ENGINEERING TOMORROW

Projektierungshandbuch

VLT® HVAC Drive FC 102

355–1400 kW

www.danfoss.de/vlt

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung 5

1.1 Zweck des Projektierungshandbuchs 5

1.2 Zusätzliche Materialien 5

1.3 Dokument- und Softwareversion 5

1.4 Konventionen 5

2 Sicherheit 6

2.1 Sicherheitssymbole 6

2.2 Qualifiziertes Personal 6

2.3 Sicherheitsmaßnahmen 6

3 Zulassungen und Zertifizierungen 8

3.1 Übereinstimmung mit Vorschriften und Zulassungen 8

3.2 Schutzarten 10

4 Produktübersicht 12

4.1 VLT® High Power-Frequenzumrichter 12

4.2 Gehäusegröße nach Nennleistung 12

4.3 Gehäuseübersicht, 380–480 V 13

4.4 Übersicht der Baugrößen, 525–690 V 16

4.5 Verfügbarkeit des Nachrüstsatzes 19

5 Produktfunktionen 20

5.1 Automatisierte Betriebsfunktionen 20

5.2 Kundenspezifische Anwendungsfunktionen 23

5.3 Spezifische VLT® HVAC Drive-Funktionen 27

5.4 Einfacher Kaskadenregler 41

5.5 Dynamisches Bremsen 42

5.6 Zwischenkreiskopplung 43

5.7 Rückspeiseeinheit 44

6 Optionen und Zubehör 45

6.1 Feldbus Baugruppen 45

6.2 Funktionserweiterungen 46

6.3 Motion Control und Relaiskarten 47

6.4 Bremswiderstände 47

6.5 Sinusfilter 48

6.6 du/dt-Filter 48

6.7 Gleichtaktfilter 48

6.8 Oberschwingungsfilter 48

6.9 Im Gehäuse installierte Optionen 48

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

6.10 High Power-Zubehör 50

7 Spezifikationen 51

7.1 Elektrische Daten, 380-480 V 51

7.2 Elektrische Daten, 525-690 V 57

7.3 Netzversorgung 63

7.4 Motorausgang und Motordaten 63

7.5 Umgebungsbedingungen 63

7.6 Kabelspezifikationen 64

7.7 Steuereingang/-ausgang und Steuerdaten 64

7.8 Gewichte der Baugrößen 67

7.9 Luftzirkulation für Baugrößen E1–E2 und F1–F13 68

8 Außen- und Klemmenabmessungen 70

8.1 E1 – Außen- und Klemmenabmessungen 70

8.2 E2 – Außen- und Klemmenabmessungen 78

8.3 F1 – Außen- und Klemmenabmessungen 86

8.4 F2 – Außen- und Klemmenabmessungen 93

8.5 F3 – Außen- und Klemmenabmessungen 100

8.6 F4 – Außen- und Klemmenabmessungen 112

8.7 F8 – Außen- und Klemmenabmessungen 123

8.8 F9 – Außen- und Klemmenabmessungen 127

8.9 F10 – Außen- und Klemmenabmessungen 133

8.10 F11 – Außen- und Klemmenabmessungen 139

8.11 F12 – Außen- und Klemmenabmessungen 147

8.12 F13 – Außen- und Klemmenabmessungen 153

9 Allgemeine Hinweise zur mechanischen Installation 161

9.1 Lagerung 161

9.2 Anheben der Einheit 161

9.3 Betriebsumgebung 162

9.4 Montagehinweis 163

9.5 Kühlung 164

9.6 Leistungsreduzierung 165

10 Allgemeine Hinweise zur elektrischen Installation 168

10.1 Sicherheitshinweise 168

10.2 Anschlussdiagramm 169

10.3 Anschlüsse 170

10.4 Steuerkabel und -klemmen 174

10.5 Sicherungen und Trennschalter 180

10.6 Trennschalter und Schütze 185

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

10.7 Motor 186
10.8 Bremsung 189
10.9 Fehlerstromschutzschalter und Isolationswiderstandsüberwachung (IRM) 191
10.10 Ableitstrom 191
10.11 IT-Netz 193
10.12 Wirkungsgrad 193
10.13 Störgeräusche 194
10.14 dU/dt-Bedingungen 194
10.15 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) 195
10.16 EMV-gerechte Installation 199
10.17 Oberschwingungen – Übersicht 202

11 Grundlegende Arbeitsweise eines Frequenzumrichters 206
11.1 Beschreibung des Betriebs 206
11.2 Frequenzumrichtersteuerungen 206

12 Anwendungsbeispiele 215
12.1 Anschlusskonfigurationen für eine automatische Motoranpassung (AMA) 215
12.2 Anschlusskonfigurationen für einen analogen Drehzahlsollwert 215
12.3 Anschlusskonfigurationen für Start/Stopp 216
12.4 Anschlussbeispiel für externe Alarmquittierung 217
12.5 Anschlusskonfigurationen für Drehzahlsollwert unter Verwendung eines manuellen Potenziometers 218
12.6 Anschlussbeispiel für Drehzahl auf/Drehzahl ab 218
12.7 Anschlusskonfigurationen für RS485-Netzwerkverbindung 219
12.8 Anschlusskonfigurationen für einen Motorthermistor 219
12.9 Verkabelungskonfiguration für einen Kaskadenregler 220
12.10 Anschlusskonfiguration für eine Relaiskonfiguration mit Smart Logic Control 221
12.11 Verkabelungskonfiguration für eine Pumpe mit konstanter/variabler Drehzahl 221
12.12 Anschlussbeispiel für Führungspumpen-Wechsel 222

13 Bestellung eines Frequenzumrichters 223
13.1 Antriebskonfigurator 223
13.2 Bestellnummern für Optionen/Nachrüstsätze 227
13.3 Bestellnummern für Filter und Bremswiderstände 230
13.4 Ersatzteile 230

14 Anhang 231
14.1 Abkürzungen und Symbole 231
14.2 Definitionen 232
14.3 RS485 Installation und Konfiguration 233
14.4 RS485: Übersicht zum FC-Protokoll 234

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

14.5 RS485: Telegrammstruktur des FC-Protokolls 235
14.6 RS485: FC-Protokoll – Parameterbeispiele 239
14.7 RS485: Übersicht zu Modbus RTU 239
14.8 RS485: Modbus RTU-Telegrammaufbau 241
14.9 RS485: Modbus RTU-Meldungsfunktionscodes 244
14.10 RS485: Modbus RTU-Parameter 245
14.11 RS485: Frequenzumrichter-Steuerprofil 245

Index 253

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

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 *Bedienungsanleitung VLT® FC Series - Safe Torque Off* 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® Brake Resistor MCE 101* beschreibt die Auswahl des optimalen Bremswiderstands.
- Das *Projektierungshandbuch VLT® Advanced Harmonic Filters AHF 005/AHF 010* beschreibt Oberschwingungen, verschiedene Abhilfemaßnahmen und das Funktionsprinzip des erweiterten Oberschwingungsfilters. Diese Anleitung beschreibt auch, wie Sie den richtigen Filter für eine bestimmte Anwendung auswählen.
- Im *Projektierungshandbuch für Ausgangsfilter* wird erläutert, warum es notwendig ist, Ausgangsfilter für bestimmte Anwendungen zu verwenden und wie man den optimalen dU/dt oder Sinusfilter auswählt.
- Für die Frequenzumrichter stehen Optionsmodule zur Verfügung, die einige der in diesen Dokumenten enthaltenen Informationen ändern können. Spezifische Anforderungen finden Sie in den Anweisungen, die den Optionen beiliegen.

Zusätzliche Veröffentlichungen und Handbücher sind bei Danfoss erhältlich. Siehe *drives.danfoss.de/downloads/portal/#/* 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	Software-version
MG16C3xx	Inhalte D1h–D8h gelöscht und neue Struktur implementiert.	5.11

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, Parametergruppennamen, Parameteroptionen.
- Alle Abmessungen in Zeichnungen sind in mm angegeben.
- Ein Sternchen (*) kennzeichnet die Werkseinstellung eines Parameters.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

2 Sicherheit

2

2.1 Sicherheitssymbole

Folgende Symbole kommen in diesem Handbuch zum Einsatz:

⚠WARNUNG

Weist auf eine potenziell gefährliche Situation hin, die zum Tod oder zu schweren Verletzungen 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

GEFAHR DURCH ABLEITSTRÖME

Die Ableitströme 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.**

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

⚠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

BRANDGEFAHR

Die Bremswiderstände erwärmen sich während und nach dem Bremsen. Werden die Bremswiderstände nicht in einer sicheren Umgebung platziert, besteht ggf. die Gefahr von schweren Verletzungen und von Sachschäden.

- **Um einer Brandgefahr zu entgehen, müssen Sie den Bremswiderstand in einer sicheren Umgebung platzieren.**
- **Berühren Sie den Bremswiderstand während des Bremsens oder danach nicht, um schwere Verbrennungen zu vermeiden.**

HINWEIS

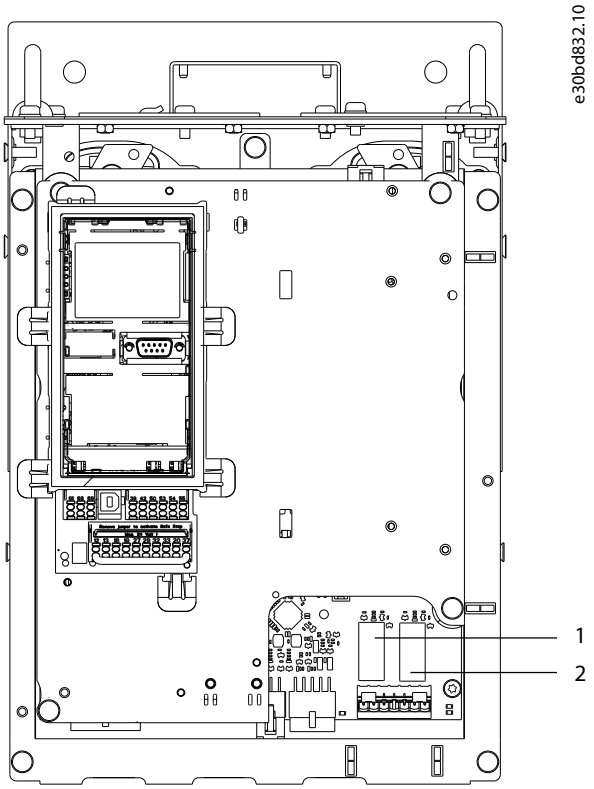
NETZABSCHIRMUNG ALS SICHERHEITSOPTION

Eine optionale Netzabschirmung ist für Gehäuse der Schutzart IP21/IP54 (Typ 1/Typ 12) erhältlich. Die Netzabschirmung ist eine Schutzabdeckung zum Schutz vor versehentlicher Berührung der Leistungsklemmen gemäß BGV A2, VBG 4.

2.3.1 ADN-konforme Installation

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

- Installieren Sie keinen Netzschalter
- Vergewissern Sie sich, dass *Parameter 14-50 RFI 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

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

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 Übereinstimmung mit Vorschriften und Zulassungen

HINWEIS

AUFERLEGTE BEGRENZUNGEN DER AUSGANGS-FREQUENZ

Ab Softwareversion 3.92 ist die Ausgangsfrequenz des Frequenzumrichters auf 590 Hz begrenzt (bedingt durch Exportkontrollvorschriften).

3.1.1.1 CE-Zeichen

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

HINWEIS

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

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

Tabelle 3.1 Frequenzumrichter betreffende EU-Richtlinien

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

HINWEIS

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

Konformitätserklärungen sind auf Anfrage erhältlich.

Niederspannungsrichtlinie

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

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

EMV-Richtlinie

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

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

Maschinenrichtlinie

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

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

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

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 Baugröße T7 (525-690 V) sind nur für 525–600 V nach UL-Anforderungen zertifiziert.

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

Der 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 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

Schiffe und Öl-/Gasplattformen müssen von mindestens einer Schiffszertifizierungsgesellschaft zertifiziert werden, um eine Zulassungslizenz und Versicherungsschutz erhalten zu können. Die Danfoss-Frequenzumrichter verfügen über Zertifizierungen von bis zu 12 Klassifikationsgesellschaften.

Die Anzeige- oder Druckfunktion für die Zulassungen und Zertifizierungen für Schiffsanwendungen finden Sie im Downloadbereich unter *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.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

3

3.2 Schutzarten

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

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

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

UL-Typ-Standard

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

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

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

Das Gehäuse darf keine Löcher und keine 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

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Erste Kennziffer	Zweite Kennziffer	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 vor schädlichen Staubablagerungen im Innern.
6	–	Schutz vor Eindringen von Staub (staubdicht).
–	0	Kein Schutz.
–	1	Schutz vor senkrecht fallendem Tropfwasser.
–	2	Schutz vor schräg fallendem Tropfwasser (15° gegenüber der Senkrechten).
–	3	Schutz vor Sprühwasser (bis 60° gegenüber der Senkrechten).
–	4	Schutz vor Spritzwasser.
–	5	Schutz vor Strahlwasser.
–	6	Schutz vor starkem Strahlwasser.
–	7	Schutz vor eindringendem Wasser beim zeitweiligen Untertauchen.
–	8	Schutz vor eindringendem Wasser beim dauerhaften Untertauchen.

Tabelle 3.3 Aufschlüsselung der IP-Nummer

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

4 Produktübersicht

4.1 VLT® High Power-Frequenzumrichter

Die in diesem Handbuch beschriebenen Danfoss VLT®-Frequenzumrichter sind als freistehende, wandmontierbare oder im Schaltschrank montierbare Geräte erhältlich. Jeder VLT®-Frequenzumrichter ist für alle Standardmotoren konfigurierbar, kompatibel und optimiert, wodurch Einschränkungen, die feste Kombinationen aus Motoren und Frequenzumrichtern mit sich bringen, vermieden werden. Diese Frequenzumrichter sind in 2 Front-End-Konfigurationen erhältlich: 6-Puls und 12-Puls.

Vorteile der VLT® 6-Pulse Drives

- Erhältlich in verschiedenen Baugrößen und Schutzarten.
- 98 % Wirkungsgrad reduziert Betriebskosten.
- Das einzigartige Kühlkonzept mit rückwärtigen Kühlkanälen macht weniger Kühlgeräte erforderlich, wodurch die Installations- und Fixkosten gesenkt werden können.
- Niedrige Leistungsaufnahme für Kühlgeräte im Schaltraum.
- Niedrigere Betriebskosten.
- Konsistente Benutzerschnittstelle im gesamten Programm der Danfoss-Frequenzumrichter.
- Anwendungsorientierte Inbetriebnahmeassistenten.
- Mehrsprachige Benutzerschnittstelle.

Vorteile der VLT® 12-Pulse Drives

Der VLT® 12-Pulse Drive bietet eine Reduzierung der Oberschwingungen ohne Einsatz kapazitiver oder induktiver Komponenten, die zur Vermeidung potenzieller Systemresonanzprobleme häufige Netzwerkanalysen erforderlich machen. Der 12-Pulse Drive verfügt über die gleiche modulare Bauweise wie der beliebte VLT® 6-Pulse Drive. Weitere Verfahren zur Oberschwingungsreduzierung finden Sie im *VLT® Advanced Harmonic Filter AHF-Projektierungshandbuch 005/010*.

Die 12-Pulse Drives bieten dieselben Vorteile wie die 6-Pulse Drives und haben folgende Merkmale:

- Robust und besonders stabil unter allen Netz- und Betriebsbedingungen.
- Sie eignen sich ideal für Anwendungen, in denen eine Verringerung von der mittleren Spannung erforderlich ist oder eine Isolierung vom Netz benötigt wird.
- Ausgezeichnete Störfestigkeit gegenüber Eingangstransienten.

4.2 Gehäusegröße nach Nennleistung

kW[1)]	HP[1)]	Verfügbare Gehäuse	
		6-Puls	12-Puls
315	450	–	F8–F9
355	500	E1–E2	F8–F9
400	550	E1–E2	F8–F9
450	600	E1–E2	F8–F9
500	650	F1–F3	F10–F11
560	750	F1–F3	F10–F11
630	900	F1–F3	F10–F11
710	1000	F1–F3	F10–F11
800	1200	F2–F4	F12–F13
1000	1350	F2–F4	F12–F13

Tabelle 4.1 Gehäuse-Nennleistungen, 380–480 V

1) Alle Nennleistungen beziehen sich auf die normale Überlast. Ausgangsleistung wird bei 400 V (kW) und 460 V (HP) angegeben.

kW[1)]	HP[1)]	Verfügbare Gehäuse	
		6-Puls	12-Puls
450	450	E1–E2	F8–F9
500	500	E1–E2	F8–F9
560	600	E1–E2	F8–F9
630	650	E1–E2	F8–F9
710	750	F1–F3	F10–F11
800	950	F1–F3	F10–F11
900	1050	F1–F3	F10–F11
1000	1150	F2–F4	F12–F13
1200	1350	F2–F4	F12–F13
1400	1550	F2–F4	F12–F13

Tabelle 4.2 Gehäuse-Nennleistungen, 525–690 V

1) Alle Nennleistungen beziehen sich auf die normale Überlast. Ausgang wird bei 690 V (kW) und 575 V (HP) gemessen.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

4.3 Gehäuseübersicht, 380–480 V

Baugröße	E1	E2
Nennleistung[1)]		
Ausgang bei 400 V (kW)	355–450	355–450
Ausgang bei 460 V (HP)	500–600	500–600
Front-End-Konfiguration		
6-Puls	S	S
12-Puls	–	–
Schutzart		
IP	IP21/54	IP00
UL-Typ	Typ 1/12	Gehäuse
Hardware-Optionen[2)]		
Edelstahl-Kühlkanal	–	O
Netzabschirmung	O	–
Heizgerät und Thermostat	–	–
Schaltschrankleuchte mit Steckdose	–	–
EMV-Filter (Klasse A1)	O	O
NAMUR-Klemmen	–	–
Isolationswiderstandsüberwachung (IRM)	–	–
Fehlerstromüberwachung (RCM)	–	–
Bremschopper (IGBTs)	O	O
Safe Torque Off	O	O
Zwischenkreisklemmen	O	O
Gemeinsame Motorklemmen	–	–
Not-Aus mit Pilz-Sicherheitsrelais	–	–
Safe Torque Off mit Pilz-Sicherheitsrelais	–	–
Kein LCP	–	–
Grafisches LCP	S	S
Numerisches LCP	O	O
Sicherungen	O	O
Zwischenkreiskopplungsklemmen	O	O
Sicherungen + Zwischenkreiskopplungsklemmen	O	O
Trennschalter	O	O
Trennschalter	–	–
Schütze	–	–
Manuelle Motorstarter	–	–
Durch Sicherung geschützte 30-A-Klemmen	–	–
24 V DC-Versorgung (Schaltnetzteil, 5 A)	O	O
Externe Temperaturüberwachung	–	–
Abmessungen		
Höhe, mm (in)	2000 (78,8)	1547 (60,9)
Breite, mm (in)	600 (23,6)	585 (23,0)
Tiefe, mm (in)	494 (19,4)	498 (19,5)
Gewicht, kg (lb)	270–313 (595–690)	234–277 (516–611)

Tabelle 4.3 E1–E2-Frequenzumrichter, 380–480 V

1) Alle Nennleistungen beziehen sich auf die normale Überlast. Ausgangsleistung wird bei 400 V (kW) und 460 V (HP) angegeben.

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

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

4

Baugröße	F1	F2	F3	F4
Nennleistung[1]				
Ausgang bei 400 V (kW)	500–710	800–1000	500–710	800–1000
Ausgang bei 460 V (HP)	650–1000	1200–1350	650–1000	1200–1350
Front-End-Konfiguration				
6-Puls	S	S	S	S
12-Puls	–	–	–	–
Schutzart				
IP	IP21/54	IP21/54	IP21/54	IP21/54
UL-Typ	Typ 1/12	Typ 1/12	Typ 1/12	Typ 1/12
Hardware-Optionen[2]				
Edelstahl-Kühlkanal	O	O	O	O
Netzabschirmung	–	–	–	–
Heizgerät und Thermostat	O	O	O	O
Schaltschrankleuchte mit Steckdose	O	O	O	O
EMV-Filter (Klasse A1)	–	–	–	–
NAMUR-Klemmen	–	–	–	–
Isolationswiderstandsüberwachung (IRM)	–	–	O	O
Fehlerstromüberwachung (RCM)	–	–	O	O
Bremschopper (IGBTs)	O	O	O	O
Safe Torque Off	O	O	O	O
Zwischenkreisklemmen	O	O	O	O
Gemeinsame Motorklemmen	O	O	O	O
Not-Aus mit Pilz-Sicherheitsrelais	–	–	O	O
Safe Torque Off mit Pilz-Sicherheitsrelais	O	O	O	O
Kein LCP	–	–	–	–
Grafisches LCP	S	S	S	S
Numerisches LCP	–	–	–	–
Sicherungen	O	O	O	O
Zwischenkreiskopplungsklemmen	O	O	O	O
Sicherungen + Zwischenkreiskopplungs-klemmen	O	O	O	O
Trennschalter	–	–	O	O
Trennschalter	–	–	O	O
Schütze	–	–	O	O
Manuelle Motorstarter	O	O	O	O
Durch Sicherung geschützte 30-A-Klemmen	O	O	O	O
24 V DC-Versorgung (Schaltnetzteil, 5 A)	O	O	O	O
Externe Temperaturüberwachung	O	O	O	O
Abmessungen				
Höhe, mm (in)	2204 (86,8)	2204 (86,8)	2204 (86,8)	2204 (86,8)
Breite, mm (in)	1400 (55,1)	1800 (70,9)	2000 (78,7)	2400 (94,5)
Tiefe, mm (in)	606 (23,9)	606 (23,9)	606 (23,9)	606 (23,9)
Gewicht, kg (lb)	1017 (2242,1)	1260 (2777,9)	1318 (2905,7)	1561 (3441,5)

Tabelle 4.4 F1–F4-Frequenzumrichter, 380–500 V

1) Alle Nennleistungen beziehen sich auf die normale Überlast. Ausgangsleistung wird bei 400 V (kW) und 460 V (HP) angegeben.

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

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Baugröße	F8	F9	F10	F11	F12	F13
Nennleistung[1]						
Ausgang bei 400 V (kW)	315–450	315–450	500–710	500–710	800–1000	800–1000
Ausgang bei 460 V (HP)	450–600	450–600	650–1000	650–1000	1200–1350	1200–1350
Front-End-Konfiguration						
6-Puls	–	–	–	–	–	–
12-Puls	S	S	S	S	S	S
Schutzart						
IP	IP21/54	IP21/54	IP21/54	IP21/54	IP21/54	IP21/54
NEMA	Typ 1/12	Typ 1/12	Typ 1/12	Typ 1/12	Typ 1/12	Typ 1/12
Hardware-Optionen[2]						
Edelstahl-Kühlkanal	–	–	–	–	–	–
Netzabschirmung	–	–	–	–	–	–
Heizgerät und Thermostat	–	–	O	O	O	O
Schaltschrankleuchte mit Steckdose	–	–	O	O	O	O
EMV-Filter (Klasse A1)	–	O	–	–	O	O
NAMUR-Klemmen	–	–	–	–	–	–
Isolationswiderstandsüberwachung (IRM)	–	O	–	–	O	O
Fehlerstromüberwachung (RCM)	–	O	–	–	O	O
Bremschopper (IGBTs)	O	O	O	O	O	O
Safe Torque Off	O	O	O	O	O	O
Zwischenkreisklemmen	–	–	–	–	–	–
Gemeinsame Motorklemmen	–	–	O	O	O	O
Not-Aus mit Pilz-Sicherheitsrelais	–	–	–	–	–	–
Safe Torque Off mit Pilz-Sicherheits-relais	O	O	O	O	O	O
Kein LCP	–	–	–	–	–	–
Grafisches LCP	S	S	S	S	S	S
Numerisches LCP	–	–	–	–	–	–
Sicherungen	O	O	O	O	O	O
Zwischenkreiskopplungsklemmen	–	–	–	–	–	–
Sicherungen + Zwischenkreiskop-plungsklemmen	–	–	–	–	–	–
Trennschalter	–	O	O	O	O	O
Trennschalter	–	–	–	–	–	–
Schütze	–	–	–	–	–	–
Manuelle Motorstarter	–	–	O	O	O	O
Durch Sicherung geschützte 30-A-Klemmen	–	–	O	O	O	O
24 V DC-Versorgung (Schaltnetzteil, 5 A)	O	O	O	O	O	O
Externe Temperaturüberwachung	–	–	O	O	O	O
Abmessungen						
Höhe, mm (in)	2204 (86,8)	2204 (86,8)	2204 (86,8)	2204 (86,8)	2204 (86,8)	2204 (86,8)
Breite, mm (in)	800 (31,5)	1400 (55,2)	1600 (63,0)	2400 (94,5)	2000 (78,7)	2800 (110,2)
Tiefe, mm (in)	606 (23,9)	606 (23,9)	606 (23,9)	606 (23,9)	606 (23,9)	606 (23,9)
Gewicht, kg (lb)	447 (985,5)	669 (1474,9)	893 (1968,8)	1116 (2460,4)	1037 (2286,4)	1259 (2775,7)

Tabelle 4.5 F8–F13-Frequenzumrichter, 380–480 V

1) Alle Nennleistungen beziehen sich auf die normale Überlast. Ausgangsleistung wird bei 400 V (kW) und 460 V (HP) angegeben.

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

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

4.4 Übersicht der Baugrößen, 525–690 V

Baugröße	E1	E2
Nennleistung[1)]		
Ausgang bei 690 V (kW)	450–630	450–630
Ausgang bei 575 V (HP)	450–650	450–650
Front-End-Konfiguration		
6-Puls	S	S
12-Puls	–	–
Schutzart		
IP	IP21/54	IP00
UL-Typ	Typ 1/12	Gehäuse
Hardware-Optionen[2)]		
Edelstahl-Kühlkanal	–	O
Netzabschirmung	O	–
Heizgerät und Thermostat	–	–
Schaltschrankleuchte mit Steckdose	–	–
EMV-Filter (Klasse A1)	O	O
NAMUR-Klemmen	–	–
Isolationswiderstandsüberwachung (IRM)	–	–
Fehlerstromüberwachung (RCM)	–	–
Bremschopper (IGBTs)	O	O
Safe Torque Off	S	S
Zwischenkreisklemmen	O	O
Gemeinsame Motorklemmen	–	–
Not-Aus mit Pilz-Sicherheitsrelais	–	–
Safe Torque Off mit Pilz-Sicherheitsrelais	–	–
Kein LCP	–	–
Grafisches LCP	S	S
Numerisches LCP	O	O
Sicherungen	O	O
Zwischenkreiskopplungsklemmen	O	O
Sicherungen + Zwischenkreiskopplungsklemmen	O	O
Trennschalter	O	O
Trennschalter	–	–
Schütze	–	–
Manuelle Motorstarter	–	–
Durch Sicherung geschützte 30-A-Klemmen	–	–
24 V DC-Versorgung (Schaltnetzteil, 5 A)	O	O
Externe Temperaturüberwachung	–	–
Abmessungen		
Höhe, mm (in)	2000 (78,8)	1547 (60,9)
Breite, mm (in)	600 (23,6)	585 (23,0)
Tiefe, mm (in)	494 (19,4)	498 (19,5)
Gewicht, kg (lb)	263–313 (580–690)	221–277 (487–611)

Tabelle 4.6 E1–E2-Frequenzumrichter, 525–690 V

1) Alle Nennleistungen beziehen sich auf die normale Überlast. Ausgang wird bei 690 V (kW) und 575 V (HP) gemessen.

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

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Baugröße	F1	F2	F3	F4
Nennleistung[1)]				
Ausgang bei 690 V (kW)	710–900	1000–1400	710–900	1000–1400
Ausgang bei 575 V (HP)	750–1050	1150–1550	750–1050	1150–1550
Front-End-Konfiguration				
6-Puls	S	S	S	S
12-Puls	–	–	–	–
Schutzart				
IP	IP21/54	IP21/54	IP21/54	IP21/54
UL-Typ	Typ 1/12	Typ 1/12	Typ 1/12	Typ 1/12
Hardware-Optionen[2)]				
Edelstahl-Kühlkanal	O	O	O	O
Netzabschirmung	–	–	–	–
Heizgerät und Thermostat	O	O	O	O
Schaltschrankleuchte mit Steckdose	O	O	O	O
EMV-Filter (Klasse A1)	–	–	O	O
NAMUR-Klemmen	–	–	–	–
Isolationswiderstandsüberwachung (IRM)	–	–	O	O
Fehlerstromüberwachung (RCM)	–	–	O	O
Bremschopper (IGBTs)	O	O	O	O
Safe Torque Off	O	O	O	O
Zwischenkreisklemmen	O	O	O	O
Gemeinsame Motorklemmen	O	O	O	O
Not-Aus mit Pilz-Sicherheitsrelais	–	–	O	O
Safe Torque Off mit Pilz-Sicherheitsrelais	O	O	O	O
Kein LCP	–	–	–	–
Grafisches LCP	S	S	S	S
Numerisches LCP	–	–	–	–
Sicherungen	O	O	O	O
Zwischenkreiskopplungsklemmen	O	O	O	O
Sicherungen + Zwischenkreiskopplungs-klemmen	O	O	O	O
Trennschalter	–	–	O	O
Trennschalter	–	–	O	O
Schütze	–	–	O	O
Manuelle Motorstarter	O	O	O	O
Durch Sicherung geschützte 30-A-Klemmen	O	O	O	O
24 V DC-Versorgung (Schaltnetzteil, 5 A)	O	O	O	O
Externe Temperaturüberwachung	O	O	O	O
Abmessungen				
Höhe, mm (in)	2204 (86,8)	2204 (86,8)	2204 (86,8)	2204 (86,8)
Breite, mm (in)	1400 (55,1)	1800 (70,9)	2000 (78,7)	2400 (94,5)
Tiefe, mm (in)	606 (23,9)	606 (23,9)	606 (23,9)	606 (23,9)
Gewicht, kg (lb)	1017 (2242,1)	1260 (2777,9)	1318 (2905,7)	1561 (3441,5)

Tabelle 4.7 F1–F4-Frequenzumrichter, 525–690 V

1) Alle Nennleistungen beziehen sich auf die normale Überlast. Ausgang wird bei 690 V (kW) und 575 V (HP) gemessen.

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

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

4

Baugröße	F8	F9	F10	F11	F12	F13
Nennleistung[1)]						
Ausgang bei 690 V (kW)	450–630	450–630	710–900	710–900	1000–1400	1000–1400
Ausgang bei 575 V (HP)	450–650	450–650	750–1050	750–1050	1150–1550	1150–1550
Front-End-Konfiguration						
6-Puls	–	–	–	–	–	–
12-Puls	S	S	S	S	S	S
Schutzart						
IP	IP21/54	IP21/54	IP21/54	IP21/54	IP21/54	IP21/54
NEMA	Typ 1/12	Typ 1/12	Typ 1/12	Typ 1/12	Typ 1/12	Typ 1/12
Hardware-Optionen[2)]						
Edelstahl-Kühlkanal	–	–	–	–	–	–
Netzabschirmung	–	–	–	–	–	–
Heizgerät und Thermostat	–	–	O	O	O	O
Schaltschrankleuchte mit Steckdose	–	–	O	O	O	O
EMV-Filter (Klasse A1)	–	O	–	–	O	O
NAMUR-Klemmen	–	–	–	–	–	–
Isolationswiderstandsüberwachung (IRM)	–	O	–	–	O	O
Fehlerstromüberwachung (RCM)	–	O	–	–	O	O
Bremschopper (IGBTs)	O	O	O	O	O	O
Safe Torque Off	O	O	O	O	O	O
Zwischenkreisklemmen	–	–	–	–	–	–
Gemeinsame Motorklemmen	–	–	O	O	O	O
Not-Aus mit Pilz-Sicherheitsrelais	–	–	–	–	–	–
Safe Torque Off mit Pilz-Sicherheits-relais	O	O	O	O	O	O
Kein LCP	–	–	–	–	–	–
Grafisches LCP	S	S	S	S	S	S
Numerisches LCP	–	–	–	–	–	–
Sicherungen	O	O	O	O	O	O
Zwischenkreiskopplungsklemmen	–	–	–	–	–	–
Sicherungen + Zwischenkreiskop-plungsklemmen	–	–	–	–	–	–
Trennschalter	–	O	O	O	O	O
Trennschalter	–	–	–	–	–	–
Schütze	–	–	–	–	–	–
Manuelle Motorstarter	–	–	O	O	O	O
Durch Sicherung geschützte 30-A-Klemmen	–	–	O	O	O	O
24 V DC-Versorgung (Schaltnetzteil, 5 A)	O	O	O	O	O	O
Externe Temperaturüberwachung	–	–	O	O	O	O
Abmessungen						
Höhe, mm (in)	2204 (86,8)	2204 (86,8)	2204 (86,8)	2204 (86,8)	2204 (86,8)	2204 (86,8)
Breite, mm (in)	800 (31,5)	1400 (55,1)	1600 (63,0)	2400 (94,5)	2000 (78,7)	2800 (110,2)
Tiefe, mm (in)	606 (23,9)	606 (23,9)	606 (23,9)	606 (23,9)	606 (23,9)	606 (23,9)
Gewicht, kg (lb)	447 (985,5)	669 (1474,9)	893 (1968,8)	1116 (2460,4)	1037 (2286,4)	1259 (2775,7)

Tabelle 4.8 F8–F13-Frequenzumrichter, 525–690 V

1) Alle Nennleistungen beziehen sich auf die normale Überlast. Ausgang wird bei 690 V (kW) und 575 V (HP) gemessen.

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

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

4.5 Verfügbarkeit des Nachrüstsatzes

Beschreibung des Nachrüstsatzes[1)]	E1	E2	F1	F2	F3	F4	F8	F9	F10	F11	F12	F13
USB für Türeinbau	O	–	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
LCP, numerisch	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
LCP, grafisch[2)]	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
LCP-Kabel, 3 m	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Einbausatz für numerisches LCP (LCP, Befestigungen, Dichtung und Kabel)	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Einbausatz für grafisches LCP (LCP, Befestigungen, Dichtung und Kabel)	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Einbausatz für alle LCPs (Befestigungen, Dichtung und Kabel)	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Zugang von oben für Motorkabel	–	–	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Zugang von oben für Netzkabel	–	–	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Zugang von oben für Netzkabel mit Schalter	–	–	–	–	O	O	–	–	–	–	–	–
Zugang von oben für Feldbuskabel	–	O	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Gemeinsame Motorklemmen	–	–	O	O	O	O	–	–	–	–	–	–
NEMA 3R-Schaltschrank	–	O	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Sockel	O	O	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Platte für Eingangsoptionen	O	O	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
IP20-Umrüstung	–	O	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Kühlung mit Austritt im oberen Bereich (ausschließlich)	–	O	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Rückwandkühlung (Eingang Rückseite, Austritt Rückseite)	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Rückwandkühlung (Eingang unterer Bereich, Austritt oberer Bereich)	–	O	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Tabelle 4.9 Verfügbare Nachrüstsätze für Baugrößen E1–E2, F1–F4 und F8–F13

1) S = Standard, O = Optional und ein Bindestrich zeigt an, dass der Umrüstsatz nicht verfügbar ist. Beschreibungen der Nachrüstsätze und Teilenummern finden Sie unter Kapitel 13.2 Bestellnummern für Optionen/Nachrüstsätze.

2) Die grafische LCP-Bedieneinheit ist standardmäßig bei den Baugrößen E1–E2, F1–F4 und F8–F13 enthalten. Falls Sie mehr als eine grafische LCP-Bedieneinheit benötigen, ist der Nachrüstsatz käuflich verfügbar.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

5 Produktfunktionen

5.1 Automatisierte Betriebsfunktionen

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

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

5.1.1 Kurzschlussschutz

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. Der Frequenzumrichter wird abgeschaltet, sobald sein Kurzschlussstrom den zulässigen Wert (*Alarm 16 Abschaltblockierung*) überschreitet.

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

HINWEIS

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

Bremswiderstand
Der Frequenzumrichter ist vor Kurzschlüssen im Bremswiderstand geschützt.

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

5.1.2 Überspannungsschutz

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

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

HINWEIS

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

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

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

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

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

HINWEIS

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

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

HINWEIS

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

5.1.3 Erkennung fehlender Motorphasen

Die Motorphasenüberwachung (*Parameter 4-58 Missing Motor Phase Function*) 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 Netzasymmetrie Erkennung

Ein Betrieb bei starker Netzasymmetrie kann die Lebensdauer des Motors und des Umrichters reduzieren. Die Bedingungen gelten als schwer, wenn der Motor bei nahezu nomineller Last kontinuierlich betrieben wird. Bei der Werkseinstellung wird der Frequenzumrichter bei einer Netzasymmetrie (*Parameter 14-12 Response to Mains Imbalance*) 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 Torque Limit Motor Mode* und *Parameter 4-17 Torque Limit Generator Mode* gesteuert. Die Verzögerungszeit zwischen Drehmomentgrenzen-Warnung und Abschaltung wird in *Parameter 14-25 Trip Delay at Torque Limit* definiert.

Stromgrenze
Die Stromgrenze wird kontrolliert in *Parameter 4-18 Current Limit*, und die Zeit vor der Abschaltung des Frequenzumrichters wird in *Parameter 14-24 Trip Delay at Current Limit* festgelegt.

Drehzahlgrenze
Minimale Drehzahl: *Parameter 4-11 Motor Speed Low Limit [RPM]* oder *Parameter 4-12 Motor Speed Low Limit [Hz]* begrenzt den minimalen Drehzahlbereich des Frequenzumrichters.
Maximale Drehzahl: *Parameter 4-13 Motor Speed High Limit [RPM]* oder *Parameter 4-19 Max Output Frequency* begrenzt die maximale Drehzahl, die der Frequenzumrichter liefern kann.

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

Spannungsgrenze
Der Frequenzumrichter wird nach Erreichen eines bestimmten fest programmierten Spannungsniveaus abgeschaltet, um die Transistoren und die 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 Locked Rotor Detection*) 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.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

HINWEIS

Die automatische Leistungsreduzierung erfolgt anders, wenn *Parameter 14-55 Output Filter* 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 1–1,5 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 gleicht Schwankungen in der Eingangsspannung von ±10 % der Nennspannung automatisch aus, um die volle Motornennspannung und das volle 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 10.15.1 EMV-Prüfergebnisse*.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

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® PTC Thermistor Card MCB 112 (mit ATEX-Zulassung).
- mittels des mechanischen Thermoschalters (Klixon-Schalter) an einem Digitaleingang.
- mittels des integrierten elektronischen Thermorelais (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.

