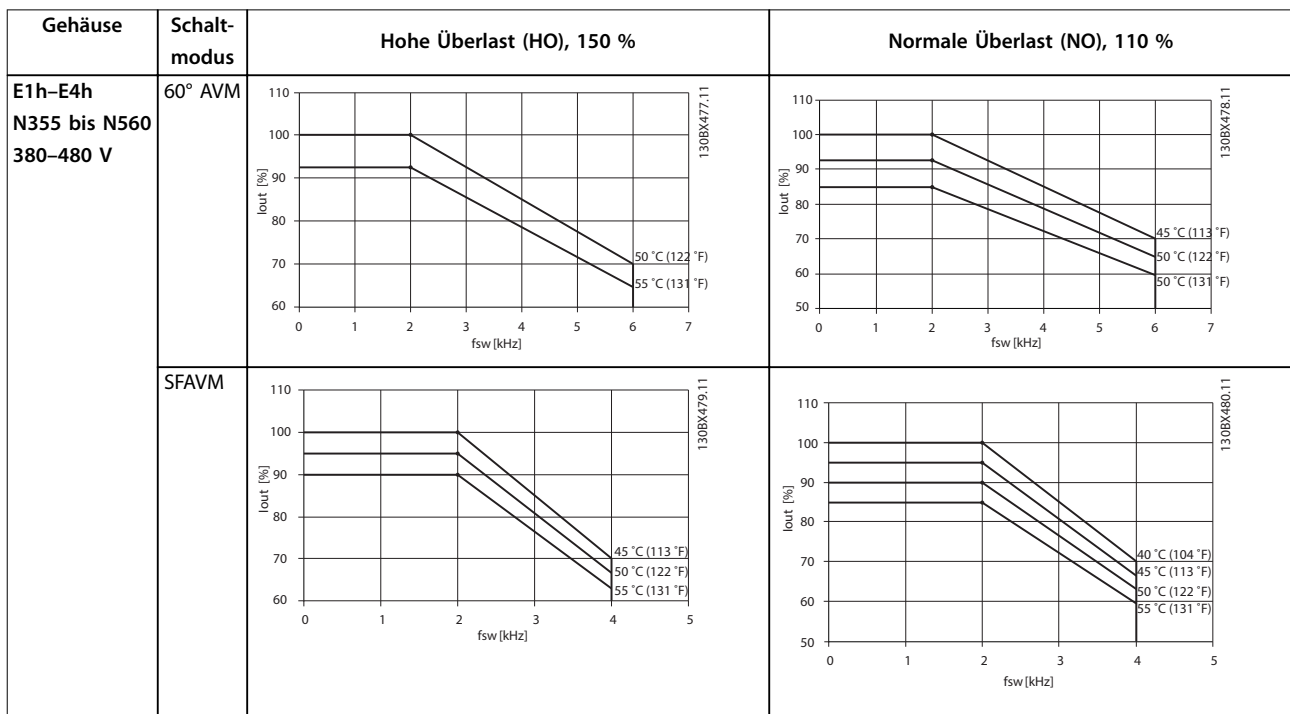


Tabelle 9.3 Leistungsreduzierung bei Frequenzumrichtern mit einer Nennspannung von 380-480 V



Gehäuse	Schaltmodus	Hohe Überlast (HO), 150 %	Normale Überlast (NO), 110 %
E1h-E4h N450 bis N800 525-690 V	60° AVM	<p>Graph showing output power (I_{out} [%]) vs. switching frequency (f_{sw} [kHz]) for 60° AVM in High Load (HO) mode. The y-axis ranges from 60 to 110, and the x-axis from 0.0 to 5.5. Two curves are shown for 50 °C (122 °F) and 55 °C (131 °F). The 50 °C curve starts at 100% at 1.5 kHz and drops to ~70% at 5.5 kHz. The 55 °C curve starts at ~92% at 1.5 kHz and drops to ~65% at 5.5 kHz. Reference: 130BX489.11</p>	<p>Graph showing output power (I_{out} [%]) vs. switching frequency (f_{sw} [kHz]) for 60° AVM in Normal Load (NO) mode. The y-axis ranges from 50 to 110, and the x-axis from 0.0 to 5.5. Three curves are shown for 45 °C (113 °F), 50 °C (122 °F), and 55 °C (131 °F). The 45 °C curve starts at 100% at 1.5 kHz and drops to ~70% at 5.5 kHz. The 50 °C curve starts at ~92% at 1.5 kHz and drops to ~65% at 5.5 kHz. The 55 °C curve starts at ~85% at 1.5 kHz and drops to ~60% at 5.5 kHz. Reference: 130BX490.11</p>
	SFAVM	<p>Graph showing output power (I_{out} [%]) vs. switching frequency (f_{sw} [kHz]) for SFAVM in High Load (HO) mode. The y-axis ranges from 60 to 110, and the x-axis from 0.0 to 4.0. Three curves are shown for 45 °C (113 °F), 50 °C (122 °F), and 55 °C (131 °F). The 45 °C curve starts at 100% at 1.5 kHz and drops to ~75% at 4.0 kHz. The 50 °C curve starts at ~92% at 1.5 kHz and drops to ~70% at 4.0 kHz. The 55 °C curve starts at ~85% at 1.5 kHz and drops to ~65% at 4.0 kHz. Reference: 130BX491.11</p>	<p>Graph showing output power (I_{out} [%]) vs. switching frequency (f_{sw} [kHz]) for SFAVM in Normal Load (NO) mode. The y-axis ranges from 50 to 110, and the x-axis from 0.0 to 4.0. Four curves are shown for 40 °C (104 °F), 45 °C (113 °F), 50 °C (122 °F), and 55 °C (131 °F). The 40 °C curve starts at 100% at 1.5 kHz and drops to ~75% at 4.0 kHz. The 45 °C curve starts at ~92% at 1.5 kHz and drops to ~70% at 4.0 kHz. The 50 °C curve starts at ~85% at 1.5 kHz and drops to ~65% at 4.0 kHz. The 55 °C curve starts at ~78% at 1.5 kHz and drops to ~60% at 4.0 kHz. Reference: 130BX492.11</p>

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

10 Überlegungen 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

STROMSCHLAGEFAHR

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

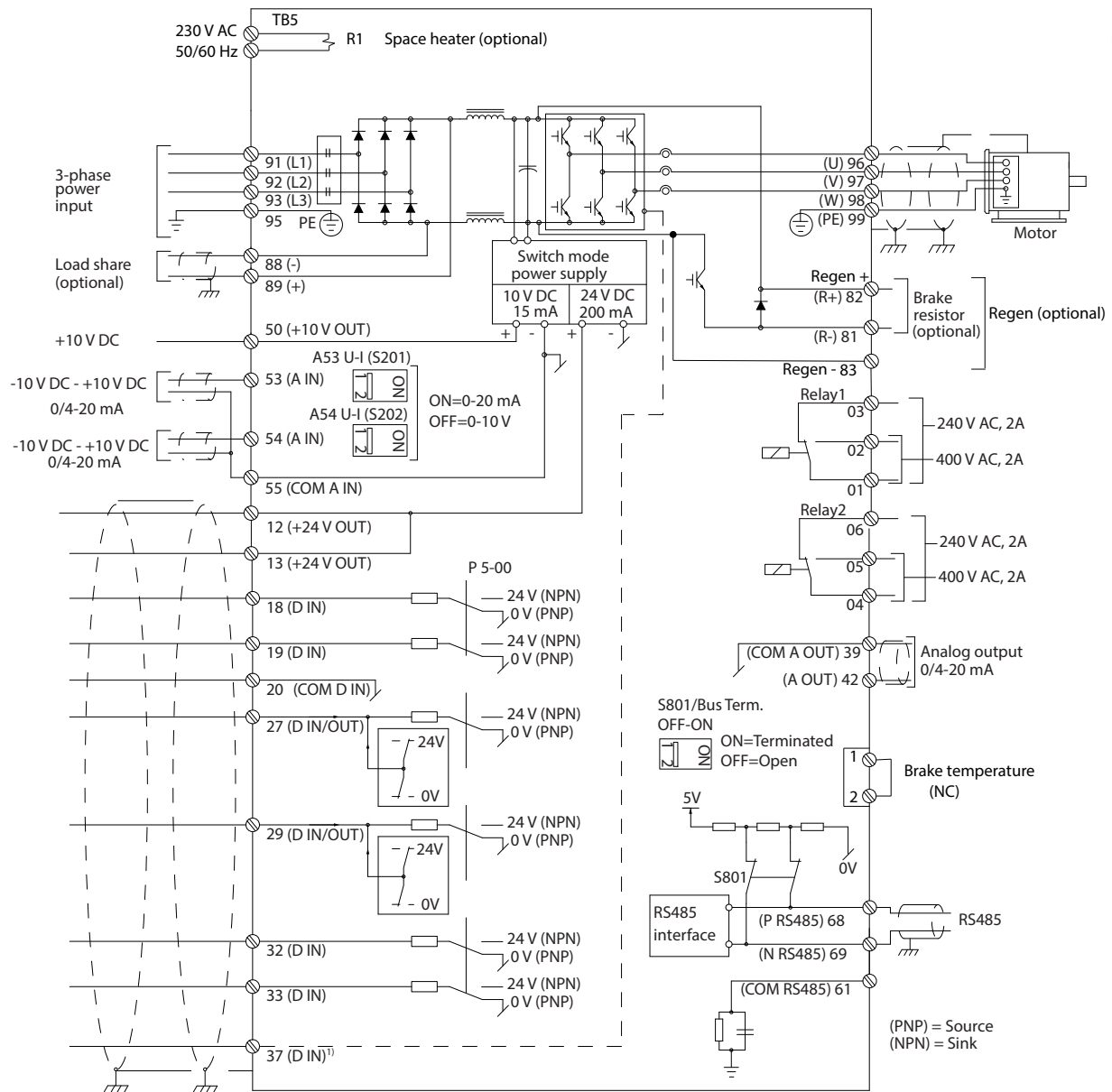


Abbildung 10.1 E1h-E4h-Anschlussplan

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 Leistungsanschlüsse

HINWEIS

Befolgen Sie stets die nationalen und lokalen Vorschriften zum Leitungsquerschnitt und zur Umgebungstemperatur. Für UL-Anwendungen sind Kupferleiter mit Nenntemperatur von 75 °C (167 °F) zu verwenden. Nicht-UL-Anwendungen können 75-°C- (167-°F)- und 90-°C- (194-°F)-Kupferleiter verwendet werden.

Die Anordnung der Leistungsanschlüsse 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 10.5 Sicherungen und Trennschalter*. Achten Sie auf eine ordnungsgemäße Sicherung gemäß den lokalen Vorschriften.

Bei Ausführungen mit Netzschalter ist dieser auf der Netzseite vorverdrahtet.

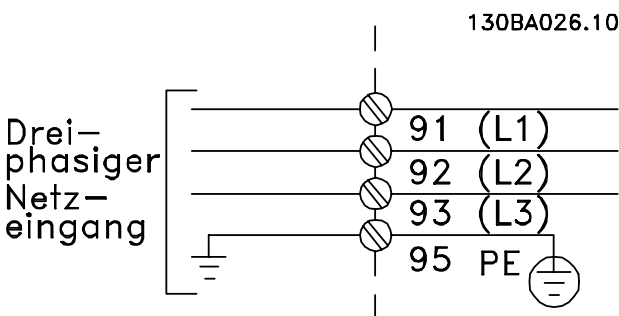


Abbildung 10.2 Leistungsanschlüsse

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 die 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 eine geeignete Isolation, welche für den Betrieb an einem Zwischenkreisumrichter benötigt wird, muss ein Sinusfilter am Ausgang des Frequenzumrichters vorgesehen werden.

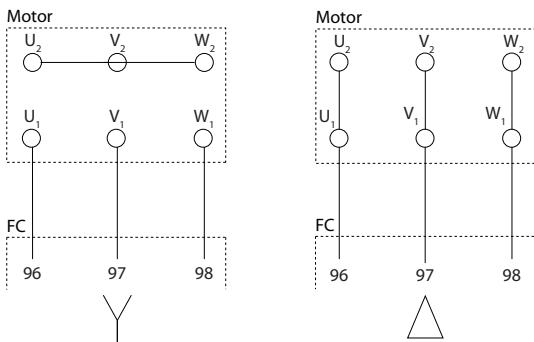


Abbildung 10.3 Motorkabelanschluss

175ZA114.11

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 5.6 Zwischenkreiskopplung – Übersicht*.