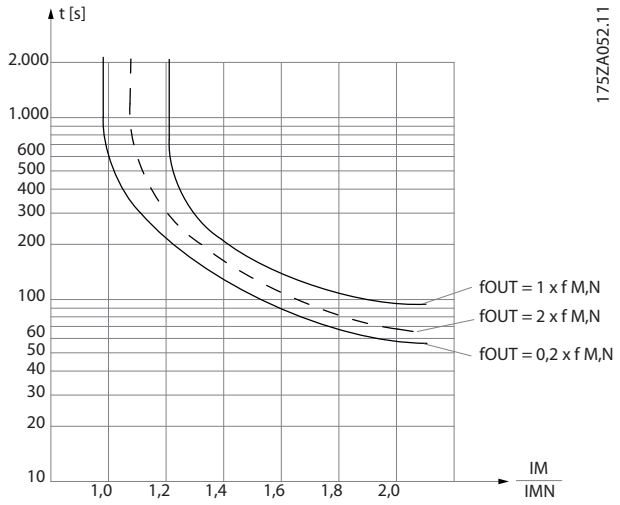


Abbildung 5.1 ETR-Eigenschaften

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Die X-Achse zeigt das Verhältnis zwischen Motorstrom (I_{motor}) und Motornennstrom ($I_{motor, nom}$). 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 Motor Thermal* 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. Konfigurationsanweisungen finden Sie im *Programmierhandbuch*.

5.2.4 Thermischer Motorschutz für Ex-e-Motoren

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

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

Anforderungen für den Ex-e-Motor

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

HINWEIS

Installieren Sie den Frequenzumrichter außerhalb des explosionsgefährdeten Bereichs.

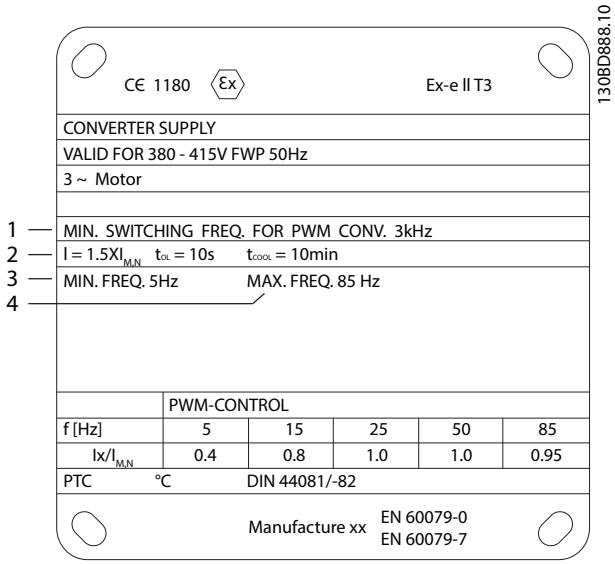
- Stellen Sie sicher, dass der Ex-e-Motor mit einer ATEX-zugelassenen Motorüberlastschutzvorrichtung ausgestattet ist. Diese Vorrichtung überwacht die Temperatur in den Motorwicklungen. Im Falle eines kritischen Temperaturniveaus oder einer Fehlfunktion schaltet die Vorrichtung den Motor ab.
  - Mit der Option VLT® PTC Thermistor MCB 112 können Sie gemäß ATEX-Zulassung die Motortemperatur überwachen. Es ist Voraussetzung, dass der Frequenzumrichter gemäß DIN 44081 oder 44082 mit 3 bis 6 in Reihe geschalteten PTC-Thermistoren ausgestattet ist.
  - Alternativ können Sie auch eine externe PTC-Schutzvorrichtung mit ATEX-Zulassung verwenden.
- Unter folgenden Umständen ist ein Sinuswellenfilter erforderlich:
  - Lange Kabel (Spannungsspitzen) oder erhöhte Netzspannung, Spannungen erzeugt, die die maximal zulässige Spannung an den Motorklemmen überschreiten.
  - Die minimale Taktfrequenz des Frequenzumrichters erfüllt nicht die Anforderung des Motorenhersteller. Die minimale Taktfrequenz des Frequenzumrichters wird in *Parameter 14-01 Switching Frequency* als Werkseinstellung 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. Berücksichtigen Sie während Planung, Installation, Inbetriebnahme, Betrieb und Wartung die vom Hersteller bereitgestellten Grenzen und Regeln für:

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

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

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



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

Abbildung 5.2 Motor-Typenschild mit Frequenzumrichteranforderungen

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

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

Weitere Informationen 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 Frequenzumrichter im Freilauf ausläuft.

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

- Abschaltblockierung, sobald die Leistung des Zwischenkreises verbraucht ist.
- Motorfreilauf mit Motorfangschaltung, sobald die Netzversorgung zurückkehrt (*Parameter 1-73 Flying Start*).
- 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 Mains Failure* und *Parameter 1-73 Flying Start* 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.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

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.

5.2.9 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 Action* [x]), die ausgeführt werden, wenn das zugehörige benutzerdefinierte Ereignis (siehe *Parameter 13-51 SL Controller Event* [x]) durch die SLC als WAHR ermittelt wird.
Die Bedingung für ein Ereignis kann ein bestimmter Status sein oder wenn der Ausgang einer Logikregel oder einer Vergleicher-Funktion WAHR wird. Der Zustand führt zu einer zugehörigen Aktion, wie in *Abbildung 5.3* gezeigt.

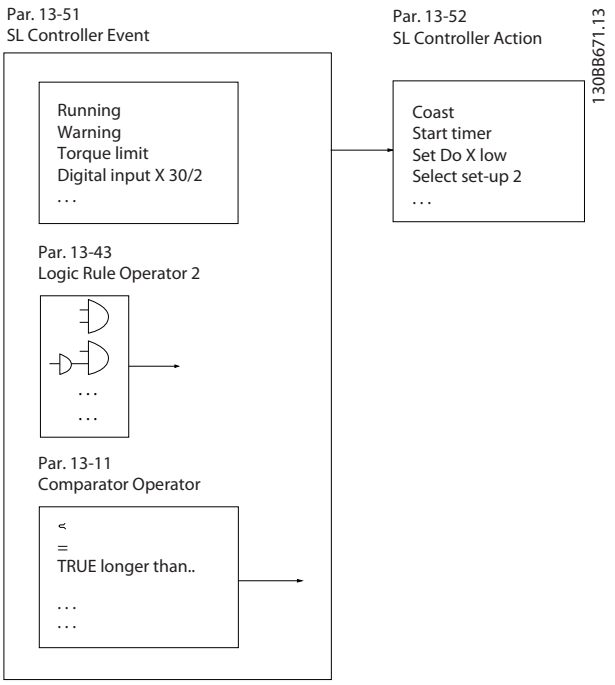


Abbildung 5.3 SLC-Ereignis und Aktion

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

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

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:

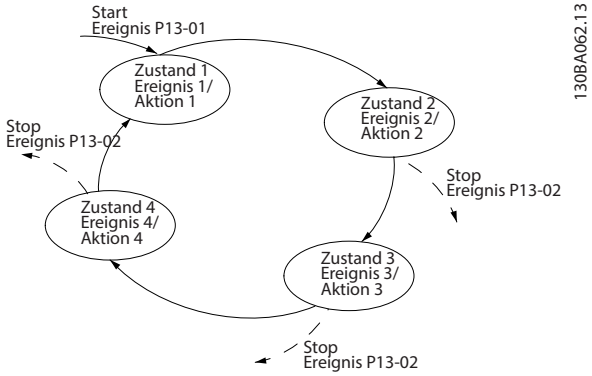


Abbildung 5.4 Ausführungsreihenfolge bei einer Programmierung von 4 Ereignissen/Aktionen

Vergleicher

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

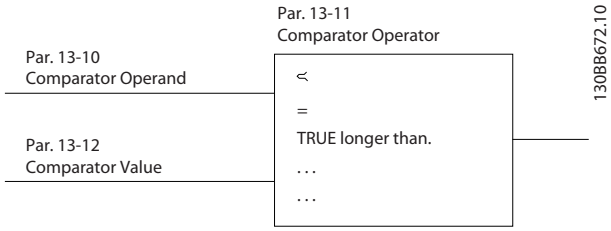


Abbildung 5.5 Vergleicher

Logikregeln

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

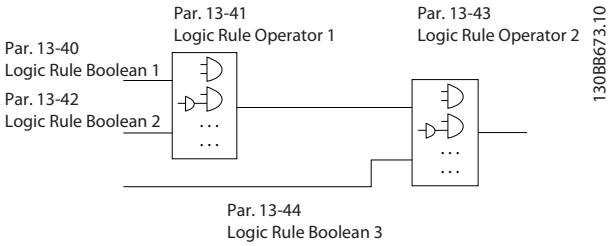


Abbildung 5.6 Logikregeln

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 Permanenmagnet-Motoren verwenden.

Weitere Informationen zur Funktion Safe Torque Off einschließlich Installation und Inbetriebnahme finden Sie in der *Bedienungsanleitung VLT® FC Series - 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 VLT® FC Series - Safe Torque Off*.
- Gute Kenntnisse über die allgemeinen und Sicherheitsnormen der jeweiligen Anwendung.

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.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

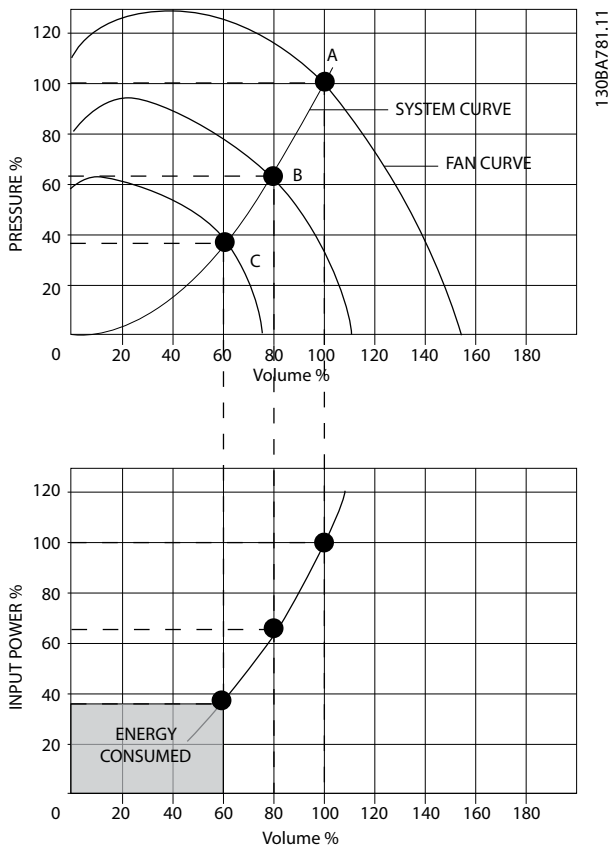


Abbildung 5.7 Energieeinsparungen mit reduzierter Lüfterkapazität

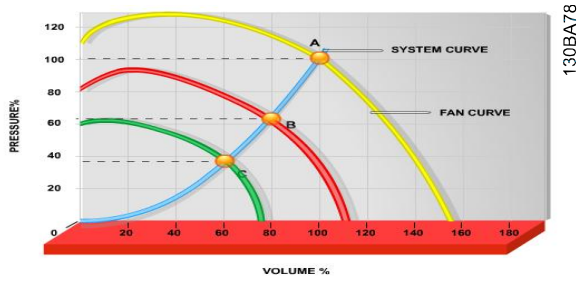


Abbildung 5.8 Lüfterkurven für reduzierte Lüftervolumen

Beispiele für Energieeinsparungen

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

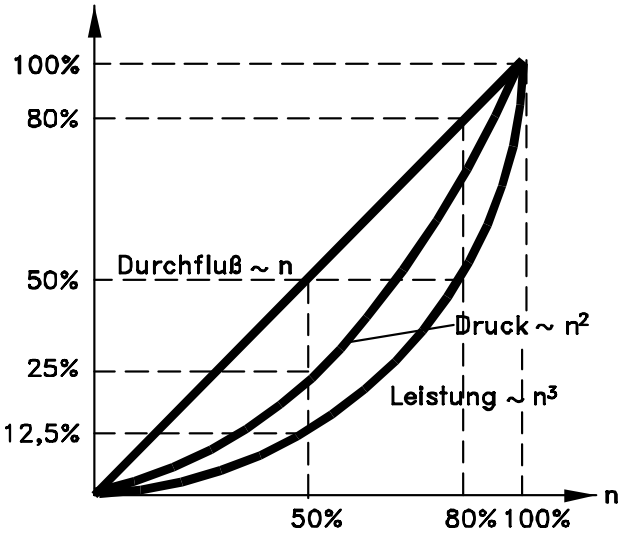
Durchfluss: $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}$

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

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

Q	Durchfluss	P	Leistung
Q_1	Nenndurchfluss	P_1	Nennleistung
Q_2	Reduzierter Durchfluss	P_2	Reduzierte Leistung
H	Druck	n	Drehzahlregelung
H_1	Nenndruck	n_1	Nenndrehzahl
H_2	Reduzierter Druck	n_2	Reduzierte Drehzahl

Tabelle 5.1 Proportionalitätsgesetz-Definitionen



175HA208.10

Abbildung 5.9 Proportionalitätsgesetze

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Vergleich der Energieeinsparungen
Die Danfoss Frequenzumrichter-Lösung ermöglicht größere Energieeinsparungen als herkömmliche Energiesparlösungen. Der Frequenzumrichter 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.

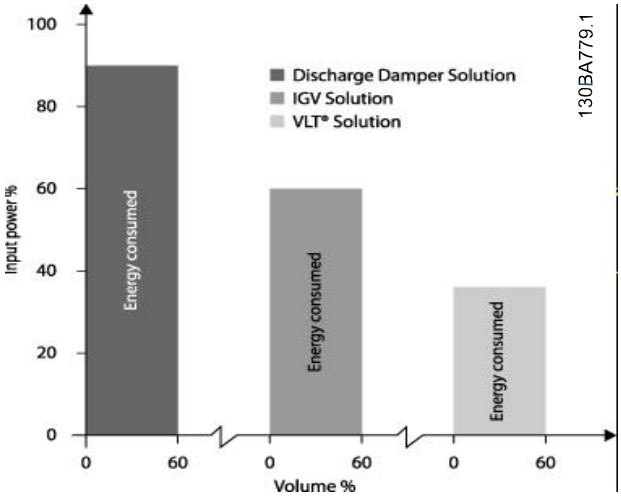


Abbildung 5.10 3 häufige Systeme zur Einsparung von Energie

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

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.

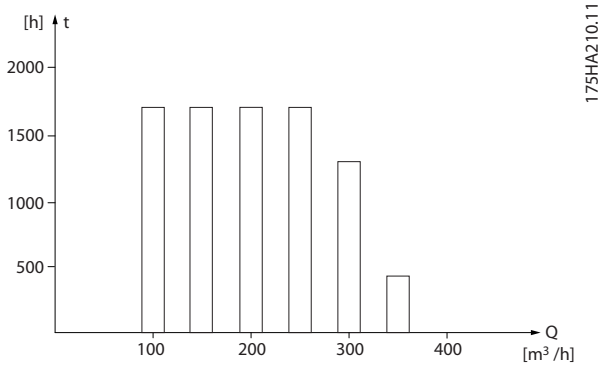


Abbildung 5.11 Durchflussverteilung über 1 Jahr

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

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

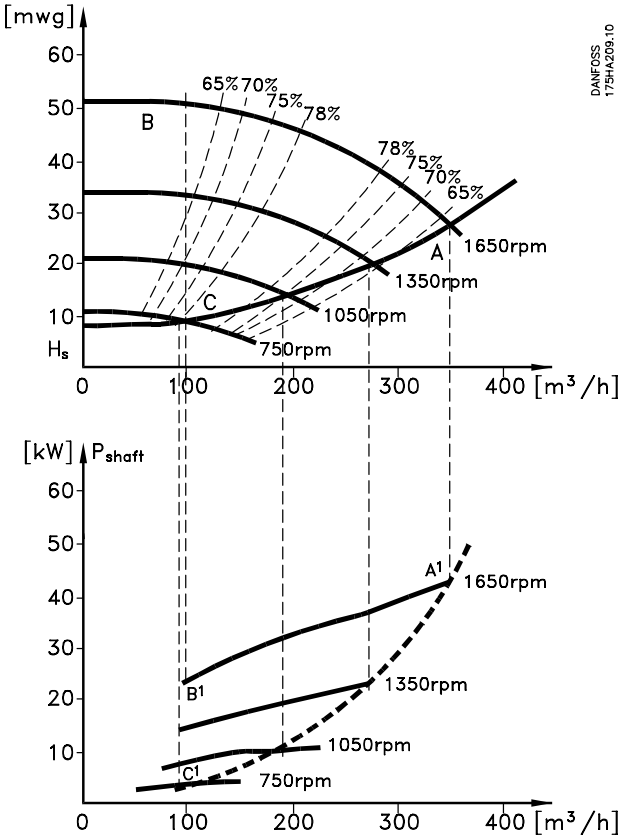


Abbildung 5.12 Energieeinsparung bei einer Pumpenanwendung

5.3.2 Einsatz eines Frequenzumrichters zur besseren Kontrolle

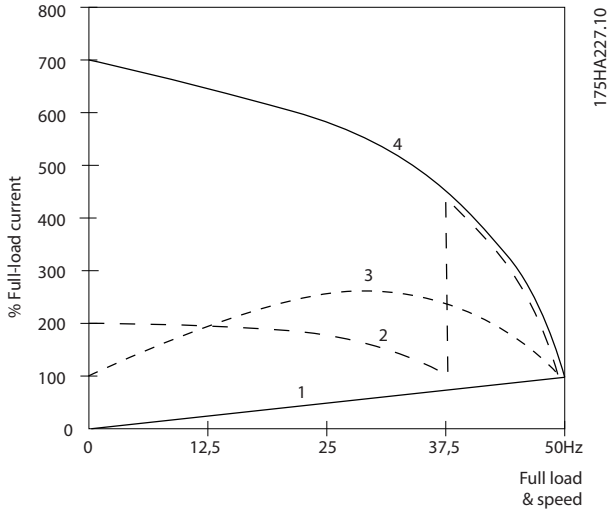
Durch den Einsatz eines Frequenzumrichters zur Durchfluss- oder Druckregelung ergibt sich ein Regelsystem, das sich sehr genau regulieren lässt. Mithilfe eines Frequenzumrichters können Sie die Drehzahl eines Lüfters oder einer Pumpe stufenlos ändern, sodass sich mithilfe der integrierten PID-Regelung 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 FC102 mit einem cos φ von 1 eine Korrektur des Leistungsfaktors für den cos φ des Motors. Damit muss der cos φ des Motors bei der Dimensionierung der Kompensationsanlage nicht mehr berücksichtigt werden.

Stern/Dreieck-Starter 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/Dreieck-Starter oder Softstarter weit verbreitet. Solche Motorstarter sind bei Verwendung eines Frequenzumrichters nicht erforderlich. Wie in *Abbildung 5.13* gezeigt, benötigt ein Frequenzumrichter nicht mehr als den Nennstrom.



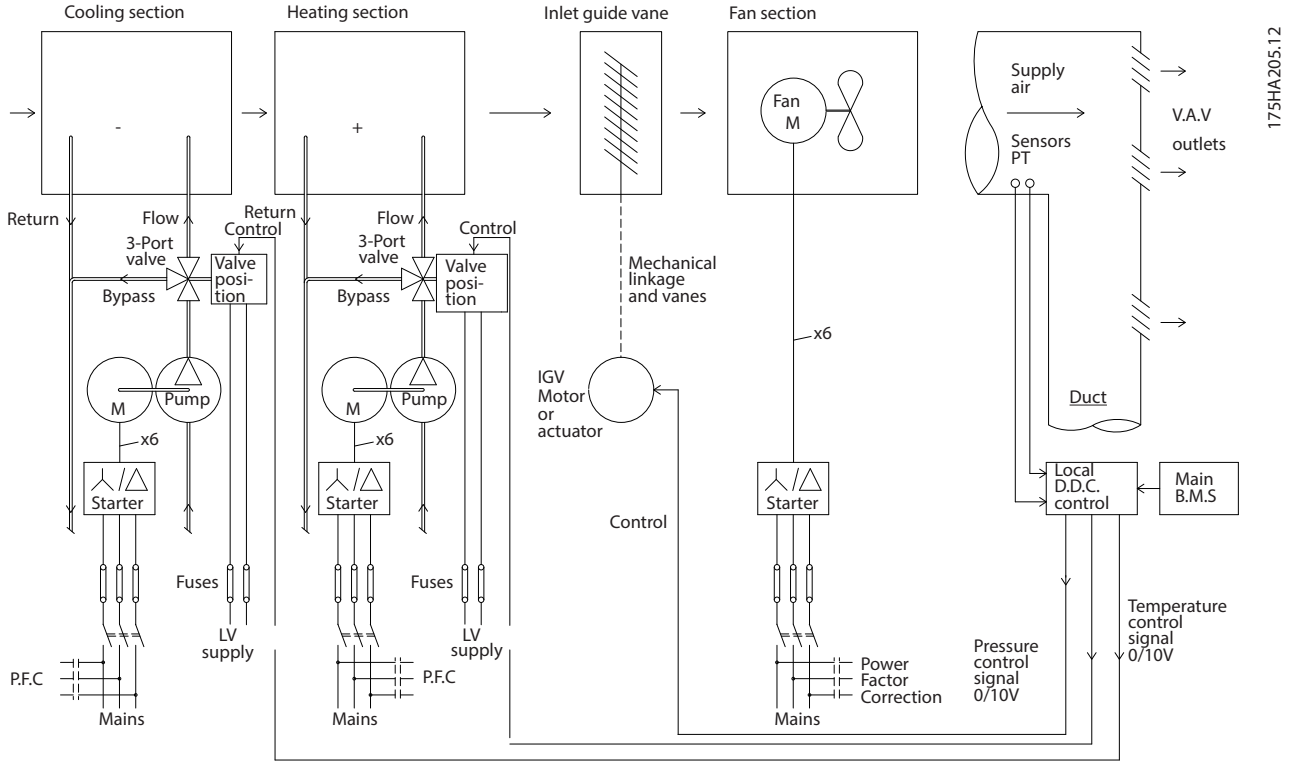
1	VLT® HVAC Drive FC102
2	Stern/Dreieck-Starter
3	Softstarter
4	Start direkt am Netz

Abbildung 5.13 Stromverbrauch eines Frequenzumrichters

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



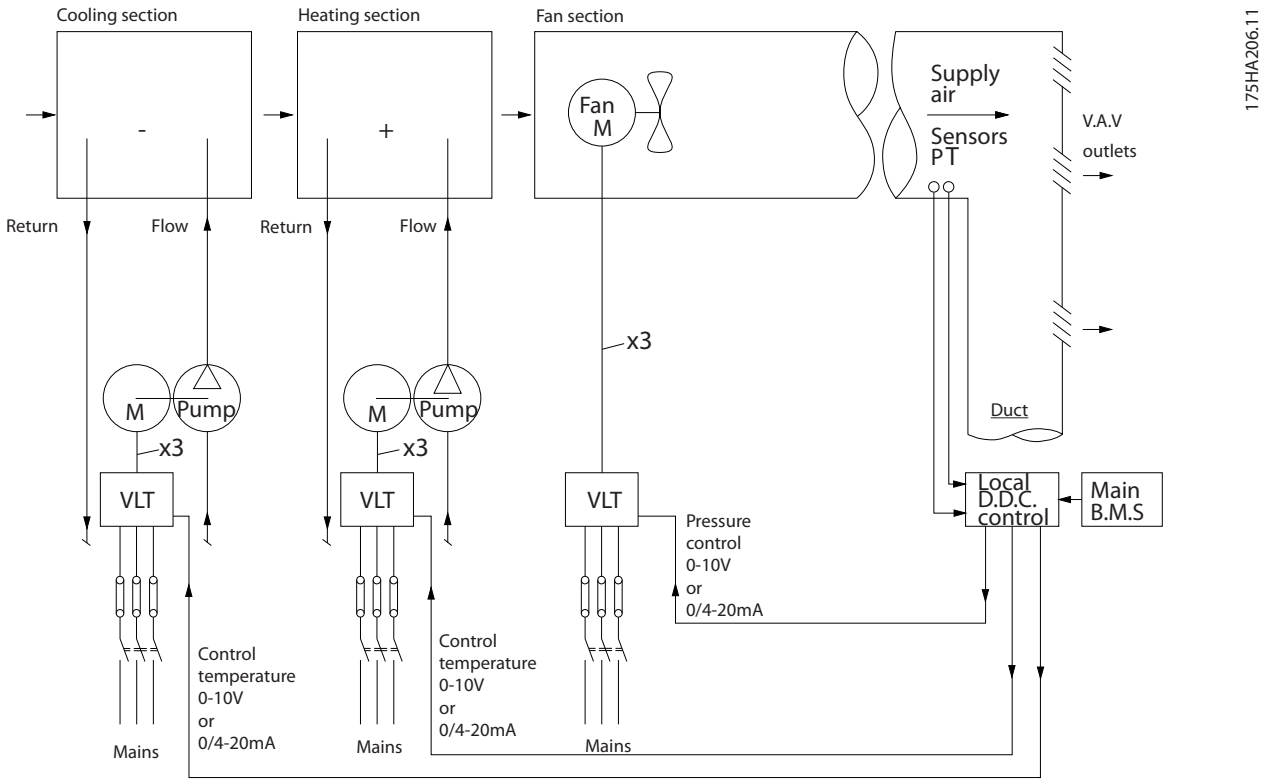
DDC	Direkte digitale Regelung
VVS	Variabler Luftvolumenstrom
Sensor P	Druck
EMS	Energiemanagementsystem
Sensor T	Temperatur

Abbildung 5.14 Traditionelles Lüftersystem

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

5

Kosten mit Frequenzumrichter



DDC	Direkte digitale Regelung
VVS	Variabler Luftvolumenstrom
GMS	Gebäudemanagementsystem

Abbildung 5.15 Durch Frequenzumrichter geregeltes Lüftungssystem

5.3.4 VLT® HVAC Drive FC 102 – 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.

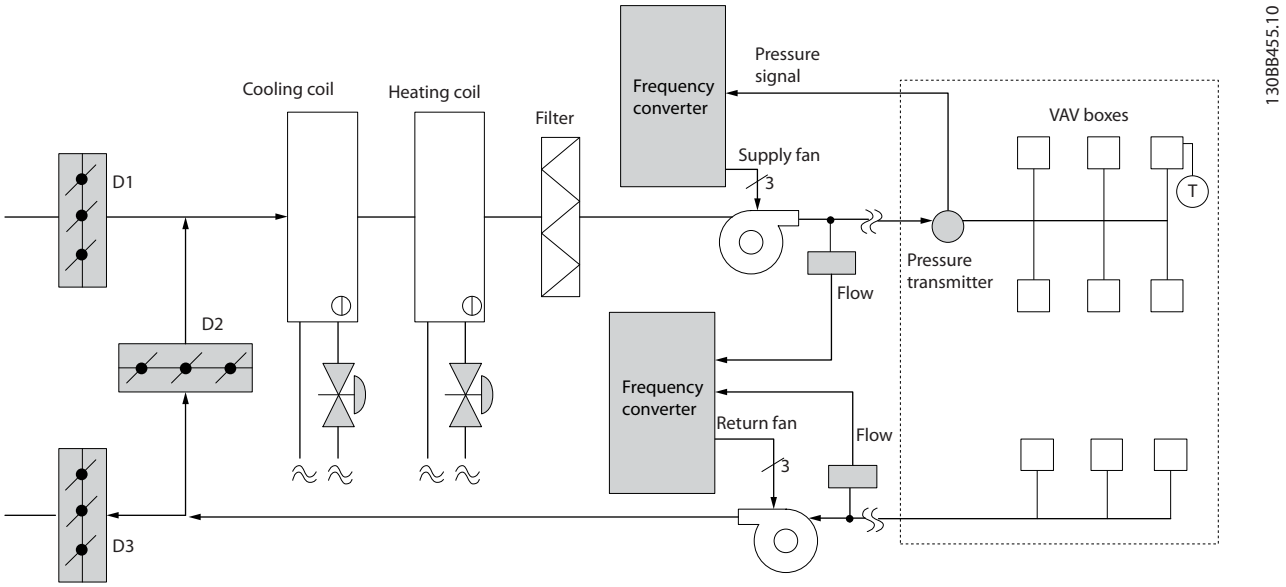


Abbildung 5.16 Frequenzumrichter in einem System mit variablem Luftvolumenstrom

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

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

5.3.4.2 Konstanter Luftvolumenstrom

Systeme für konstanten Luftvolumenstrom (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 Kühlspule. 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 CO_2-Sensoren können dabei als Istwertsignale 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 CO_2-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 Danfoss HLK-Frequenzumrichters können zur Verbesserung der Leistung eines Konstant-Luftvolumenstromsystems 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 2 Istwertsignale zur Regelung des Rückführungslüfters überwachen und vergleichen und gleichzeitig einen festgelegten Differenzialluftstrom zwischen der Versorgung und der Rückführungsleitung aufrechterhalten.

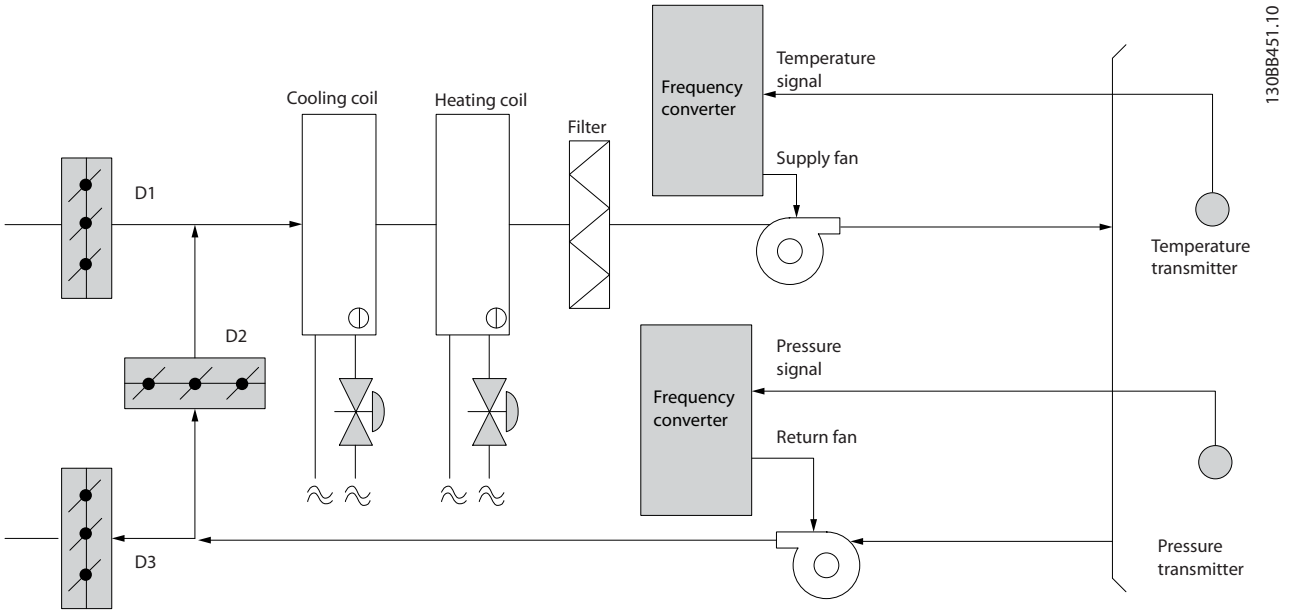


Abbildung 5.17 Frequenzumrichter in einem System mit konstantem Luftvolumenstrom

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® HVAC 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 Energiesparmodus 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 Frequenzausblendung im Frequenzumrichter leicht vermeiden.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

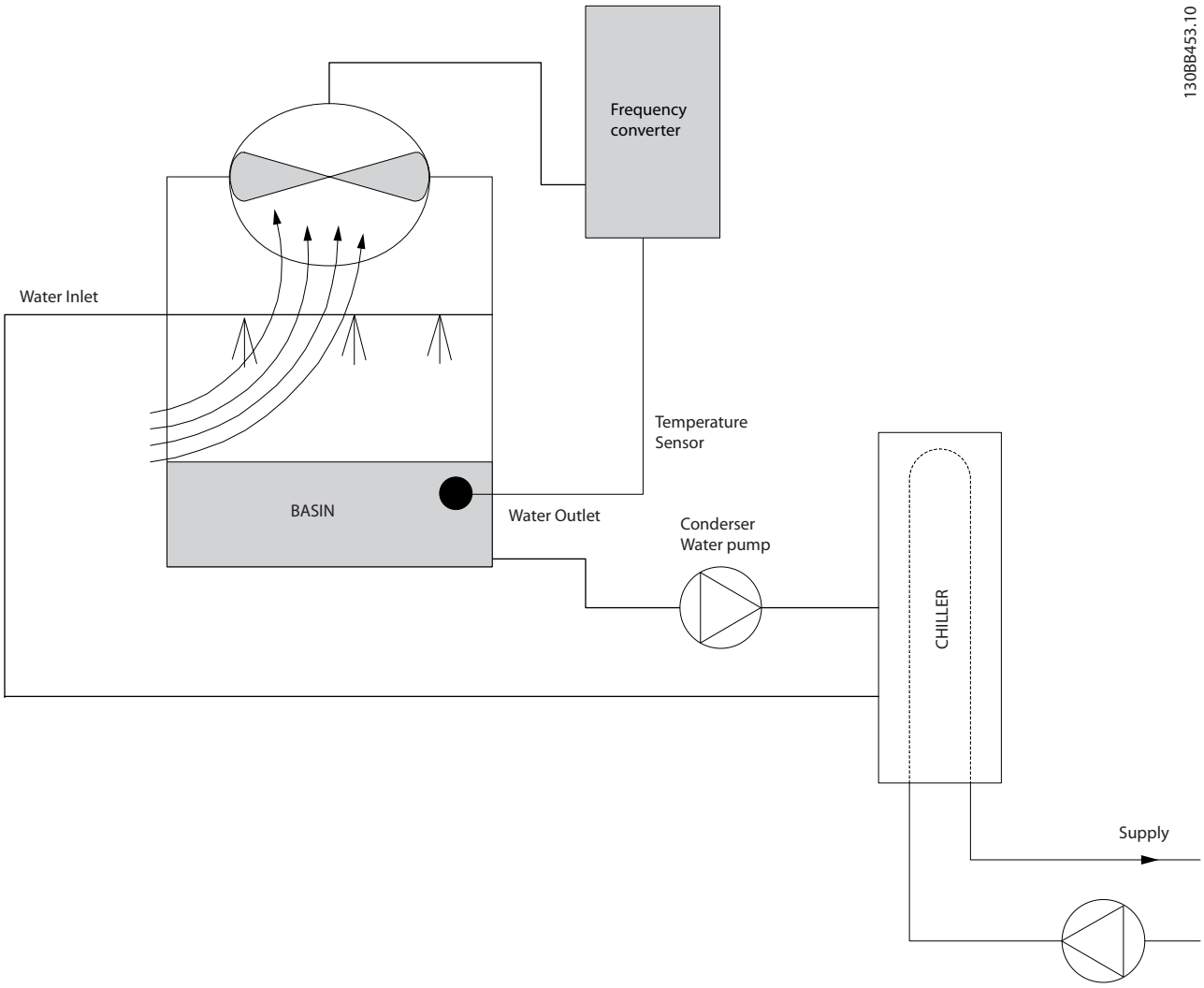


Abbildung 5.18 Bei einem Kühlturmgebläse eingesetzte Frequenzumrichter

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

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

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.