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

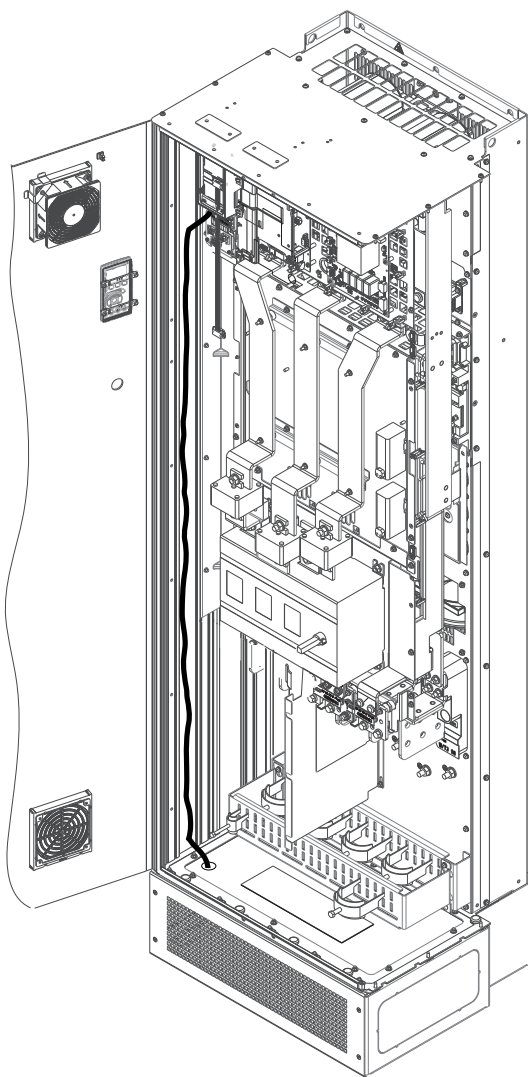
10.4.1 Führung von Steuerleitungen

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*.

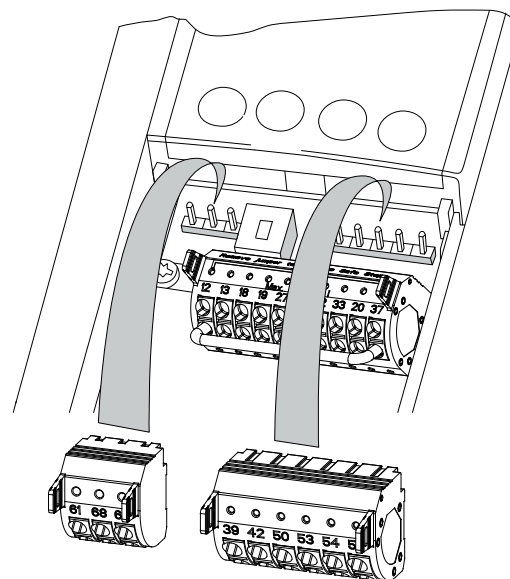


E30BF888.10

Abbildung 10.4 Steuerkartenverkabelungsweg

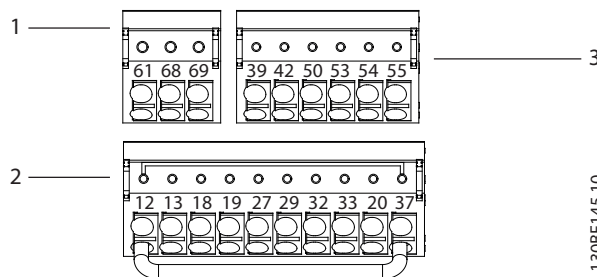
10.4.2 Steuerklemmen

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



130BF144.10

Abbildung 10.5 Anordnung der Steuerklemmen



130BF145.10

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
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.

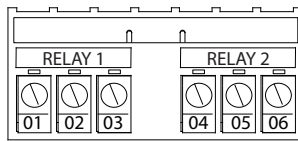
Digitaleingangs-/ausgangsklemmen			
Anschluss	Parameter	Werkseinstellung	Beschreibung
20	–	–	Bezugspotenzial für Digitaleingänge und 0V Potenzial für 24V Spannungsversorgung.
37	–	STO	Wenn die Funktion Safe Torque Off (STO) nicht verwendet wird, benötigen Sie Drahtbrücken zwischen Klemme 12 (oder 13)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

Tabelle 10.6 Klemmenbeschreibung Digitalein-/ausgänge

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

Sie können alle Arten dreiphasiger Standard-Asynchronmotoren mit einem Frequenzumrichtersystem verwenden. Der Motor muss an die folgenden Klemmen angeschlossen werden:

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

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 Motorkabelklemmen

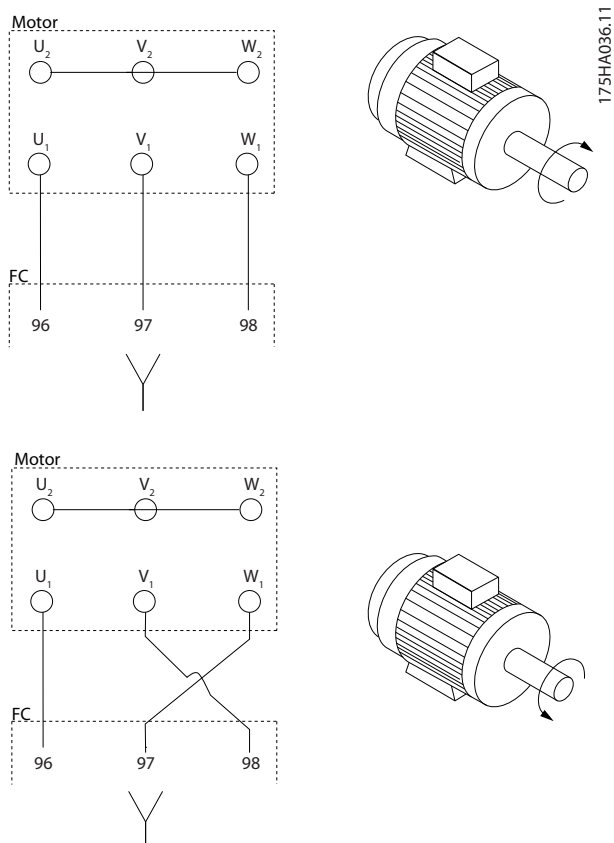


Abbildung 10.8 Änderung der Motordrehung

- 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 Thermistor Card MCB 112 verwenden. Diese Karte bietet 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. Siehe das *Programmierhandbuch* für Informationen zur Konfiguration des Frequenzumrichters für einen sicheren Betrieb von Ex-e-Motoren.

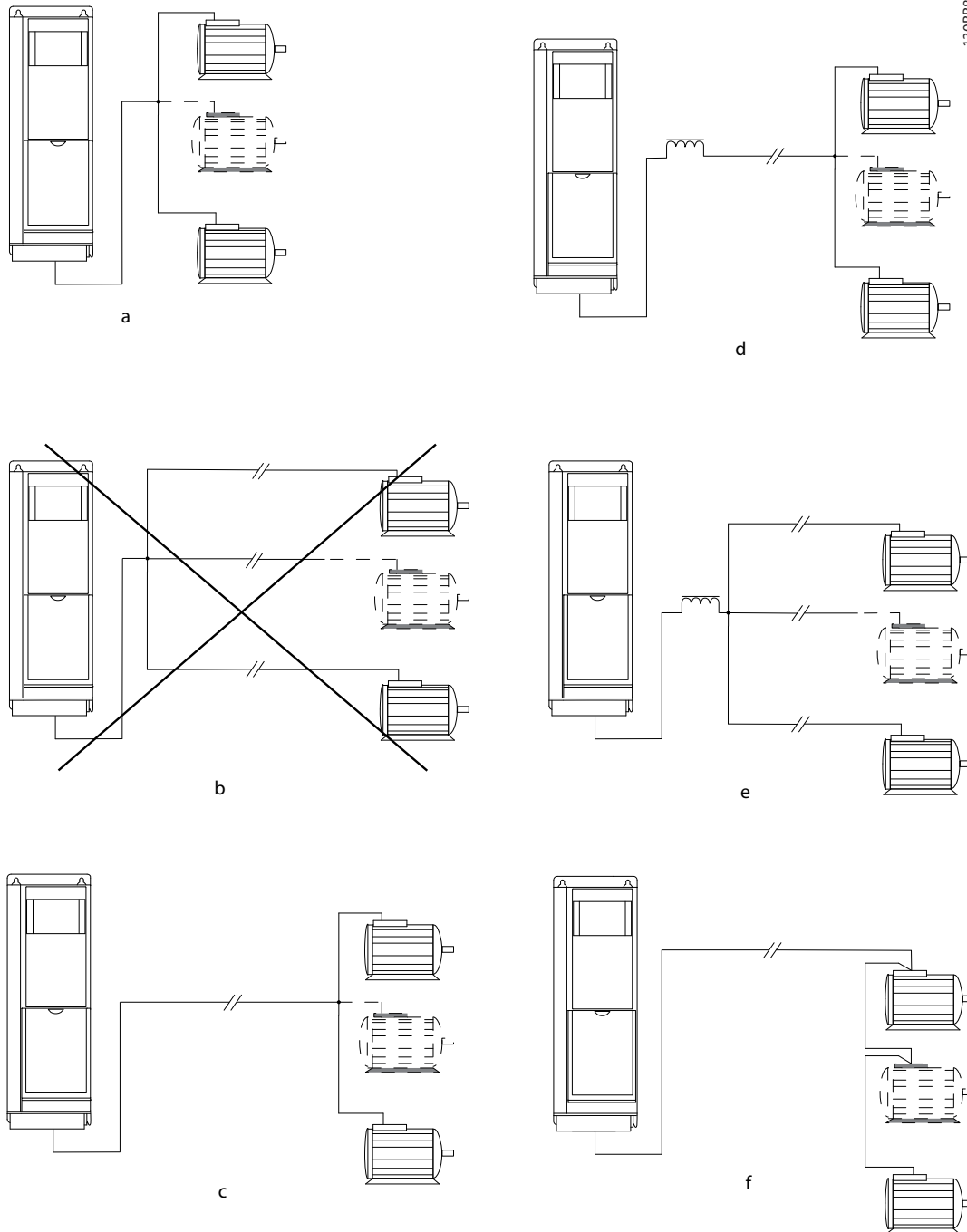
10.6.3 Parallelschaltung von Motoren

Der Frequenzumrichter kann mehrere parallel geschaltete Motoren steuern/regeln. Unterschiedliche Konfigurationen für Parallelschaltungen von Motoren 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_{MN} des Frequenzumrichters nicht übersteigen.
- Wenn sich die Motorgrößen stark unterscheiden, können beim Hochfahren und bei niedrigen Drehzahlen Probleme auftreten, da der relativ hohe Statorwiderstand der kleineren Motoren in solchen Situationen eine höhere Spannung erfordert.
- Das elektronische Thermorelais (ETR) des Frequenzumrichters kann nicht als Motor-Überlastschutz verwendet werden. Ein zusätzlicher Motor-Überlastschutz durch Thermistoren in jeder Motorwicklung oder einzelne thermische Relais ist deshalb vorzusehen.
- 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.

130BB838.12



10

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 gesamte Motorkabellänge gilt nur, so lange die parallelen Kabel kurz gehalten werden, und zwar jeweils kürzer als 10 m (32 ft).
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 (32 ft).

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.

Vorbeguhende 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 kommt üblicherweise dynamisches Bremsen mit einem Bremswiderstand zum Einsatz. Ein korrekter Bremswiderstand sorgt dafür, dass die Energie vom Widerstand und nicht vom Frequenzumrichter aufgenommen wird. 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 Arbeitszyklus für Aussetzbetrieb des Widerstandes gibt den Arbeitszyklus an, für den der Widerstand ausgelegt ist. *Abbildung 10.10* zeigt einen typischen Bremszyklus.

Der von den Motorlieferanten bei der Angabe der zulässigen Belastung häufig benutzte Betrieb S5 des Widerstands ist ein Ausdruck für den Arbeitszyklus für Aussetzbetrieb. 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)

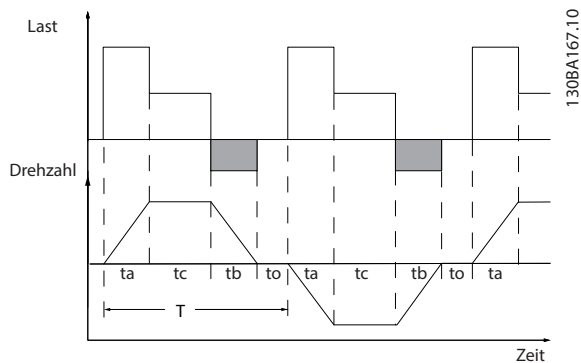


Abbildung 10.10 Typischer Bremszyklus

		Nennleistung				
		N355	N400	N450	N500	N560
Bremsnennwert [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
Bremsnennwert [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 Bremsvermögen, 380–480 V

		Nennleistung					
		N450	N500	N560	N630	N710	N800
Bremsnennwert [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
Bremsnennwert [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 Bremsvermögen, 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 und wird berechnet als: Der Bremswiderstand wird wie gezeigt berechnet:

$$R_{br} [\Omega] = \frac{U_{dc}^2}{P_{Höchstwert}}$$

wobei

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

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

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

Tabelle 10.13 FC202 Grenzwerte für Bremse

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

Tabelle 10.14 FC202 Grenzwerte für Bremse

1) Abhängig von der Leistungsgröße

HINWEIS

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

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

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

η_{motor} beträgt in der Regel 0,90

η_{VLT} beträgt in der Regel 0,98

Bei 200 V, 480 V, 500 V und 600 V Frequenzumrichtern, R_{empf} bei 160% Bremsmoment wird geschrieben als:

$$200V : R_{rec} = \frac{107780}{P_{motor}} [\Omega]$$

$$500V : R_{rec} = \frac{464923}{P_{motor}} [\Omega]$$

$$600V : R_{rec} = \frac{630137}{P_{motor}} [\Omega]$$

$$690V : R_{rec} = \frac{832664}{P_{motor}} [\Omega]$$

HINWEIS

Der ohmsche Widerstand des gewählten Bremswiderstands darf nicht unter dem von Danfoss empfohlenen Wert liegen, da sonst der Frequenzumrichter beschädigt wird. Gehäusegrößen E1h–E4h enthalten 1 Bremschopper.