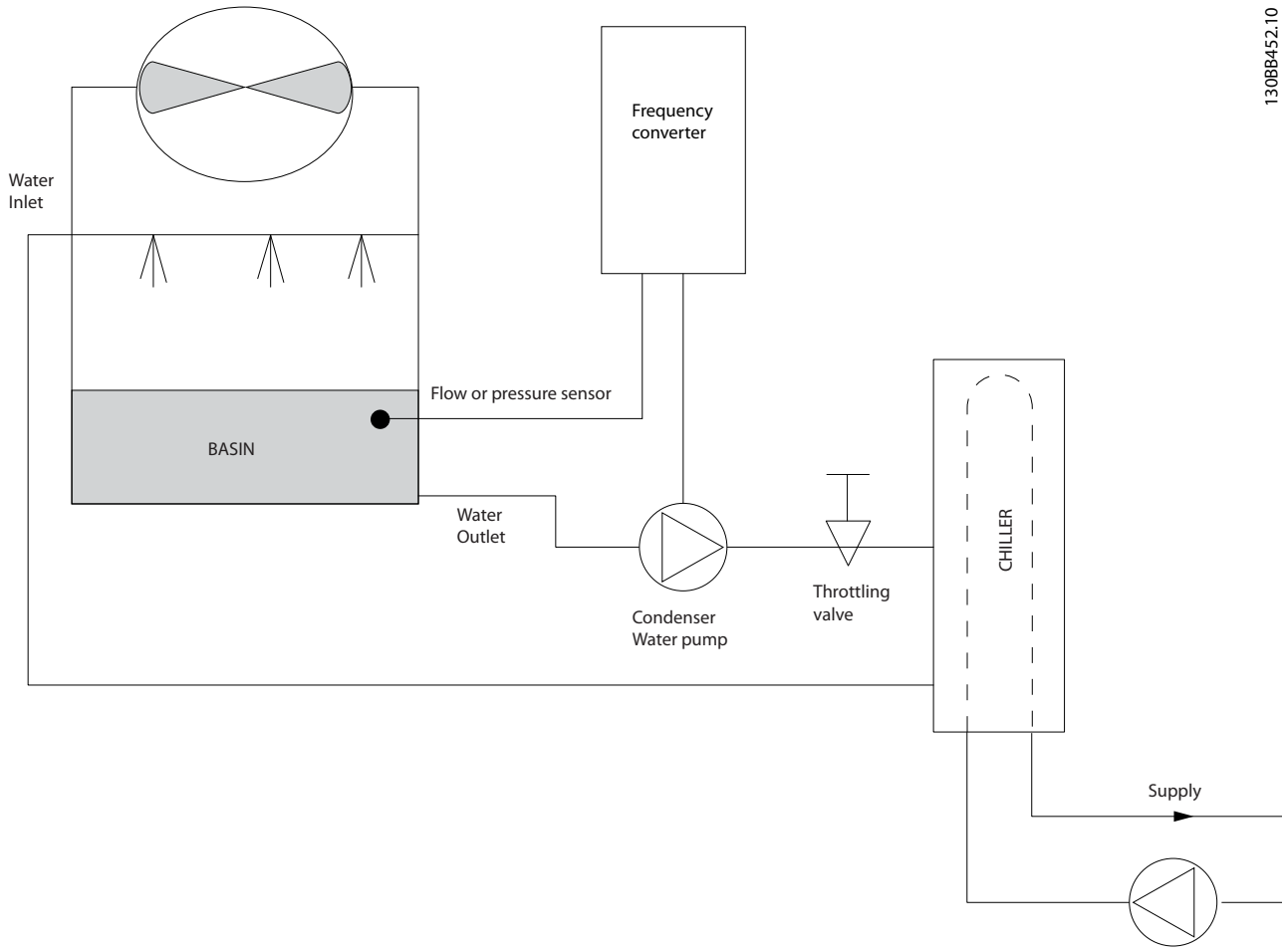


Abbildung 5.19 Mit einer Kondenswasserpumpe eingesetzter Frequenzumrichter

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

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

5.3.4.5 Primärpumpen

Primärpumpen in einem Primär-/Sekundärpumpsystem 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 Pumpsystem 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.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

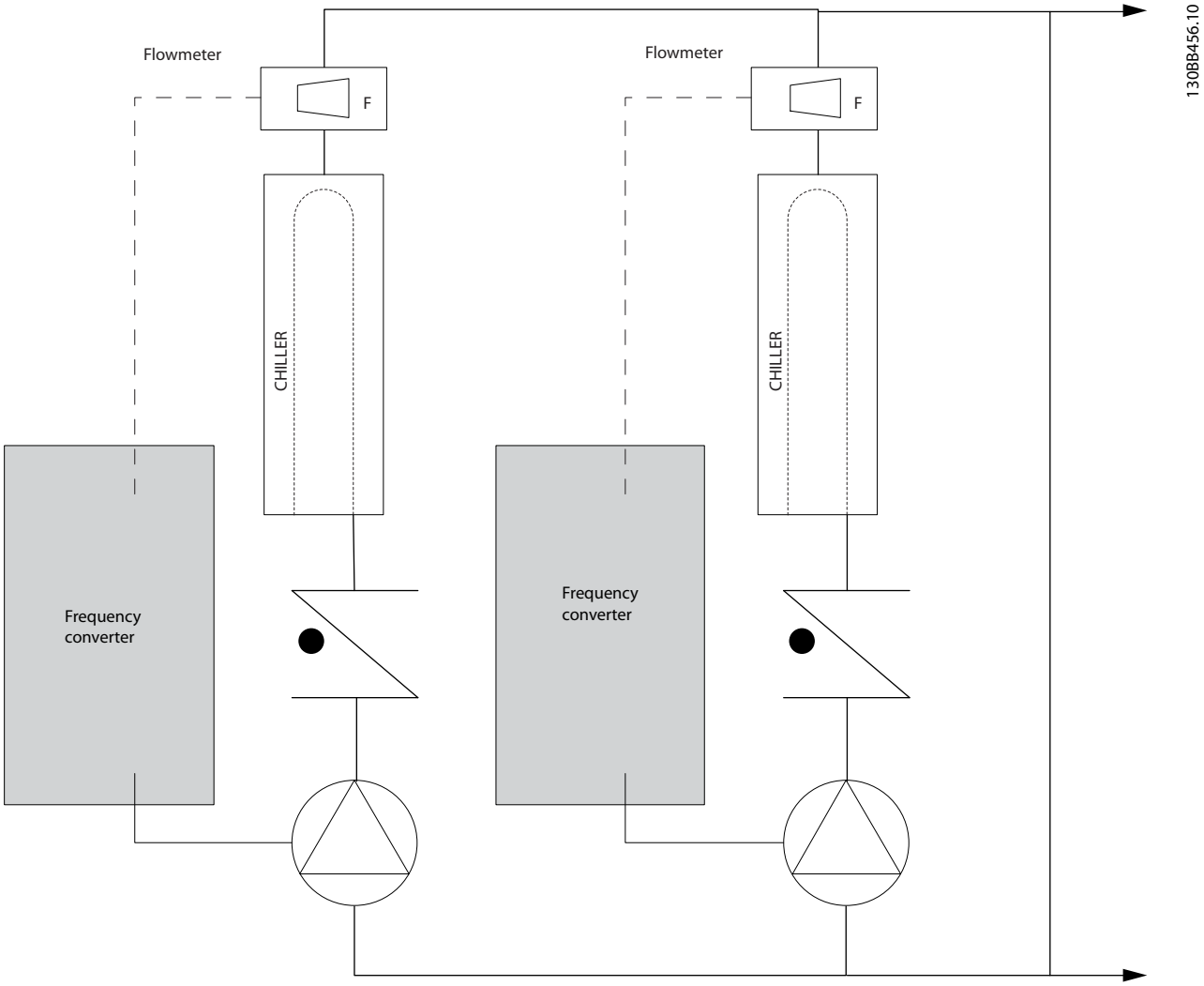


Abbildung 5.20 Mit Primärpumpen in einem Primär-/Sekundärpumpsystem eingesetzte Frequenzumrichter

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

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

5.3.4.6 Hilfspumpen

Hilfspumpen in einem gekühlten Primär-/Sekundärwasserpumpsystem dienen zur Verteilung des gekühlten Wassers aus dem Primärproduktionskreislauf in die Lastbereiche. Das Primär-/Sekundärpumpsystem dient zur hydraulischen Abkopplung eines Rohrkreislaufs 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.

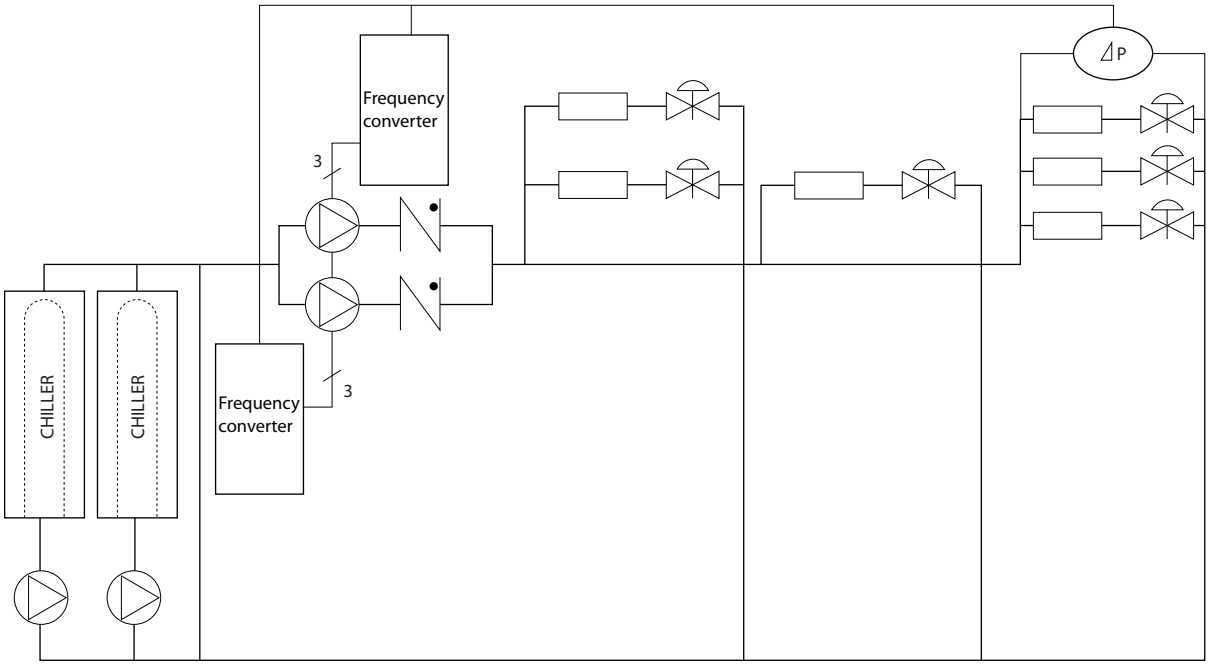


Abbildung 5.21 Mit Primärpumpen in einem Primär-/Sekundärpumpsystem eingesetzte Frequenzumrichter

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

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

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.

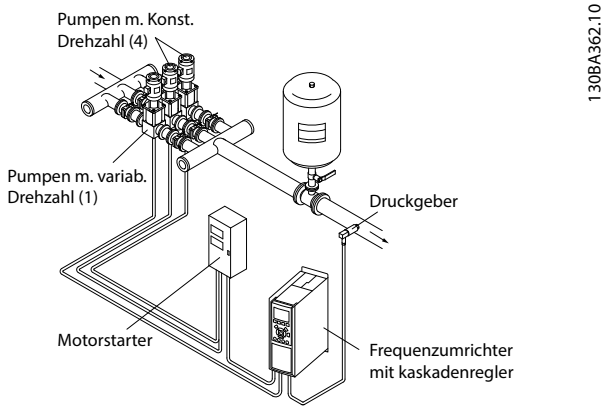


Abbildung 5.22 Einfacher Kaskadenregler

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.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

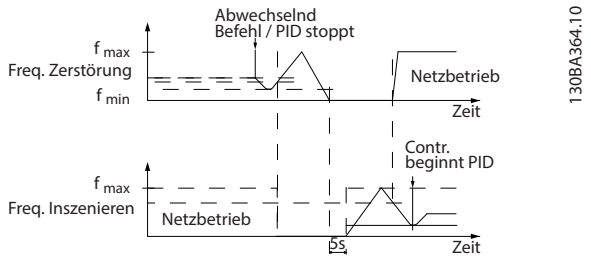


Abbildung 5.23 Führungspumpen-Wechsel

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

Dynamisches Bremsen verzögert den Motor mit einer der folgenden Methoden:

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

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

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

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

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

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

5.6 Zwischenkreiskopplung

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

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

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

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

Voraussetzungen

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

- Der Frequenzumrichter muss über Zwischenkreiskopplungsklemmen verfügen.
- Die Produktserie muss identisch sein. Sie können nur VLT® HVAC Drive FC102-Frequenzumrichter mit anderen VLT® HVAC Drive FC102-Frequenzumrichtern verwenden.
- Die Frequenzumrichter müssen räumlich nah beieinander aufgestellt werden, damit die Verkabelung zwischen ihnen eine Länge von 25 m (82 ft) nicht überschreitet.
- Die Frequenzumrichter müssen dieselbe Nennspannung aufweisen.
- Falls ein Bremswiderstand zu einer Zwischenkreiskopplungskonfiguration hinzugefügt wird, müssen alle Frequenzumrichter mit einem Bremschopper ausgestattet sein.
- An den Anschlüssen der Zwischenkreiskopplung müssen Sicherungen installiert werden.

Ein Schaltbeispiel für eine Zwischenkreiskopplung, finden Sie unter *Abbildung 5.24*.

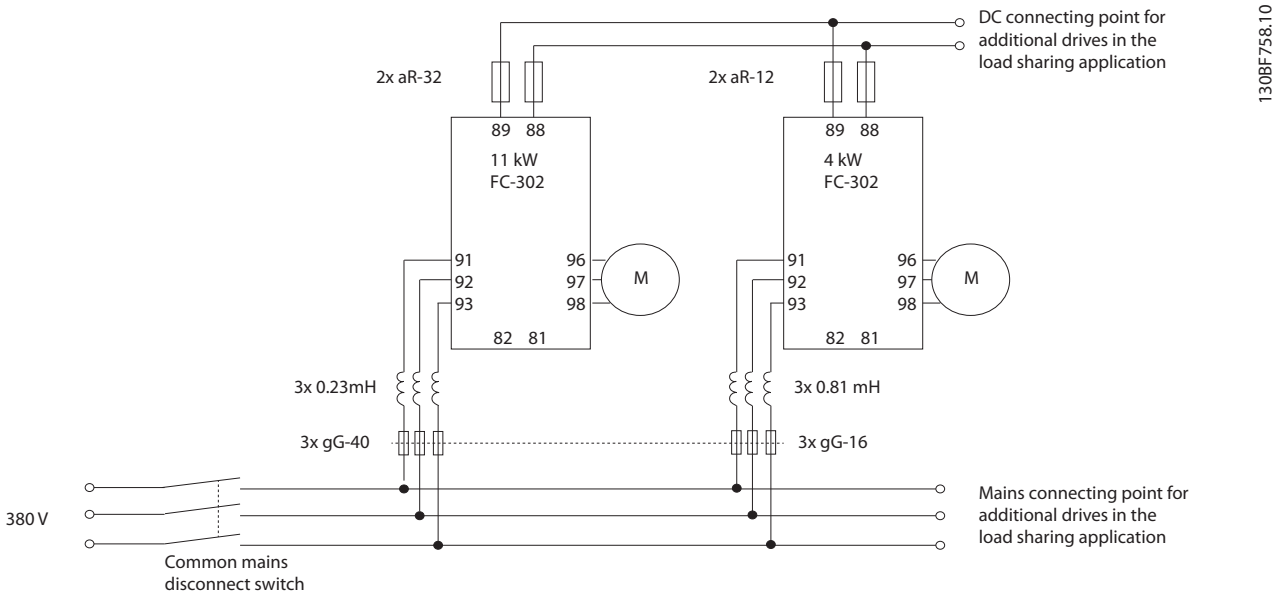


Abbildung 5.24 Diagramm einer Zwischenkreiskopplungsanwendung, in der bewährte Verfahren angewendet werden

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

Für die Verwendung der Zwischenkreiskopplungsklemmen stehen 2 Konfigurationen zur Verfügung.

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

5.7 Rückspeiseeinheit

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

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

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

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

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

6 Optionen und Zubehör

6.1 Feldbus Baugruppen

Dieser Abschnitt enthält eine Beschreibung der Feldbusgeräte, die mit der VLT® HVAC Drive FC102-Serie erhältlich sind. Durch die Verwendung eines Feldbusgerätes werden Kosten reduziert, eine schnellere und effizientere Kommunikation gewährleistet und eine benutzerfreundlichere Serviceschnittstelle bereitgestellt. Bestellnummern finden Sie unter *Kapitel 13.2 Bestellnummern für Optionen/ Nachrüstsätze*.

6.1.1 VLT® PROFIBUS DP-V1 MCA 101

Der VLT® PROFIBUS DP-V1 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 Parametrisierung sowie Autokonfiguration von Prozessdaten per GSD-Datei.
- Azyklische Parametrierung mittels PROFIBUS DP-V1, PROFIdrive oder Danfoss FC-Profil.

6.1.2 VLT® DeviceNet MCA 104

Der VLT® DeviceNet 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

Der VLT® PROFINET MCA 120 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.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

- 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.

Diese Option bietet erweiterte Funktionen wie z. B.:

- 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 VLT® Modbus TCP MCA 122 stellt die Verbindung zu Modbus TCP-basierten Netzwerken her. 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 Konfiguration in Reihe hintereinander, ohne dass externe Schaltern benötigt werden. 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-Verdrahtung. Diese Option ermöglicht die Parallelsteuerung mehrerer hocheffizienter Permanentmagnetmotoren 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-/Warnungsmitteilungen
- 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 Funktionserweiterungen, die mit der VLT® HVAC Drive FC102-Serie erhältlich sind. Bestellnummern finden Sie unter *Kapitel 13.2 Bestellnummern für Optionen/Nachrüstsätze*.

6.2.1 VLT® General Purpose I/O Module MCB 101

Das VLT® General Purpose I/O Module 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 Gegentakt.
- 1 Analogausgang 0/4-20 mA
- Federzugklemmen

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

6.2.2 VLT®-Relaiskarte MCB 105

Die VLT® Relay Card MCB 105 erweitert die Relaisfunktionen um 3 zusätzliche Relaisausgänge.

- Schützt die Steuerleitungen.
- Federzugklemmen.

Maximale Taktfrequenz (Nennlast/min. Last)
6 Minuten^{-1}/20 s^{-1}.

Maximaler Belastungsstrom der Klemme
AC-1 Ohmsche Last: 240 V AC, 2 A.

6.2.3 VLT® Analog I/O-Option MCB 109

Die 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® Sensoreingangsoption MCB 114

Die VLT® Sensor Input 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 Motion Control und Relaiskarten

Dieser Abschnitt enthält eine Beschreibung der Motion Control- und Relaiskarten-Optionen, die mit der VLT® AutomationDrive FC302-Serie erhältlich sind. Bestellnummern finden Sie unter *Kapitel 13.2 Bestellnummern für Optionen/Nachrüstsätze*.

6.3.1 VLT® Erweiterte Relais-Optionskarte MCB 113

Die VLT® Extended Relay Card MCB 113sorgt mit zusätzlichen Ein-/Ausgängen für mehr Flexibilität.

- 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*.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

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 Anstiegzeit 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 Taktfrequenz.

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 Gleichtaktdrossel 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 Oberschwingungsfiltern verglichen werden. Die Danfoss-Oberschwingungsfilter sind speziell an die Danfoss-Frequenzumrichter angepasst.

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

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

6.9 Im Gehäuse installierte Optionen

Die folgenden integrierten Optionen sind bei Bestellung des Frequenzumrichters im Typencode angegeben.

Gehäuse mit korrosionsbeständigem Kühlkanal
Für mehr Schutz vor Korrosion in rauen Umgebungen können Geräte in einem Gehäuse bestellt werden, das über einen Edelstahlkühlkanal, schwerer plattierte Kühlkörper und einen verbesserten Lüfter verfügt. Diese Option empfiehlt sich für Umgebungen mit salzhaltiger Luft, z. B. in Meeresnähe.

Netzabschirmung
Die Lexan®-Abschirmung wird vor die Leistungsklemme und die Netzanschlussplatte montiert, um bei geöffneter Gehäuseklappe vor unbeabsichtigten Berührungen zu schützen.

Heizgeräte mit Thermostat
Heizgeräte, die in den Schaltschränken der Baugröße F montiert sind und von automatischen Thermostaten geregelt werden, verhindern, dass sich Kondenswasser bildet.

Gemäß Werkseinstellungen, schaltet der Thermostat die Heizgeräte bei 10 °C (50 °F) einschaltet und bei 15,6 °C (60 °F) aus.

Schaltschrankleuchte mit Steckdose
Zur Verbesserung der Sicht während Service- und Wartungsarbeiten kann eine Leuchte im Schaltschrankinnenraum von Frequenzumrichtern der Baugröße F installiert werden. Das Leuchtengehäuse beinhaltet eine Steckdose zur zeitweisen Versorgung von Laptopcomputern und anderen Geräten. Mit 2 Spannungen verfügbar:

- 230 V, 50 Hz, 2,5 A, CE/ENEC
- 120 V, 60 Hz, 5 A, UL/cUL

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

EMV-Filter
Frequenzumrichter der VLT® Serie verfügen serienmäßig über integrierte EMV-Filter der Klasse A2. Wenn weiterführende EMV-Schutzmaßnahmen erforderlich sind, verwenden Sie die optionalen EMV-Filter der Klasse A1, die für eine Unterdrückung von Funkstörungen und elektromagnetischer Strahlung gemäß EN 55011 sorgen. Für den Marine-Einsatz sind EMV-Filter ebenfalls erhältlich.

Der EMV-Filter der Klasse A1 an Frequenzumrichtern der Baugröße F benötigt einen Optionsschrank.

Isolationswiderstandsüberwachung (IRM)
Überwacht den Isolationswiderstand zwischen den Phasenleitern und der Masse in nicht geerdeten Systemen (IT-Systeme in der IEC-Terminologie). Für das Isolationsniveau stehen ein ohmscher Vorwarn- und ein Hauptalarm-Sollwert zur Verfügung. Jedem Sollwert ist ein einpoliges Alarmrelais zum externen Gebrauch zugeordnet. Sie können an jedes nicht geerdete System (IT-Netz) nur eine Isolationswiderstandsüberwachung anschließen.

- In die Schaltung für den Sichereren Stopp integriert.
- LCD-Display des Isolationswiderstands
- Fehlerspeicher.
- Tasten Info, Test und Reset.

Fehlerstromschutzschalter
Arbeitet nach dem Summenstromprinzip, um die Erdschlussströme in geerdeten und hochohmig geerdeten Systemen (TN- und TT-Systeme in der IEC-Terminologie) zu überwachen. Es gibt einen Vorwarn- (50 % des Hauptalarm-Sollwertes) und einen Hauptalarm-Sollwert. Jedem Sollwert ist ein einpoliges Alarmrelais zum externen Gebrauch zugeordnet. Die Fehlerstromschutzeinrichtung erfordert einen externen Aufsteck-Stromwandler (vom Kunden bereitgestellt und installiert).

- In die Schaltung für den Sichereren Stopp integriert.
- IEC 60755 Gerät vom Typ B überwacht gepulste DC und reine DC-Erdschlussströme.
- LED-Balkenanzeige des Erdschlussstrompegels von 10–100 % des Sollwerts.
- Fehlerspeicher.
- Tasten Test und Reset.

Safe Torque Off mit Pilz-Sicherheitsrelais
Verfügbar für Frequenzumrichter der Baugröße F. Ermöglicht den Einbau des Pilz-Relais in das Gehäuse ohne Optionsschrank. Das Relais wird zur Überwachung der Außentemperatur verwendet. Ist eine PTC-Überwachung erforderlich, bestellen Sie die optionale VLT® PTC Thermistor Card MCB 112.

Not-Aus mit Pilz-Sicherheitsrelais
Enthält einen redundanten 4-Draht-Not-Aus-Taster auf der Vorderseite des Gehäuses und ein Pilz-Relais, das in Verbindung mit der Schaltung für den Sichereren Stopp und einem Schütz die Position überwacht. Dafür sind ein Schütz und ein Optionsschrank der Baugröße F erforderlich.

Bremschopper (IGBTs)
Bei Bremsklemmen mit IGBT-Bremschopperkreis ist der Anschluss externer Bremswiderstände möglich. Detaillierte Informationen zu Bremswiderständen finden Sie im *Projektierungshandbuch VLT® Brake Resistor MCE 101*, erhältlich unter *drives.danfoss.com/downloads/portal/#/*.

Zwischenkreisklemmen
Ermöglichen den Anschluss von Rückspeiseeinheiten an den DC-Bus auf der Kondensatorbank an den DC-Zwischenkreisdrosseln, um eine generatorische Bremsung zu ermöglichen. Die Anschlussklemmen der Rückspeiseeinheit von Baugröße F sind auf ca. 50 % der Nennleistung des Frequenzumrichters ausgelegt. Um Informationen zu den Grenzwerten zur Rückspeisung von Energie zu erhalten, die auf Größe und Spannung des jeweiligen Frequenzumrichters basieren, wenden Sie sich an den Hersteller.

Anschlussklemmen zur Zwischenkreiskopplung
Diese Klemmen sind mit dem DC-Bus auf der Gleichrichterseite der Zwischenkreisdrossel verbunden. Somit kann der DC-Bus für mehrere Frequenzumrichter gemeinsam genutzt werden. Bei Frequenzumrichtern mit Baugröße F sind die Zwischenkreiskopplungsklemmen auf ca. 33 % der Nennleistung des Frequenzumrichters ausgelegt. Um Informationen zu den Grenzwerten der Zwischenkreiskopplung zu erhalten, die auf Größe und Spannung des jeweiligen Frequenzumrichters basieren, wenden Sie sich direkt an uns.

Trennschalter
Durch einen an der Tür montierten Griff ist die manuelle Bedienung eines Leistungstrennschalters möglich. Somit können Sie die Stromzufuhr zum Frequenzumrichter aktivieren und deaktivieren, wodurch während der Wartung eine verbesserte Sicherheit sichergestellt wird. Der Trennschalter ist mit den Schaltschranktüren verriegelt, damit diese nicht bei noch aktivierter Stromversorgung geöffnet werden.

Trennschalter
Einen Hauptschalter können Sie manuell oder per Fernsteuerung auslösen, müssen ihn jedoch manuell wieder zurücksetzen. Hauptschalter sind mit den Schaltschranktüren verriegelt, damit diese nicht bei noch aktivierter Stromversorgung geöffnet werden. Bei Bestellung eines optionalen Hauptschalters sind im Lieferumfang auch Halbleitersicherungen enthalten, die als Überlastschutz des Frequenzumrichters dienen.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Schütze
Ein elektrisch gesteuerter Schütz ermöglicht die ferngesteuerte Aktivierung und Deaktivierung der Stromversorgung des Frequenzumrichters. Bei Bestellung des optionalen IEC-Not-Aus überwacht das Pilz-Relais einen Hilfskontakt am Schütz.

Manuelle Motorstarter
Liefert dreiphasigen Strom für elektrische Kühlgebläse, die häufig für größere Motoren erforderlich sind. Den Strom für die Starter stellt lastseitig ein mit Strom versorgtes Schütz, ein Leistungsschalter oder ein Trennschalter bereit. Wird eine Klasse-1-EMV-Filteroption bestellt, versorgt die Eingangsseite des EMV-Filters den Starter. Die Leistung wird vor jedem Motorstarter abgesichert und ist ausgeschaltet, wenn die Leistungsversorgung des Frequenzumrichters unterbrochen ist. Bis zu 2 Starter sind zulässig. Bei Bestellung einer abgesicherten Schaltung mit 30 A ist nur ein Starter zulässig. Die Starter sind in die Schaltung für den Sichereren Stopp integriert. Zu den Funktionen zählen:

- Betriebsschalter (ein/aus).
- Kurzschluss- und Überlastschutz mit Testfunktion.
- Manuelle Quittierfunktion.

Durch Sicherung geschützte 30-A-Klemmen

- Dreiphasiger Strom, der mit der eingehenden Netzspannung übereinstimmt, um kundenseitige Nebengeräte zu versorgen.
- Nicht verfügbar, wenn Sie 2 manuelle Motorstarter ausgewählt haben.
- Die Klemmen sind spannungslos, wenn die Stromversorgung des Frequenzumrichters ausgeschaltet ist.
- Den Strom für die Klemmen stellt lastseitig ein mit Strom versorgtes Schütz, ein Leistungsschalter oder ein Trennschalter bereit. Wird eine Klasse-1-EMV-Filteroption bestellt, versorgt die Eingangsseite des EMV-Filters den Starter.

Gemeinsame Motorklemmen
In der Option für gemeinsam genutzte Motorklemmen sind alle nötigen Stromschienen und Hardware-Teile enthalten, die erforderlich sind, um die Motorklemmen von den parallel geschalteten Wechselrichtern an eine einzige Klemme (je Phase) anschließen zu können. Dies ist für die Installation des Bausatzes für den motorseitigen Zugang zum oberen Bereich notwendig.

Diese Option wird auch empfohlen, um den Ausgang eines Frequenzumrichters an einen Ausgangsfilter oder Ausgangsschütz anzuschließen. Dank der gemeinsamen Motorklemmen müssen nicht mehr gleichlange Kabel aus jedem Wechselrichter zum gemeinsamen Punkt des Ausgangsfilters (oder Motors) führen.

24 V DC-Versorgung

- 5 A, 120 W, 24 V DC.
- Gegen Ausgangs-Überstrom, Überlast, Kurzschlüsse und Übertemperatur geschützt.
- Für die Versorgung von kundenseitig bereitgestellten Zusatzgeräten wie Fühler, SPS-I/O, Schütze, Temperaturfühler, Anzeigeleuchten und/oder anderer elektronischer Hardware.
- Zu den Diagnosewerkzeugen zählen ein potenzialfreier DC-OK-Kontakt, eine grüne DC-OK-LED und eine rote Überlast-LED.

Externe Temperaturüberwachung
Zur Überwachung der Temperatur von externen Systemkomponenten, wie etwa Motorwicklungen und/oder -lager. Beinhaltet acht universelle Eingangsmodule sowie zwei spezielle Thermistor-Eingangsmodule Sie können alle 10 Module in die Schaltung für den Sichereren Stopp integrieren und sie über ein Feldbus-Netzwerk überwachen; dies erfordert den Kauf eines separaten Modul-/Bus-Kopplers. Bei Wahl der externen Temperaturüberwachung muss die Bremsoption „Safe Torque off“ bestellt werden.

Signalarten

- RTD-Eingänge (einschließlich PT100) – drei- oder vieradrig.
- Thermoelement.
- Analogstrom oder Analogspannung.

Weitere Funktionen

- Ein universeller Ausgang – auf Analogspannung oder -strom konfigurierbar.
- 2 Ausgangsrelais (Schließer).
- Zweizeiliges LC-Display und LED-Diagnosewerkzeuge.
- Erkennung von Drahtbruch an Sensorleitungen, Kurzschluss und falscher Polarität.
- Erkennung von Drahtbruch an Sensorleitungen, Kurzschluss und falscher Polarität.
- Schnittstellen-Konfigurationssoftware.
- Wenn Sie 3 PTC benötigen, müssen Sie die optionale VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 einbauen.

Bestellnummern für im Gehäuse integrierte Optionen finden Sie unter *Kapitel 13.1 Antriebskonfigurator*.

6.10 High Power-Zubehör

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

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

7 Spezifikationen

7.1 Elektrische Daten, 380-480 V

VLT® HVAC Drive FC102	P355	P400	P450
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	**E1/E2**	**E1/E2**	**E1/E2**
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
Überlast (60 s) (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			
Netz und Motor [mm^2 (AWG)]	4 x 240 (4 x 500 mcm)	4 x 240 (4 x 500 mcm)	4 x 240 (4 x 500 mcm)
Bremse [mm^2 (AWG)]	2 x 185 (2 x 350 mcm)	2 x 185 (2 x 350 mcm)	2 x 185 (2 x 350 mcm)
Zwischenkreiskopplung [mm^2 (AWG)]	4 x 240 (4 x 500 mcm)	4 x 240 (4 x 500 mcm)	4 x 240 (4 x 500 mcm)
Maximale externe Netzsicherungen [A][1)]	900	900	900
Geschätzte Verlustleistung bei 400 V [W][2), 3)]	7532	8677	9473
Geschätzte Verlustleistung bei 460 V [W][2), 3)]	6724	7819	8527
Wirkungsgrad[3)]	0,98	0,98	0,98
Ausgangsfrequenz [Hz]	0–590	0–590	0–590
Steuerkarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)	85 (185)

Tabelle 7.1 Elektrische Daten für Gehäuse E1/E2, Netzversorgung 3x380–480 V AC

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

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

3) Gemessen mit 5 m (16,5 ft) abgeschirmten Motorkabeln bei Nennlast und Nennfrequenz. Bei Nennstrom gemessener Wirkungsgrad. Die Energieeffizienzklasse finden Sie unter Kapitel 10.12 Wirkungsgrad.. Informationen zu Teillastverlusten siehe drives.danfoss.com/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

VLT® HVAC Drive FC102	P500	P560	P630	P710
Normale Überlast (Normale Überlast = 110 % Strom/60 s)	**NO**	**NO**	**NO**	**NO**
Typische Wellenleistung bei 400 V [kW]	500	560	630	710
Typische Wellenleistung bei 460 V [HP] (nur Nordamerika)	650	750	900	1000
Typische Wellenleistung bei 480 V [kW]	560	630	710	800
Baugröße	**F1/F3**	**F1/F3**	**F1/F3**	**F1/F3**
Ausgangsstrom (3-phasig)				
Dauerbetrieb (bei 400 V) [A]	880	990	1120	1260
Überlast (60 s) (bei 400 V) [A]	968	1089	1680	1890
Dauerbetrieb (bei 460/480 V) [A]	780	890	1050	1160
Aussetzbetrieb (60 s Überlast) (bei 460/480 V) [A]	858	979	1155	1276
Dauerleistung kVA (bei 400 V) [kVA]	610	686	776	873
Dauerleistung kVA (bei 460 V) [kVA]	621	709	837	924
Dauerleistung kVA (bei 480 V) [kVA]	675	771	909	1005
Max. Eingangsstrom				
Dauerbetrieb (bei 400 V) [A]	848	954	1079	1214
Dauerbetrieb (bei 460/480 V) [A]	752	858	1012	1118
Maximale Anzahl und Kabelquerschnitt pro Phase				
- Motor [mm^2 (AWG)]	8 x 150 (8 x 300 mcm)	8 x 150 (8 x 300 mcm)	8 x 150 (8 x 300 mcm)	8 x 150 (8 x 300 mcm)
- Netz [mm^2 (AWG)] (F1)	8 x 240 (8 x 500 mcm)	8 x 240 (8 x 500 mcm)	8 x 240 (8 x 500 mcm)	8 x 240 (8 x 500 mcm)
- Netz [mm^2 (AWG)] (F3)	8 x 456 (8 x 900 mcm)	8 x 456 (8 x 900 mcm)	8 x 456 (8 x 900 mcm)	8 x 456 (8 x 900 mcm)
- Zwischenkreiskopplung [mm^2 (AWG)]	8 x 120 (8 x 250 mcm)	8 x 120 (8 x 250 mcm)	8 x 120 (8 x 250 mcm)	8 x 120 (8 x 250 mcm)
- Bremse [mm^2 (AWG)]	8 x 185 (8 x 350 mcm)	8 x 185 (8 x 350 mcm)	8 x 185 (8 x 350 mcm)	8 x 185 (8 x 350 mcm)
Maximale externe Netzsicherungen [A][1)]	1600	1600	2000	2000
Geschätzte Verlustleistung bei 400 V [W][2), 3)]	10162	11822	12512	14674
Geschätzte Verlustleistung bei 460 V [W][2), 3)]	8876	10424	11595	13213
Maximale zusätzliche Verluste für A1 Funkfrequenzstörung, Hauptschalter oder Trennschalter und Schütz [W], (nur F3)	963	1054	1093	1230
Maximale Verluste durch Schaltschrankoptionen [W]	400	400	400	400
Wirkungsgrad[3)]	0,98	0,98	0,98	0,98
Ausgangsfrequenz [Hz]	0–590	0–590	0–590	0–590
Steuerkarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)	85 (185)	85 (185)

Tabelle 7.2 Elektrische Daten für Gehäuse F1/F3, Netzversorgung 3x380–480 V AC

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

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

3) Gemessen mit 5 m (16,5 ft) abgeschirmten Motorkabeln bei Nennlast und Nennfrequenz. Bei Nennstrom gemessener Wirkungsgrad. Die Energieeffizienzklasse finden Sie unter Kapitel 10.12 Wirkungsgrad.. Informationen zu Teillastverlusten siehe drives.danfoss.com/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

VLT® HVAC Drive FC102	P800	P1000
Normale Überlast (Normale Überlast = 110 % Strom/60 s)	**NO**	**NO**
Typische Wellenleistung bei 400 V [kW]	800	1000
Typische Wellenleistung bei 460 V [HP] (nur Nordamerika)	1200	1350
Typische Wellenleistung bei 480 V [kW]	1000	1100
Baugröße	**F2/F4**	**F2/F4**
Ausgangsstrom (3-phasig)		
Dauerbetrieb (bei 400 V) [A]	1460	1720
Überlast (60 s) (bei 400 V) [A]	1606	1892
Dauerbetrieb (bei 460/480 V) [A]	1380	1530
Aussetzbetrieb (60 s Überlast)(bei 460/480 V) [A]	1518	1683
Dauerleistung kVA (bei 400 V) [kVA]	1012	1192
Dauerleistung kVA (bei 460 V) [kVA]	1100	1219
Dauerleistung kVA (bei 480 V) [kVA]	1195	1325
Max. Eingangsstrom		
Dauerbetrieb (bei 400 V) [A]	1407	1658
Dauerbetrieb (bei 460/480 V) [A]	1330	1474
Maximale Anzahl und Kabelquerschnitt pro Phase		
- Motor [mm^2 (AWG)]	12 x 150 (12 x 300 mcm)	12 x 150 (12 x 300 mcm)
- Netz [mm^2 (AWG)] (F2)	8 x 240 (8 x 500 mcm)	8 x 240 (8 x 500 mcm)
- Netz [mm^2 (AWG)] (F4)	8 x 456 (8 x 900 mcm)	8 x 456 (8 x 900 mcm)
- Zwischenkreiskopplung [mm^2 (AWG)]	4 x 120 (4 x 250 mcm)	4 x 120 (4 x 250 mcm)
- Bremse [mm^2 (AWG)]	6 x 185 (6 x 350 mcm)	6 x 185 (6 x 350 mcm)
Maximale externe Netzsicherungen [A][1)]	2500	2500
Geschätzte Verlustleistung bei 400 V [W][2), 3)]	17293	19278
Geschätzte Verlustleistung bei 460 V [W][2), 3)]	16229	16624
Maximale zusätzliche Verluste für A1 Funkfrequenzstörung, Hauptschalter oder Trennschalter und Schütz [W], (nur F4)	2280	2541
Maximale Verluste durch Schaltschrankoptionen [W]	400	400
Wirkungsgrad[3)]	0,98	0,98
Ausgangsfrequenz [Hz]	0–590	0–590
Steuerkarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)

Tabelle 7.3 Elektrische Daten für Gehäuse F2/F4, Netzversorgung 3x380–480 V AC

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

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

3) Gemessen mit 5 m (16,5 ft) abgeschirmten Motorkabeln bei Nennlast und Nennfrequenz. Bei Nennstrom gemessener Wirkungsgrad. Die Energieeffizienzklasse finden Sie unter Kapitel 10.12 Wirkungsgrad.. Informationen zu Teillastverlusten siehe drives.danfoss.com/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

VLT® HVAC Drive FC102	P355	P400	P450
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	**F8/F9**	**F8/F9**	**F8/F9**
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
Überlast (60 s) (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			
- Motor [mm^2 (AWG)]	4 x 240 (4 x 500 mcm)	4 x 240 (4 x 500 mcm)	4 x 240 (4 x 500 mcm)
- Netz [mm^2 (AWG)]	4 x 90 (4 x 3/0 mcm)	4 x 240 (4 x 500 mcm)	4 x 240 (4 x 500 mcm)
- Bremse [mm^2 (AWG)]	2 x 185 (2 x 350 mcm)	2 x 185 (2 x 350 mcm)	2 x 185 (2 x 350 mcm)
Maximale externe Netzsicherungen [A][1)]	700	700	700
Geschätzte Verlustleistung bei 400 V [W][2), 3)]	7701	8879	9670
Geschätzte Verlustleistung bei 460 V [W][2), 3)]	6953	8089	8803
Wirkungsgrad[3)]	0,98	0,98	0,98
Ausgangsfrequenz [Hz]	0–590	0–590	0–590
Steuerkarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)	85 (185)

Tabelle 7.4 Elektrische Daten für Gehäuse F8/F9, Netzversorgung 6x380–480 V AC

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

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

3) Gemessen mit 5 m (16,5 ft) abgeschirmten Motorkabeln bei Nennlast und Nennfrequenz. Bei Nennstrom gemessener Wirkungsgrad. Die Energieeffizienzklasse finden Sie unter Kapitel 10.12 Wirkungsgrad.. Informationen zu Teillastverlusten siehe drives.danfoss.com/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

VLT® HVAC Drive FC102	P500	P560	P630	P710
Normale Überlast (Normale Überlast = 110 % Strom/60 s)	**NO**	**NO**	**NO**	**NO**
Typische Wellenleistung bei 400 V [kW]	500	560	630	710
Typische Wellenleistung bei 460 V [HP] (nur Nordamerika)	650	750	900	1000
Typische Wellenleistung bei 480 V [kW]	560	630	710	800
Baugröße	**F10/F11**	**F10/F11**	**F10/F11**	**F10/F11**
Ausgangsstrom (3-phasig)				
Dauerbetrieb (bei 400 V) [A]	880	990	1120	1260
Überlast (60 s) (bei 400 V) [A]	968	1089	1232	1386
Dauerbetrieb (bei 460/480 V) [A]	780	890	1050	1160
Überlast (60 s) (bei 460/480 V) [A]	858	979	1155	1276
Dauerleistung kVA (bei 400 V) [kVA]	610	686	776	873
Dauerleistung kVA (bei 460 V) [kVA]	621	709	837	924
Dauerleistung kVA (bei 480 V) [kVA]	675	771	909	1005
Max. Eingangsstrom				
Dauerbetrieb (bei 400 V) [A]	848	954	1079	1214
Dauerbetrieb (bei 460/480 V) [A]	752	858	1012	1118
Maximale Anzahl und Kabelquerschnitt pro Phase				
- Motor [mm^2 (AWG)]	8 x 150 (8 x 300 mcm)	8 x 150 (8 x 300 mcm)	8 x 150 (8 x 300 mcm)	8 x 150 (8 x 300 mcm)
- Netz [mm^2 (AWG)]	6 x 120 (6 x 250 mcm)	6 x 120 (6 x 250 mcm)	6 x 120 (6 x 250 mcm)	6 x 120 (6 x 250 mcm)
- Bremse [mm^2 (AWG)]	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][1)]	900	900	900	1500
Geschätzte Verlustleistung bei 400 V [W][2), 3)]	10647	12338	13201	15436
Geschätzte Verlustleistung bei 460 V [W][2), 3)]	9414	11006	12353	14041
Maximale zusätzliche Verluste für A1-Funkfrequenzstörung, Hauptschalter oder Trennschalter und Schütz [W], (nur F11)	963	1054	1093	1230
Maximale Verluste durch Schaltschrankoptionen [W]	400	400	400	400
Wirkungsgrad[3)]	0,98	0,98	0,98	0,98
Ausgangsfrequenz [Hz]	0–590	0–590	0–590	0–590
Steuerkarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)	85 (185)	85 (185)

Tabelle 7.5 Elektrische Daten für Gehäuse F10/F11, Netzversorgung 6x380–480 V AC

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

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

3) Gemessen mit 5 m (16,5 ft) abgeschirmten Motorkabeln bei Nennlast und Nennfrequenz. Bei Nennstrom gemessener Wirkungsgrad. Die Energieeffizienzklasse finden Sie unter Kapitel 10.12 Wirkungsgrad.. Informationen zu Teillastverlusten siehe drives.danfoss.com/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

VLT® HVAC Drive FC102	P800	P1000
Normale Überlast (Normale Überlast = 110 % Strom/60 s)	**NO**	**NO**
Typische Wellenleistung bei 400 V [kW]	800	1000
Typische Wellenleistung bei 460 V [HP] (nur Nordamerika)	1200	1350
Typische Wellenleistung bei 480 V [kW]	1000	1100
Baugröße	**F12/F13**	**F12/F13**
Ausgangsstrom (3-phasig)		
Dauerbetrieb (bei 400 V) [A]	1460	1720
Überlast (60 s) (bei 400 V) [A]	1606	1892
Dauerbetrieb (bei 460/480 V) [A]	1380	1530
Aussetzbetrieb (60 s Überlast)(bei 460/480 V) [A]	1518	1683
Dauerleistung kVA (bei 400 V) [kVA]	1012	1192
Dauerleistung kVA (bei 460 V) [kVA]	1100	1219
Dauerleistung kVA (bei 480 V) [kVA]	1195	1325
Max. Eingangsstrom		
Dauerbetrieb (bei 400 V) [A]	1407	1658
Dauerbetrieb (bei 460/480 V) [A]	1330	1474
Maximale Anzahl und Kabelquerschnitt pro Phase		
- Motor [mm^2 (AWG)]	12 x 150 (12 x 300 mcm)	12 x 150 (12 x 300 mcm)
- Netz [mm^2 (AWG)]	6 x 120 (6 x 250 mcm)	6 x 120 (6 x 250 mcm)
- Bremse [mm^2 (AWG)]	6 x 185 (6 x 350 mcm)	6 x 185 (6 x 350 mcm)
Maximale externe Netzsicherungen [A][1)]	1500	1500
Geschätzte Verlustleistung bei 400 V [W][2), 3)]	18084	20358
Geschätzte Verlustleistung bei 460 V [W][2), 3)]	17137	17752
Maximale zusätzliche Verluste für A1 Funkfrequenzstörung, Hauptschalter oder Trennschalter und Schütz [W], (nur F4)	2280	2541
Maximale Verluste durch Schaltschrankoptionen [W]	400	400
Wirkungsgrad[3)]	0,98	0,98
Ausgangsfrequenz [Hz]	0–590	0–590
Steuerkarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)

Tabelle 7.6 Elektrische Daten für Gehäuse F12/F13, Netzversorgung 6x380–480 V AC

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

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

3) Gemessen mit 5 m (16,5 ft) abgeschirmten Motorkabeln bei Nennlast und Nennfrequenz. Bei Nennstrom gemessener Wirkungsgrad. Die Energieeffizienzklasse finden Sie unter Kapitel 10.12 Wirkungsgrad.. Informationen zu Teillastverlusten siehe drives.danfoss.com/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

7.2 Elektrische Daten, 525-690 V

VLT® HVAC Drive FC102	P450	P500	P560	P630
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	**E1/E2**	**E1/E2**	**E1/E2**	**E1/E2**
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)	434	482	549	607
Maximale Anzahl und Kabelquerschnitt pro Phase				
- Netz, Motor und Zwischenkreiskopplung [mm^2 (AWG)]	4 x 240 (4 x 500 mcm)	4 x 240 (4 x 500 mcm)	4 x 240 (4 x 500 mcm)	4 x 240 (4 x 500 mcm)
- Bremse [mm^2 (AWG)]	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 externe Netzsicherungen [A][1)]	700	700	900	900
Geschätzte Verlustleistung bei 600 V [W][2), 3)]	5323	6010	7395	8209
Geschätzte Verlustleistung bei 690 V [W][2), 3)]	5529	6239	7653	8495
Wirkungsgrad[3)]	0,98	0,98	0,98	0,98
Ausgangsfrequenz [Hz]	0–500	0–500	0–500	0–500
Steuerkarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)	85 (185)	85 (185)

Tabelle 7.7 Elektrische Daten für Gehäuse E1/E2, Netzversorgung 3x525–690 V AC

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

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

3) Gemessen mit 5 m (16,5 ft) abgeschirmten Motorkabeln bei Nennlast und Nennfrequenz. Bei Nennstrom gemessener Wirkungsgrad. Die Energieeffizienzklasse finden Sie unter Kapitel 10.12 Wirkungsgrad.. Informationen zu Teillastverlusten siehe drives.danfoss.com/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

VLT® HVAC Drive FC102	P710	P800	P900
Normale Überlast (Normale Überlast = 110 % Strom/60 s)	**NO**	**NO**	**NO**
Typische Wellenleistung bei 550 V [kW]	560	670	750
Typische Wellenleistung bei 575 V [HP]	750	950	1050
Typische Wellenleistung bei 690 V [kW]	710	800	900
Baugröße	**F1/F3**	**F1/F3**	**F1/F3**
Ausgangsstrom (3-phasig)			
Dauerbetrieb (bei 550 V) [A]	763	889	988
Aussetzbetrieb (60 s Überlast) (bei 550 V) [A]	839	978	1087
Dauerbetrieb (bei 575/690 V) [A]	730	850	945
Aussetzbetrieb (60 s Überlast) (bei 575/690 V) [A]	803	935	1040
Dauerleistung kVA (bei 550 V) [kVA]	727	847	941
Dauerleistung kVA (bei 575 V) [kVA]	727	847	941
Dauerleistung kVA (bei 690 V) [kVA]	872	1016	1129
Max. Eingangsstrom			
Dauerbetrieb (bei 550 V) [A]	735	857	952
Dauerbetrieb (bei 575 V) [A]	704	819	911
Dauerbetrieb (bei 690 V) [A]	704	819	911
Maximale Anzahl und Kabelquerschnitt pro Phase			
- Motor [mm^2 (AWG)]	8 x 150 (8 x 300 mcm)	8 x 150 (8 x 300 mcm)	8 x 150 (8 x 300 mcm)
- Netz [mm^2 (AWG)] (F1)	8 x 240 (8 x 500 mcm)	8 x 240 (8 x 500 mcm)	8 x 240 (8 x 500 mcm)
- Netz [mm^2 (AWG)] (F3)	8 x 456 (4 x 900 mcm)	8 x 456 (4 x 900 mcm)	8 x 456 (4 x 900 mcm)
- Zwischenkreiskopplung [mm^2 (AWG)]	4 x 120 (4 x 250 mcm)	4 x 120 (4 x 250 mcm)	4 x 120 (4 x 250 mcm)
- Bremse [mm^2 (AWG)]	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][1)]	1600	1600	1600
Geschätzte Verlustleistung bei 600 V [W][2), 3)]	9500	10872	12316
Geschätzte Verlustleistung bei 690 V [W][2), 3)]	9863	11304	12798
Maximale zusätzliche Verluste für Hauptschalter oder Trennschalter und Schütz [W], (nur F3)	427	532	615
Maximale Verluste durch Schaltschrankoptionen [W]	400	400	400
Wirkungsgrad[3)]	0,98	0,98	0,98
Ausgangsfrequenz [Hz]	0–500	0–500	0–500
Steuerkarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)	85 (185)

Tabelle 7.8 Elektrische Daten für Gehäuse F1/F3, Netzversorgung 3x525–690 V AC

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

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

3) Gemessen mit 5 m (16,5 ft) abgeschirmten Motorkabeln bei Nennlast und Nennfrequenz. Bei Nennstrom gemessener Wirkungsgrad. Die Energieeffizienzklasse finden Sie unter Kapitel 10.12 Wirkungsgrad.. Informationen zu Teillastverlusten siehe drives.danfoss.com/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

VLT® HVAC Drive FC102	P1M0	P1M2	P1M4
Normale Überlast (Normale Überlast = 110 % Strom/60 s)	**NO**	**NO**	**NO**
Typische Wellenleistung bei 550 V [kW]	850	1000	1100
Typische Wellenleistung bei 575 V [HP]	1150	1350	1550
Typische Wellenleistung bei 690 V [kW]	1000	1200	1400
Baugröße	**F2/F4**	**F2/F4**	**F2/F4**
Ausgangsstrom (3-phasig)			
Dauerbetrieb (bei 550 V) [A]	1108	1317	1479
Aussetzbetrieb (60 s Überlast) (bei 550 V) [A]	1219	1449	1627
Dauerbetrieb (bei 575/690 V) [A]	1060	1260	1415
Aussetzbetrieb (60 s Überlast) (bei 575/690 V) [A]	1166	1386	1557
Dauerleistung kVA (bei 550 V) [kVA]	1056	1255	1409
Dauerleistung kVA (bei 575 V) [kVA]	1056	1255	1409
Dauerleistung kVA (bei 690 V) [kVA]	1267	1506	1691
Max. Eingangsstrom			
Dauerbetrieb (bei 550 V) [A]	1068	1269	1425
Dauerbetrieb (bei 575 V) [A]	1022	1214	1364
Dauerbetrieb (bei 690 V) [A]	1022	1214	1364
Maximale Anzahl und Kabelquerschnitt pro Phase			
- Motor [mm^2 (AWG)]	12 x 150 (12 x 300 mcm)	12 x 150 (12 x 300 mcm)	12 x 150 (12 x 300 mcm)
- Netz [mm^2 (AWG)] (F2)	8 x 240 (8 x 500 mcm)	8 x 240 (8 x 500 mcm)	8 x 240 (8 x 500 mcm)
- Netz [mm^2 (AWG)] (F4)	8 x 456 (8 x 900 mcm)	8 x 456 (8 x 900 mcm)	8 x 456 (8 x 900 mcm)
- Zwischenkreiskopplung [mm^2 (AWG)]	4 x 120 (4 x 250 mcm)	4 x 120 (4 x 250 mcm)	4 x 120 (4 x 250 mcm)
- Bremse [mm^2 (AWG)]	6 x 185 (6 x 350 mcm)	6 x 185 (6 x 350 mcm)	6 x 185 (6 x 350 mcm)
Maximale externe Netzsicherungen [A][1)]	1600	2000	2500
Geschätzte Verlustleistung bei 600 V [W][2), 3)]	13731	16190	18536
Geschätzte Verlustleistung bei 690 V [W][2), 3)]	14250	16821	19247
Maximale zusätzliche Verluste für Hauptschalter oder Trennschalter und Schütz [W], (nur F4)	665	863	1044
Maximale Verluste durch Schaltschrankoptionen [W]	400	400	400
Wirkungsgrad[3)]	0,98	0,98	0,98
Ausgangsfrequenz [Hz]	0–500	0–500	0–500
Steuerkarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)	85 (185)

Tabelle 7.9 Elektrische Daten für Gehäuse F2/F4, Netzversorgung 3x525–690 V AC

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

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

3) Gemessen mit 5 m (16,5 ft) abgeschirmten Motorkabeln bei Nennlast und Nennfrequenz. Bei Nennstrom gemessener Wirkungsgrad. Die Energieeffizienzklasse finden Sie unter Kapitel 10.12 Wirkungsgrad.. Informationen zu Teillastverlusten siehe drives.danfoss.com/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

VLT® HVAC Drive FC102	P450	P500	P560	P630
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	**F8/F9**	**F8/F9**	**F8/F9**	**F8/F9**
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)	434	482	549	607
Maximale Anzahl und Kabelquerschnitt pro Phase				
- Motor [mm^2 (AWG)]	4 x 240 (4 x 500 mcm)	4 x 240 (4 x 500 mcm)	4 x 240 (4 x 500 mcm)	4 x 240 (4 x 500 mcm)
- Netz [mm^2 (AWG)]	4 x 85 (4 x 3/0 mcm)	4 x 85 (4 x 3/0 mcm)	4 x 85 (4 x 3/0 mcm)	4 x 85 (4 x 3/0 mcm)
- Bremse [mm^2 (AWG)]	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 externe Netzsicherungen [A][1)]	630	630	630	630
Geschätzte Verlustleistung bei 600 V [W][2), 3)]	5323	6010	7395	8209
Geschätzte Verlustleistung bei 690 V [W][2), 3)]	5529	6239	7653	8495
Wirkungsgrad[3)]	0,98	0,98	0,98	0,98
Ausgangsfrequenz [Hz]	0–500	0–500	0–500	0–500
Steuerkarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)	85 (185)	85 (185)

Tabelle 7.10 Elektrische Daten für Gehäuse F8/F9, Netzversorgung 6x525–690 V AC

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

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

3) Gemessen mit 5 m (16,5 ft) abgeschirmten Motorkabeln bei Nennlast und Nennfrequenz. Bei Nennstrom gemessener Wirkungsgrad. Die Energieeffizienzklasse finden Sie unter Kapitel 10.12 Wirkungsgrad.. Informationen zu Teillastverlusten siehe drives.danfoss.com/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

VLT® HVAC Drive FC102	P710	P800	P900
Normale Überlast (Normale Überlast = 110 % Strom/60 s)	**NO**	**NO**	**NO**
Typische Wellenleistung bei 550 V [kW]	560	670	750
Typische Wellenleistung bei 575 V [HP]	750	950	1050
Typische Wellenleistung bei 690 V [kW]	710	800	900
Baugröße	**F10/F11**	**F10/F11**	**F10/F11**
Ausgangsstrom (3-phasig)			
Dauerbetrieb (bei 550 V) [A]	763	889	988
Aussetzbetrieb (60 s Überlast) (bei 550 V) [A]	839	978	1087
Dauerbetrieb (bei 575/690 V) [A]	730	850	945
Aussetzbetrieb (60 s Überlast) (bei 575/690 V) [A]	803	935	1040
Dauerleistung kVA (bei 550 V) [kVA]	727	847	941
Dauerleistung kVA (bei 575 V) [kVA]	727	847	941
Dauerleistung kVA (bei 690 V) [kVA]	872	1016	1129
Max. Eingangsstrom			
Dauerbetrieb (bei 550 V) [A]	735	857	952
Dauerbetrieb (bei 575 V) [A]	704	819	911
Dauerbetrieb (bei 690 V) [A]	704	819	911
Maximale Anzahl und Kabelquerschnitt pro Phase			
- Motor [mm^2 (AWG)]	8 x 150 (8 x 300 mcm)	8 x 150 (8 x 300 mcm)	8 x 150 (8 x 300 mcm)
- Netz [mm^2 (AWG)]	6 x 120 (4 x 900 mcm)	6 x 120 (4 x 900 mcm)	6 x 120 (4 x 900 mcm)
- Bremse [mm^2 (AWG)]	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][1)]	900	900	900
Geschätzte Verlustleistung bei 600 V [W][2), 3)]	9500	10872	12316
Geschätzte Verlustleistung bei 690 V [W][2), 3)]	9863	11304	12798
Maximale zusätzliche Verluste für Hauptschalter oder Trennschalter und Schütz [W], (nur F11)	427	532	615
Maximale Verluste durch Schaltschrankoptionen [W]	400	400	400
Wirkungsgrad[3)]	0,98	0,98	0,98
Ausgangsfrequenz [Hz]	0–500	0–500	0–500
Steuerkarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)	85 (185)

Tabelle 7.11 Elektrische Daten für Gehäuse F10/F11, Netzversorgung 6x525–690 V AC

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

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

3) Gemessen mit 5 m (16,5 ft) abgeschirmten Motorkabeln bei Nennlast und Nennfrequenz. Bei Nennstrom gemessener Wirkungsgrad. Die Energieeffizienzklasse finden Sie unter Kapitel 10.12 Wirkungsgrad.. Informationen zu Teillastverlusten siehe drives.danfoss.com/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

VLT® HVAC Drive FC102	P1M0	P1M2	P1M4
Normale Überlast (Normale Überlast = 110 % Strom/60 s)	**NO**	**NO**	**NO**
Typische Wellenleistung bei 550 V [kW]	850	1000	1100
Typische Wellenleistung bei 575 V [HP]	1150	1350	1550
Typische Wellenleistung bei 690 V [kW]	1000	1200	1400
Baugröße	**F12/F13**	**F12/F13**	**F12/F13**
Ausgangsstrom (3-phasig)			
Dauerbetrieb (bei 550 V) [A]	1108	1317	1479
Aussetzbetrieb (60 s Überlast) (bei 550 V) [A]	1219	1449	1627
Dauerbetrieb (bei 575/690 V) [A]	1060	1260	1415
Aussetzbetrieb (60 s Überlast) (bei 575/690 V) [A]	1166	1386	1557
Dauerleistung kVA (bei 550 V) [kVA]	1056	1255	1409
Dauerleistung kVA (bei 575 V) [kVA]	1056	1255	1409
Dauerleistung kVA (bei 690 V) [kVA]	1267	1506	1691
Max. Eingangsstrom			
Dauerbetrieb (bei 550 V) [A]	1068	1269	1425
Dauerbetrieb (bei 575 V) [A]	1022	1214	1364
Dauerbetrieb (bei 690 V) [A]	1022	1214	1364
Maximale Anzahl und Kabelquerschnitt pro Phase			
- Motor [mm^2 (AWG)]	12 x 150 (12 x 300 mcm)	12 x 150 (12 x 300 mcm)	12 x 150 (12 x 300 mcm)
- Netz [mm^2 (AWG)] (F12)	8 x 240 (8 x 500 mcm)	8 x 240 (8 x 500 mcm)	8 x 240 (8 x 500 mcm)
- Netz [mm^2 (AWG)] (F13)	8 x 456 (8 x 900 mcm)	8 x 456 (8 x 900 mcm)	8 x 456 (8 x 900 mcm)
- Bremse [mm^2 (AWG)]	6 x 185 (6 x 350 mcm)	6 x 185 (6 x 350 mcm)	6 x 185 (6 x 350 mcm)
Maximale externe Netzsicherungen [A][1)]	1600	2000	2500
Geschätzte Verlustleistung bei 600 V [W][2), 3)]	13731	16190	18536
Geschätzte Verlustleistung bei 690 V [W][2), 3)]	14250	16821	19247
Maximale zusätzliche Verluste für Hauptschalter oder Trennschalter und Schütz [W], (nur F13)	665	863	1044
Maximale Verluste durch Schaltschrankoptionen [W]	400	400	400
Wirkungsgrad[3)]	0,98	0,98	0,98
Ausgangsfrequenz [Hz]	0–500	0–500	0–500
Steuerkarte Übertemperatur Abschalt. [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)	85 (185)

Tabelle 7.12 Elektrische Daten für Gehäuse F12/F13, Netzversorgung 6x525–690 V AC

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

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

3) Gemessen mit 5 m (16,5 ft) abgeschirmten Motorkabeln bei Nennlast und Nennfrequenz. Bei Nennstrom gemessener Wirkungsgrad. Die Energieeffizienzklasse finden Sie unter Kapitel 10.12 Wirkungsgrad.. Informationen zu Teillastverlusten siehe drives.danfoss.com/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

7.3 Netzversorgung

Netzversorgung	
Versorgungsklemmen (6-Puls.)	L1, L2, L3
Versorgungsklemmen (12-Puls.)	L1-1, L2-1, L3-1, L1-2, L2-2, L3-2
Versorgungsspannung	380–480 V ±10 %, 525–690 V ±10 %

Niedrige Netzspannung/Netzausfall:
Bei einer niedrigen Netzspannung oder einem Netzausfall arbeitet der Frequenzumrichter weiter, bis die DC-Zwischenkreis-spannung unter den minimalen Stopppegel 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 ±5 %
Maximale kurzzeitige Asymmetrie zwischen Netzphasen	3,0 % der Versorgungsnennspannung[1)]
Wirkleistungsfaktor (λ)	≥0,9 bei Nennlast
Verschiebungs-Leistungsfaktor (cos Φ) 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/sVerschmutzungsgrad 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

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	
Baugrößen E1/F1/F2/F3/F4/F8/F9/F10/F11/F12/F13	IP21/Typ 1, IP54/Typ 12
Baugröße E2	IP00/Chassis
Vibrationstest	1,0 g
Luftfeuchtigkeit	5–95 % (IEC 721-3-3; Klasse 3K3 (nicht kondensierend) bei Betrieb)
Aggressive Umgebungsbedingungen (IEC 60068-2-43) H_2S-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 (14 °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)

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

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 Steuerleitungen	
Maximale Motorkabellänge, mit Abschirmung	150 m (492 ft)
Maximale Motorkabellänge, ohne Abschirmung	300 m (984 ft)
Maximaler Querschnitt zu Motor, Netz, Zwischenkreiskopplung und Bremse	Siehe *Kapitel 7 Spezifikationen*[1)]
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 elektrische Daten in Kapitel 7.1 Elektrische Daten, 380-480 V and 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)

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Genauigkeit der Analogeingänge	Maximale Abweichung 0,5 % der Gesamtskala
Bandbreite	100 Hz

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

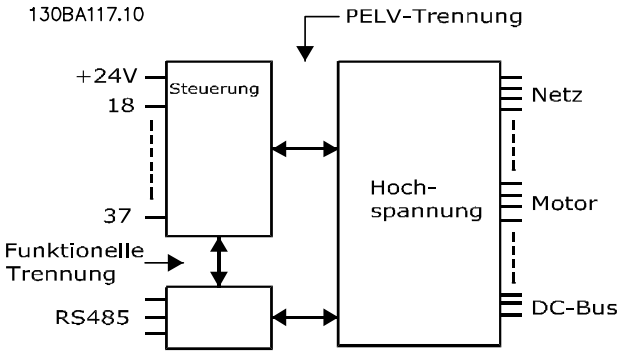


Abbildung 7.1 PELV-Isolierung

Pulseingänge	
Programmierbare Pulseingänge	2
Klemmennummer Puls	29, 33
Maximalfrequenz an Klemme 29, 33 (Gegentakt)	110 kHz
Maximalfrequenz an Klemme 29, 33 (offener Kollektor)	5 kHz
Minimale Frequenz an Klemme 29, 33	4 Hz
Spannungsniveau	Siehe *Digitaleingänge* in *Kapitel 7.7 Steuereingang/-ausgang und Steuerdaten*
Maximale Spannung am Eingang	28 V DC
Eingangswiderstand, R_i	Ca. 4 kΩ
Pulseingangsgenauigkeit (0,1-1 kHz)	Maximale Abweichung: 0,1 % der Gesamtskala

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

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

Steuerkarte, RS485 serielle Schnittstelle	
Klemme Nr.	68 (P, TX+, RX+), 69 (N, TX-, RX-)
Klemme Nr. 61	Masse für Klemmen 68 und 69

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

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

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

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/sVerschmutzungsgrad 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/sVerschmutzungsgrad 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.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Steuerungseigenschaften	
Auflösung der Ausgangsfrequenz bei 0-1000 Hz	±0,003 Hz
System-Reaktionszeit (Klemmen 18, 19, 27, 29, 32, 33)	≤2 m/s
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 M/S

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.

7.8 Gewichte der Baugrößen

Gehäuse	380–480/500 V	525–690 V
E1	270–313 kg	263–313 kg
E2	234–277 kg	221–277 kg

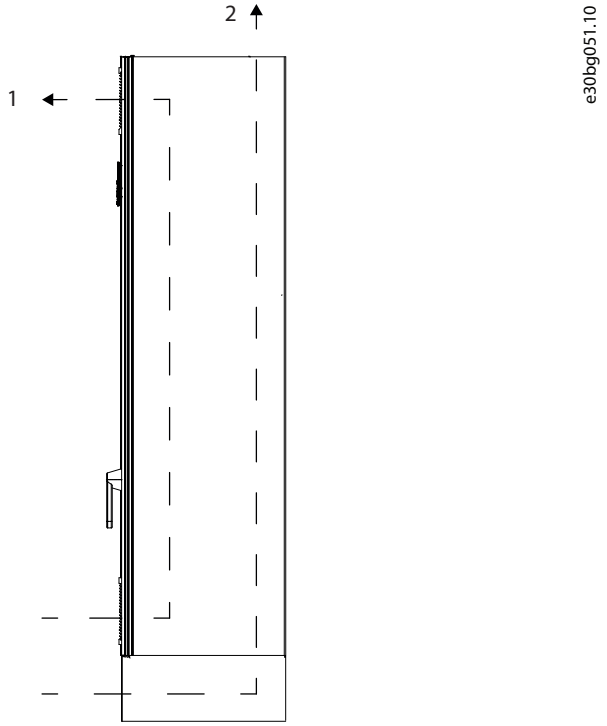
Tabelle 7.13 Gewichte der Baugrößen E1-E2, kg

Gehäuse	380–480/500 V	525–690 V
F1	1017 kg	1017 kg
F2	1260 kg	1260 kg
F3	1318 kg	1318 kg
F4	1561 kg	1561 kg
F8	447 kg	447 kg
F9	669 kg	669 kg
F10	893 kg	893 kg
F11	1116 kg	1116 kg
F12	1037 kg	1037 kg
F13	1259 kg	1259 kg

Tabelle 7.14 Gewichte der Baugrößen F1-F13, kg

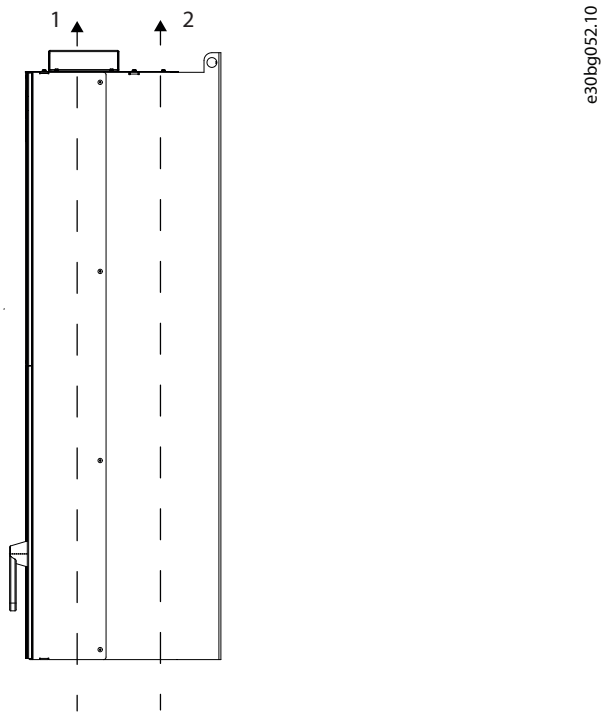
 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

7.9 Luftzirkulation für Baugrößen E1–E2 und F1–F13



1	Luftzirkulation im vorderseitigen Kanal, 340 m³/Std (200 cfm)
2	Luftzirkulation im rückseitigen Kühlkanal, 1105 m³/Std (650 cfm) oder 1444 m³/Std (850 cfm)

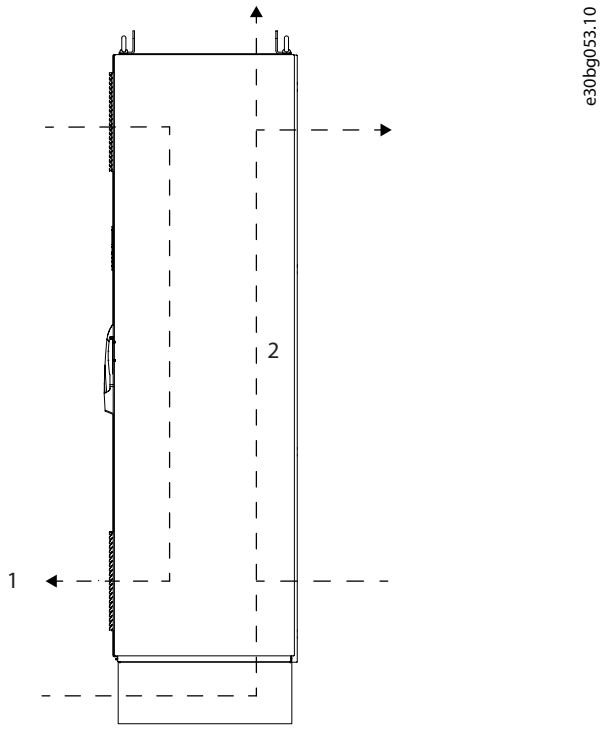
Abbildung 7.2 Luftzirkulation für Baugröße E1



1	Luftzirkulation im vorderseitigen Kanal, 255 m³/Std (150 cfm)
2	Luftzirkulation im rückseitigen Kühlkanal, 1105 m³/Std (650 cfm) oder 1444 m³/Std (850 cfm)

Abbildung 7.3 Luftzirkulation für Baugröße E2

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	Luftzirkulation im vorderseitigen Kanal - IP21/Typ 1, 700 m^3/Std (412 cfm) - IP54/Typ 12, 525 m^3/Std (309 cfm)
2	Luftzirkulation im rückseitigen Kanal, 985 m3/Std (580 cfm)

Abbildung 7.4 Luftzirkulation für Baugrößen F1–F13

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

8 Außen- und Klemmenabmessungen

8.1 E1 – Außen- und Klemmenabmessungen

8.1.1 Außenabmessungen E1

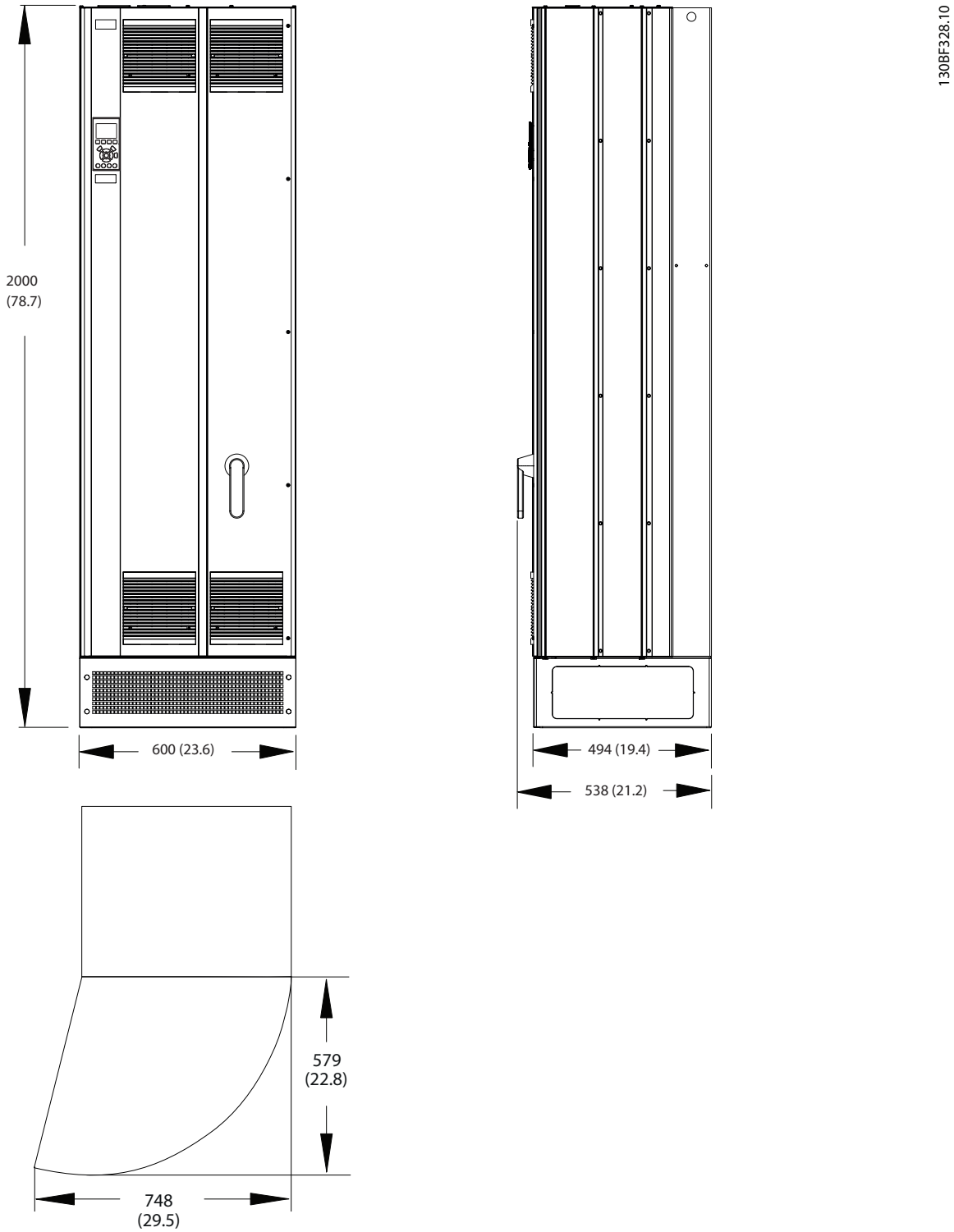
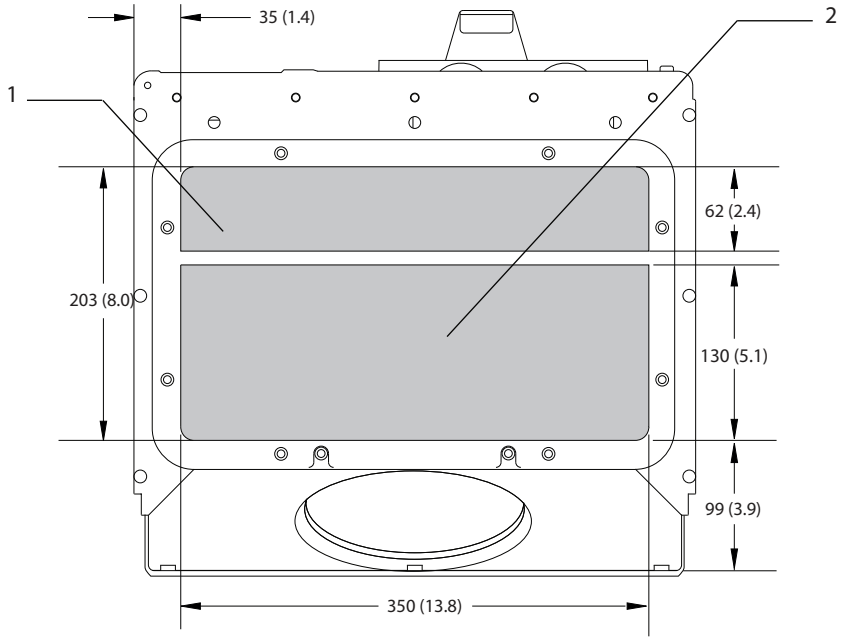


Abbildung 8.1 Abmessungen von Front, Seite und Türabstand bei Baugröße E1

Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	Netzseite	2	Motorseite

Abbildung 8.2 Abmessungen der Bodenplatte E1/E2

8.1.2 E1-Klemmenabmessungen

Leistungskabel sind schwer und relativ steif. Wählen Sie zur Vereinfachung der Kabelinstallation die optimale Position des Frequenzumrichters. An jeder Klemme lassen sich bis zu 4 Kabel mit Kabelschuhen oder eine Standard-Lüsterklemme anschließen. Die Erde wird an einen geeigneten Anschlusspunkt im Frequenzumrichter angeschlossen.