HINWEIS

Bei einem Kurzschluss im Bremstransistor des Frequenzumrichters kann die in den Bremswiderstand übertragene Leistung nur durch Unterbrechung der Netzversorgung zum Frequenzumrichter (Netzschalter, Schütz) oder eines Kontakts im Bremskreis verhindert werden. Die ununterbrochene Energieübertragung zum Bremswiderstand kann Überhitzen, Beschädigungen oder einen Brand verursachen.

⚠️ WARNUNG

BRANDGEFAHR

Bremswiderstände werden während oder nach dem Bremsen sehr heiß und müssen sich zur Vermeidung von Brandgefahr in einer sicheren Umgebung befinden.

10.7.2 Steuerung mit Bremsfunktion

Ein Relais / ein Digitaleingang kann den Schutz des Bremswiderstands vor einer Überlastung übernehmen und erzeugt im Bedarfsfall einen Fehler im Frequenzumrichter. Wenn der Brems-IGBT überlastet oder überhitzt ist, schaltet das Relais/Digitalsignal der Bremse zum Frequenzumrichter das Brems-IGBT ab. Dieses Relais/Digitalsignal schützt nicht vor einem Kurzschluss im Brems-IGBT. Danfoss empfiehlt eine Vorrichtung zur Abschaltung des Systems, wenn ein Kurzschluss im Brems-IGBT auftritt.

Außerdem ermöglicht die Bremse ein Auslesen der aktuellen Leistung und der mittleren Leistung der letzten 120 s. Die Bremse kann die übertragene Leistung überwachen und sicherstellen, dass sie die in *Parameter 2-12 Bremswiderstand Leistung (kW)* gewählte Grenze nicht überschreitet. In *Parameter 2-13 Bremswiderstand 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; Für diesen Zweck wird ein an ein externes Schütz angeschlossener Thermoschalter benötigt. 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 Fehlerstromschutzeinrichtung (RCD) 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.

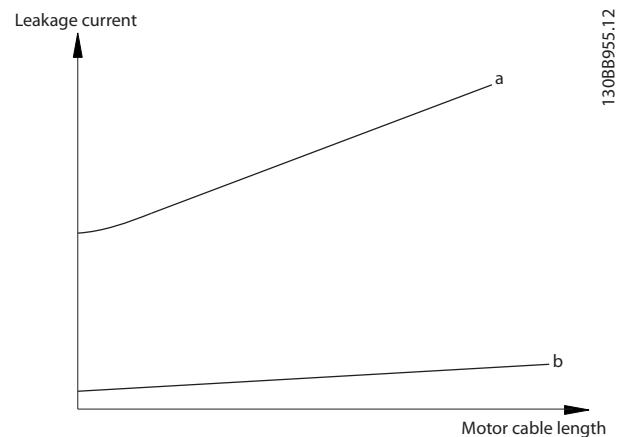


Abbildung 10.11 Einfluss von Motorkabellänge und Leistungsgröße auf den Ableitstrom. Leistungsgröße a > Leistungsgröße b.

Der Ableitstrom hängt ebenfalls von der Netzverzerrung ab.

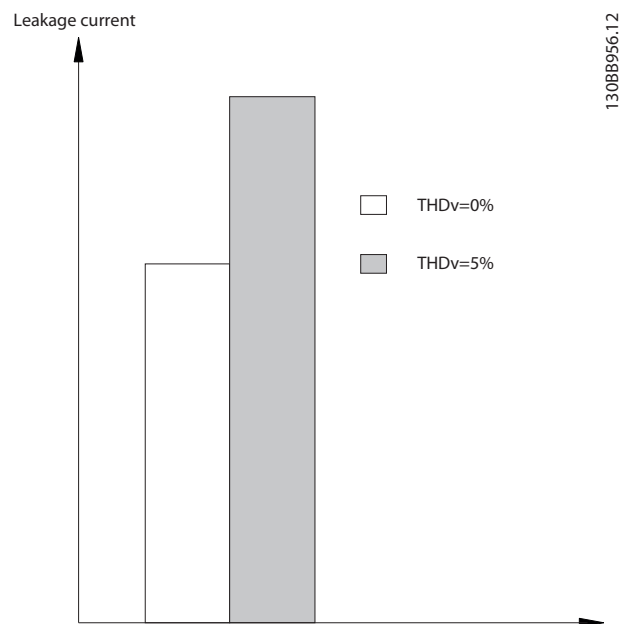


Abbildung 10.12 Die Netzverzerrung beeinflusst den Ableitstrom

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 Fehlerstromschutzrichtung beeinflusst, ob die Taktfrequenz erkannt wird.

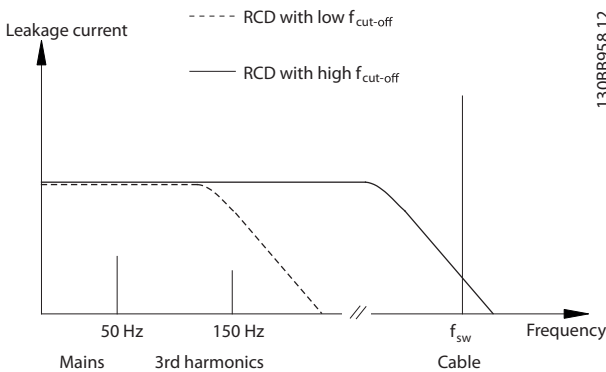


Abbildung 10.13 Hauptbeitragsfaktoren zum Ableitstrom

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

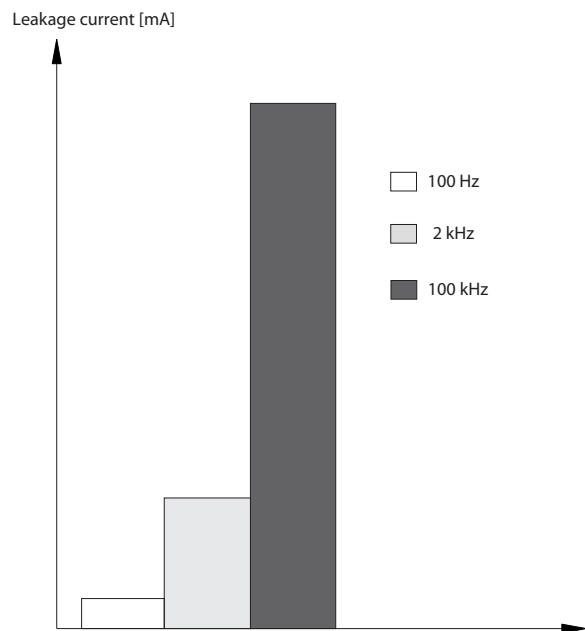


Abbildung 10.14 Einfluss der Trennfrequenz des Fehlerstromschutzschalters auf den Ableitstrom

10.10 IT-Netz

Ungeerdete Netzversorgung

Wird der Frequenzrichter 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 Frequenzrichter und *Parameter 14-50 EMV-Filter* am Filter auf „Aus“ zu stellen. 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 Ausgleichsströme vom/zum Erdpotential 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 den *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 am IT-Netz angeschlossene 525–690-V-Frequenzrichter.

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.

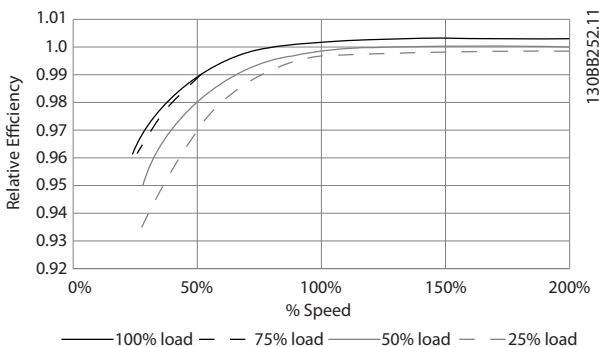


Abbildung 10.15 Typische Wirkungsgradkurven

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-gepumpte 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.

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) – Übersicht

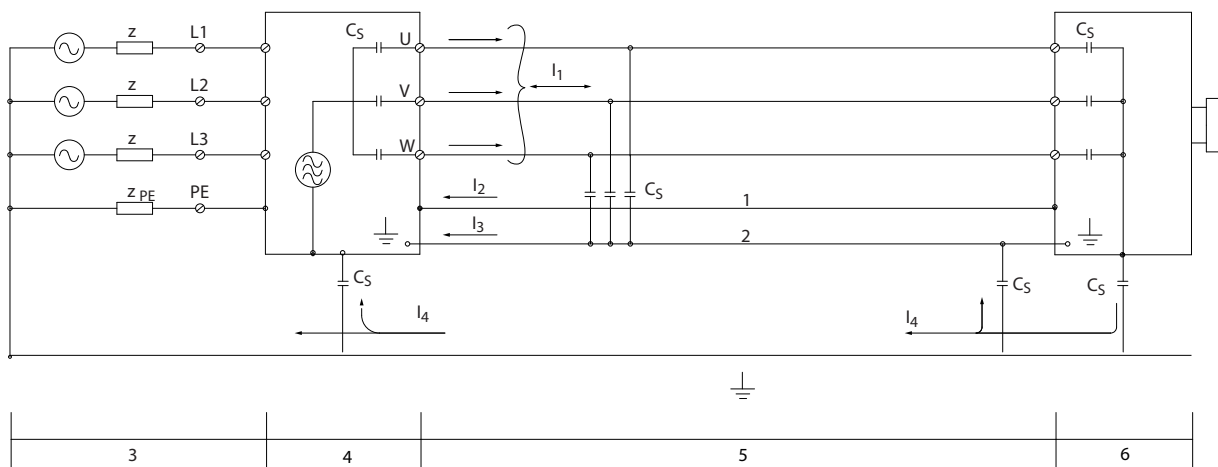
Elektrische Geräte erzeugen Störungen und sind zugleich den Störungen von anderen Quellen ausgesetzt. Die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) dieser Effekte ist von den Leistungs- und Oberschwingungseigenschaften der Geräte abhängig.

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.



175ZA062.12

1	Massekabel	Cs	Mögliche Pfade für Parasitärkapazitäten im Abzweig (variiert in verschiedenen Installationen)
2	Abschirmung	I1	Gleichtakt-Ableitstrom
3	Netzversorgung	I2	Abgeschirmtes Motorkabel
4	Frequenzumrichter	I3	Schutzerdung (vierter Leiter in Motorkabeln)
5	Abgeschirmtes Motorkabel	I4	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 relevant), einer abgeschirmten Steuerleitung, eines Steuerkastens mit Potenziometer sowie eines Motors und eines abgeschirmten Motorkabels erzielt.

EMV-Filtertyp		Leitungsgeführte Störaussendung			Abgestrahlte Störaussendung	
Normen und Anforderungen	EN 55011	Klasse B Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereich sowie Kleinbetriebe	Klasse A Gruppe 1 Industriebereich	Klasse A Gruppe 2 Industriebereich	Klasse B Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereich sowie Kleinbetriebe	Klasse A Gruppe 1 Industriebereich
	EN/IEC 61800-3	Kategorie C1 Erste Umgebung, Wohnung und Büro	Kategorie C2 Erste Umgebung, Wohnung und Büro	Kategorie C3 Zweite Umgebung Industrie	Kategorie C1 Erste Umgebung, Wohnung und Büro	Kategorie C2 Erste Umgebung, Wohnung und Büro
H2						
FC102	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						
FC102	355–560 kW 380–480 V	No	150 m (492 ft)	150 m (492 ft)	No	Yes
	450–800 kW 525–690 V	No	30 m (98 ft)	150 m (492 ft)	No	No

Tabelle 10.22 EMV-Prüfergebnisse (Störaussendung und Störfestigkeit)

HINWEIS

Diese Art von Antriebssystem ist nicht für den Einsatz in einem öffentlichen Netz mit Niederspannung ausgelegt, das Privathaushalte 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

Kategorie (EN 61800-3)	Definition	Leitungsgeführte Störaussendung (EN 55011)
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 Störungs-aussendung 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 Störungs-aussendung

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.

10

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 Differenz- betrieb 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.

HINWEIS

FUNKSTÖRUNGEN

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

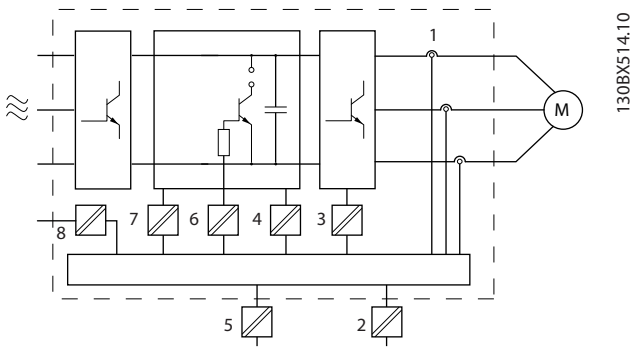
Konformität von PELV-Isolierung und galvanischer Trennung

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.



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 Frequenzrichtergehäuse 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 Störungs-niveau 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.