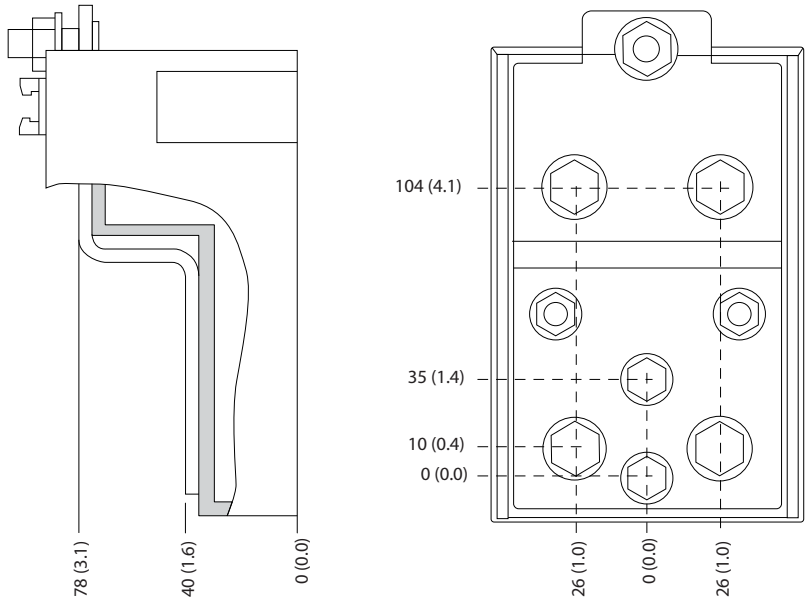
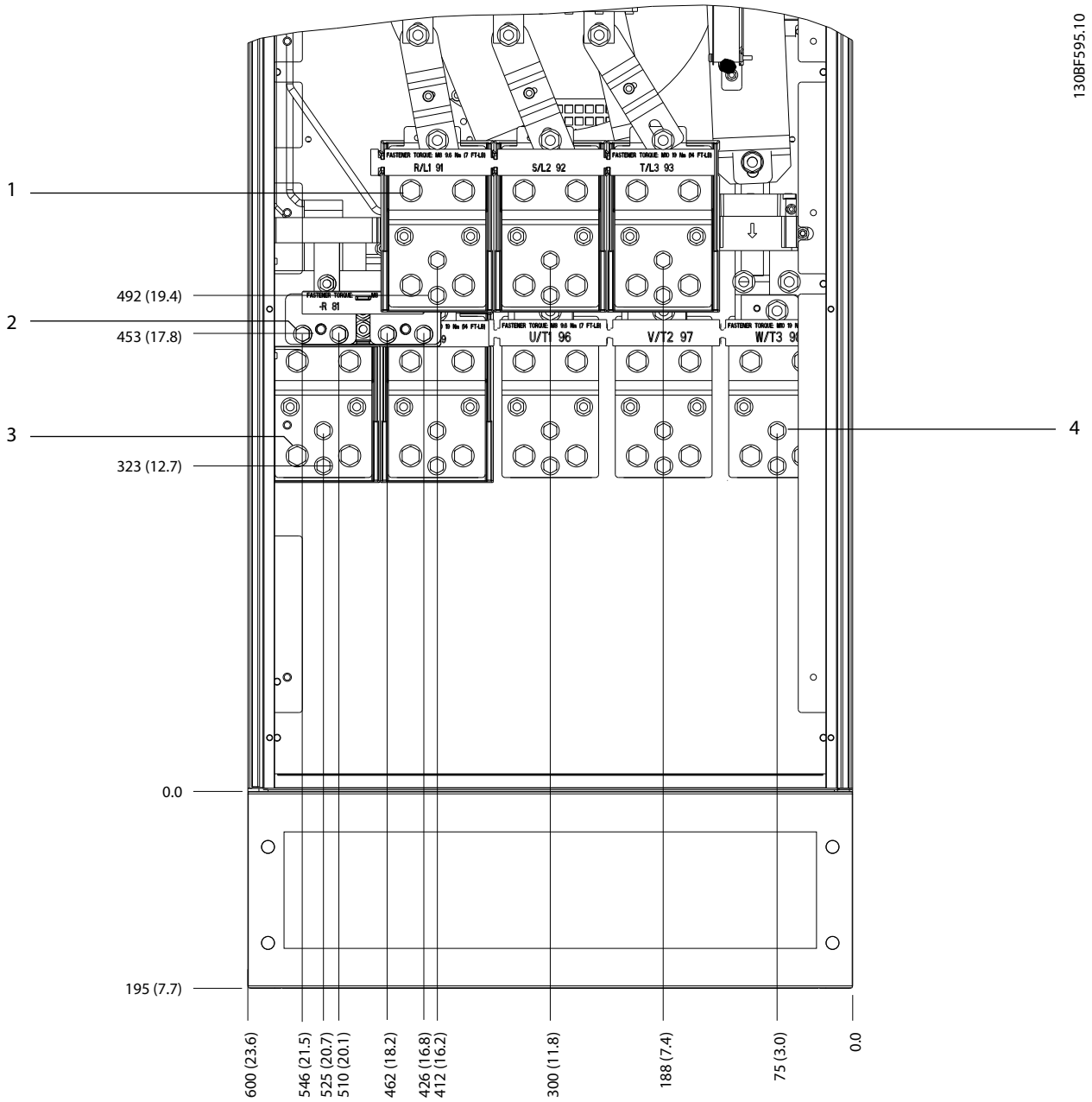


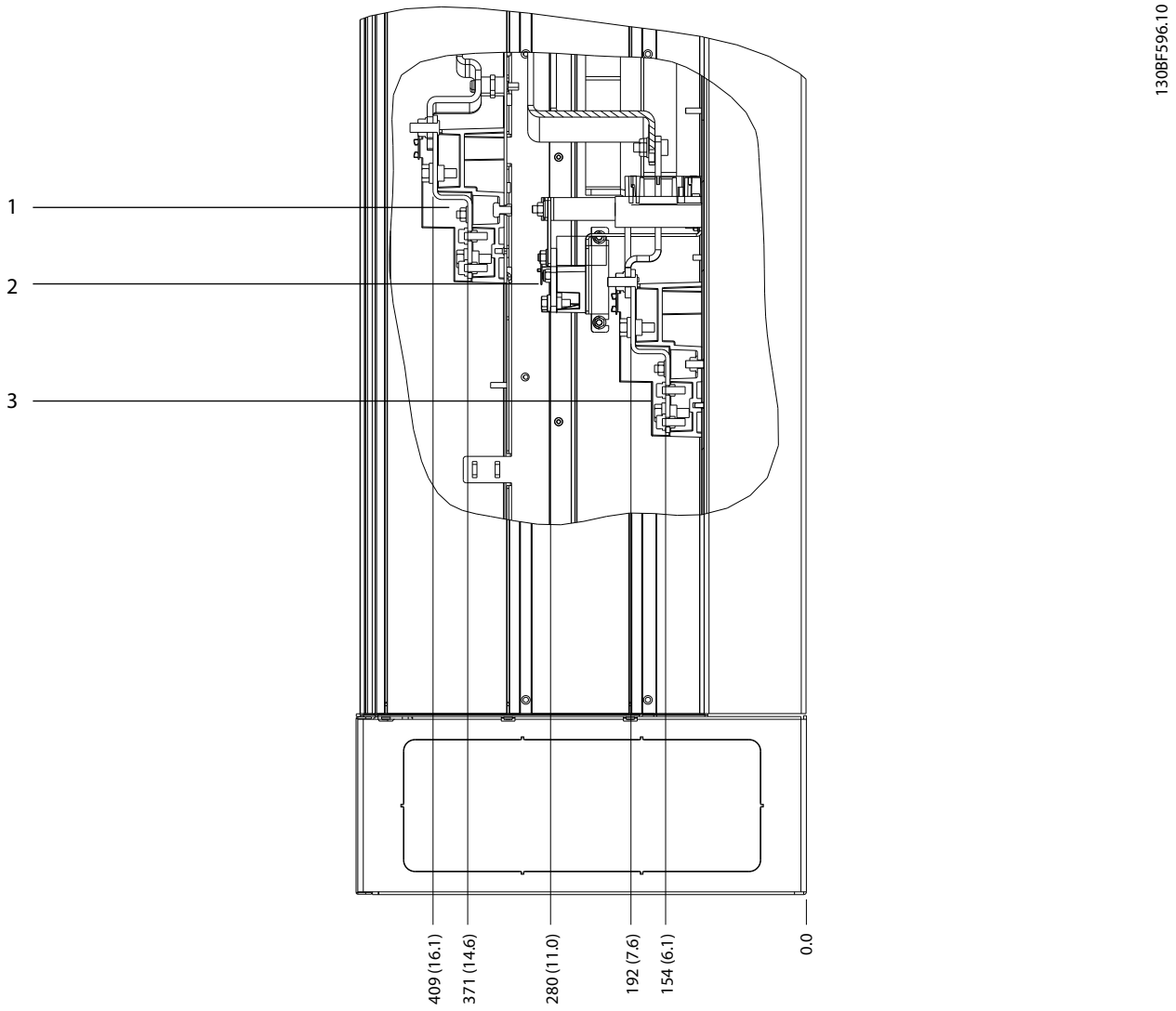
Abbildung 8.3 Detaillierte Klemmenabmessungen bei Baugrößen E1/E2

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	Netzklemmen	3	Rückspeisefähige/Zwischenkreiskopplungsklemmen
2	Bremsklemmen	4	Motorklemmen

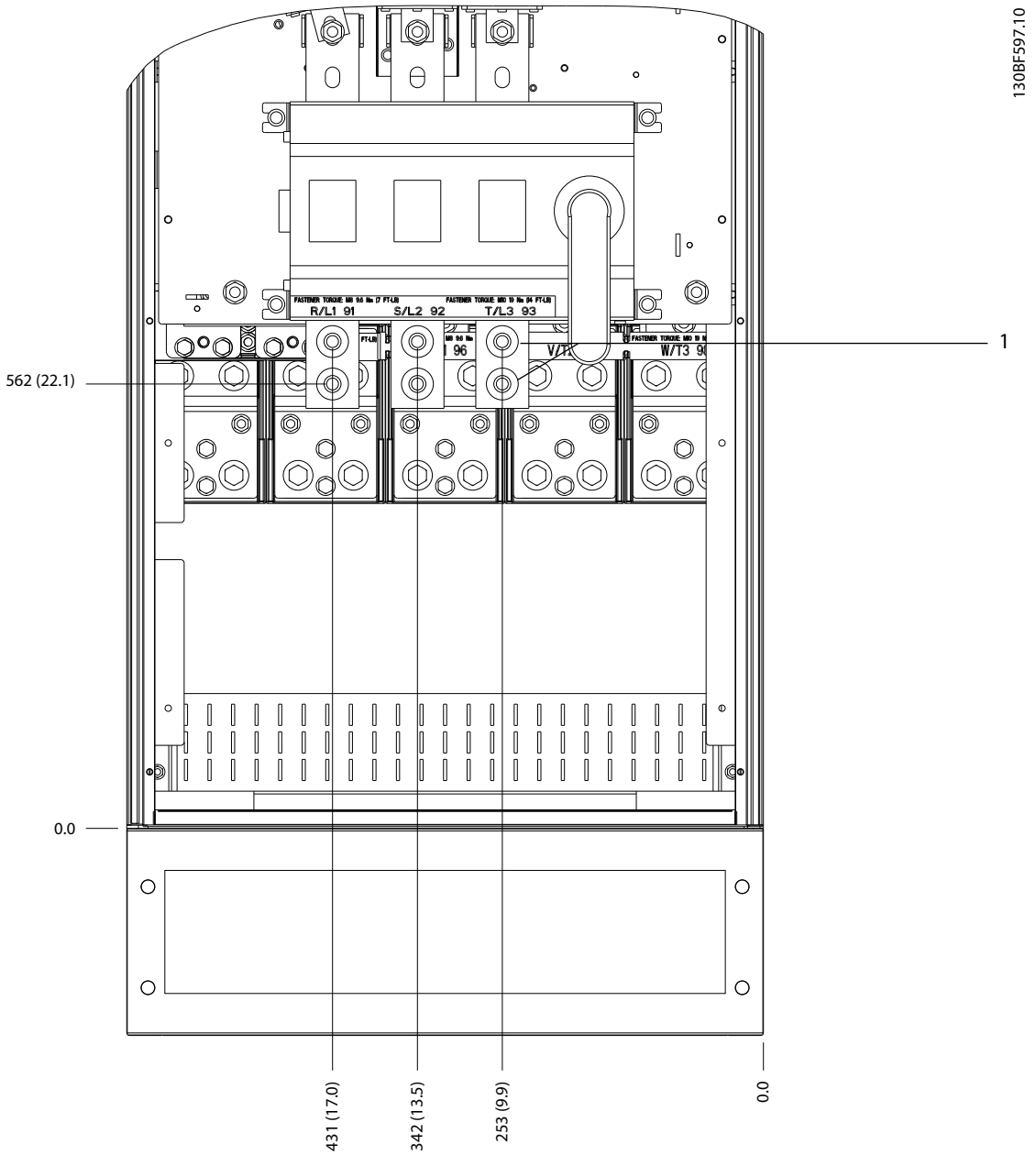
Abbildung 8.4 Klemmenabmessungen bei Baugröße E1, Frontansicht



1	Netzklemmen	2	Bremsklemmen
3	Motorklemmen	–	–

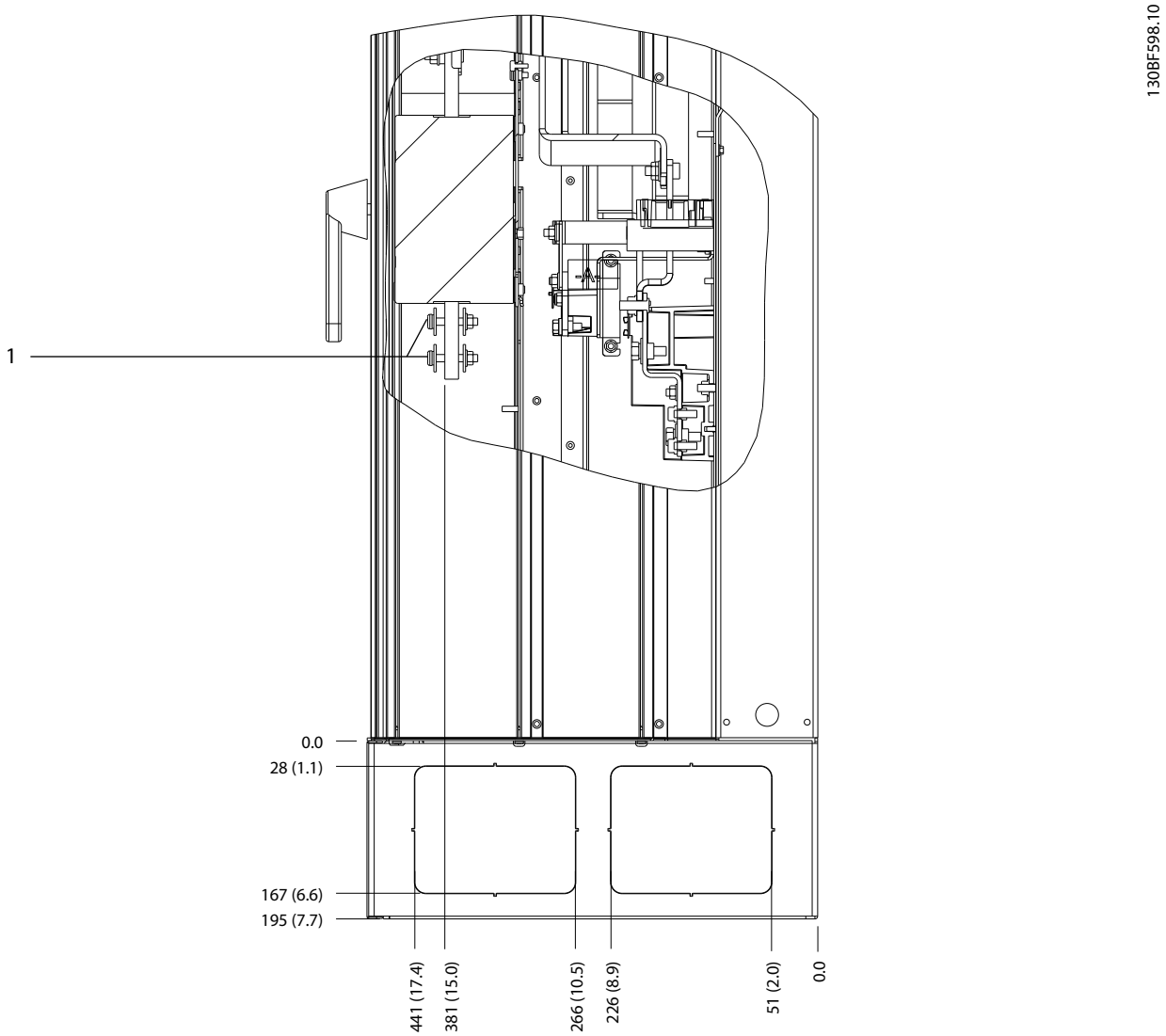
Abbildung 8.5 Klemmenabmessungen bei Baugröße E1, Seitenansicht

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	Netzklemmen	–	–

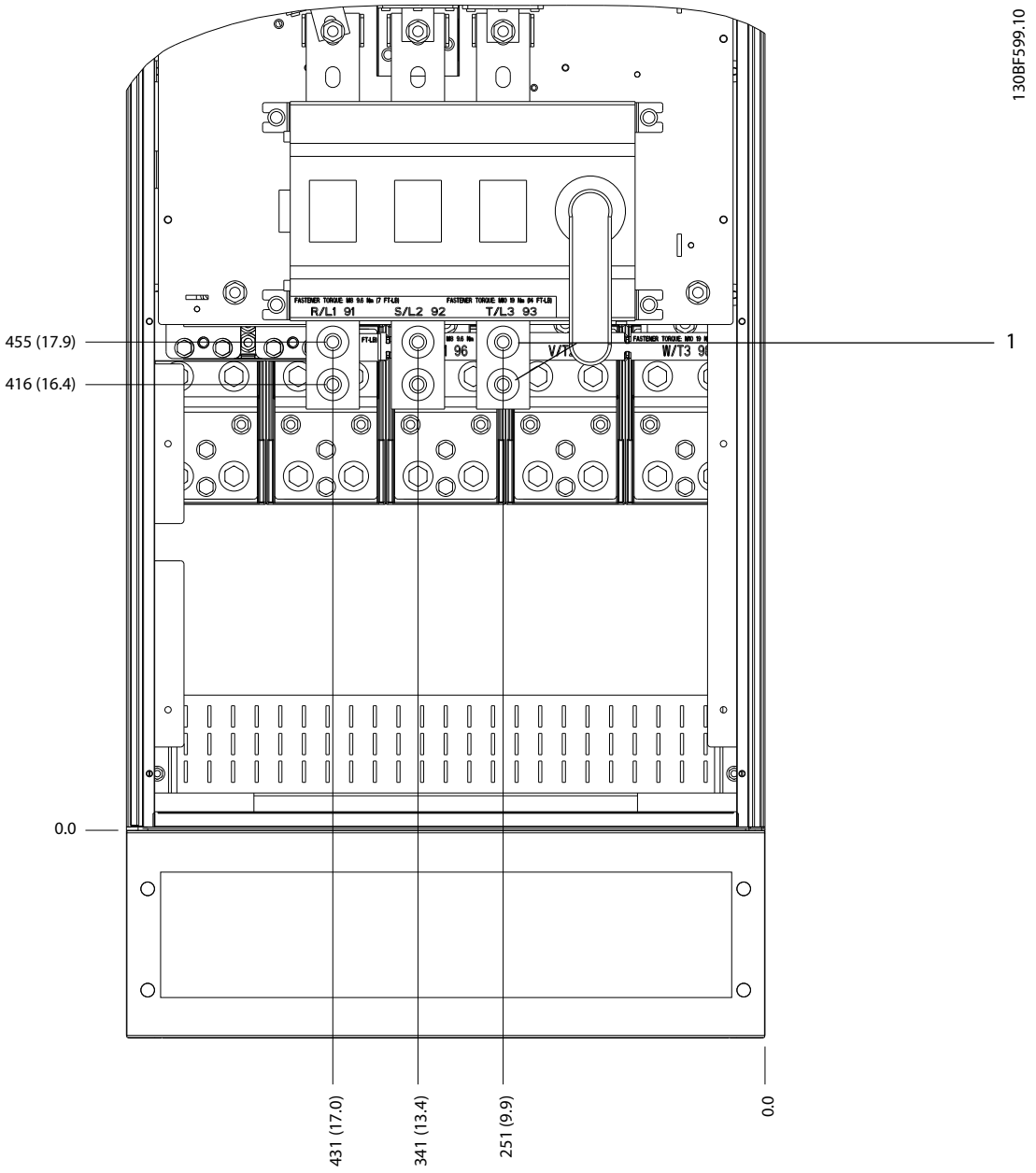
Abbildung 8.6 Klemmenabmessungen bei Baugröße E1 mit Trennschalter (380–480/500-V-Modelle: P315; 525–690-V-Modelle: P355–P560), Frontansicht



1	Netzklemmen	–	–

Abbildung 8.7 Klemmenabmessungen bei Baugröße E1 mit Trennschalter (380–480/500-V-Modelle: P315; 525–690-V-Modelle: P355–P560), Seitenansicht

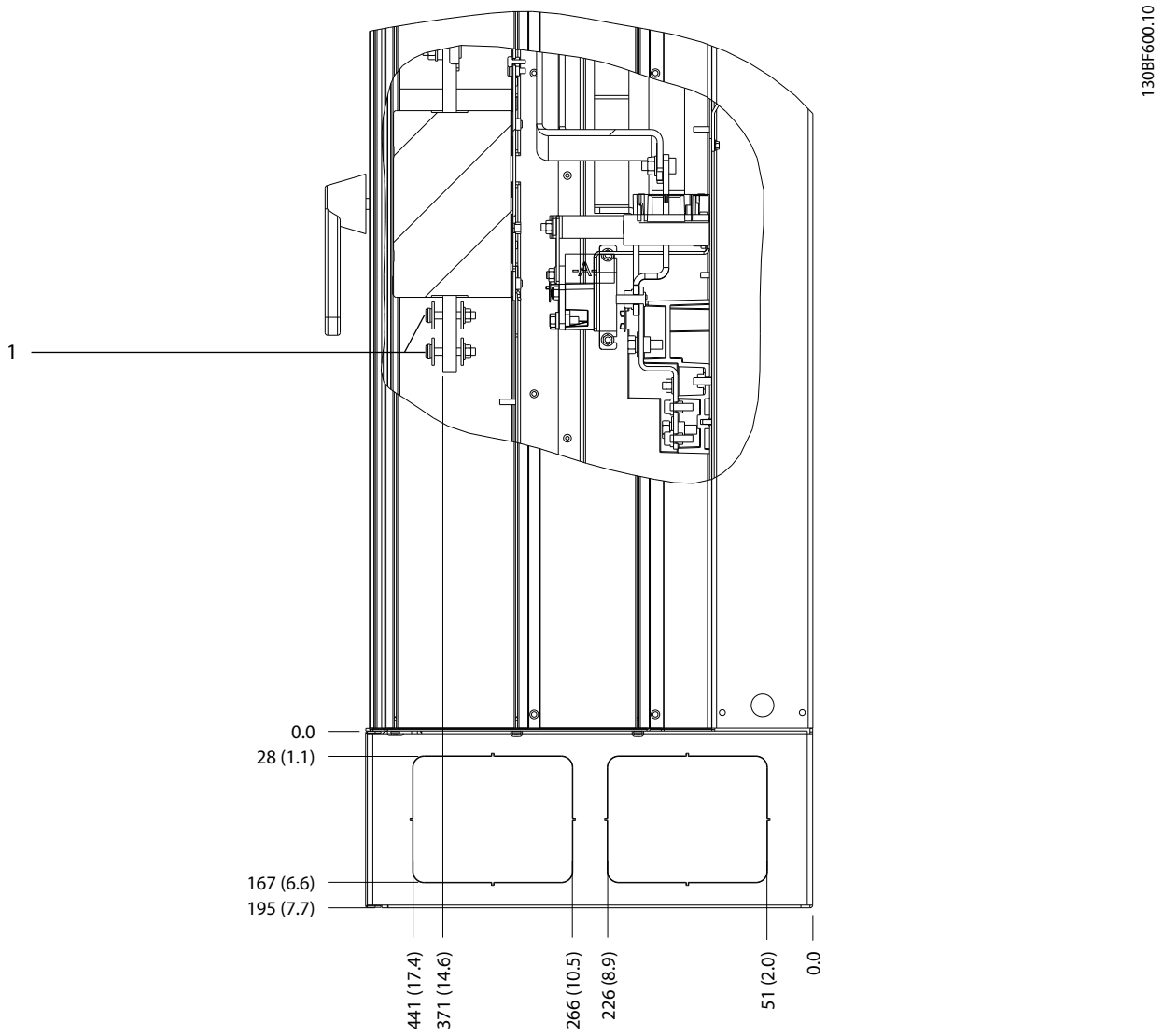
 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	Netzklemmen	–	–

Abbildung 8.8 Klemmenabmessungen bei Baugröße E1 mit Trennschalter (380–480/500-V-Modelle: P355–P400), Frontansicht

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	Netzklemmen	–	–

Abbildung 8.9 Klemmenabmessungen bei Baugröße E1 mit Trennschalter (380–480/500-V-Modelle: P355–P400), Seitenansicht

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

8.2 E2 – Außen- und Klemmenabmessungen

8.2.1 Außenabmessungen E2

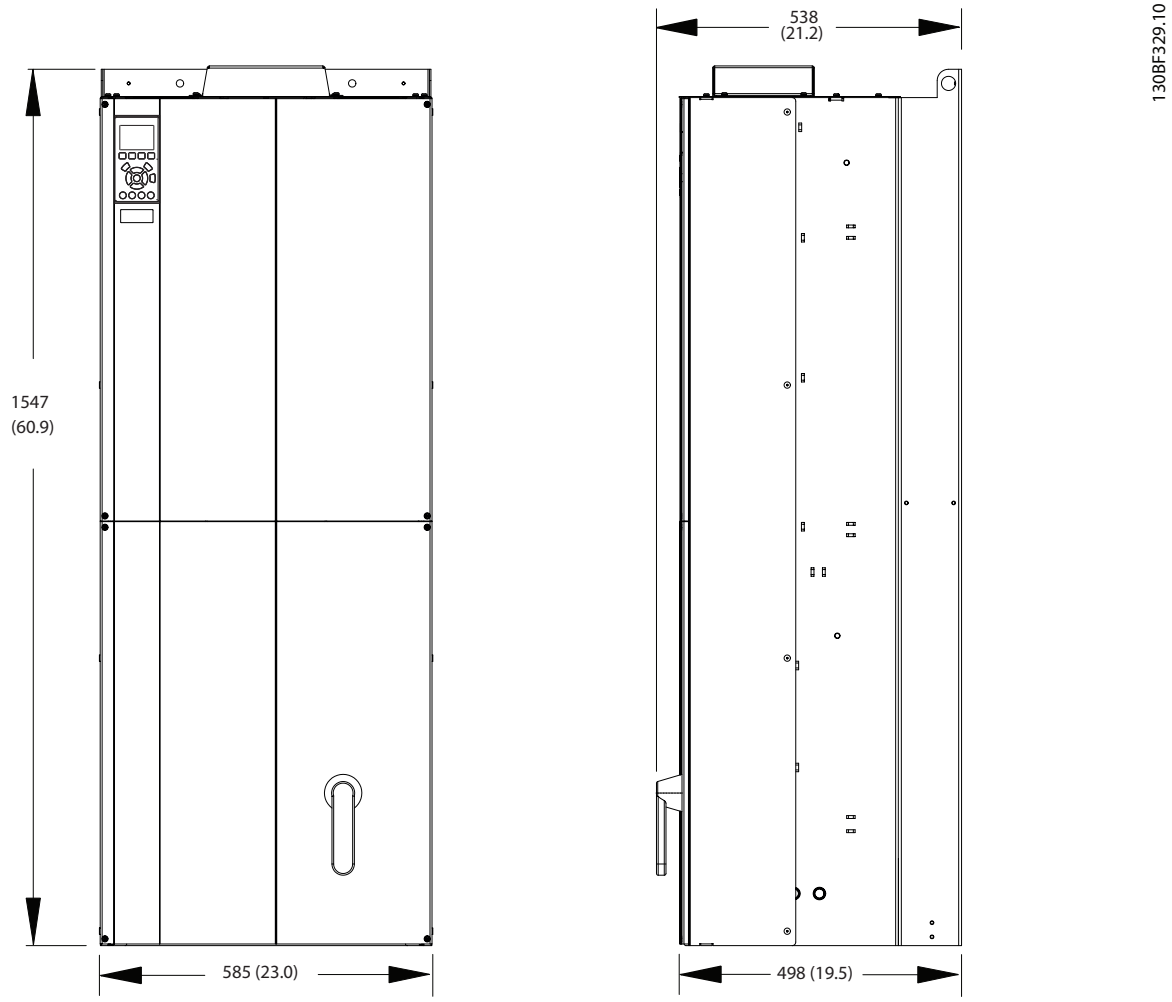
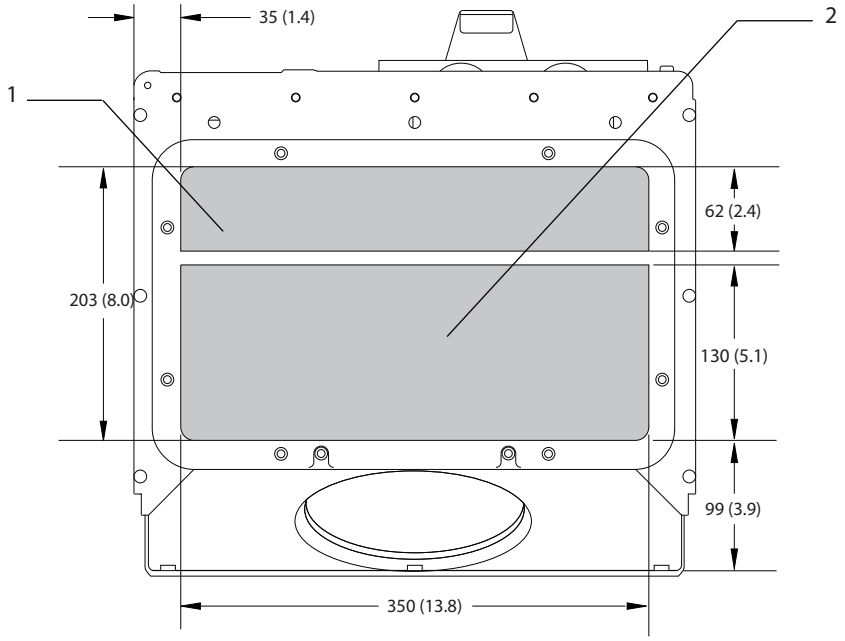


Abbildung 8.10 Abmessungen von Front, Seite und Türabstand für E2

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	Netzseite	2	Motorseite

Abbildung 8.11 Abmessungen der Bodenplatte E1/E2

8.2.2 E2-Klemmenabmessungen

Leistungskabel sind schwer und relativ steif. Wählen Sie zur Vereinfachung der Kabelinstallation die optimale Position des Frequenzumrichters. An jeder Klemme lassen sich bis zu 4 Kabel mit Kabelschuhen oder eine Standard-Lüsterklemme anschließen. Die Erde wird an einen geeigneten Anschlusspunkt im Frequenzumrichter angeschlossen.

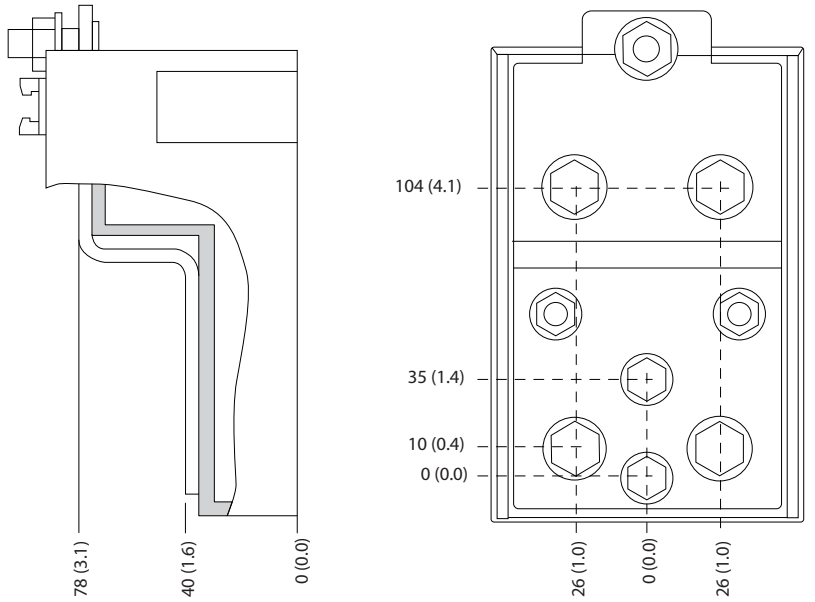
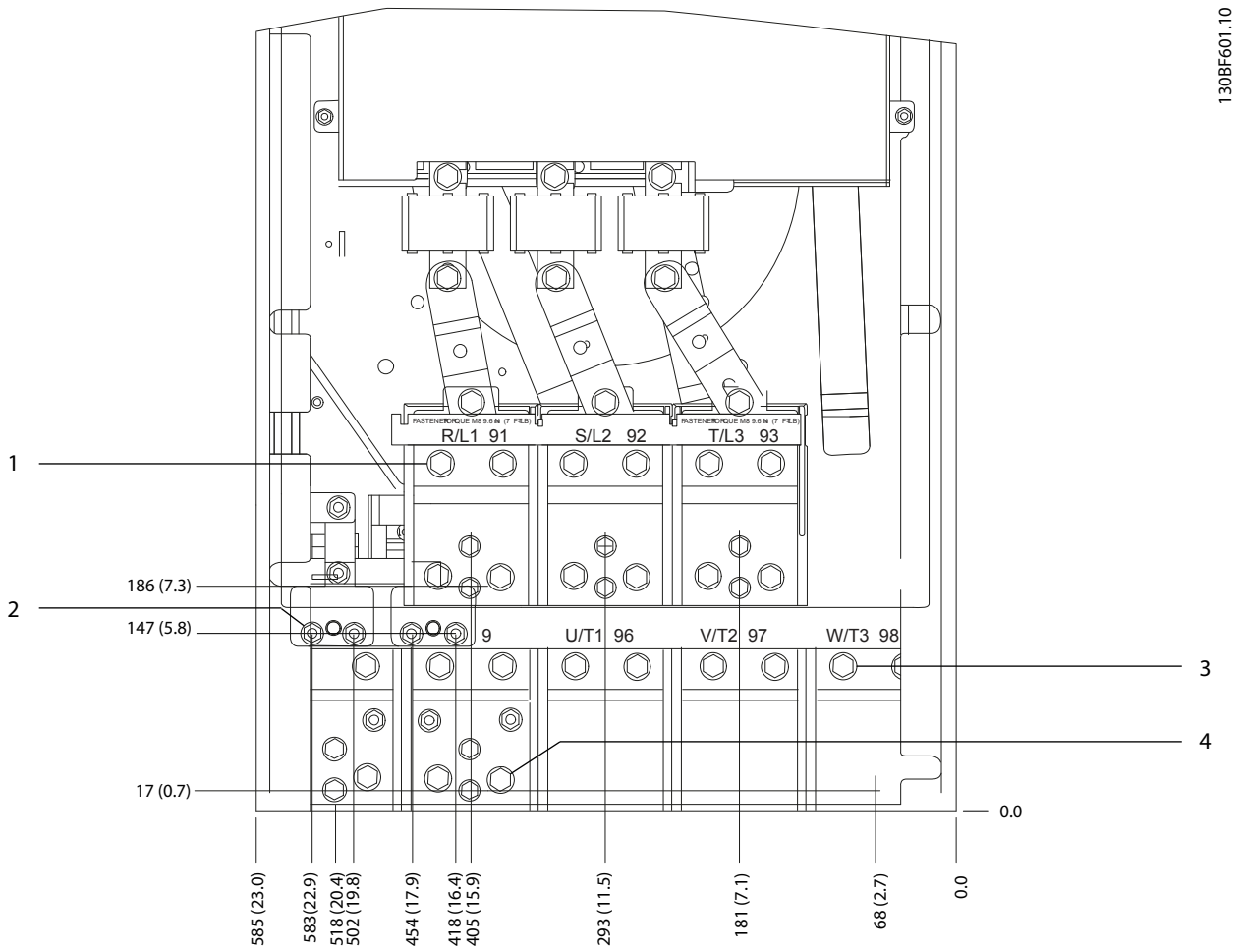


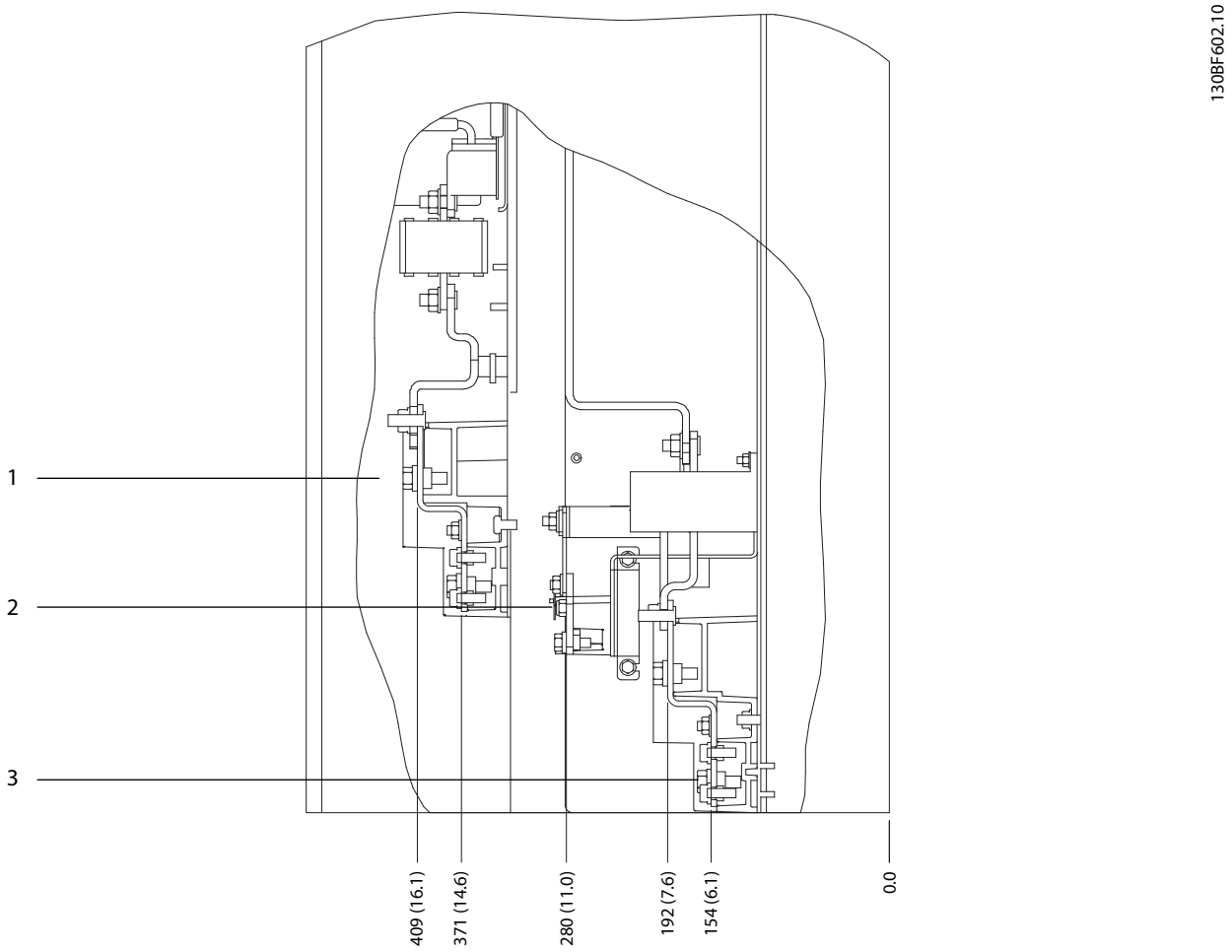
Abbildung 8.12 Detaillierte Klemmenabmessungen bei Baugrößen E1/E2

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	Netzklemmen	3	Motorklemmen
2	Bremsklemmen	4	Rückspeisefähige/Zwischenkreiskopplungsklemmen