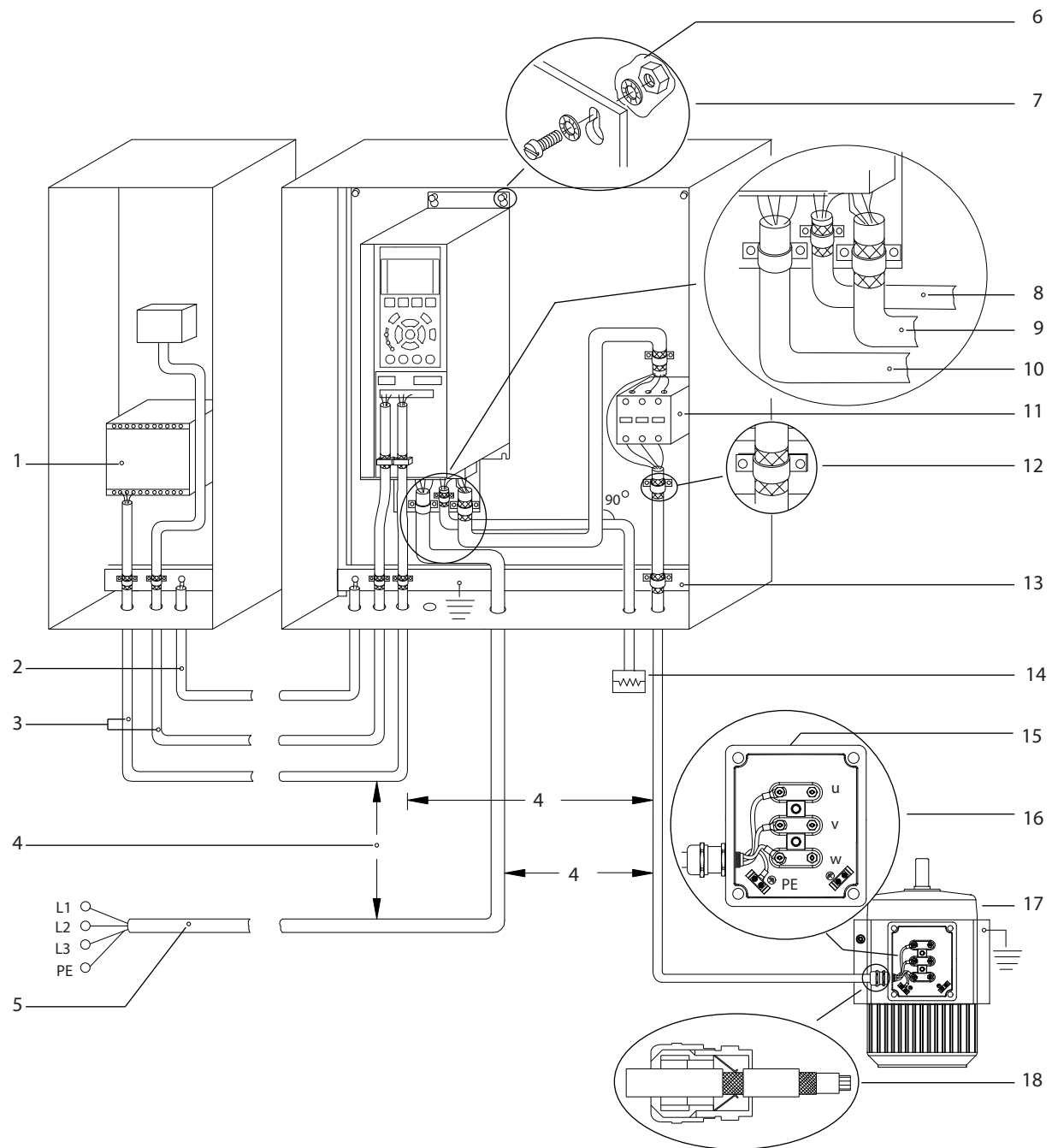
HINWEIS**INSTALLATION IN GROSSER HÖHENLAGE**

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_1	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

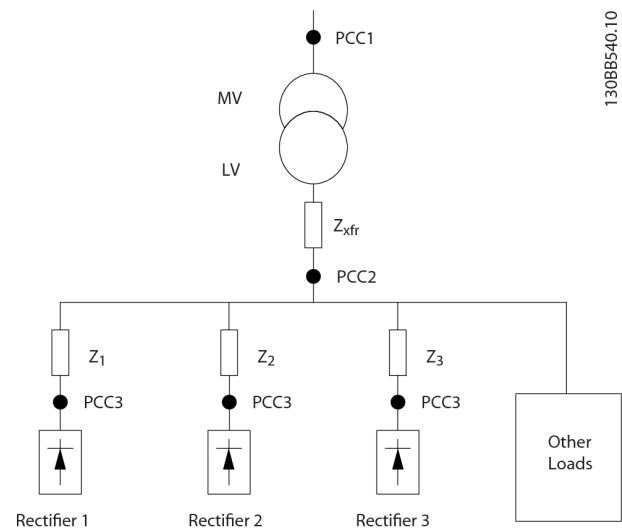
Die Spannungsverzerrung in der Netzversorgungsspannung hängt von der Größe der Oberschwingungsströme multipliziert mit der internen Netzimpedanz der

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.



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 vorherzusagen 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_{sc} , definiert als das Verhältnis zwischen Kurzschluss-Scheinleistung der Versorgung am PCC (S_{sc}) und der

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

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.

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 Grundlegende Betriebsprinzipien eines Frequenzumrichters

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

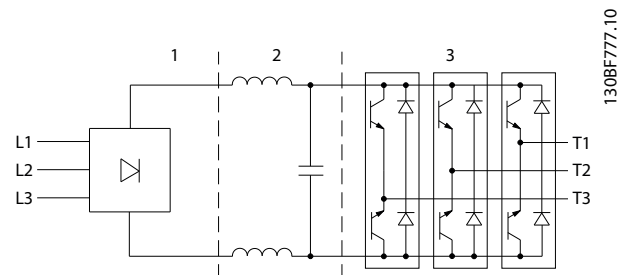
Der Zwischenkreis besteht aus Drosseln und Kondensatorbatterien, welche die pulsierende Gleichspannung stabilisieren.

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 Antriebssteuerung

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*.

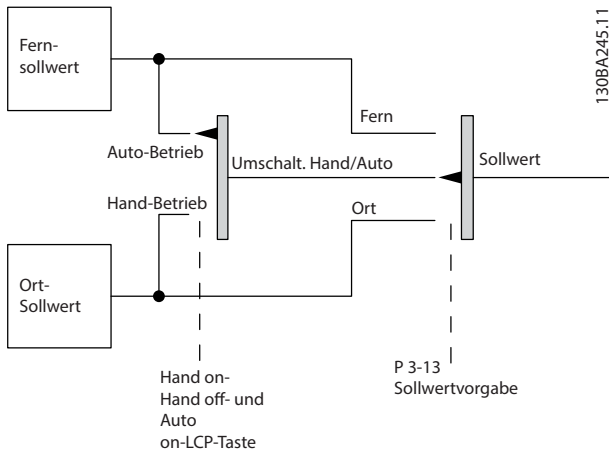


Abbildung 11.2 Auswahl des aktiven Sollwerts

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.

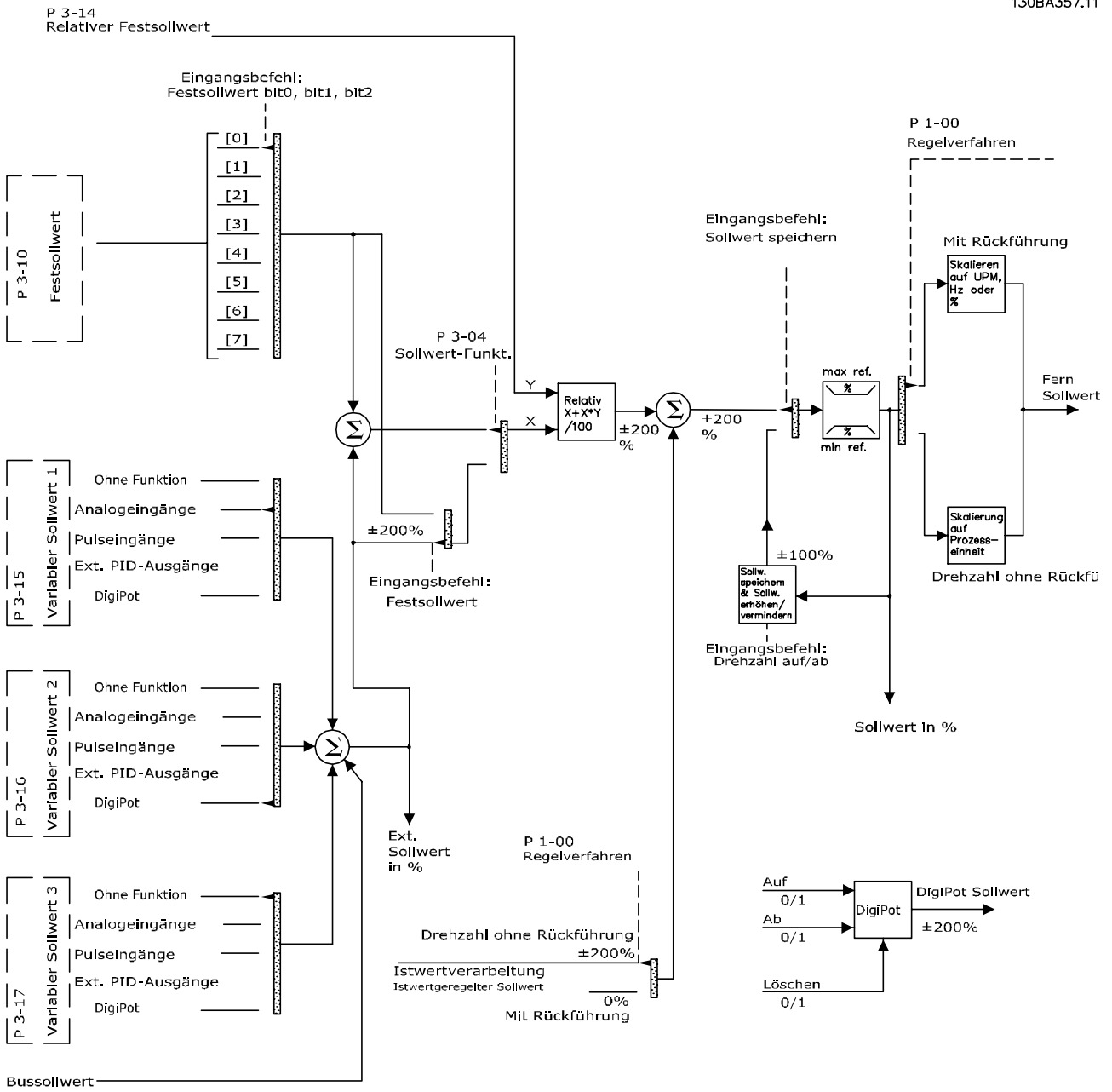


Abbildung 11.3 Fernsollwertverarbeitung

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).

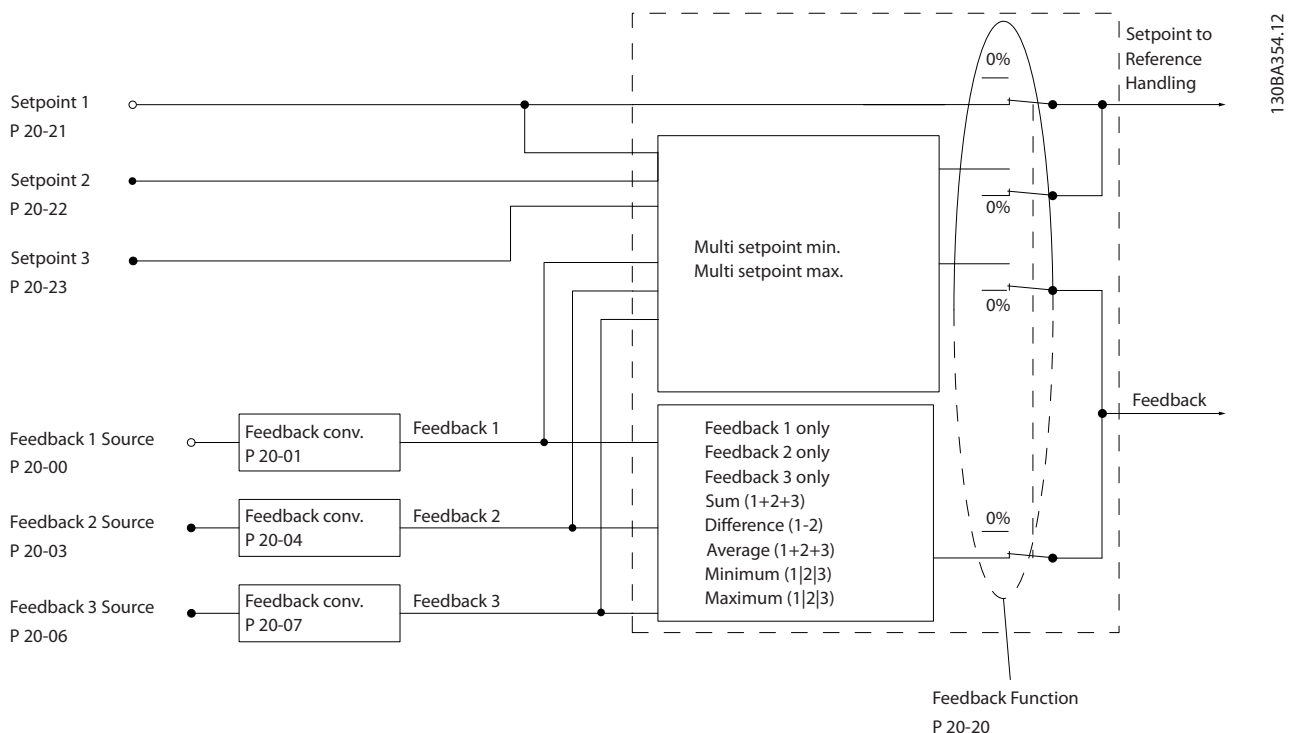
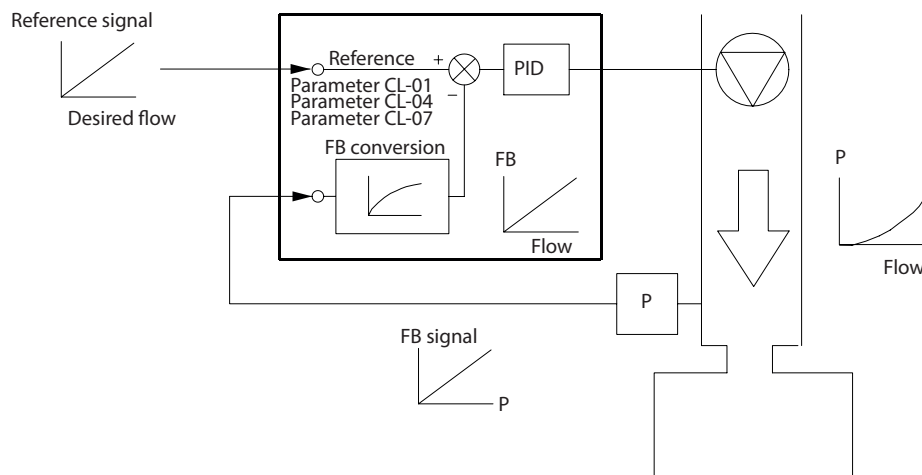