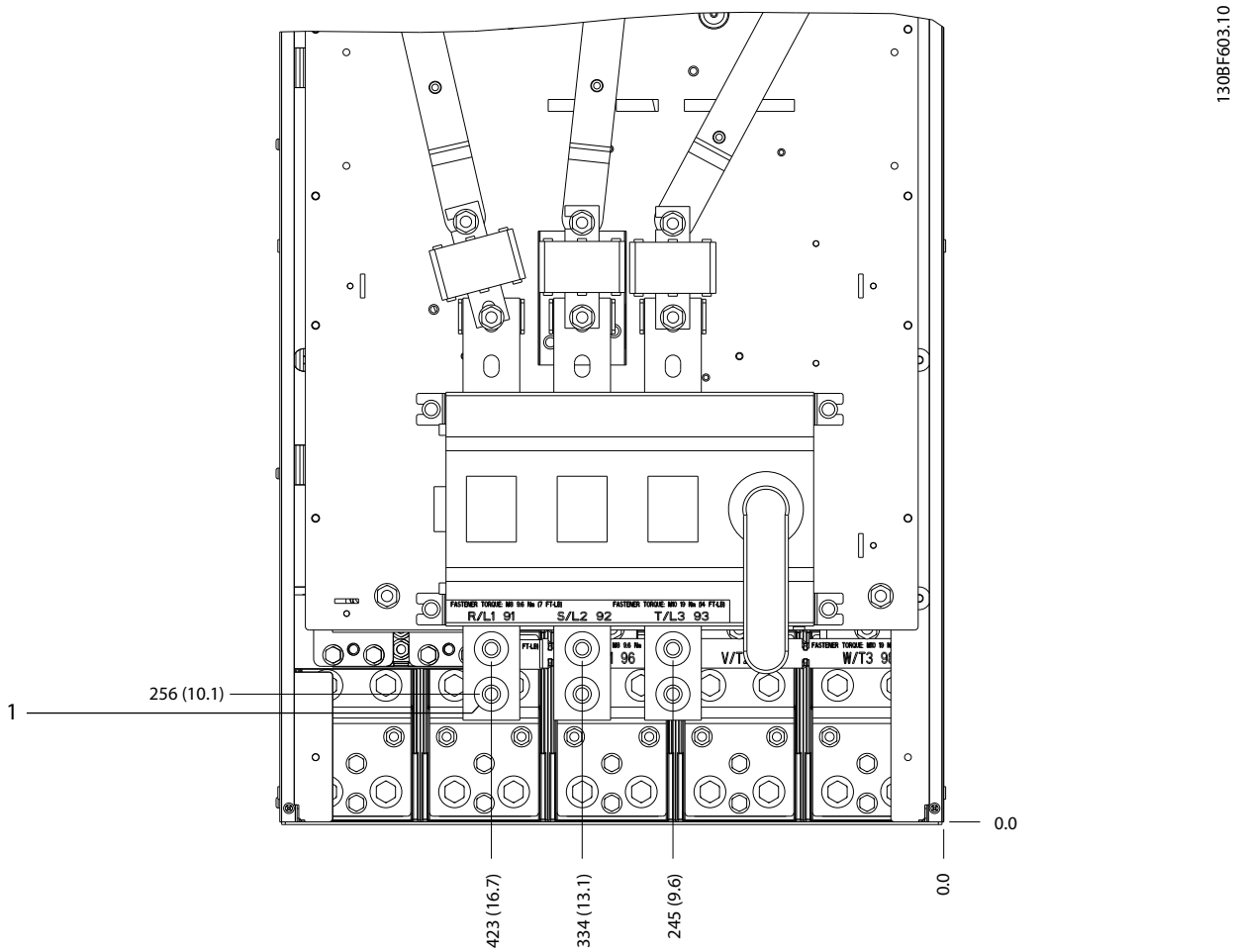
Abbildung 8.13 Klemmenabmessungen bei Baugröße E2, Frontansicht



1	Netzklemmen	2	Bremsklemmen
3	Motorklemmen	–	–

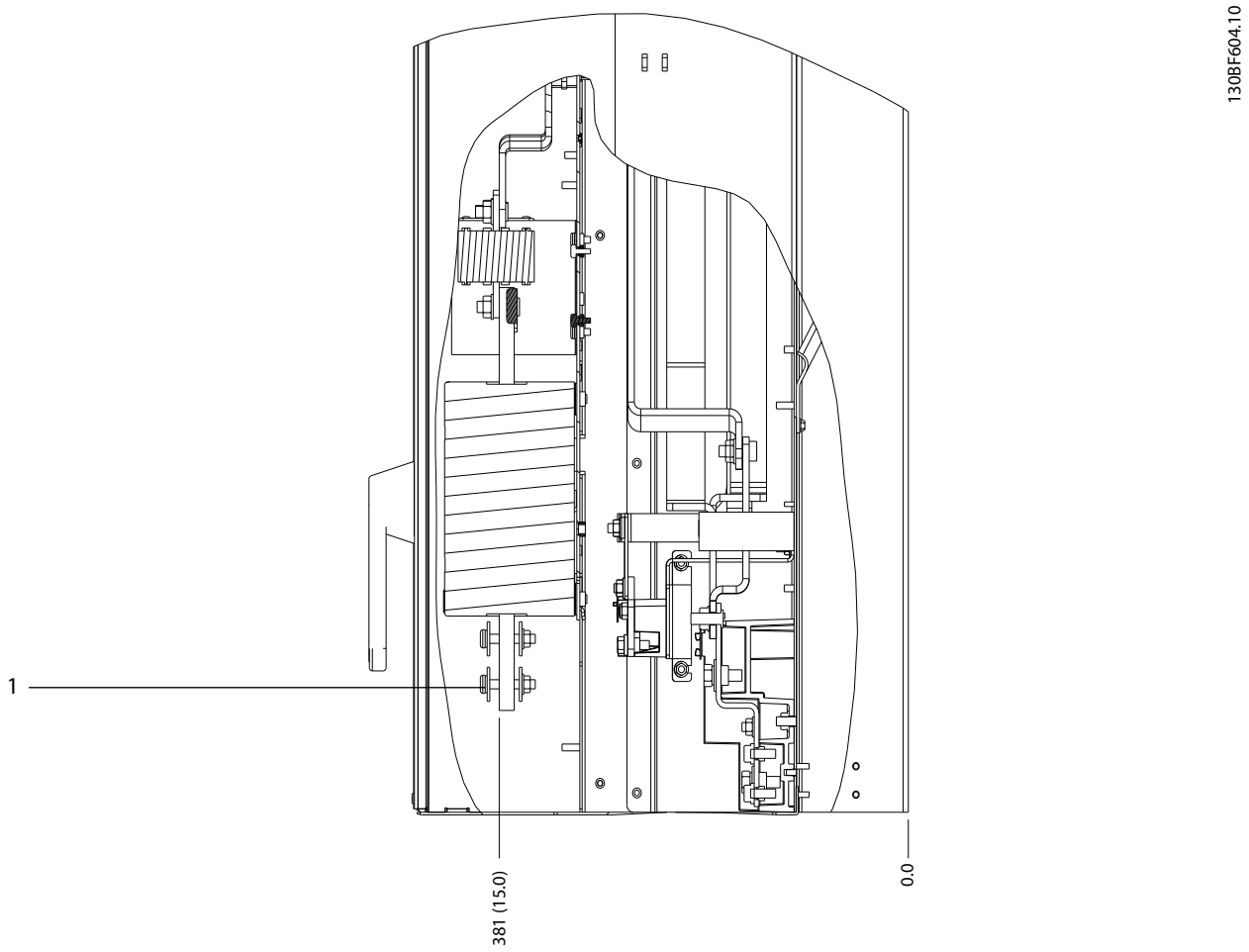
Abbildung 8.14 Klemmenabmessungen bei Baugröße E2, Seitenansicht

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	Netzklemmen	–	–

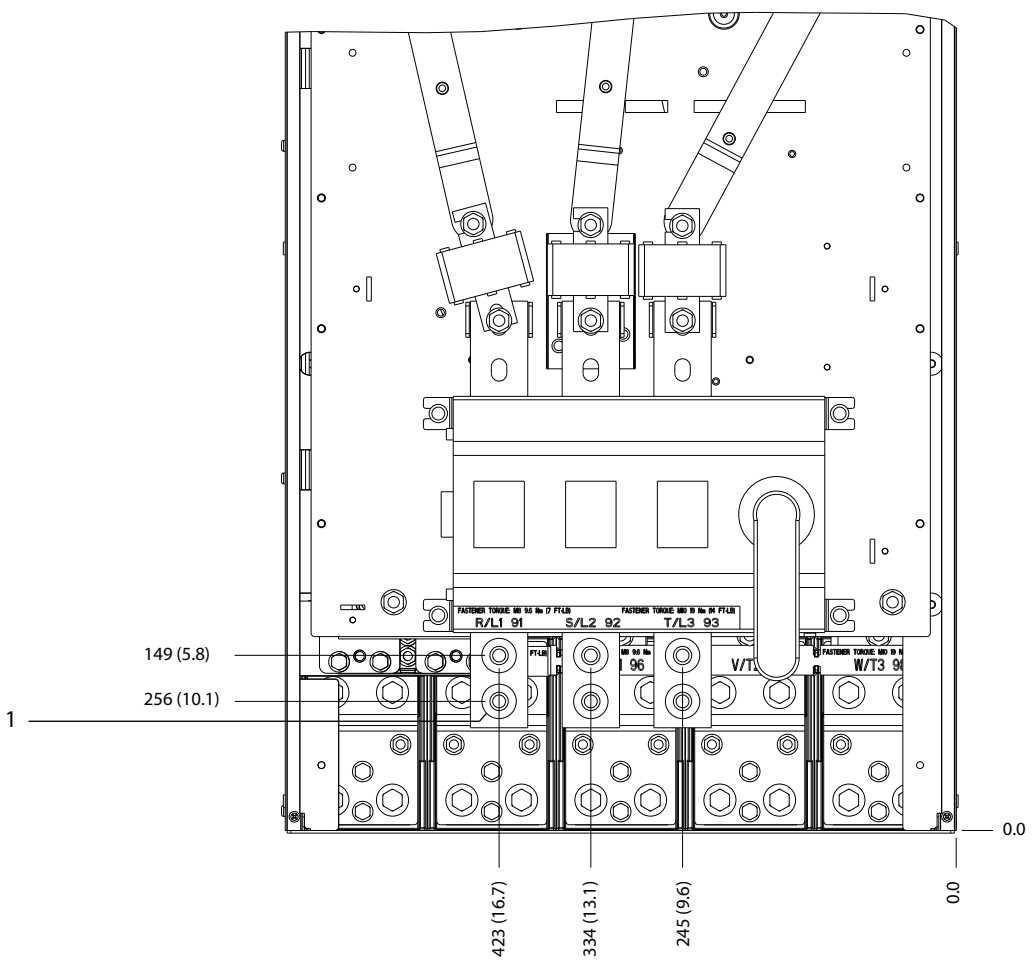
Abbildung 8.15 Klemmenabmessungen bei Baugröße E2 mit Trennschalter (380–480/500-V-Modelle: P315; 525–690-V-Modelle: P355–P560), Frontansicht



1	Netzklemmen	–	–

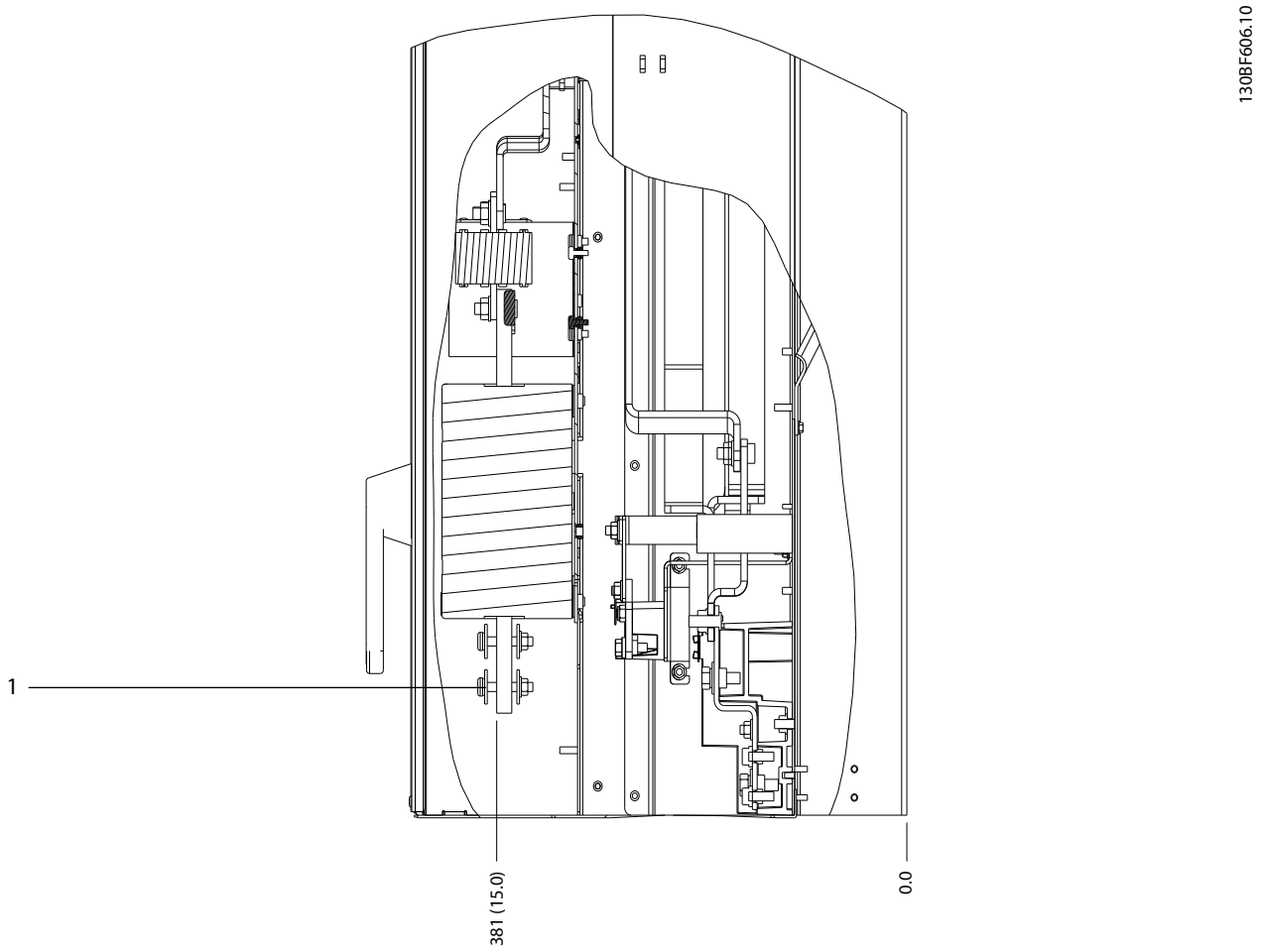
Abbildung 8.16 Klemmenabmessungen bei Baugröße E2 mit Trennschalter (380–480/500-V-Modelle: P315; 525–690-V-Modelle: P355–P560), Seitenansicht

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	Netzklemmen	–	–

Abbildung 8.17 Klemmenabmessungen bei Baugröße E2 mit Trennschalter (380–480/500-V-Modelle: P355–P400), Frontansicht



1	Netzklemmen	–	–

Abbildung 8.18 Klemmenabmessungen bei Baugröße E2 mit Trennschalter (380–480/500-V-Modelle: P355–P400), Seitenansicht

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

8.3 F1 – Außen- und Klemmenabmessungen

8.3.1 Außenabmessungen F1

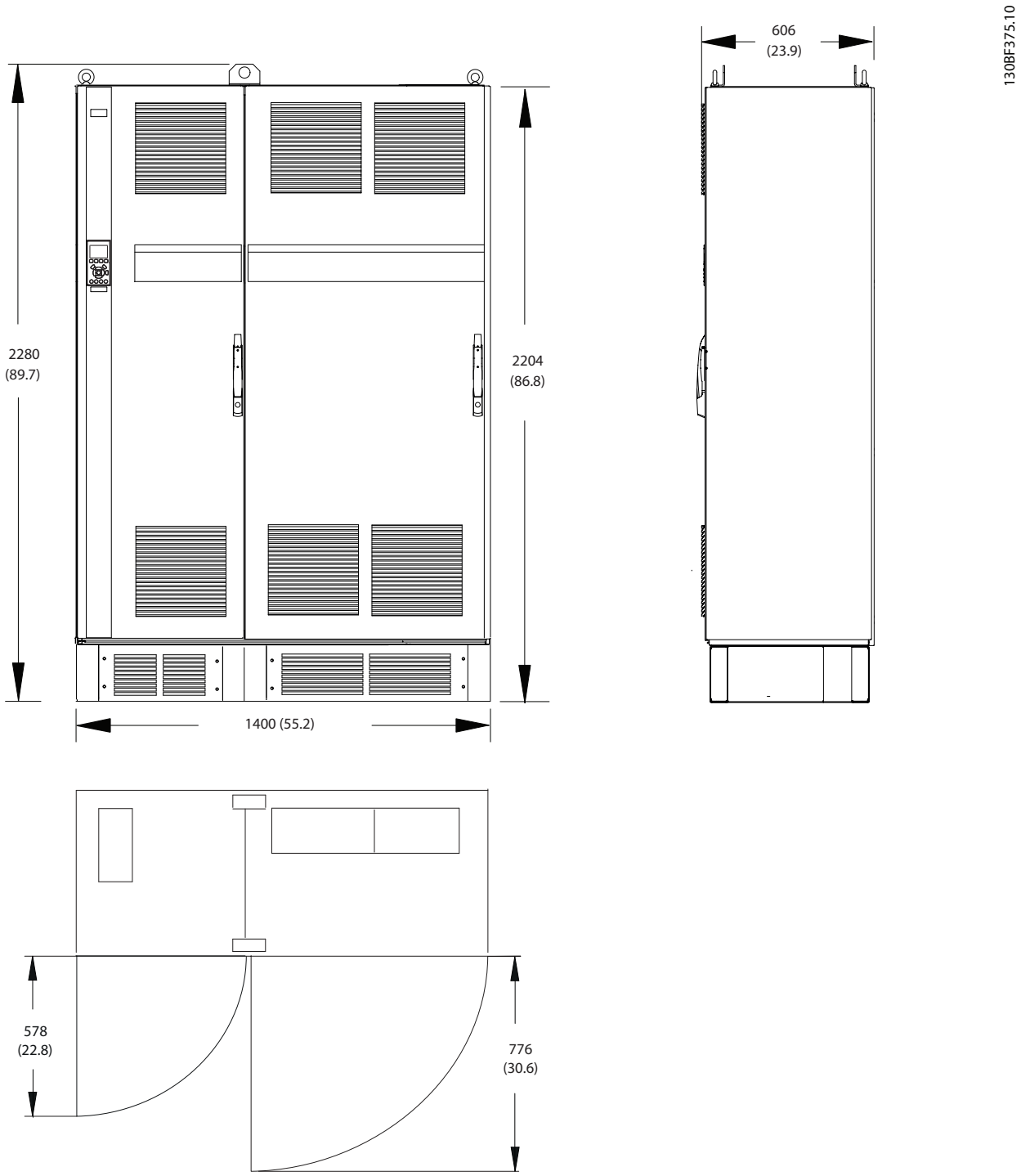
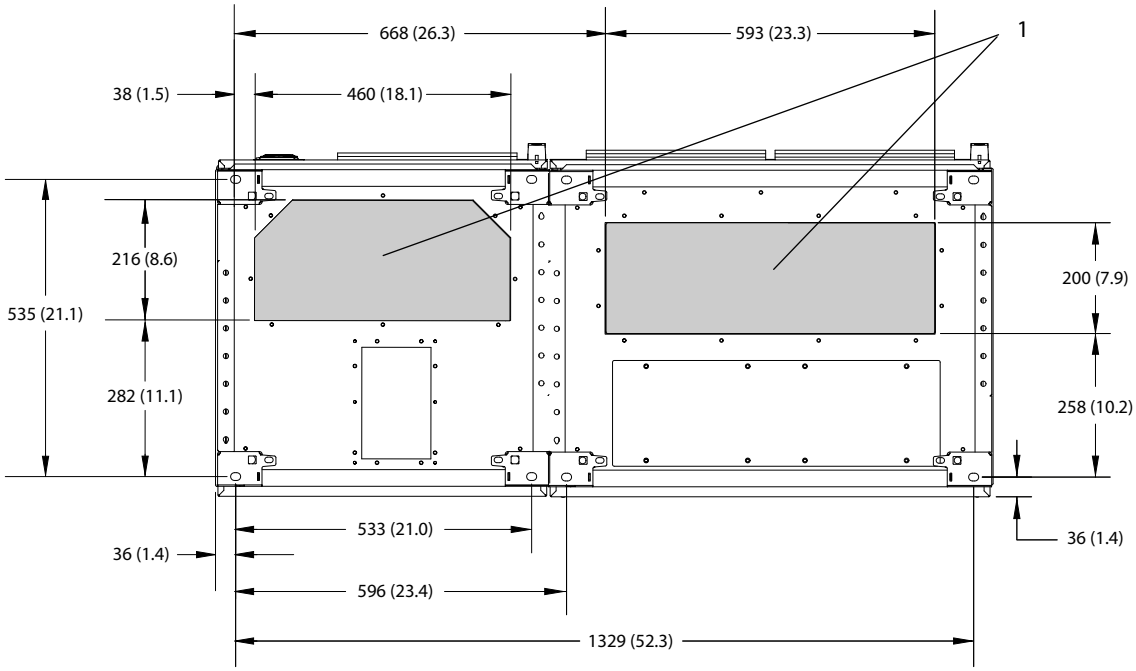


Abbildung 8.19 Abmessungen von Front, Seite und Türabstand bei Baugröße F1

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



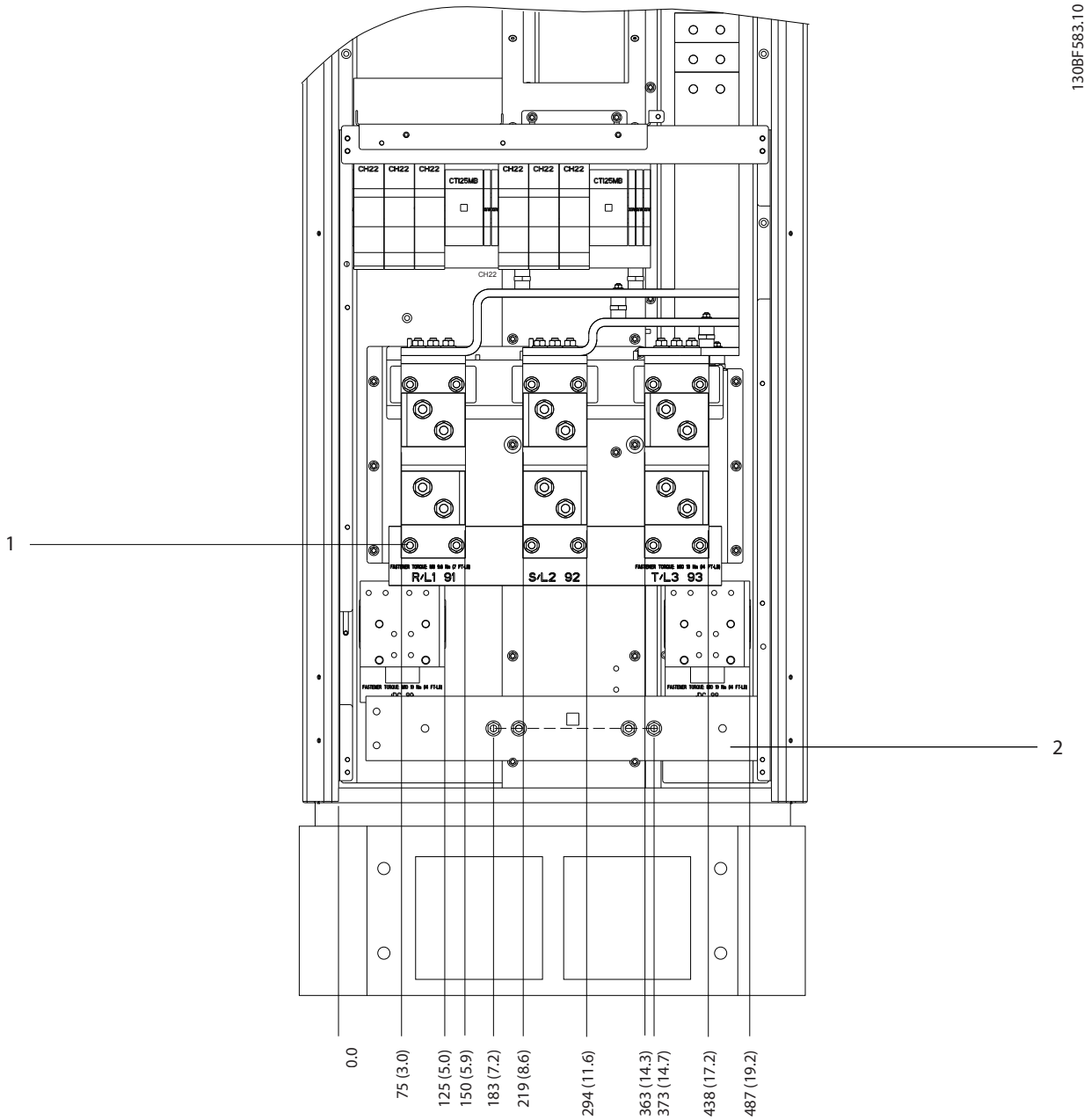
1	Netzseite	2	Motorseite

Abbildung 8.20 Abmessungen der Bodenplatte F1

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

8.3.2 Klemmenabmessungen bei Baugröße F1

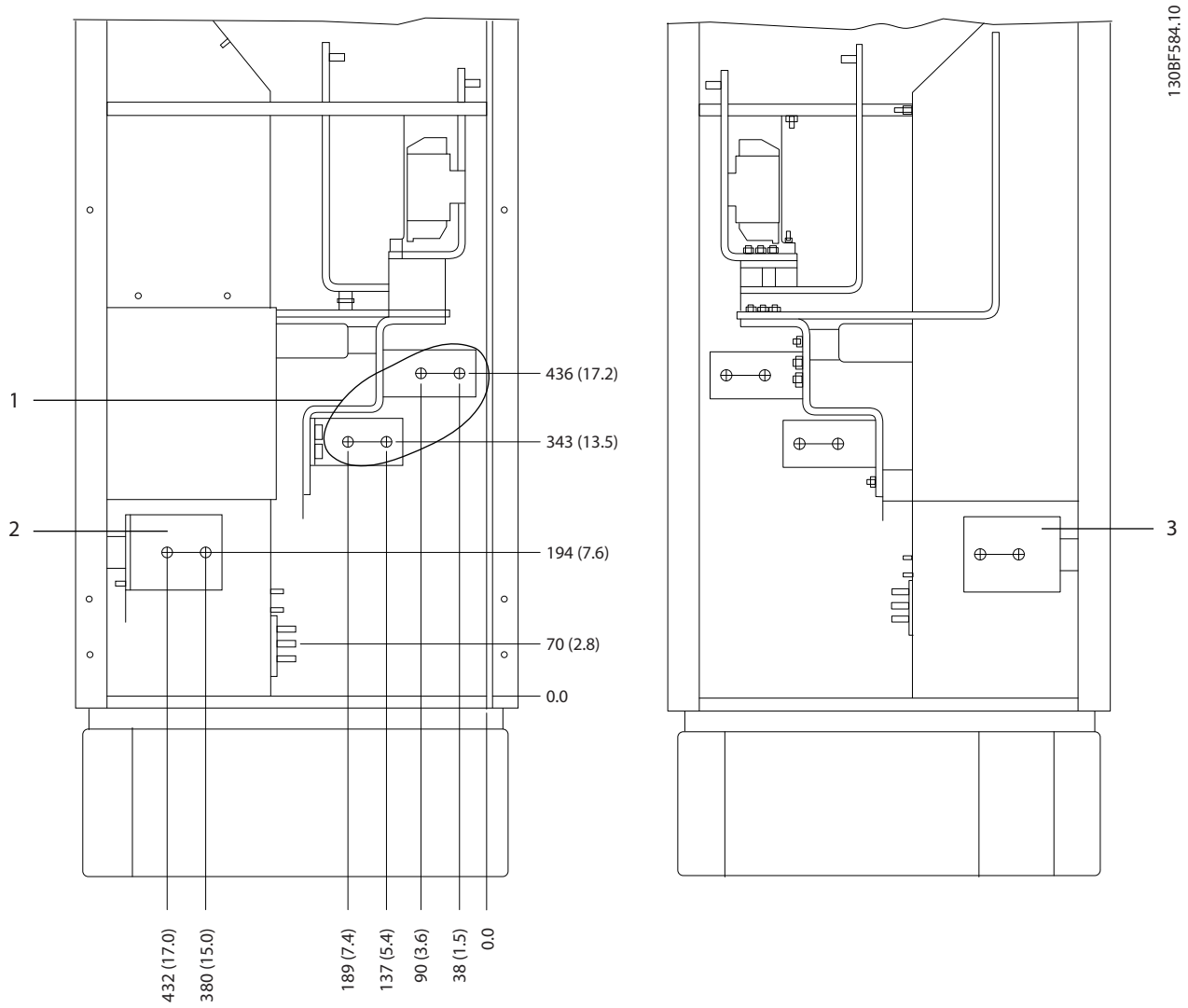
Leistungskabel sind schwer und relativ steif. Wählen Sie zur Vereinfachung der Kabelinstallation die optimale Position des Frequenzumrichters. An jeder Klemme lassen sich bis zu 4 Kabel mit Kabelschuhen oder eine Standard-Lüsterklemme anschließen. Die Erde wird an einen geeigneten Anschlusspunkt im Frequenzumrichter angeschlossen.



1	Netzklemmen	2	Erdungsschiene

Abbildung 8.21 Klemmenabmessungen des Gleichrichterschranks bei Baugrößen F1-F4, Frontansicht

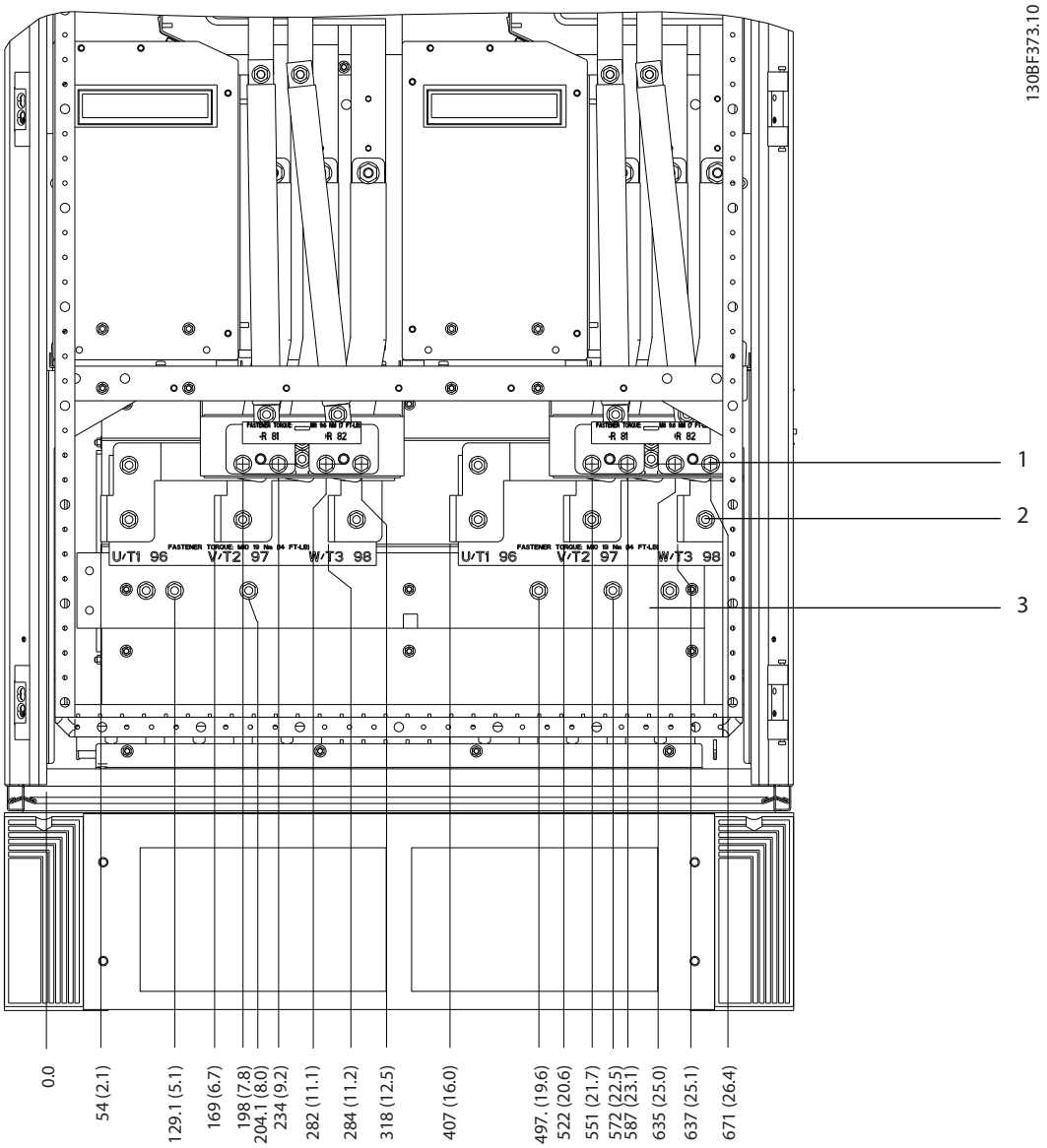
 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	Netzklemmen	3	Zwischenkreiskopplungsklemmen (–)
2	Zwischenkreiskopplungsklemmen (+)	–	–

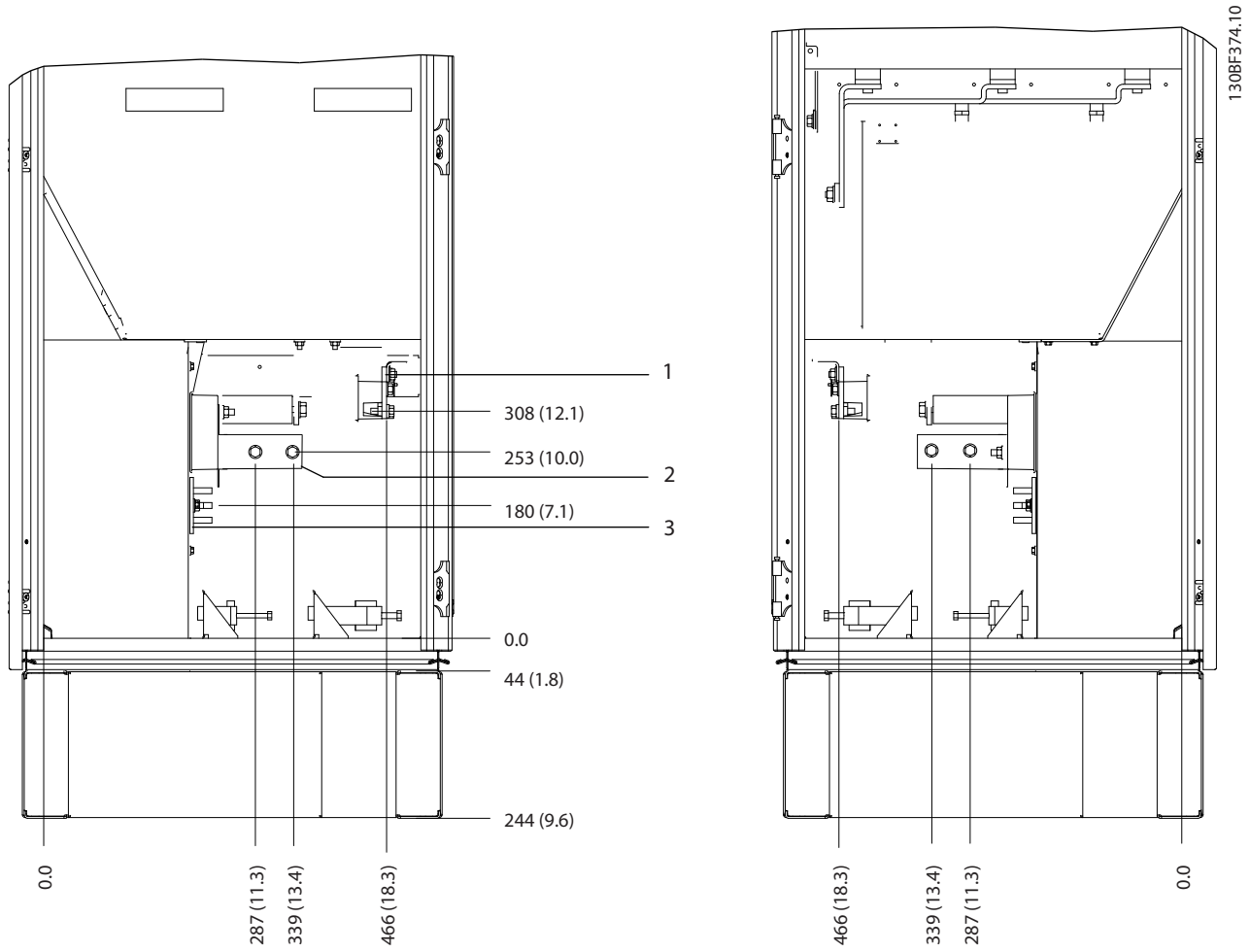
Abbildung 8.22 Klemmenabmessungen des Gleichrichterschranks bei Baugrößen F1-F2, Seitenansicht

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	Bremsklemmen	3	Erdungsschiene
2	Motorklemmen	–	–

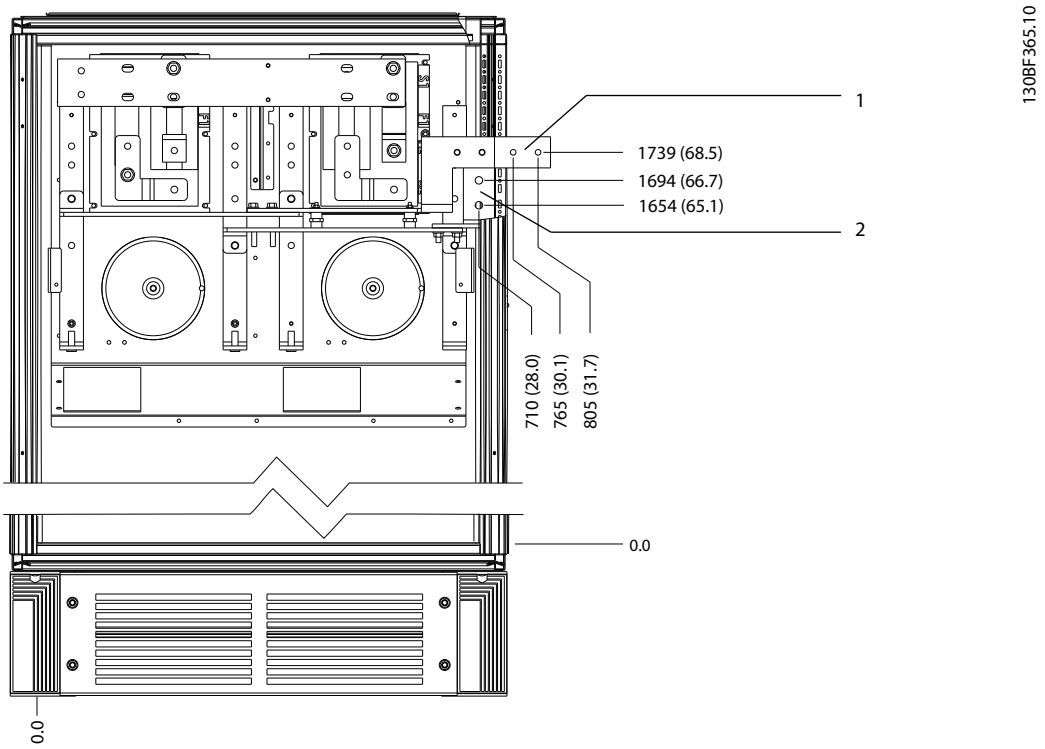
Abbildung 8.23 Klemmenabmessungen des Wechselrichterschranks bei Baugrößen F1/F3, Frontansicht



1	Bremsklemmen	3	Erdungsschiene
2	Motorklemmen	–	–

Abbildung 8.24 Klemmenabmessungen des Wechselrichterschranks bei Baugrößen F1/F3, Seitenansicht

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	DC –	2	DC +

Abbildung 8.25 Klemmenabmessungen der Rückspeiseklemmen bei Baugrößen F1/F3, Frontansicht

8.4 F2 – Außen- und Klemmenabmessungen

8.4.1 Außenabmessungen F2

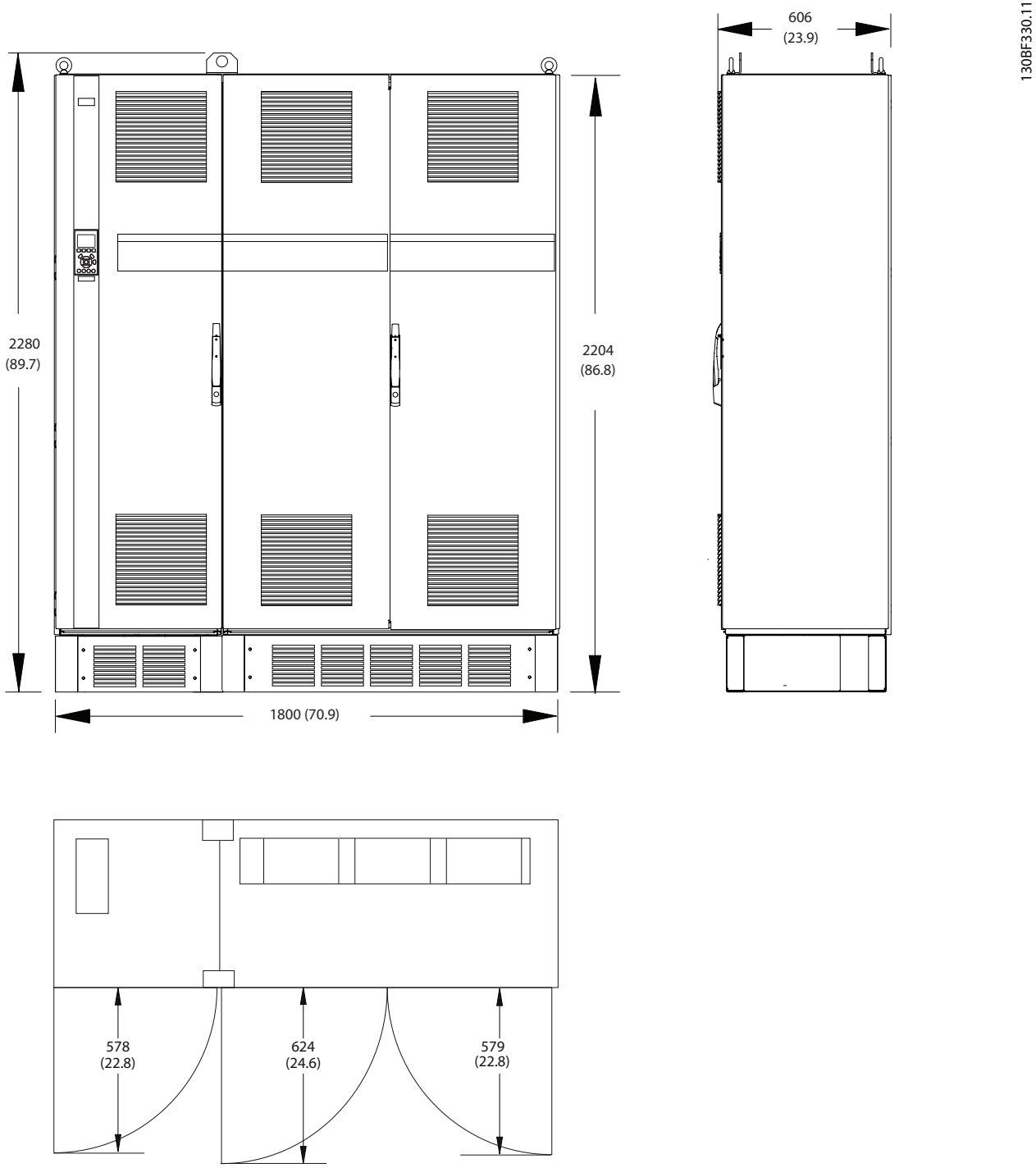
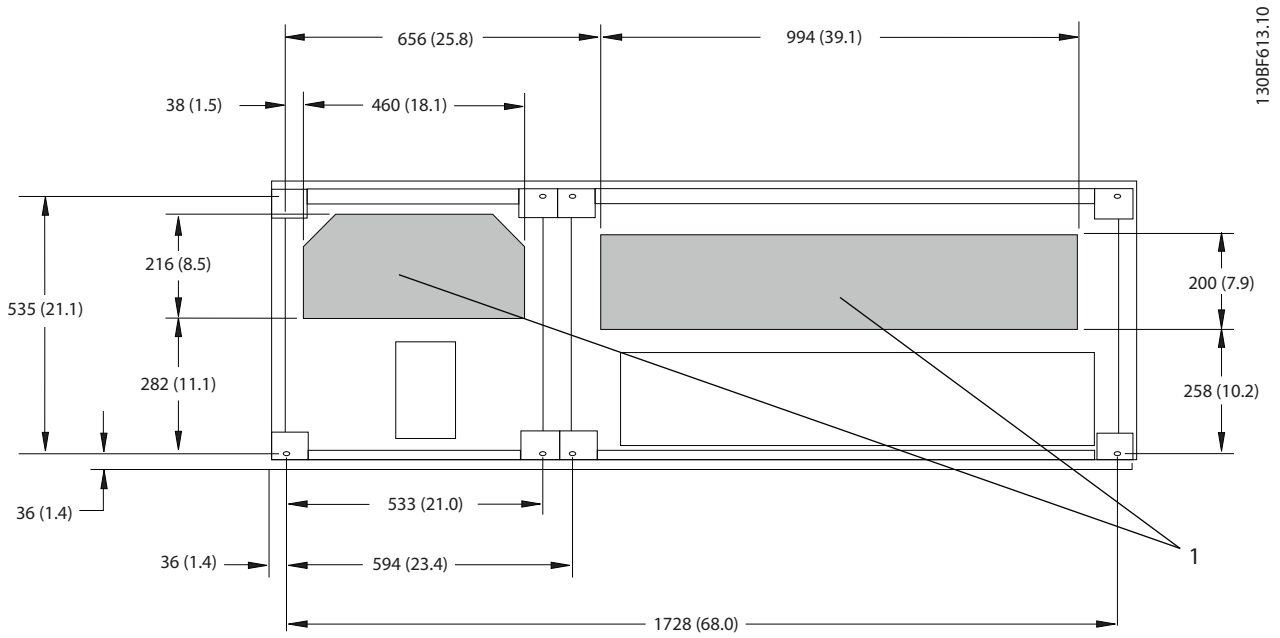


Abbildung 8.26 Abmessungen von Front, Seite und Türabstand bei Baugröße F2

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

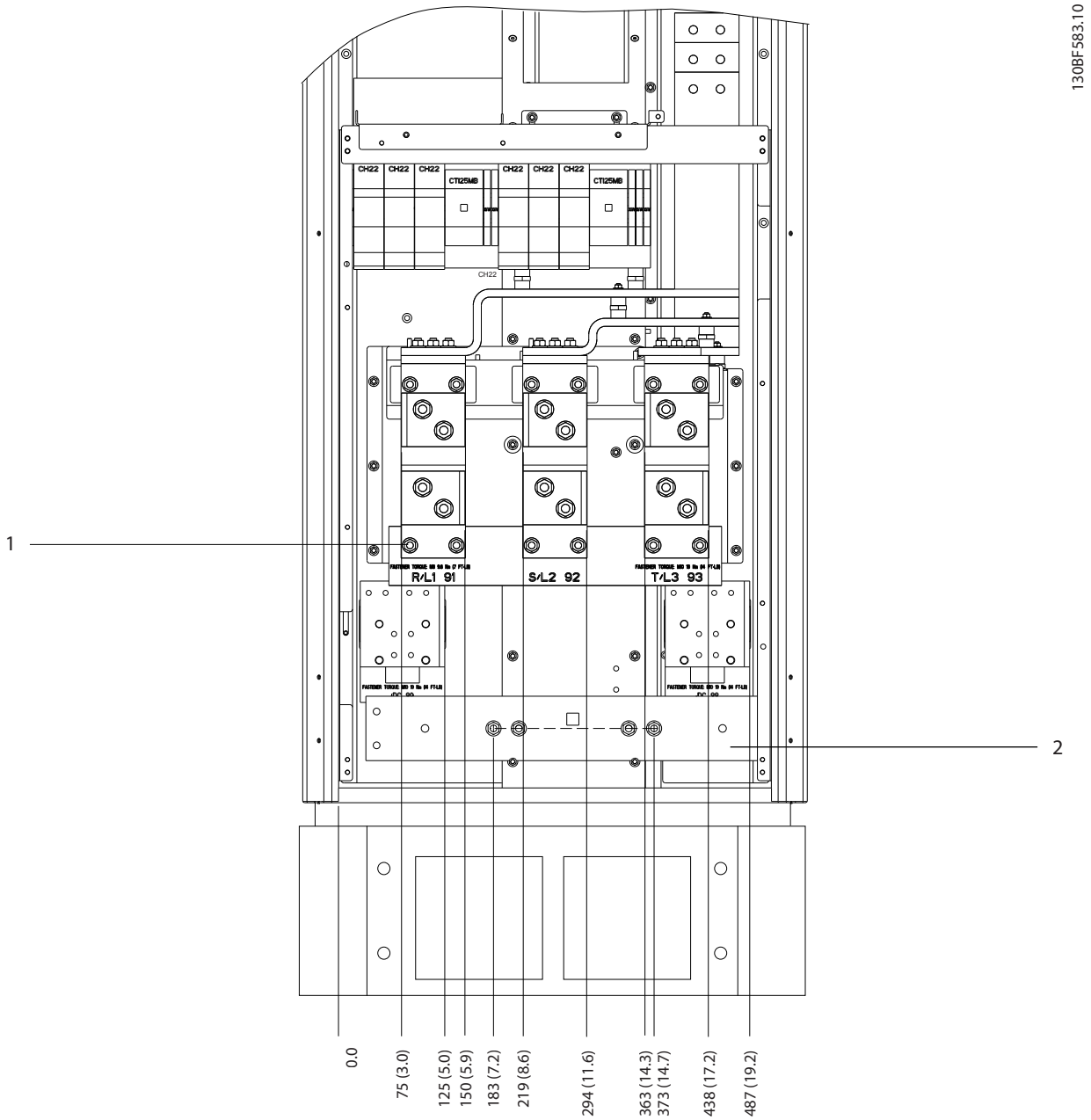


1	Netzseite	2	Motorseite

Abbildung 8.27 Abmessungen der Bodenplatte F2

8.4.2 Klemmenabmessungen bei Baugröße F2

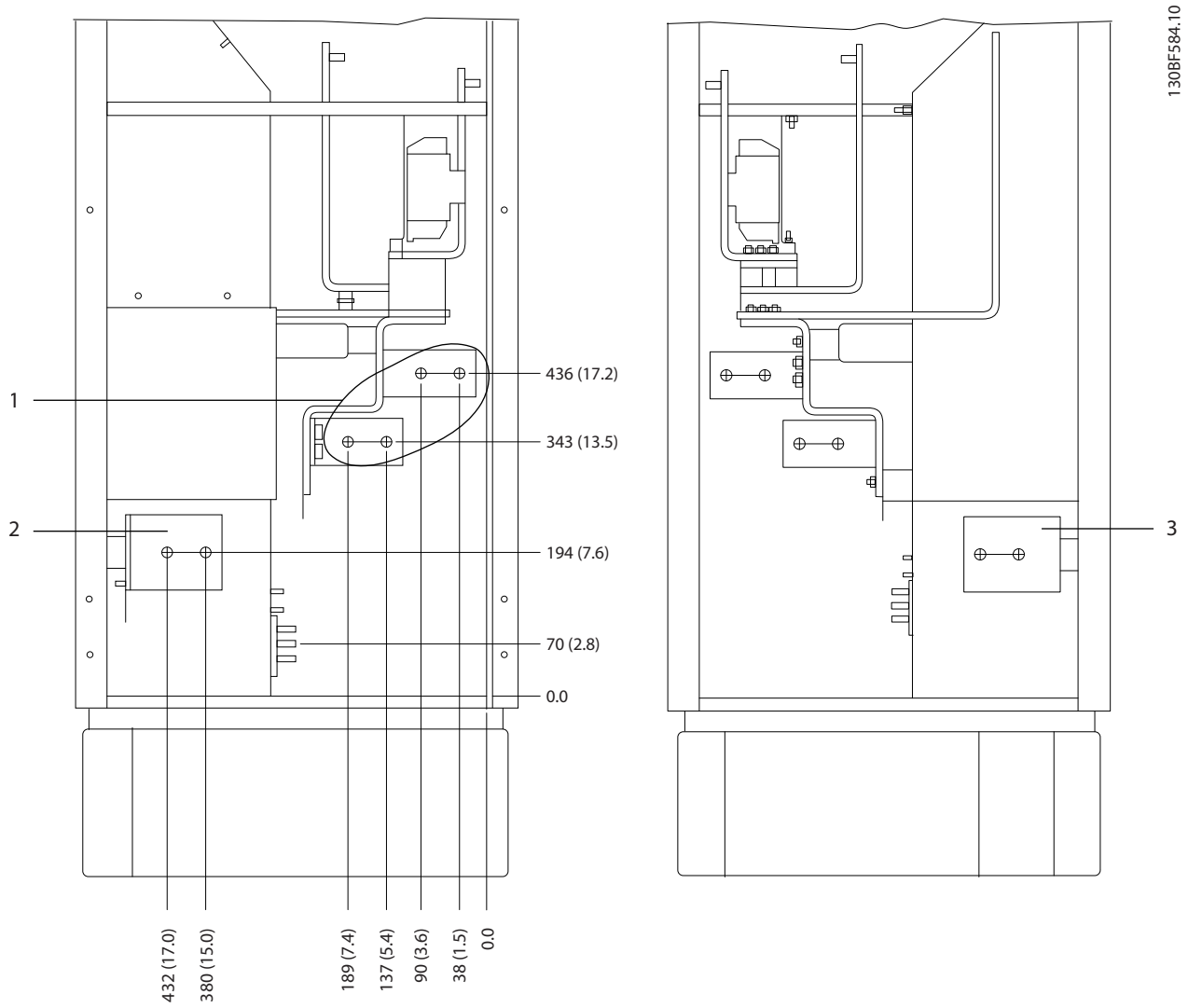
Leistungskabel sind schwer und relativ steif. Wählen Sie zur Vereinfachung der Kabelinstallation die optimale Position des Frequenzumrichters. An jeder Klemme lassen sich bis zu 4 Kabel mit Kabelschuhen oder eine Standard-Lüsterklemme anschließen. Die Erde wird an einen geeigneten Anschlusspunkt im Frequenzumrichter angeschlossen.



1	Netzklemmen	2	Erdungsschiene

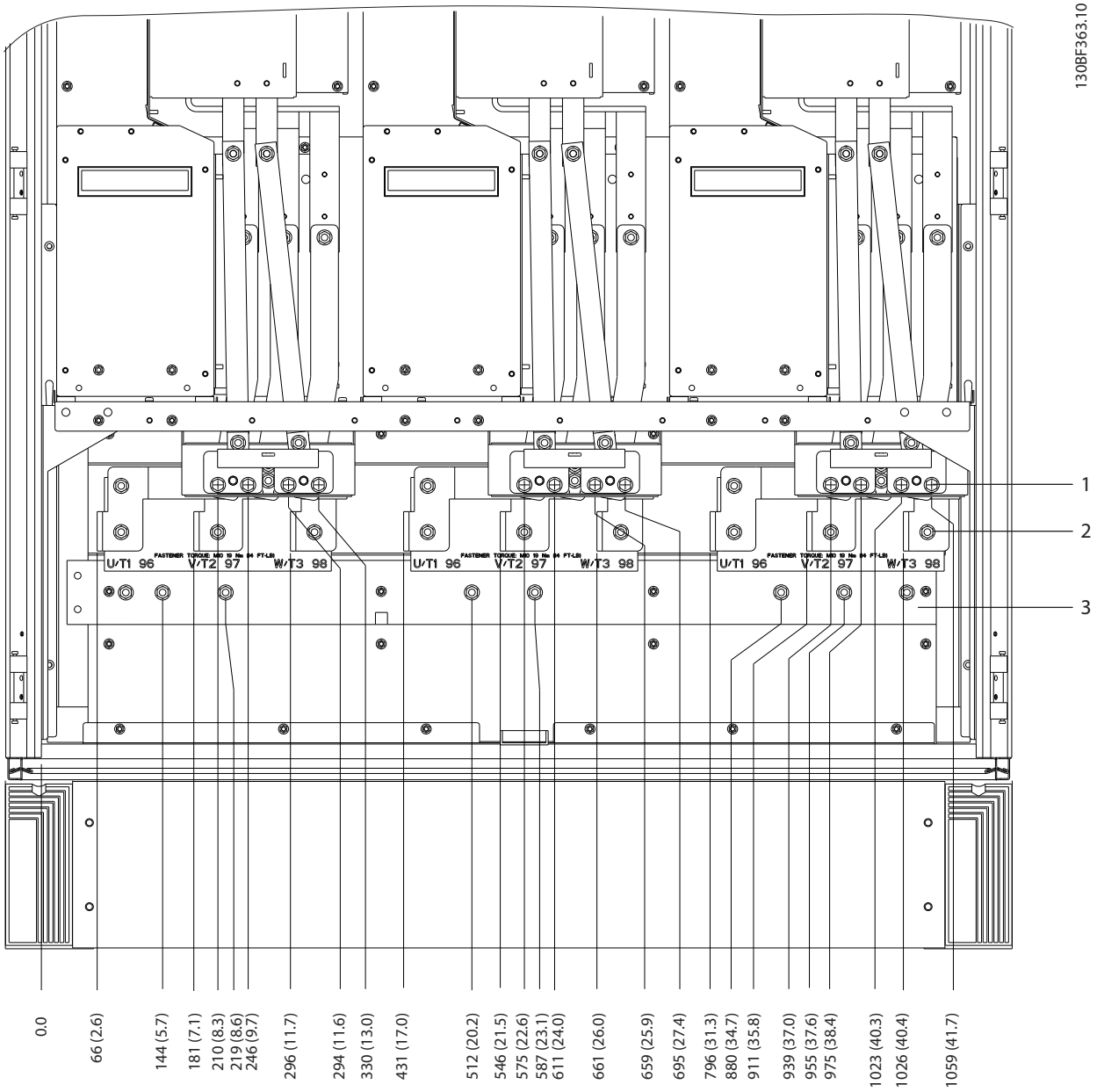
Abbildung 8.28 Klemmenabmessungen des Gleichrichterschranks bei Baugrößen F1-F4, Frontansicht

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



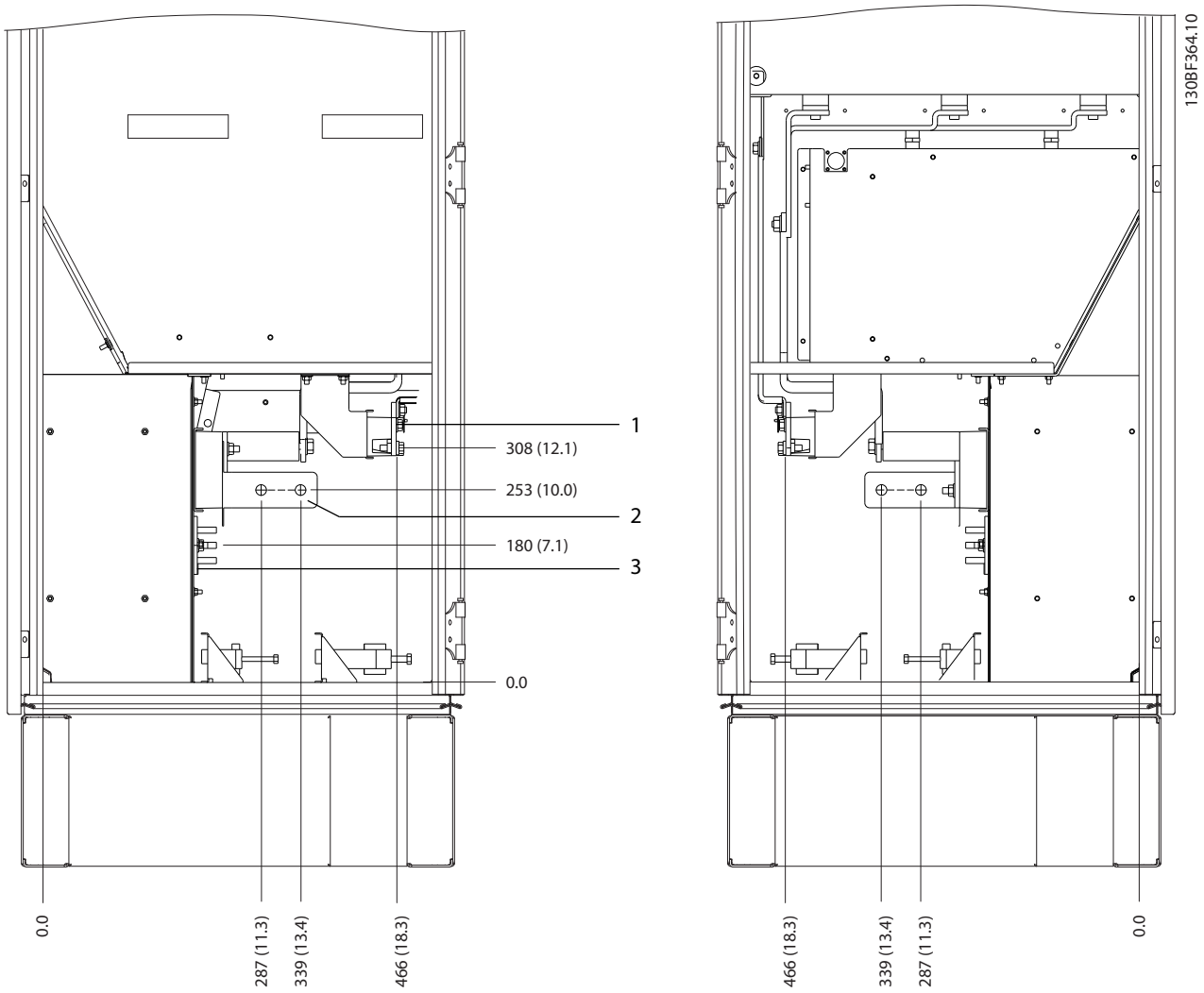
1	Netzklemmen	3	Zwischenkreiskopplungsklemmen (–)
2	Zwischenkreiskopplungsklemmen (+)	–	–

Abbildung 8.29 Klemmenabmessungen des Gleichrichterschranks bei Baugrößen F1-F2, Seitenansicht



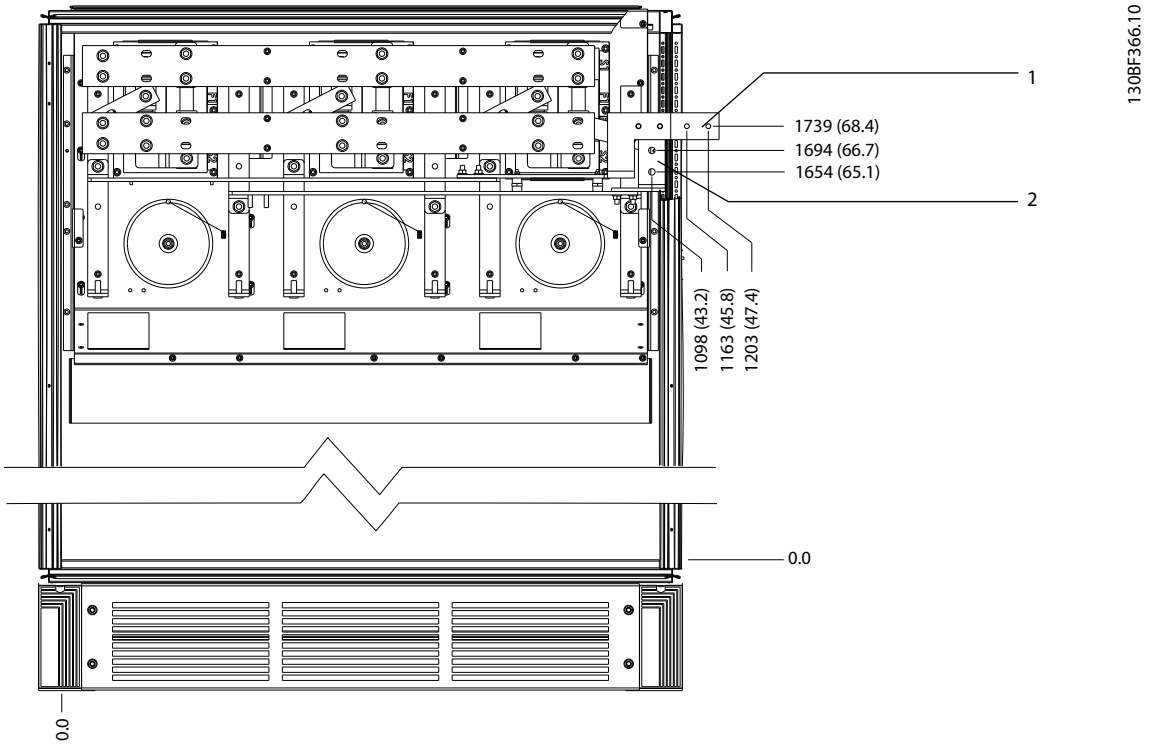
1	Bremsklemmen	3	Erdungsschiene
2	Motorklemmen	–	–

Abbildung 8.30 Klemmenabmessungen des Wechselrichterschranks bei Baugrößen F2/F4, Frontansicht



1	Bremsklemmen	3	Erdungsschiene
2	Motorklemmen	–	–

Abbildung 8.31 Klemmenabmessungen des Wechselrichterschranks bei Baugrößen F2/F4, Seitenansicht



1	DC –	2	DC +

Abbildung 8.32 Klemmenabmessungen der Rückspeiseklemmen bei Baugrößen F2/F4, Frontansicht

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

8.5 F3 – Außen- und Klemmenabmessungen

8.5.1 Außenabmessungen F3

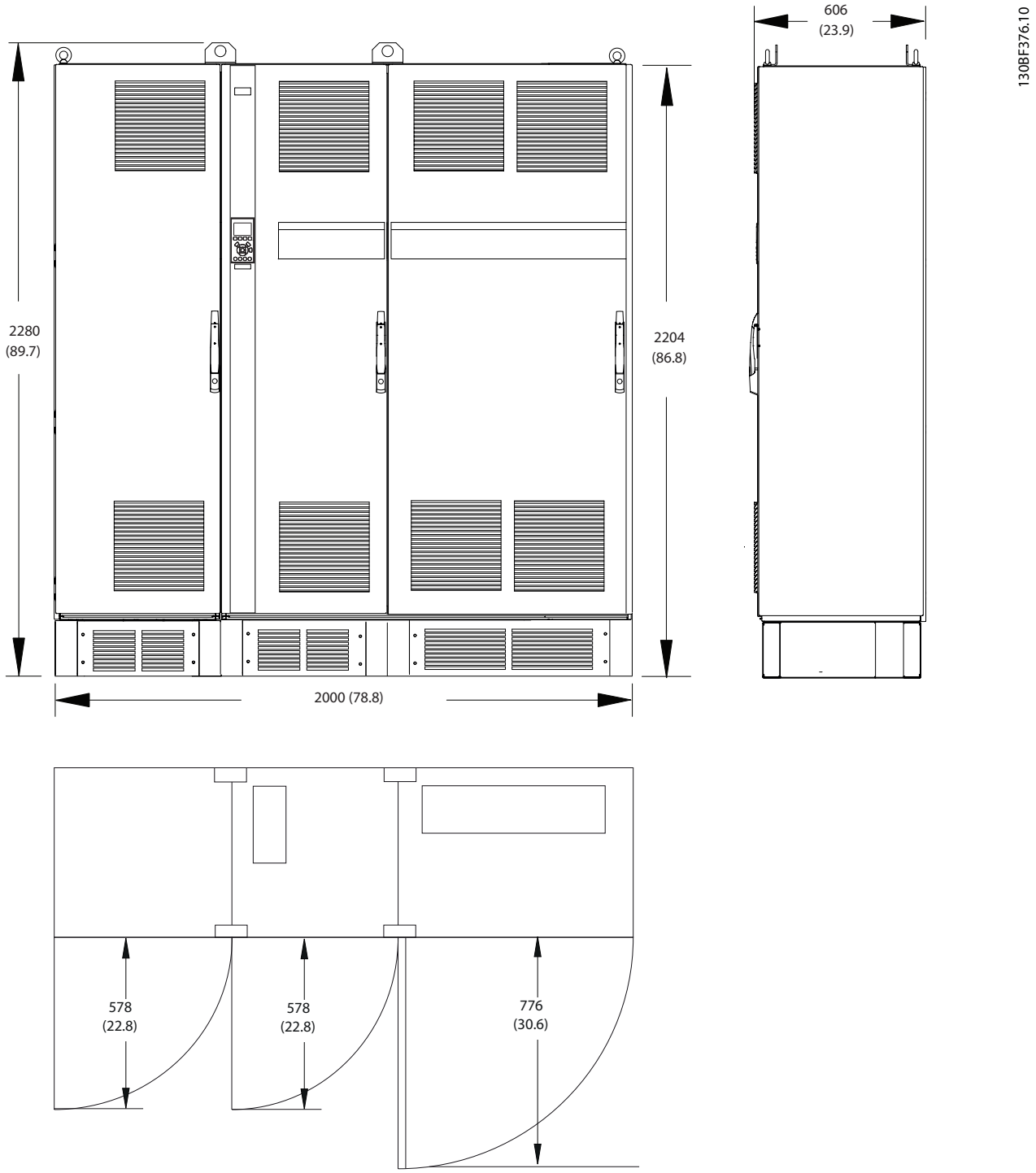
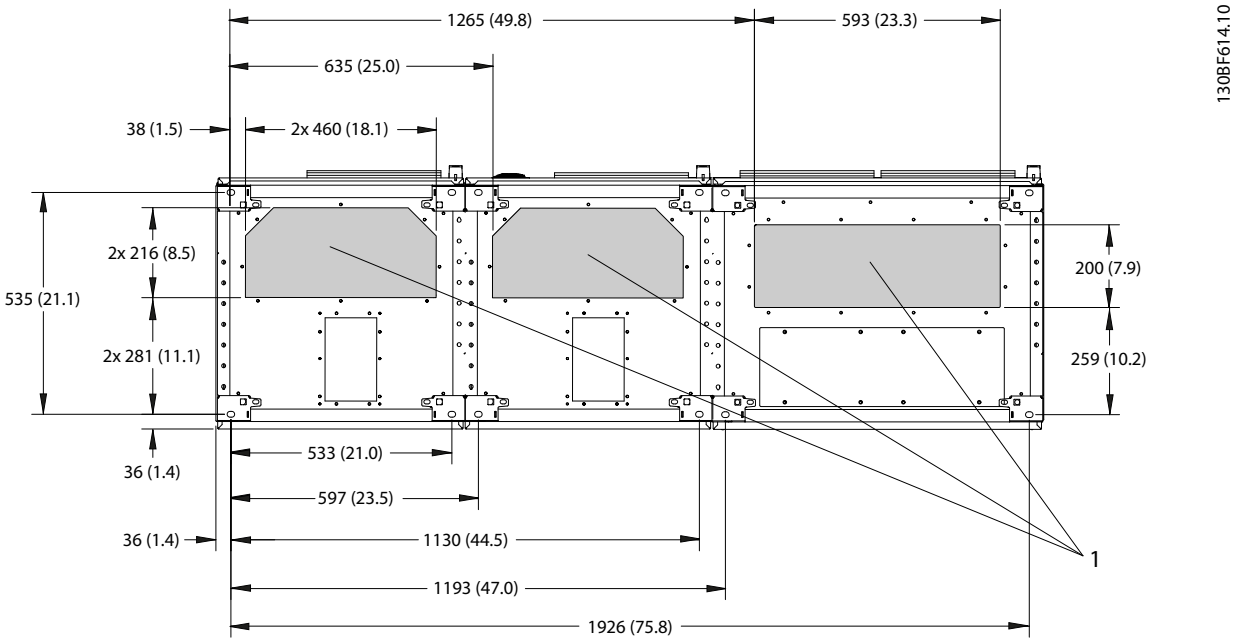


Abbildung 8.33 Abmessungen von Front, Seite und Türabstand bei Baugröße F3

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	Netzseite	2	Motorseite

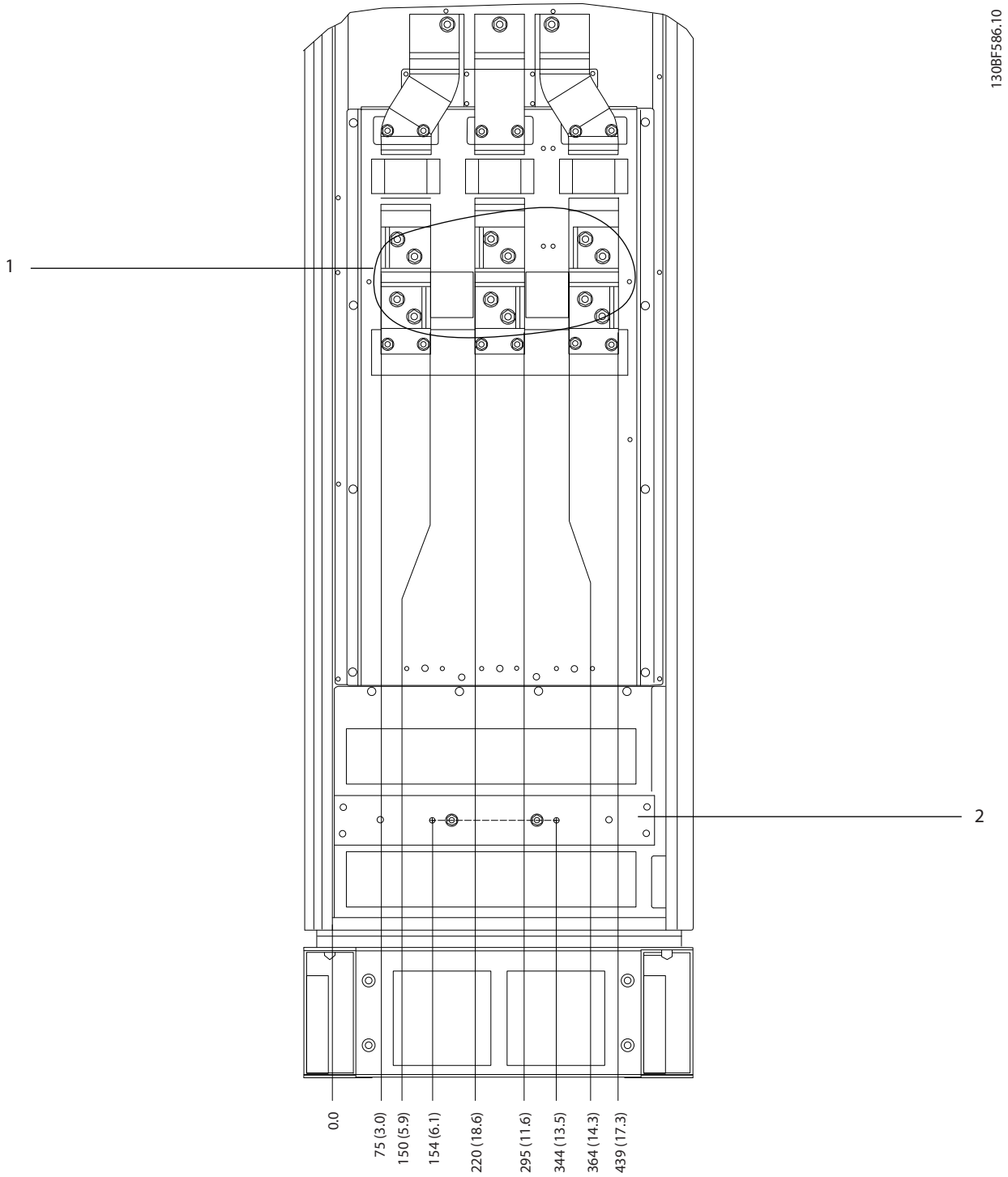
Abbildung 8.34 Abmessungen der Bodenplatte F3

8

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

8.5.2 Klemmenabmessungen bei Baugröße F3

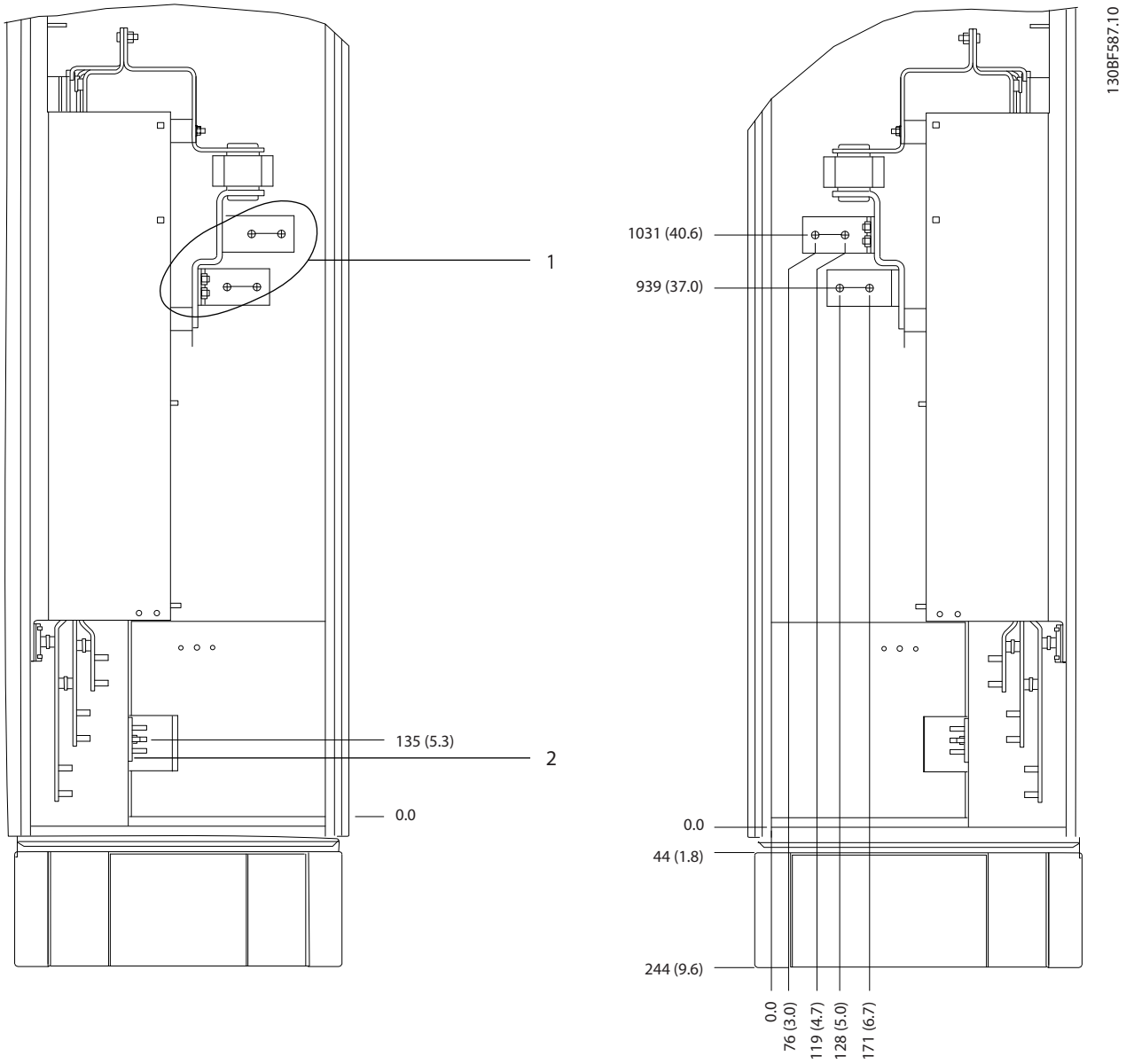
Leistungskabel sind schwer und relativ steif. Wählen Sie zur Vereinfachung der Kabelinstallation die optimale Position des Frequenzumrichters. An jeder Klemme lassen sich bis zu 4 Kabel mit Kabelschuhen oder eine Standard-Lüsterklemme anschließen. Die Erde wird an einen geeigneten Anschlusspunkt im Frequenzumrichter angeschlossen.