Abbildung 11.4 Blockschaftbild über die Verarbeitung von Istwertsignalen

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. ft, lpm, psi, %, bar)

11.2.5 Regelungsstruktur ohne Rückführung

Im Modus ohne Rückführung verwendet der Frequenzumrichter 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 Frequenzumrichter 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 (Drehzahlsollwert) 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.

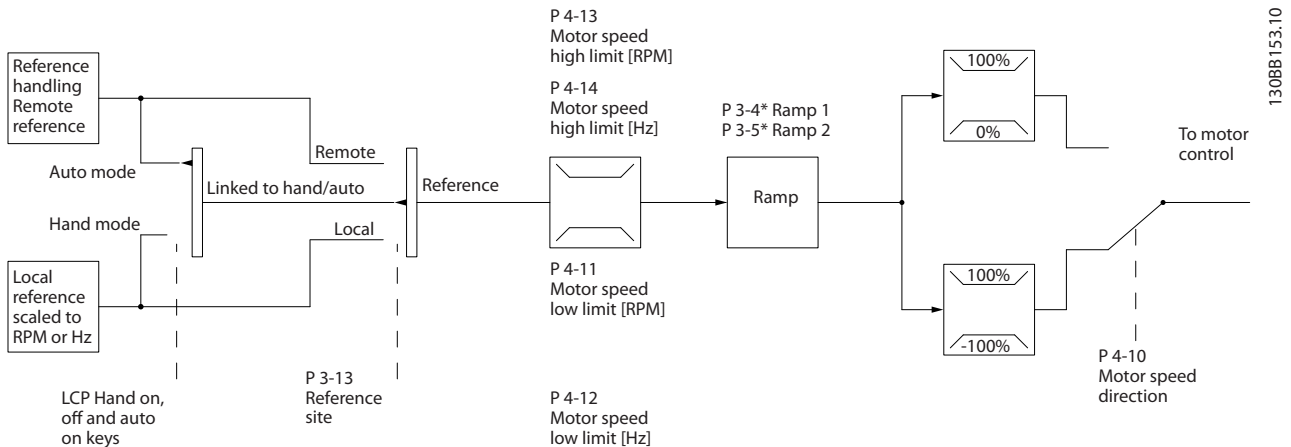


Abbildung 11.6 Blockschaltbild einer Regelstruktur ohne Rückführung

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 Pumpanwendung, 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.

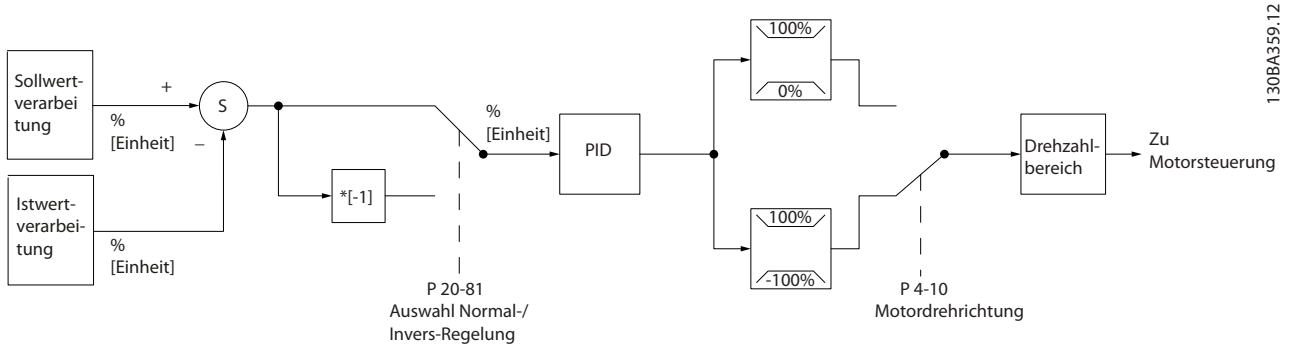


Abbildung 11.7 Blockschaltbild des Reglers mit Rückführung

Programmierbare Merkmale

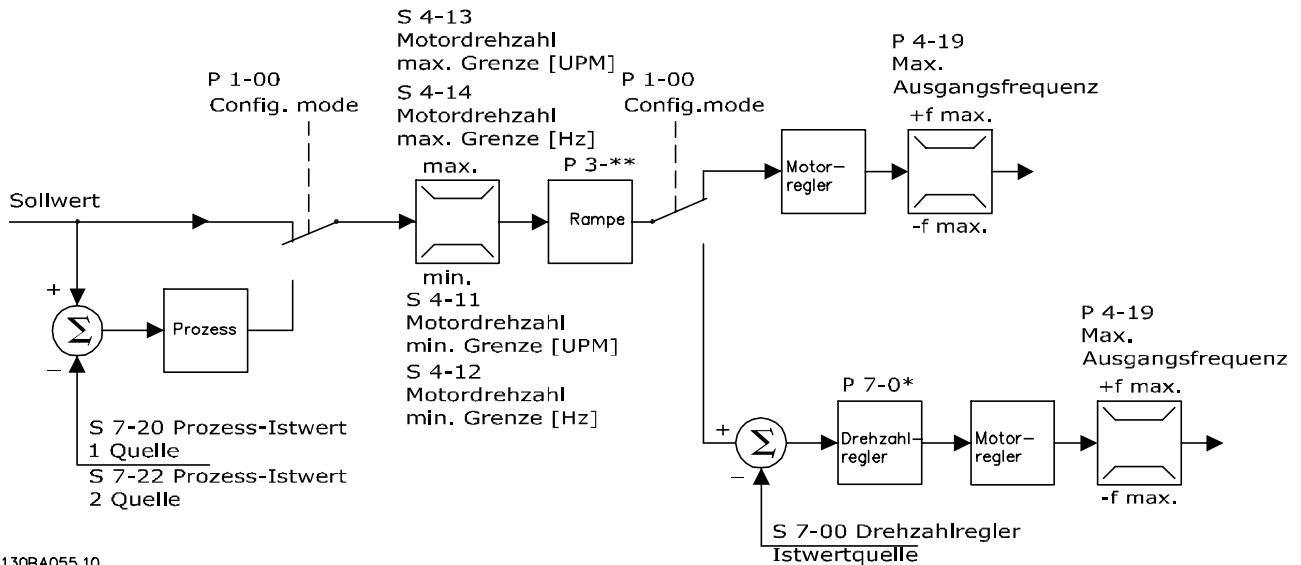
Auch wenn der Regler des Frequenzumrichters oft bereits mit den voreingestellten Werten für zufriedenstellende Leistung sorgt, können Sie die Regelung des Systems durch Anpassung einiger PID-Parameter oft noch verbessern. Für diese Optimierung steht die *Automatische Anpassung* zur Verfügung.

- 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

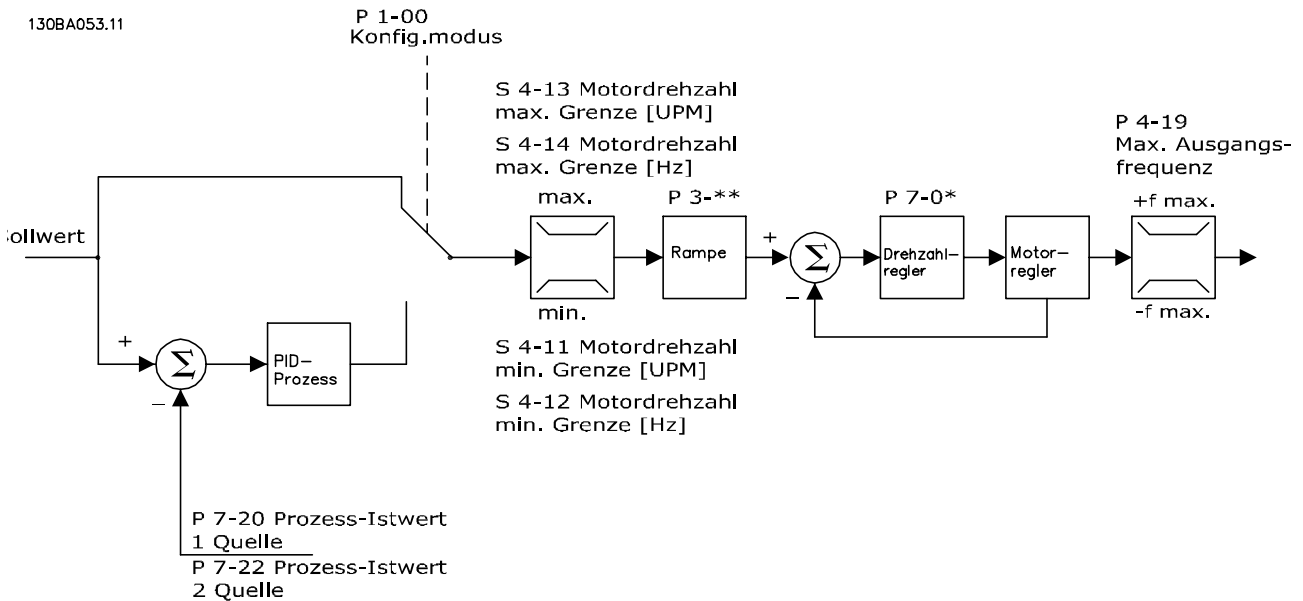


Abbildung 11.9 Regelungsstruktur bei Konfigurationen mit Fluxvektor mit und ohne Geber

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

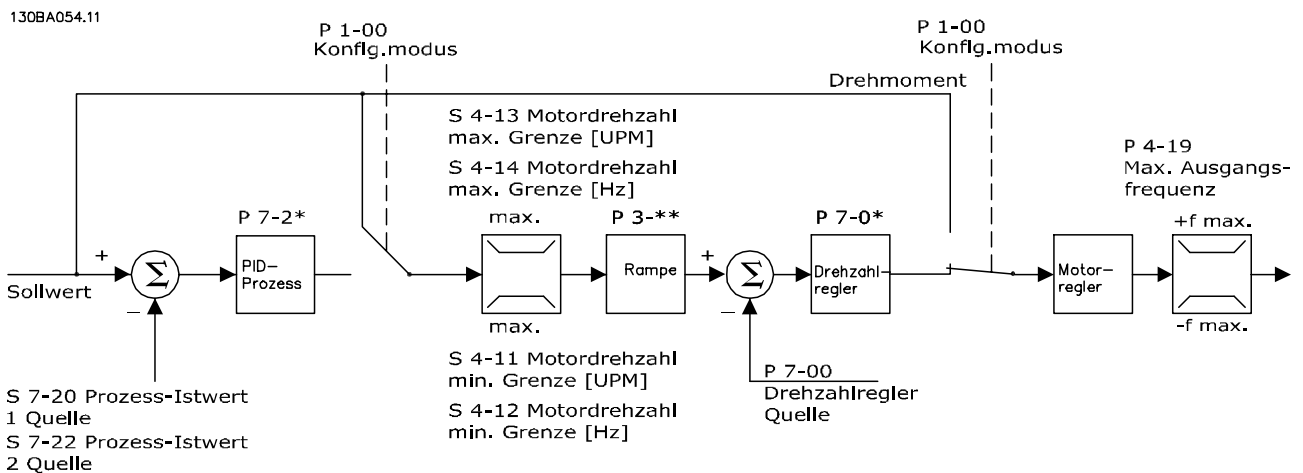


Abbildung 11.10 Regelungsstruktur bei Konfiguration mit Fluxvektor mit Geber

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.

11.2.7.4 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 Anschlusskonfiguration für die automatische Motoranpassung (AMA)

FC		Parameter	
		Funktion	Einstellung
+24 V	12	Parameter 1-29 Autom. Motoranpassung	[1] Komplette AMA
+24 V	13		
D IN	18	Parameter 5-12 Klemme 27	[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		
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

FC		Parameter	
		Funktion	Einstellung
+24 V	12	Parameter 1-29 Autom. Motoranpassung	[1] Komplette AMA
+24 V	13		
D IN	18	Parameter 5-12 Klemme 27	[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		
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 Anschlusskonfigurationen für analogen Drehzahlsollwert

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

Tabelle 12.3 Anschlusskonfigurationen für analogen Drehzahlsollwert (Spannung)

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

Tabelle 12.4 Anschlusskonfigurationen für analogen Drehzahlsollwert (Strom)

12.3 Verdrahtungskonfigurationen für Start/Stop

		Parameter	
		Funktion	Einstellung
	Parameter 5-10	[8] Start*	
	Klemme 18	Digitaleingang	
	Parameter 5-12	[0] Ohne Funktion	
	Klemme 27	Digitaleingang	
	Parameter 5-19	[1] Safe Torque Off-Alarm	
	Klemme 37	Sicherer Stopp	
		*=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

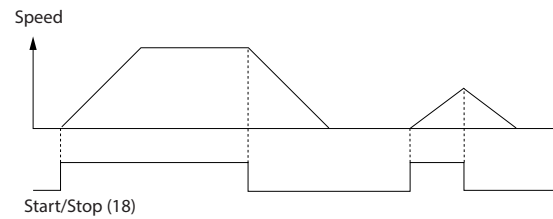


Abbildung 12.1 Start/Stop mit Safe Torque Off

		Parameter	
		Funktion	Einstellung
	Parameter 5-10	[9] Puls-Start	
	Klemme 18	Digitaleingang	
	Parameter 5-12	[6] Stopp (invers)	
	Klemme 27	Digitaleingang	
			*=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

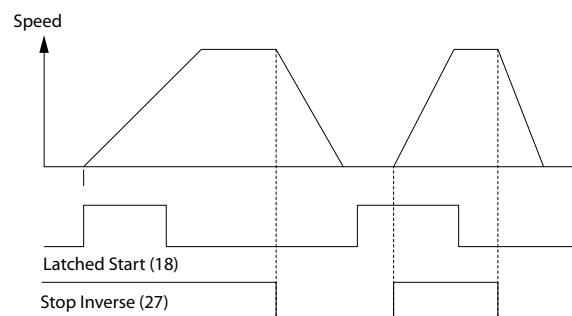


Abbildung 12.2 Puls-Start/Stop invers

		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 Anschlusskonfiguration 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 Anschlusskonfiguration für Drehzahl Sollwert, 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 Drehzahl Sollwert (Unter Verwendung eines manuellen Potenziometers)

12.6 Anschlusskonfiguration für Drehzahl auf/Drehzahl ab

FC		Parameter	
		Funktion	Einstellung
+24 V	12	Parameter 5-10	[8] Start*
+24 V	13	Klemme 18	
D IN	18	Digitaleingang	
D IN	19	Parameter 5-12	[19] Sollw. speich.
COM	20	Klemme 27	
D IN	27	Digitaleingang	
D IN	29	Parameter 5-13	[21] Drehzahl auf
D IN	32	Klemme 29	
D IN	33	Digitaleingang	
D IN	37	Parameter 5-14	[22] Drehzahl ab
		Klemme 32	
		Digitaleingang	
		*=Werkseinstellung	
		Hinweise/Anmerkungen:	

Tabelle 12.10 Anschlussbeispiel für Drehzahl auf/Drehzahl ab

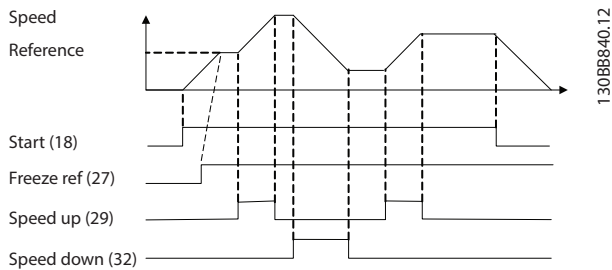


Abbildung 12.3 Drehzahl auf/Drehzahl ab

12.7 Anschlusskonfiguration für RS485-Netzwerkverbindung

FC		Parameter	
		Funktion	Einstellung
+24 V	12	Parameter 8-30	FC-Profil*
+24 V	13	FC-Protokoll	
D IN	18	Parameter 8-31	1*
D IN	19	Adresse	
COM	20	Parameter 8-32	9600*
D IN	27	Baudrate	
D IN	29	*=Werkseinstellung	
D IN	32	Hinweise/Anmerkungen:	
D IN	33	Wählen Sie in den Parametern	
D IN	37	Protokoll, Adresse und	
		Baudrate.	

Tabelle 12.11 Anschlusskonfigurationen für RS485-Netzwerkverbindung

12.8 Anschlusskonfiguration für einen Motorthermistor

HINWEIS

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

		Parameter	
		Funktion	Einstellung
		Parameter 1-90 <i>Thermischer Motorschutz</i>	[2] Thermistor-Abschalt.
		Parameter 1-93 <i>Thermistoranschluss</i>	[1] Analogeingang 53
		*=Werkseinstellung	
		Hinweise/Anmerkungen: Wenn nur eine Warnung erforderlich ist, müssen Sie <i>Parameter 1-90 Thermischer Motorschutz</i> auf [1] <i>Thermistor Warnung</i> programmieren.	

Tabelle 12.12 Anschlusskonfigurationen für einen Motorthermistor

12.9 Anschlusskonfiguration für einen Kaskadenregler

Abbildung 12.4 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.

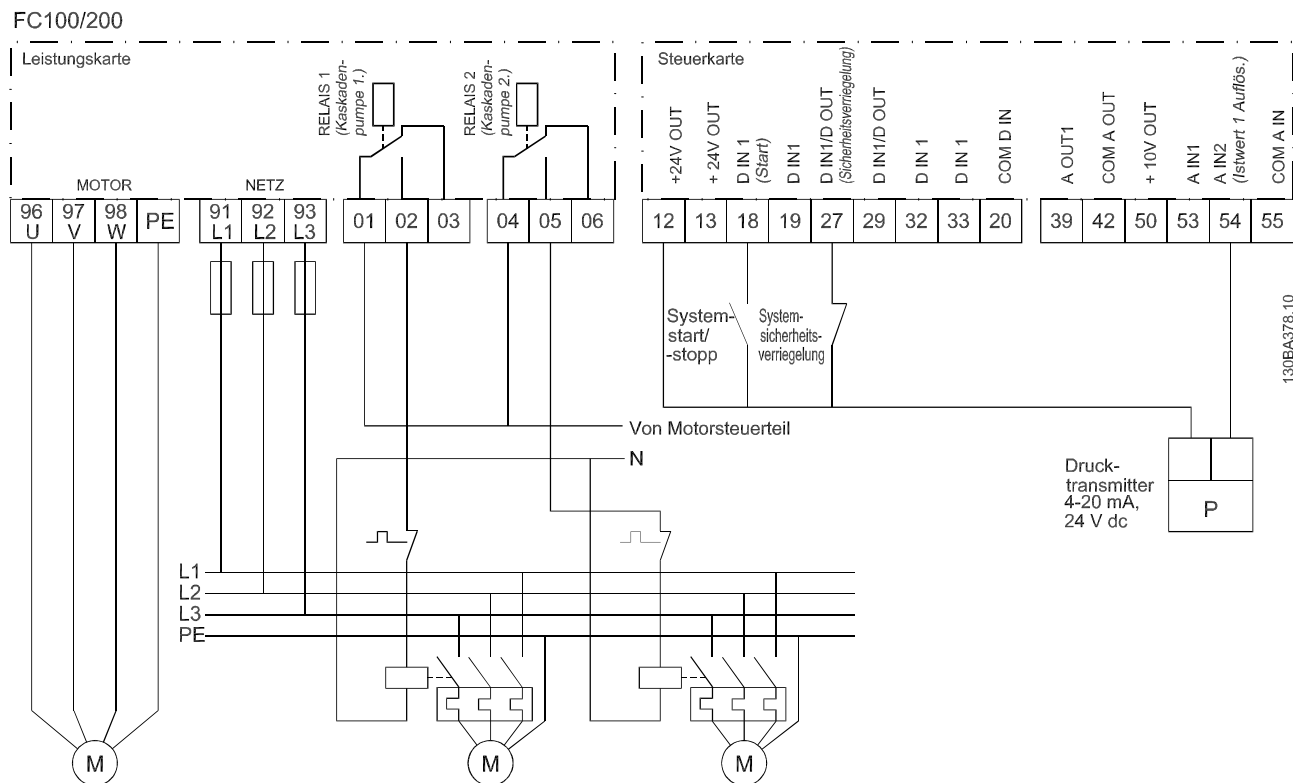


Abbildung 12.4 Schaltbild für Kaskadenregler

12.10 Anschlusskonfiguration für eine Relaiskonfiguration mit Smart Logic Control

	Parameter																																																					
	Funktion	Einstellung																																																				
<table border="1"> <tr><td colspan="2">FC</td></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 colspan="2"> </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> <tr><td colspan="2"> </td></tr> <tr><td>R1</td><td>01</td></tr> <tr><td></td><td>02</td></tr> <tr><td></td><td>03</td></tr> <tr><td colspan="2"> </td></tr> <tr><td>R2</td><td>04</td></tr> <tr><td></td><td>05</td></tr> <tr><td></td><td>06</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			R1	01		02		03			R2	04		05		06	Parameter 4-30 Drehgeberüberwachung Funktion	[1] Warnung
	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																																																				
R1	01																																																					
	02																																																					
	03																																																					
R2	04																																																					
	05																																																					
	06																																																					
	Parameter 4-31 Drehgeber max. Fehlabweichung	100 U/min																																																				
	Parameter 4-32 Drehgeber Timeout-Zeit	5 s																																																				
	Parameter 7-00 Drehgeberrückführung	[2] MCB 102																																																				
	Parameter 17-11 Inkremental Auflösung [Pulse/U]	1024*																																																				
	Parameter 13-00 Smart Logic Controller	[1] Ein																																																				
	Parameter 13-01 SL-Controller Start	[19] Warnung																																																				
	Parameter 13-02 SL-Controller Stopp	[44] [Reset]-Taste																																																				
	Parameter 13-10 Vergleicher-Operand	[21] Nr. der Warnung																																																				
	Parameter 13-11 Vergleicher-Funktion	[1] ≈ (gleich)*																																																				
	Parameter 13-12 Vergleicher-Wert	90																																																				
	Parameter 13-51 SL-Controller Ereignis	[22] Vergleich 0																																																				
	Parameter 13-52 SL-Controller Aktion	[32] Digitalausgang A-AUS																																																				
	Parameter 5-40 Relaisfunktion	[80] SL-Digitalausgang A																																																				
	*=Werkseinstellung																																																					

	Parameter	
	Funktion	Einstellung
Hinweise/Anmerkungen:		
Wenn der Grenzwert der Drehgeberüberwachung überschritten wird, wird <i>Warnung 90, Istwertüberwachung</i> ausgegeben. Der SL 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.		

Tabelle 12.13 Anschlussbeispiel für eine Relaiskonfiguration mit Smart Logic Control

12.11 Anschlusskonfiguration für Pumpe mit variabler Drehzahl

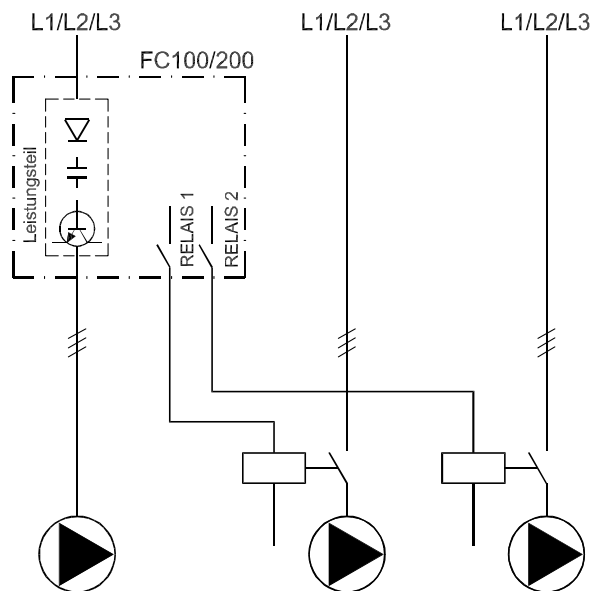


Abbildung 12.5 Schaltbild für Pumpe mit konstanter/variabler Drehzahl

130BA376.11

12.12 Anschlusskonfiguration für Führungspumpen-Wechsel

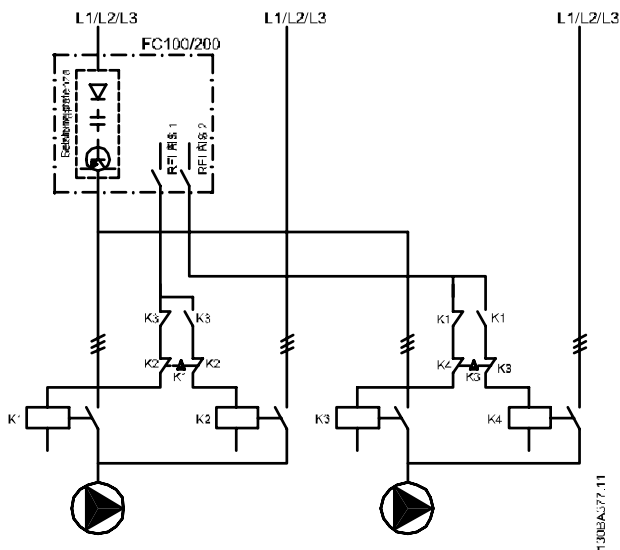


Abbildung 12.6 Schaltbild für den Führungspumpen-Wechsel.

Jede Pumpe muss an zwei Schütze (K1/K2 und K3/K4) mit einer mechanischen Verriegelung angeschlossen sein. Thermische Relais oder andere Motor-Überlastschutzeinrichtungen 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.

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	
Erzeugungscod	7	
Nennleistung	8-10	
Phasen	11	
Netzspannung	12	
Gehäuse Gehäusertyp 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

Stellen Sie den geeigneten Frequenzumrichter für Ihre Anwendung zusammen und erzeugen Sie den entsprechenden Typencode mit dem Antriebskonfigurator im Internet. Der Antriebskonfigurator ist auf der globalen Internetseite zu finden: www.danfoss.com/drives. Der Konfigurator erzeugt 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.

Beispiel für einen Typencode:

FC-102N355T5E20H4BGCXXXSXXXXA0BXCXXXX0

Die Bedeutung der Zeichen in dieser Zeichenfolge sind in *Tabelle 13.3* definiert. Im obigen Beispiel sind die Optionen PROFIBUS DP-V1 und 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 einen 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: FC102
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/Gehäuse (nur Bauformen E3h/E4h mit Rückspeisung/Zwischenkreiskopplung oben) E20: IP20 E21: IP21/Typ 1 E54: IP54/Typ 12 E2M: IP21/Typ 1 + Schutzabdeckung E5M: IP54/Typ 12 + Schutzabdeckung H21: IP21/Typ 1 + Heizgerät H54: IP54/Typ 12 + Heizgerät C20: IP20/Typ 1 + Edelstahl-Kühlkanal C21: IP21/Typ 1 + Edelstahl-Kühlkanal C54: IP54/Typ 12 + Edelstahl-Kühlkanal C2M: IP21/Typ 1 + Netzschirmgeflecht + Edelstahl-Kühlkanal C5M: IP54/Typ 12 + Netzschirmgeflecht + Edelstahl-Kühlkanal C2H: IP21/Typ 1 + Heizgerät + Edelstahl-Kühlkanal C5H: IP54/Typ 12 + Heizgerät + 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 + Sicher abgeschaltetes Moment R: Zwischenkreisklemmen S: Bremschopper + Zwischenkreisklemmen Klemmen (nur Bauformen E3h/E4h)
Display	19	X: Kein LCP G: Grafisches LCP (LCP-102) J: Kein LCP + USB Türdurchführung L: Graphisches LCP + USB Türdurchführung
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: Kühlkörper-Zugang
Softwareversion	24–28	SXXX: Aktuelle Version - Standard-Software S009: Trägersoftware
Software-Sprache	28	X: Standard-Sprachpaket

Tabelle 13.3 Typenschlüssel für 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 AG: VLT® LonWorks MCA 108 AJ: VLT® BACnet MCA 109 AK: VLT® BACnet/IP MCA 125 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-Thermistorkarte MCB 112 B4: VLT® Sensoreingangsoption MCB 114 BK: VLT®-Universal-E/A-Modul MCB 101 BP: VLT®-Relaiskarte MCB 105
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-Bestelloptionen für Bauformen E1h–E4h

13.2 Bestellnummern für Optionen und Zubehör

Typ	Beschreibung	Bestellnummer
Diverse Ausrüstung		
PROFIBUS, Einführung von oben	Einführung von oben in Schutzart IP54	176F1742
USB in der Tür	Die Verlängerung des USB-Kabels ermöglicht den Zugriff auf die Antriebssteuerung von einem Laptop aus ohne den Frequenzumrichter dafür öffnen zu müssen.	130B1156
Erdungsschiene	Zusätzliche PE / Erdungsanschlüsse für E1h- und E2h-Frequenzumrichter.	176F6609
Berührungsschutzabdeckung, E1h	Vor den Leistungsklemmen als Schutz vor unbeabsichtigten Berührungen montierte Schutzabdeckung.	176F6619
Berührungsschutzabdeckung, E2h	Vor den Leistungsklemmen als Schutz vor unbeabsichtigten Berührungen montierte Schutzabdeckung.	176F6620
Klemmenleisten	Schraubanschlussklemmen zum Austausch von Federzugklemmen. (1 pc 10-polig, 1 PC 6-polig und 1 PC 3-polige Stecker)	130B1116
Rückwandkühlung - Nachrüstsätze		
Zuluft bodenseitig unten / Abluft oben, E3h	Ermöglicht das Zuleiten der Kühlluft durch das Unterteil und das Ausleiten durch das Oberteil des Frequenzumrichters. Dieser Satz ist nur für Bauform E3h mit 600 mm (21,6 in) -Grundplatte geeignet.	176F6606
Zuluft bodenseitig unten / Abluft oben, E3h	Ermöglicht das Zuleiten der Kühlluft durch das Unterteil und das Ausleiten durch das Oberteil des Frequenzumrichters. Dieser Satz ist nur für Bauform E3h mit 800 mm (31,5 in) -Grundplatte geeignet.	176F6607
Zuluft bodenseitig unten / Abluft oben, E4	Ermöglicht das Zuleiten der Kühlluft durch das Unterteil und das Ausleiten durch das Oberteil des Frequenzumrichters. Dieser Satz ist nur für Bauform E4h mit 800 mm (31,5 in) -Grundplatte geeignet.	176F6608
Zuluft rückseitig unten / Abluft rückseitig oben, E1h	Ermöglicht, die Kühlluft auf der Rückseite des Frequenzumrichters zu- und wieder abzuführen. Dieser Satz ist nur für Bauform E1h geeignet.	176F6617
Zuluft rückseitig unten / Abluft rückseitig oben, E2h	Ermöglicht, die Kühlluft auf der Rückseite des Frequenzumrichters zu- und wieder abzuführen. Dieser Satz ist nur für Bauform E2h geeignet.	176F6618

Zuluft bodenseitig unten / Abluft oben, E3h	Ermöglicht, die Kühlluft auf der Rückseite des Frequenzumrichters zu- und wieder abzuführen. Dieser Satz ist nur für Bauform E3h geeignet.	176F6610	
Zuluft rückseitig unten / Abluft rückseitig oben, E4h	Ermöglicht, die Kühlluft auf der Rückseite des Frequenzumrichters zu- und wieder abzuführen. Dieser Satz ist nur für Bauform E4h geeignet.	176F6611	
Zuluft bodenseitig unten / Abluft rückseitig oben, E3h	Ermöglicht das Zuleiten der Kühlluft durch das Unterteil und das Ausleiten durch die Rückseite des Frequenzumrichters. Dieser Satz ist nur für Bauform E3h mit 600 mm (21,6 in) -Grundplatte geeignet.	176F6612	
Zuluft bodenseitig unten / Abluft rückseitig oben, E3h	Ermöglicht das Zuleiten der Kühlluft durch das Unterteil und das Ausleiten durch die Rückseite des Frequenzumrichters. Dieser Satz ist nur für Bauform E3h mit 800mm (31,5 in) -Grundplatte geeignet.	176F6613	
Zuluft bodenseitig unten / Abluft rückseitig oben, E4h	Ermöglicht das Zuleiten der Kühlluft durch das Unterteil und das Ausleiten durch die Rückseite des Frequenzumrichters. Dieser Satz ist nur für Bauform E4h mit 800 mm (31,5 in) -Grundplatte geeignet.	176F6614	
Zuluft rückseitig unten / Abluft oben, E3h	Ermöglicht das Zuleiten der Kühlluft durch die Rückseite und das Ausleiten durch das Oberteil des Frequenzumrichters. Dieser Satz ist nur für Bauform E3h geeignet.	176F6615	
Zuluft rückseitig unten / Abluft oben, E4h	Ermöglicht das Zuleiten der Kühlluft durch die Rückseite und das Ausleiten durch das Oberteil des Frequenzumrichters. Dieser Satz ist nur für Bauform E4h geeignet.	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-Option DP V0/V1.	130B1100	130B1200
MCA 104	DeviceNet-Option.	130B1102	130B1202
MCA 108	LonWorks-Option.	130R1106	130R1206
MCA 109	BACnet-Option.	130R1144	130R1244
MCA 120	PROFINET-Option.	130B1135	130B1235
MCA 121	EtherNet/IP-Option.	130B1119	130B1219
MCA 122	Modbus TCP-Option.	130B1196	130B1296
MCA 125	BACnet/IP-Option		
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	Sensoreingang PT100.	130B1172	130B1272
Optionen für Steckplatz C (Bewegungssteuerungs- und Relaiskarten)			
MCB 113	Erweiterte Relaiskarte.	130B1164	130B1264
Option für Steckplatz D		Unbeschichtet	Beschichtet
MCB 107	24 V DC externe Spannungsversorgung.	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 Benutzer.	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, erhalten Sie von Ihrem Danfoss-Zulieferer.

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	Gesamtüberschwingungsgehalt
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 Zwischenkreis-Spannung. Ein Bremschopper stellt sicher, dass die generatorische Energie an den Bremswiderstand übertragen wird.

Losbrechmoment

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

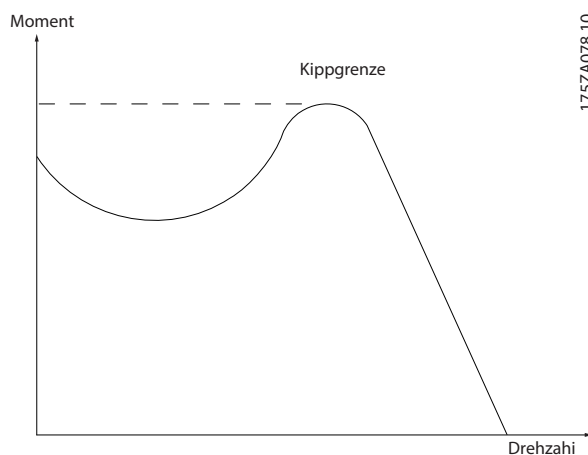


Abbildung 14.1 Tabelle Losbrechmoment

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..... 102

Abkürzungen..... 135

Ableitstrom..... 5, 96

Abmessungen

- Außenabmessungen E1h..... 52
- Außenabmessungen E2h..... 58
- Außenabmessungen E3h..... 64
- Außenabmessungen E4h..... 71
- E1h-Leistungsanschlüsse..... 56
- E2h-Leistungsanschlüsse..... 62
- E3h-Leistungsanschlüsse..... 68
- E4h-Leistungsanschlüsse..... 75
- Produktserienübersicht..... 12

Abschirmung

- EMV-Schirmabschluss..... 67
- Kabel..... 86
- Netz..... 5
- Verdrillte Enden..... 105

AC-Bremse..... 34

Adern..... 84

- Siehe auch *Kabel*

Aktiver Sollwert..... 112

Analog

- Anschlusskonfiguration für Drehzahl-sollwert..... 121
- Ausgangsspezifikationen..... 49
- Ein-/Ausgangsbeschreibungen und Werkseinstellungen..... 89
- Eingangsspezifikationen..... 48

Anschlusskonfiguration für externe Alarmquittierung..... 123

Anschlussplan

- E1h–E4h..... 85
- Feste Pumpe mit variabler Drehzahl..... 127
- Führungspumpen-Wechsel..... 128
- Kaskadenregler..... 126

Anstiegszeit..... 99

Arbeitszyklus

- Berechnung..... 93
- Definition..... 135

ATEX-Überwachung..... 18, 79

Ausbrechplatte..... 53

Ausgang

- Schalter..... 15
- Schütz..... 97, 107
- Spezifikationen..... 49

Außenabmessungen

- E1h..... 52
- E2h..... 58
- E3h..... 64
- E4h..... 71

Auto on..... 111

Automatische Energieoptimierung..... 16

Automatische Motoranpassung

- Anschlusskonfiguration..... 121
- Übersicht..... 17

Automatische Taktfrequenzmodulation..... 16

B

Bandbreitenverwaltung..... 33

Bedienungsanleitung..... 4

Benutzereingabe..... 111

Berechnungen

- Arbeitszyklus des Widerstands..... 93
- Bremsmoment..... 95
- Bremswiderstand..... 94
- Harmonic Software..... 110
- Kurzschlussverhältnis..... 109
- Skalierter Sollwert..... 112
- THDi..... 108

Bestellung..... 129

Betrieb mit niedriger Drehzahl..... 81

Bodenplatte zur Kabeleinführung..... 52

Bremung

- Als alternative Bremsfunktion verwenden..... 95
- Dynamische Bremse..... 34
- Fähigkeitsdiagramm..... 94
- Grenzwerte..... 95
- Steuerung mit Bremsfunktion..... 95

Bremswiderstand

- Anschlussplan..... 85
- Auswahl..... 93
- Bestellung..... 133
- Definition..... 135
- Formel für Nennleistung..... 134
- Klemmen..... 87
- Projektierungshandbuch..... 4
- Übersicht..... 41

Bremswiderstand..... 34

C

CE-Zeichen..... 7

CO₂-Sensor..... 27

Cos ϕ -Kompensation..... 24

CSA/cUL-Zulassung..... 8

D

Dämpfer..... 26

DC-Bremse..... 34

DeviceNet..... 39, 132

Digital

- Ausgangsspezifikationen..... 49
- Ein-/Ausgangsbeschreibungen und Werkseinstellungen..... 89
- Eingangsspezifikationen..... 48

Drehmoment		Flux	
Kennlinie.....	47	Regelungsstruktur bei Fluxvektor mit Geber.....	119
Steuerung/Regelung.....	117	Regelungsstruktur bei Fluxvektor ohne Geber.....	119
Drehzahl		Formel	
Anschlusskonfiguration für einen Drehzahlsollwert.....	123	Ausgangsstrom.....	134
Anschlusskonfigurationen für Drehzahl auf/Drehzahl ab.....	124	Frequenzumrichter-Wirkungsgrad.....	134
PID-Rückführung.....	116	Nennleistung des Bremswiderstands.....	134
Steuerung/Regelung.....	116	Stromgrenze.....	134
Dreieck.....	24	Fournier-Analyse.....	108
DU/dt.....	99	Frequenzausblendung.....	20
E		Frequenzumrichter	
EAC-Markierung.....	8	Abmessungen von Produktserien.....	12
Eingangsspezifikationen.....	48	Abstandsanforderungen.....	80
Elektronisch thermische Überlast.....	17	Konfigurator.....	129
Elektronisches Thermorelais (ETR).....	84	Nennleistungen.....	12
Emissionsanforderungen.....	102	Funktstörungen.....	16
EMV		G	
Allgemeine Aspekte.....	101	Galvanische Trennung.....	17, 49, 104
Filter.....	104	Gase.....	79
Installation.....	107	Gebäudeleitsystem (BMS).....	22
Kompatibilität.....	104	Gehäuseschutzart.....	9
Position des E3h-Schirmabschlusses.....	67	Gewerbeumgebung.....	102
Position des E4h-Schirmabschlusses.....	74	Gleichrichter.....	111
Prüfergebnisse.....	102	Gleichspannungszwischenkreis	
Richtlinie.....	7	Beschreibung des Betriebs.....	111
Schalter mit IT-Netz verwenden.....	97	Klemmen.....	87
Störungen.....	105	Gleichtaktfilter.....	42
EMV-Störungen.....	16	H	
Energie		Hand on.....	111
Effizienzklasse.....	47	Heben.....	78
Ersparnis.....	21, 22, 23	Heizung	
Entladezeit.....	5	Anschlussplan.....	85
Erdung.....	17, 96	Nutzung.....	78
Ersatzteile.....	133	Hilfspumpen.....	32
Erweiterte Relais-Optionskarte.....	41	Hochspannung.....	5
EtherNet/IP.....	40	Höhe.....	81
EU-Ökodesignrichtlinie.....	8	I	
Explosionsgefährdete Bereiche.....	79	IGVs.....	26
Exportkontrollvorschriften.....	8	Installation	
F		Anforderungen.....	80
Fehlerstromschutzschalter.....	96, 97	Elektrische.....	84
Feldbus.....	39, 87	Qualifiziertes Personal.....	5
Fernsollwert.....	112	Installation in großer Höhenlage.....	106
Filter		Instandhaltung.....	79
Bestellung.....	133	IP-Schutzart.....	9
DU/dt-Filter.....	42	Isolation.....	93
EMV-Filter.....	104		
Gleichtaktfilter.....	42		
OberschwingungsfILTER.....	42		
Sinusfilter.....	41, 86		

Istwert		Kurzschluss	
Behandlung.....	114	Berechnung des Verhältnisses.....	109
Signal.....	116	Bremsung.....	35, 95
Umwandlung.....	114	Definition.....	136
IT-Netze.....	97	Kurzschlusschutz.....	14
		SCCR-Nennwert.....	90
K		L	
Kabel		Lagerung.....	78
Abschirmung.....	86	Leistung	
Bremsen.....	87	Anschlüsse.....	86
Geschirmt.....	105	Faktor.....	135
Kabeltyp und Nennwerte.....	84	Nennwerte.....	11
Leistungsanschlüsse.....	86	Spezifikationen.....	43
Maximale Kabelanzahl und -querschnitt pro Phase... 43, 44		Leistungsreduzierung.....	15, 16, 47, 80, 81
Motorkabel.....	90	Leitungsgeführte Störaussendung.....	102
Öffnung.....	52	Losbrechmoment.....	135
Spezifikationen.....	48	Lüfter	
Verlegung.....	87	Erforderlicher Luftdurchsatz.....	81
Kanalkühlung.....	80	Temperaturgeregelte Lüfter.....	16
Kaskadenregler		Luftfeuchtigkeit.....	78
Anschlussplan.....	126	Luftzirkulation	
Kinetischer Speicher.....	19	Durchsätze.....	81
Klemmen		Konfigurationen.....	37
Analogeingang/-ausgang.....	89	M	
Bremswiderstand.....	87	Maschinenrichtlinie.....	7
Digitaleingang/-ausgang.....	89	Messwandler.....	89
Klemme 37.....	89	Modbus.....	40
Relaisklemmen.....	90	Modulation.....	16, 134, 135
RS485.....	89	Montagekonfigurationen.....	80
Serielle Kommunikation.....	89	Motor	
Steuerungsbeschreibungen und Werkseinstellungen..... 88		Ableitstrom.....	96
Zwischenkreiskopplung.....	87	Anschlussplan.....	85
Klemmenabmessungen		Ausgangsspezifikationen.....	47
E1h.....	56	Definition des Losbrechmoments.....	135
E2h.....	62	Drehung.....	91
E3h.....	68	Erkennung fehlender Phasen.....	15
E4h.....	75	Ex-d.....	41
Kondensation.....	78	Ex-e.....	18
Kondensatorlagerung.....	78	Isolation.....	93
Kondenswasserpumpen.....	29	Istwert.....	119
Konformität		Kabel.....	86, 90, 96
Mit ADN.....	6	Parallelschaltung.....	91
Richtlinien.....	7	Reduzierung von Lagerströmen.....	93
Konstant Luftvolumenstromsystem.....	27	Thermischer Schutz.....	17, 91
Konstanter Luftvolumenstrom.....	27	Thermistor-Verkabelungskonfiguration.....	125
Konventionen.....	4	Typenschild.....	19
Kühlkörper		Vollständiges Drehmoment.....	19
Erforderlicher Luftdurchsatz.....	81	Zündschutzart.....	79
Reinigung.....	79	Motorfangschaltung.....	15, 16, 19
Übertemperatur-Abschaltung.....	43	N	
Zugangsdeckel.....	54	Nachrüstätze.....	42
Kühlung		NEMA-Schutzart.....	9
Anforderungen.....	80		
Kühlturmgebläse.....	28		
Staubwarnung.....	79		
Übersicht zur Rückwand Kühlluftführung.....	37		

Netz		R	
Abschirmung.....	5	RCM-Kennzeichnung.....	8
Ausfall.....	19	Regelmäßiges Formieren.....	78
Schwankungen.....	16	Regelung mit Rückführung	
Spezifikationen.....	47	Blockschaltbild.....	116
Versorgungsspezifikationen.....	47	Übersicht.....	115
Niederspannung		Regelung ohne Rückführung	
Öffentliches Netz.....	102	Blockschaltbild.....	115
Richtlinie.....	7	Übersicht.....	115
O		Relais	
Oberschwingungen		ADN-konforme Installation.....	6
Definition des Leistungsfaktors.....	135	Erweiterte Relaiskartenooption.....	41
EN-Standards.....	109	Karte.....	41
Filter.....	42	Klemmen.....	90
IEC-Standards.....	109	Option.....	41
Reduzierung.....	110	Spezifikationen.....	50
Übersicht.....	108	Resonanzdämpfung.....	16
Optionen		Rotor.....	15
Bestellung.....	130, 131, 132	RS485	
Bewegungssteuerung.....	41	Anschlussplan.....	85
Feldbus.....	39	Frequenzumrichter-Standardbus.....	136
Funktionserweiterungen.....	40	Klemmen.....	89
Gehäuseverfügbarkeit.....	12	Verkabelungskonfiguration.....	124
Relaiskarten.....	41	Rückspeisefähig	
		Verfügbarkeit.....	12
Ö		Rückspeisung	
Örtliche Drehzahlbestimmung.....	31	Klemmen.....	56
		Übersicht.....	36
P		Rückwandkühlung.....	37, 80
PELV.....	17, 49, 104	S	
PID		Safe Torque Off	
Regler.....	17, 114, 117	Anschlussplan.....	85
Steuerung/Regelung.....	24	Einhaltung von Maschinenrichtlinien.....	7
Potenzimeter.....	89, 123	Klemmenanordnung.....	89
Primärpumpen.....	30	Projektierungshandbuch.....	4
PROFIBUS.....	39, 132	Übersicht.....	21
PROFINET.....	39	Verkabelungskonfiguration.....	122
Programmierhandbuch.....	4	Schalter	
Proportionalitätsgesetze.....	22	A53 und A54.....	48, 89
Prozessregelung.....	117	Trennschalter.....	90
PTC-Thermistorkarte.....	41	Schiffszertifizierung.....	8
Puls		Schlupfausgleich.....	135
Anschlusskonfiguration für Start/Stopp.....	122	Schutzart	
Eingangsspezifikationen.....	49	Bremsfunktion.....	14
Pumpe		Kurzschluss.....	14
Kondensator.....	29	Schutzart.....	12
Primär.....	30	Therm. Motorschutz.....	17
Sekundär.....	32	Überlast.....	15
Wirkungsgrad.....	33	Überspannung.....	14
Zuschalten.....	34	Überstrom.....	84
		Versorgungsspannungsasymmetrie.....	15
Q		Sensoreingangsoption.....	41
Qualifiziertes Personal.....	5	Serielle Kommunikation.....	89

Sicherheit		Thermistor	
Handbuch.....	5, 84	Definition.....	136
Sicherungen		Kabelführung.....	87
Empfehlung für Netzversorgung.....	14	Klemmenanordnung.....	89
Für den Einsatz mit Stromanschlüssen.....	86	Verkabelungskonfiguration.....	125
Spezifikationen.....	90	Transformator.....	108
Überspannungsschutz.....	84	Trennschalter.....	14, 90, 97
Sinusfilter.....	41, 86	Türabstand.....	52
Skalierter Sollwert.....	112	TÜV-Zertifikat.....	8
Smart Logic Control		Typencode.....	129
Übersicht.....	20		
Verkabelungskonfiguration.....	127	U	
Softstarter.....	24	U/min [UPM].....	22
Software-Versionen.....	133		
Sollwert		Ü	
Aktiver Sollwert.....	112	Überlast	
Drehzahleingang.....	121, 122	Elektronisch thermische Überlast.....	17
Fernsollwert.....	112	Grenzwerte.....	15
Spannungsasymmetrie.....	15	Komplikationen durch Oberschwingungen.....	108
Sprachpakete.....	129	Überspannung	
Start/Stopp-Anschlusskonfiguration.....	122, 123	Alternative Bremsfunktion.....	95
Steuerkarte		Bremsung.....	41
RS485-Spezifikationen.....	49	Schutzart.....	14
Spezifikationen.....	51	Überspannungsschutz.....	84
Umgebungstemperatur.....	43	Übertemperatur.....	136
Steuerklemmen.....	88		
Steuerung/Regelung		U	
Arten der.....	116, 117	UKrSEPRO-Zertifikat.....	8
Beschreibung des Betriebs.....	111	UL	
Charakteristik.....	50	Schutzart der Bauform.....	9
Strukturen.....	115	Zulassungsmarkierung.....	8
STO.....	4	Umgebung.....	47, 78
Siehe auch <i>Safe Torque Off</i>		Umgebungsbedingungen	
Störfestigkeitsanforderungen.....	103	Spezifikationen.....	47
Störgeräusche.....	98	Übersicht.....	78
Strom		Universal-E/A-Modul.....	40
Ableitstrom.....	96	USB-Spezifikationen.....	51
Ausgangsnennstrom.....	134		
Formel für Stromgrenze.....	134	V	
Grundstrom.....	108	Variabler Luftvolumenstrom.....	26
Interner Stromgrenzenregler.....	120	Verarbeitung	
Oberschwingungsstrom.....	108	Fernsollwert-.....	112
Reduzierung am Motor.....	93	Verdrillte Abschirmungsenden.....	105
Transienter Erd-.....	97	Verknüpfungspunkt.....	108
Verzerrung.....	109	Vorheizung.....	20
		VVC+.....	118, 120
T		VVS.....	26
Taktfrequenz		W	
Leistungsanschlüsse.....	86	Warnungen.....	5, 84
Leistungsreduzierung.....	15, 82	Wechselrichter.....	111
Sinusfilter.....	41, 86		
Verwendung mit Fehlerstromschutzschaltern.....	97		
Temperatur.....	79, 82		

Wiederanlauf.....	19
Wirkungsgrad	
AMA verwenden.....	17
Berechnung.....	98
Formel für den Frequenzumrichter-Wirkungsgrad.....	134
Wohnbereich.....	102
Z	
Zentrale VVS-Systeme.....	26
Zwischenkreiskopplung	
Anschlussplan.....	85
Klemmen.....	36, 87
Kurzschlusschutz.....	14
Übersicht.....	35
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