1	Netzklemmen	2	Erdungsschiene

Abbildung 8.35 Klemmenabmessungen des Optionsschranks bei Baugrößen F3–F4, Frontansicht

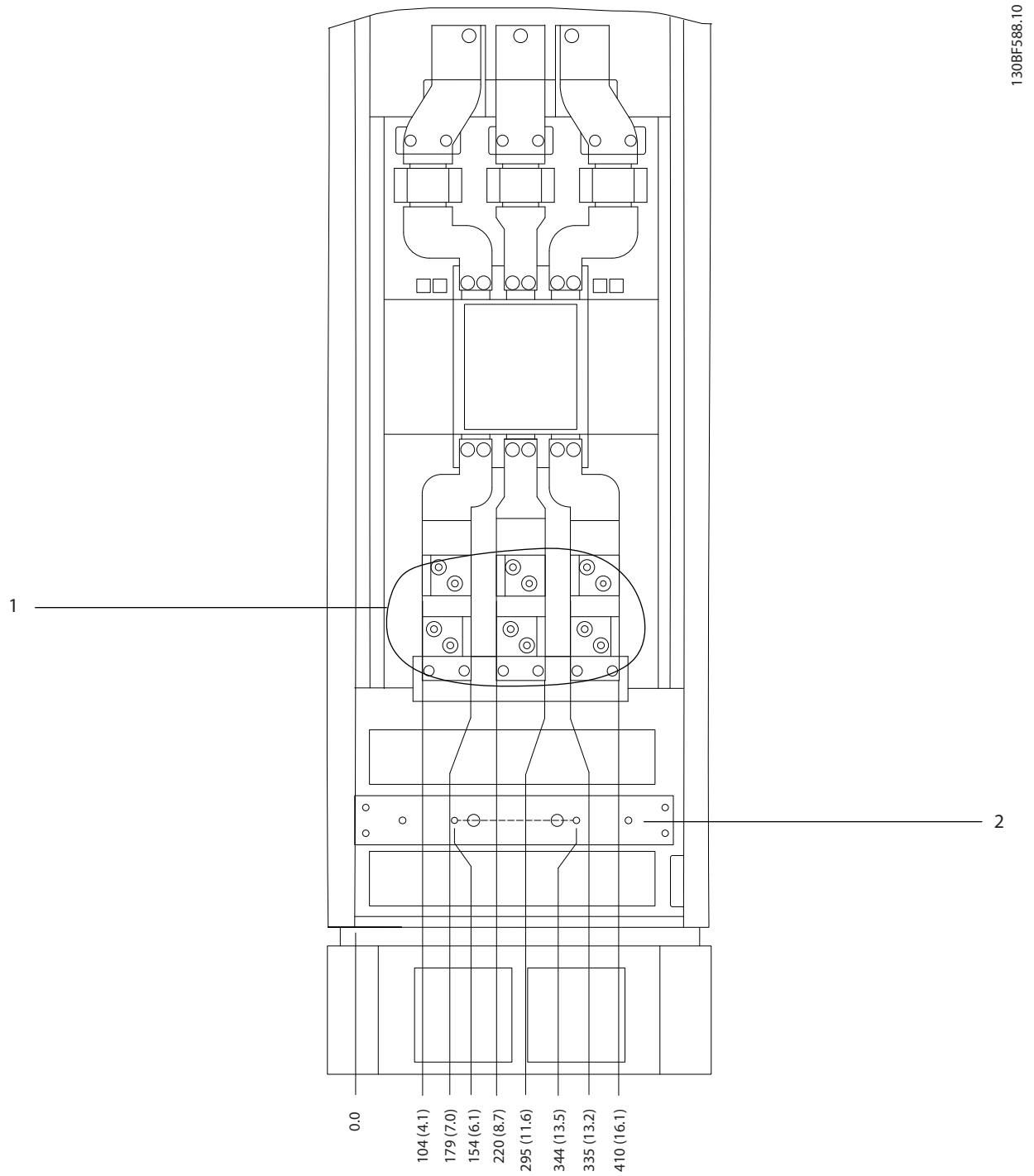
 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	Netzklemmen	2	Erdungsschiene

Abbildung 8.36 Klemmenabmessungen des Optionsschranks bei Baugrößen F3–F4, Seitenansicht

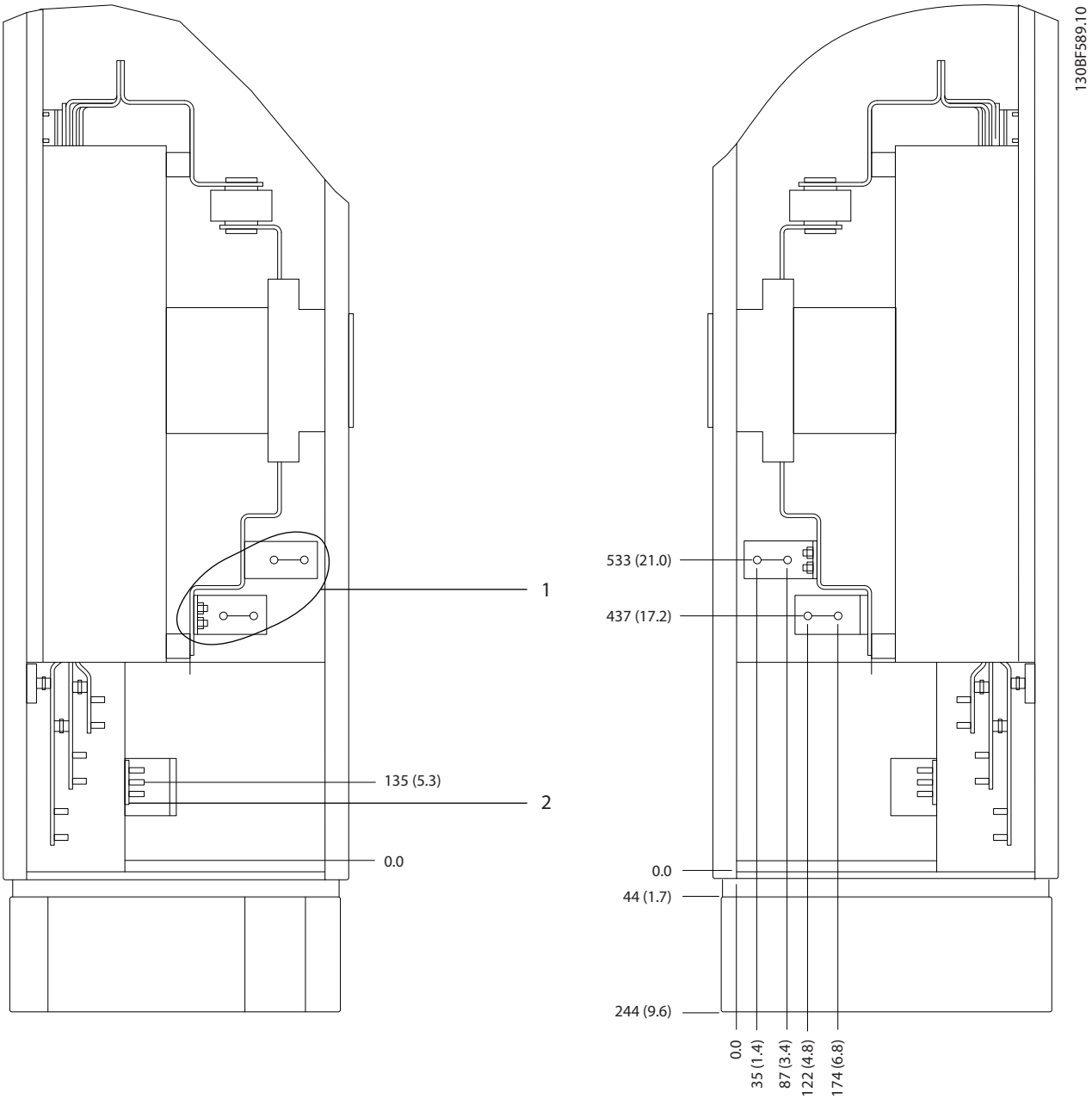
 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	Netzklemmen	2	Erdungsschiene

Abbildung 8.37 Klemmenabmessungen des Optionsschranks bei Baugrößen F3–F4 mit Trennschalter/Molded Case Switch, Frontansicht

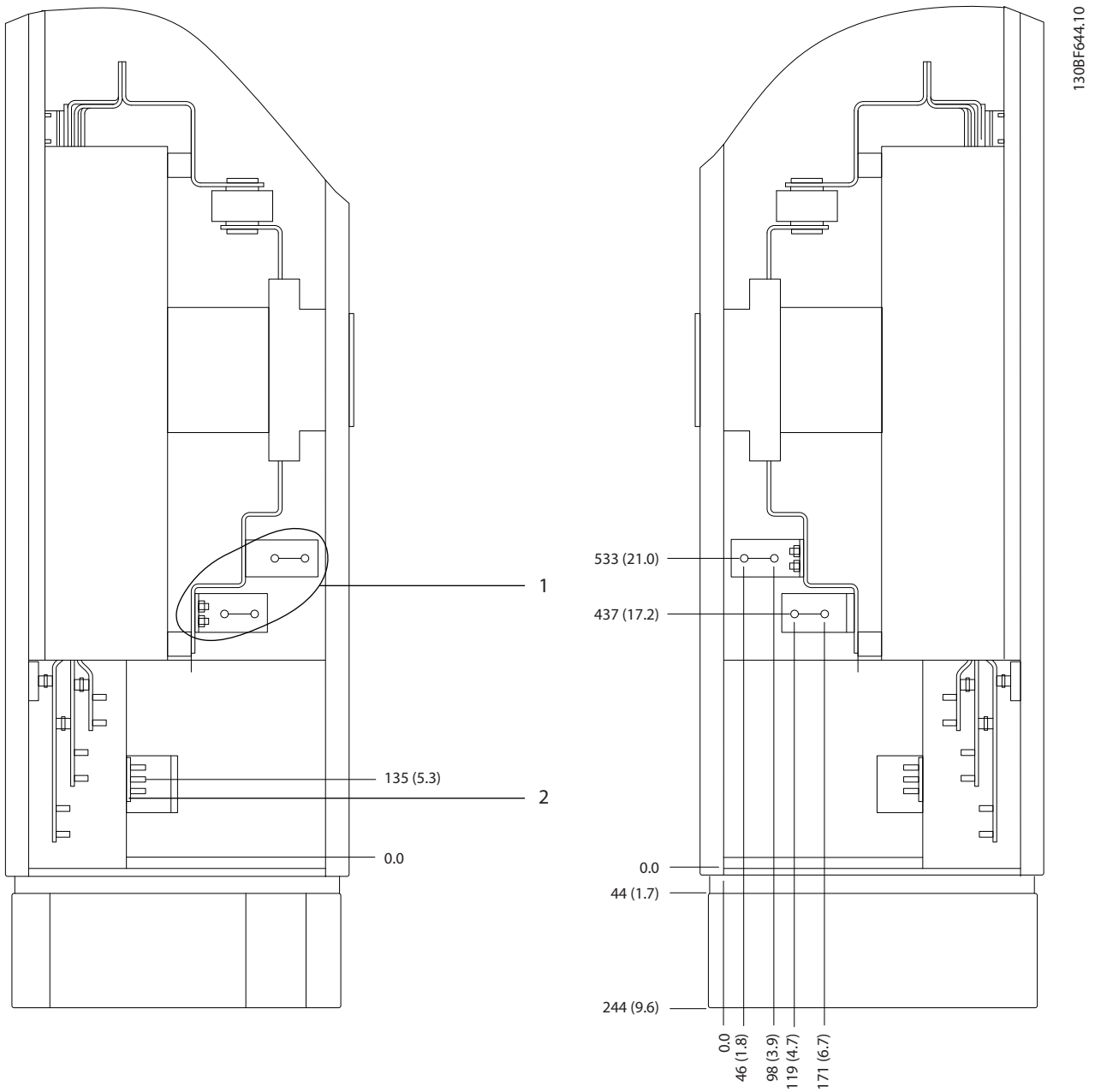
 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	Netzklemmen	2	Erdungsschiene

Abbildung 8.38 Klemmenabmessungen des Optionsschranks bei Baugrößen F3–F4 mit Trennschalter/Molded Case Switch (380–480/500-V-Modelle: P450; 525–690-V-Modelle: P630–P710), Seitenansicht

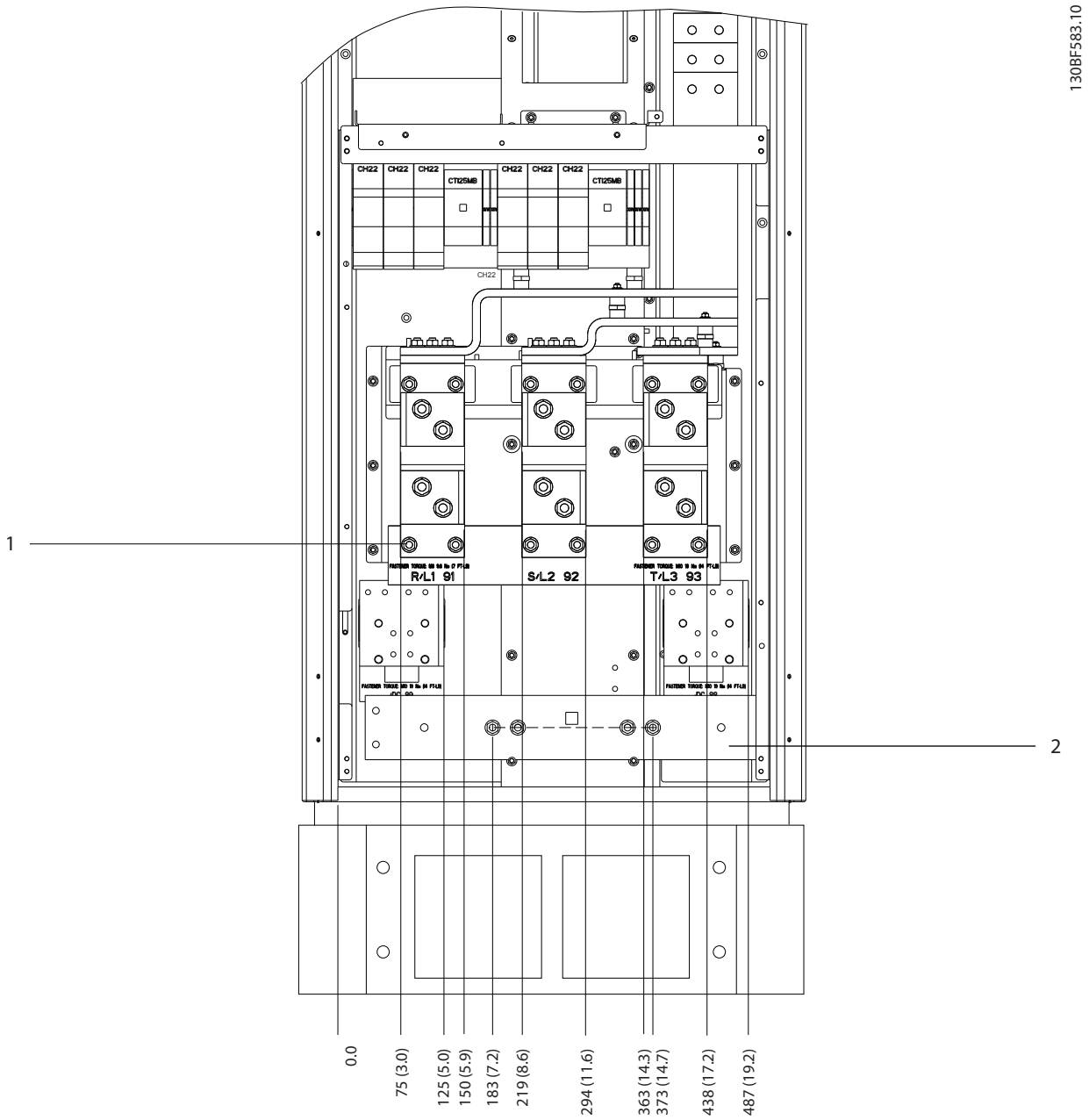
 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	Netzklemmen	2	Erdungsschiene

Abbildung 8.39 Klemmenabmessungen des Optionsschranks bei Baugrößen F3–F4 mit Trennschalter/Molded Case Switch (380–480/500-V-Modelle: P500–P630; 525–690-V-Modelle: P800), Seitenansicht

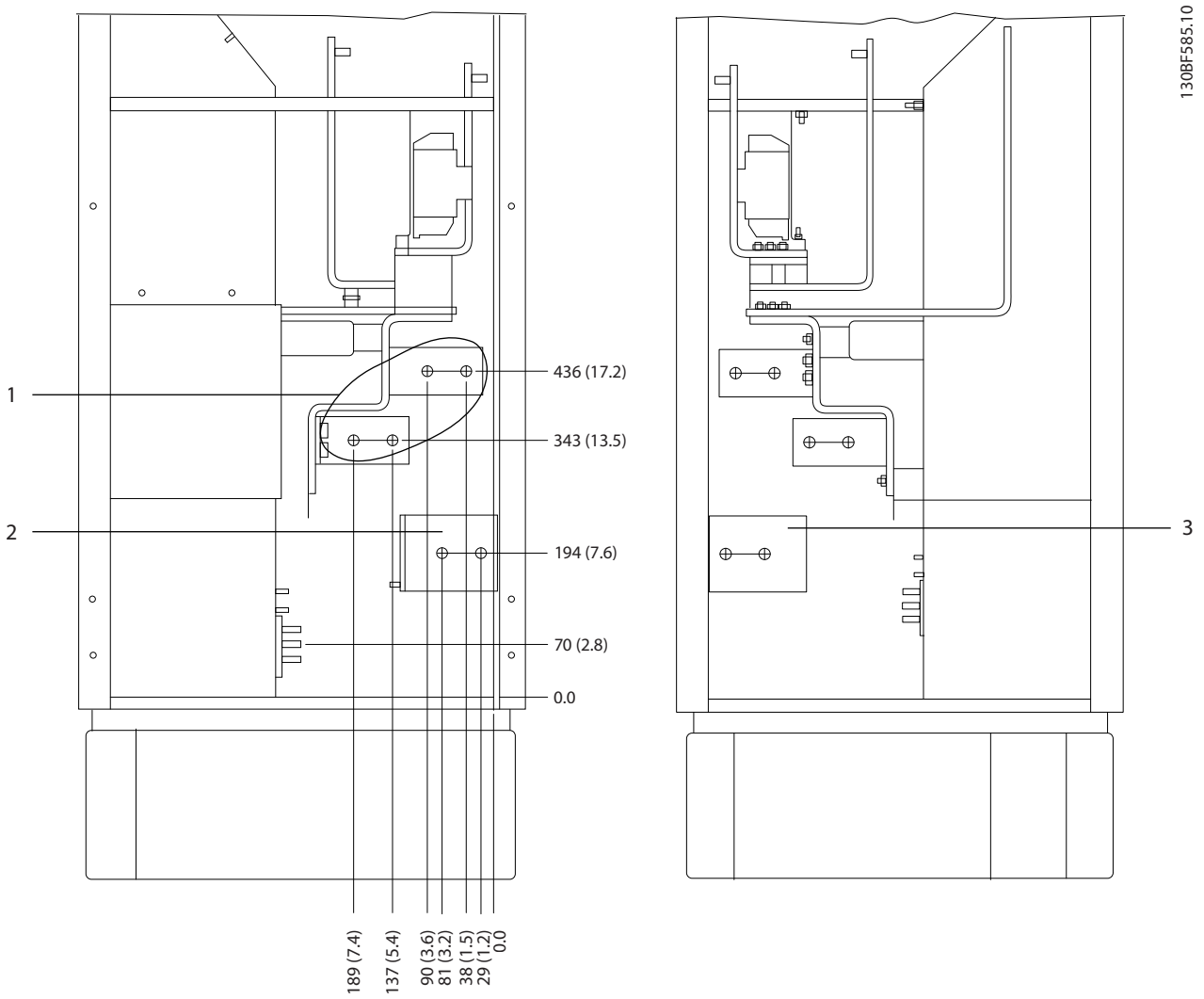
 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	Netzklemmen	2	Erdungsschiene

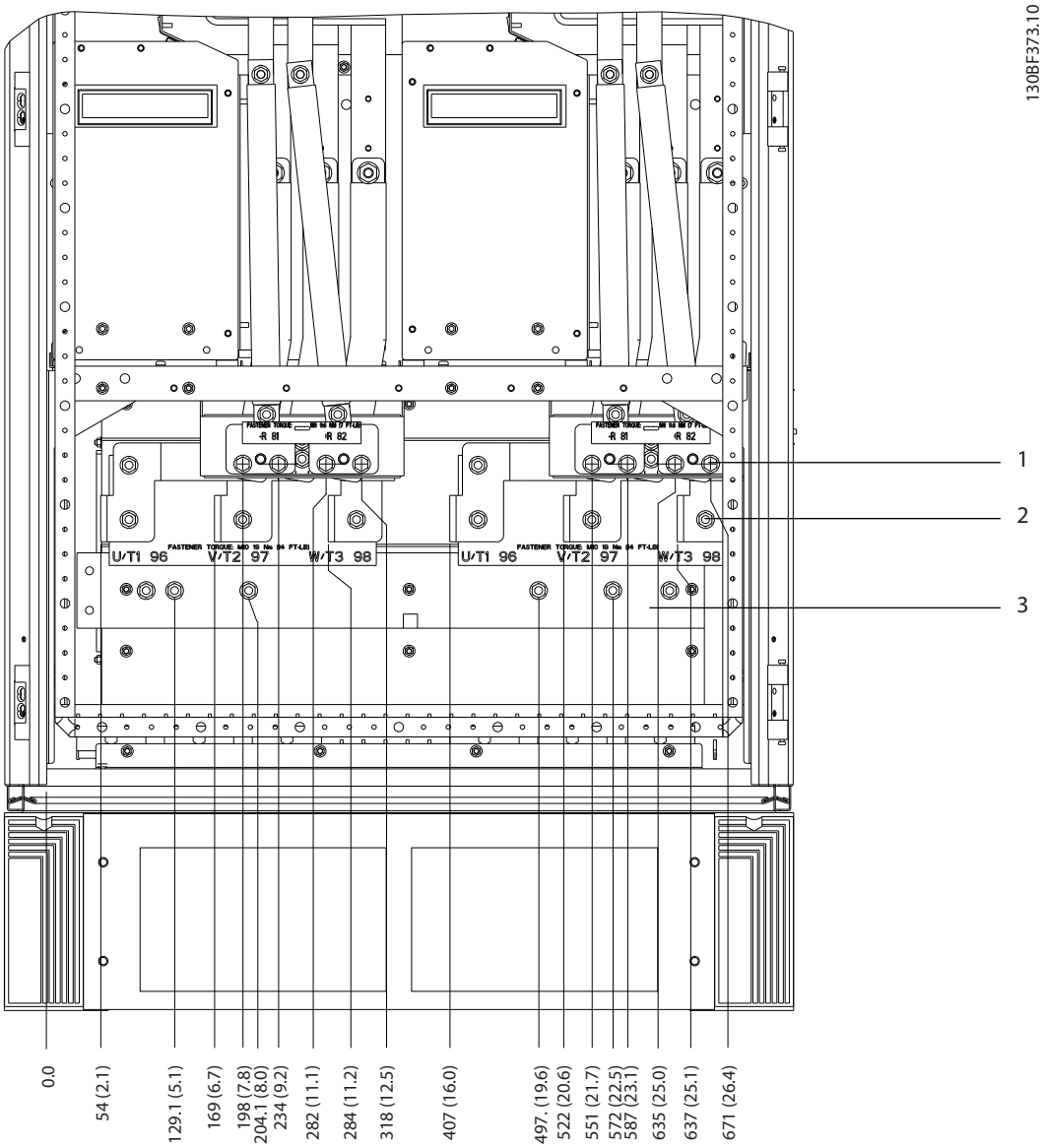
Abbildung 8.40 Klemmenabmessungen des Gleichrichterschranks bei Baugrößen F1-F4, Frontansicht

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	Netzklemmen	3	Zwischenkreiskopplungsklemmen (–)
2	Zwischenkreiskopplungsklemmen (+)	–	–

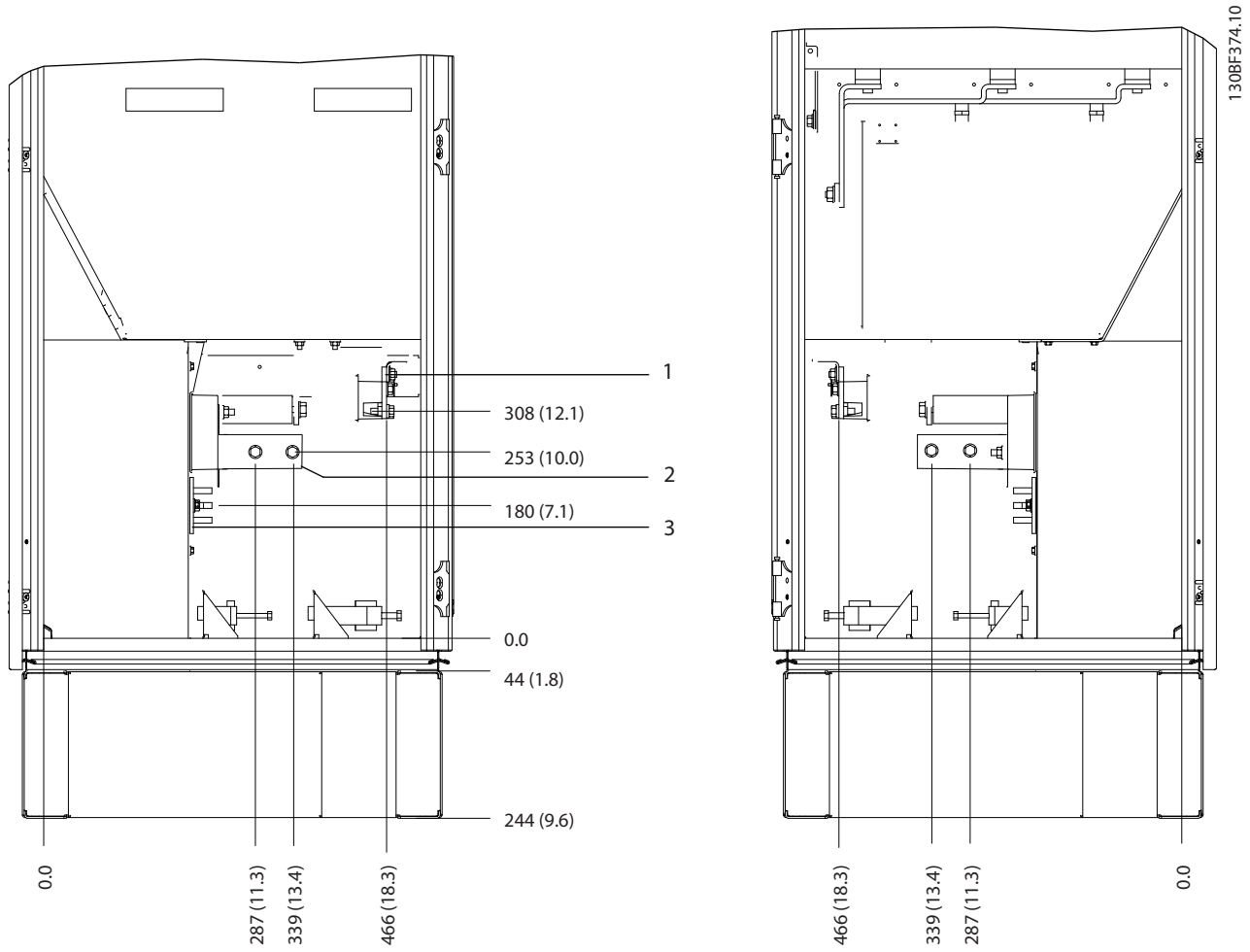
Abbildung 8.41 Klemmenabmessungen des Gleichrichterschranks bei Baugrößen F3-F4, Seitenansicht



1	Bremsklemmen	3	Erdungsschiene
2	Motorklemmen	–	–

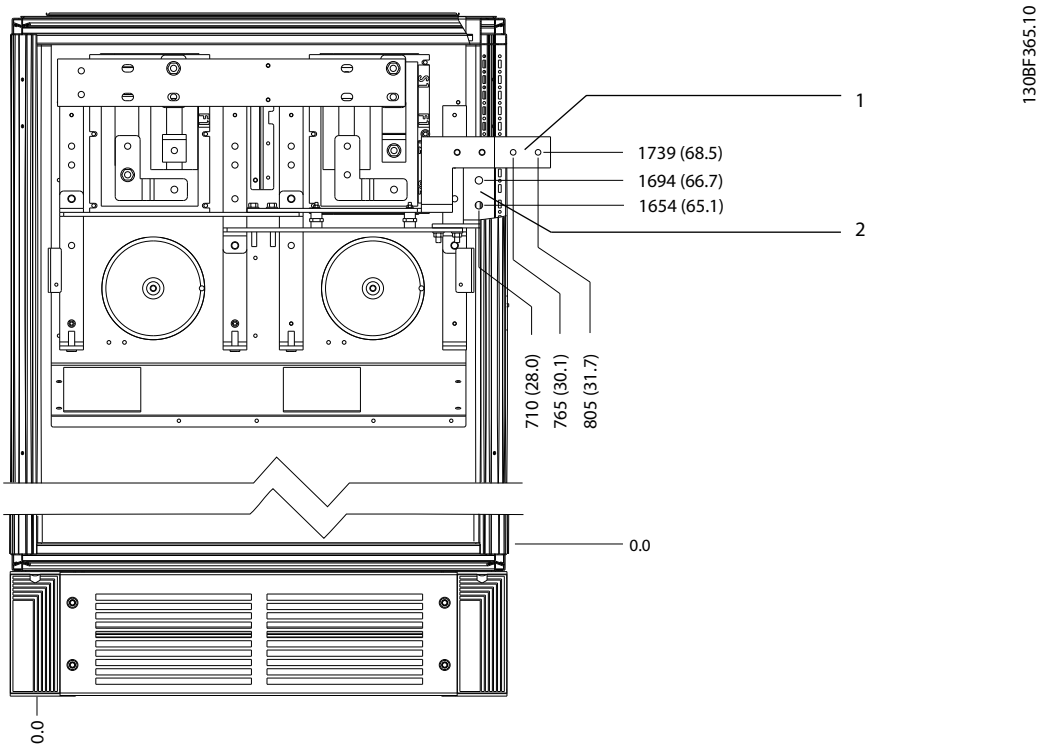
Abbildung 8.42 Klemmenabmessungen des Wechselrichterschranks bei Baugrößen F1/F3, Frontansicht

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	Bremsklemmen	3	Erdungsschiene
2	Motorklemmen	–	–

Abbildung 8.43 Klemmenabmessungen des Wechselrichterschranks bei Baugrößen F1/F3, Seitenansicht



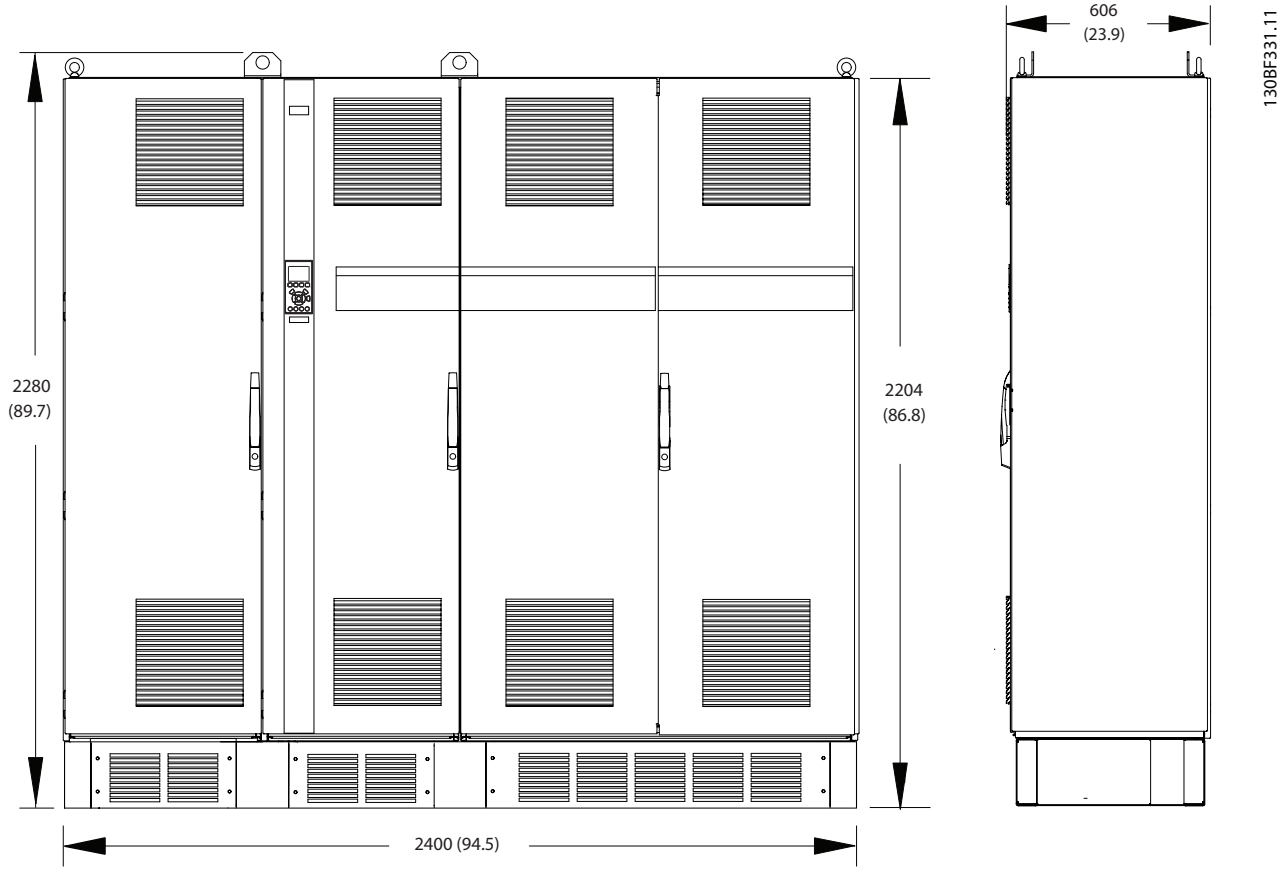
1	DC –	2	DC +

Abbildung 8.44 Klemmenabmessungen der Rückspeiseklemmen bei Baugrößen F1/F3, Frontansicht

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

8.6 F4 – Außen- und Klemmenabmessungen

8.6.1 Außenabmessungen F4



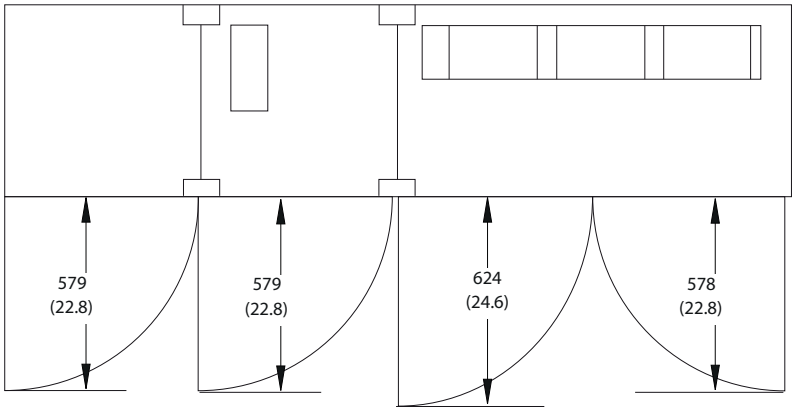
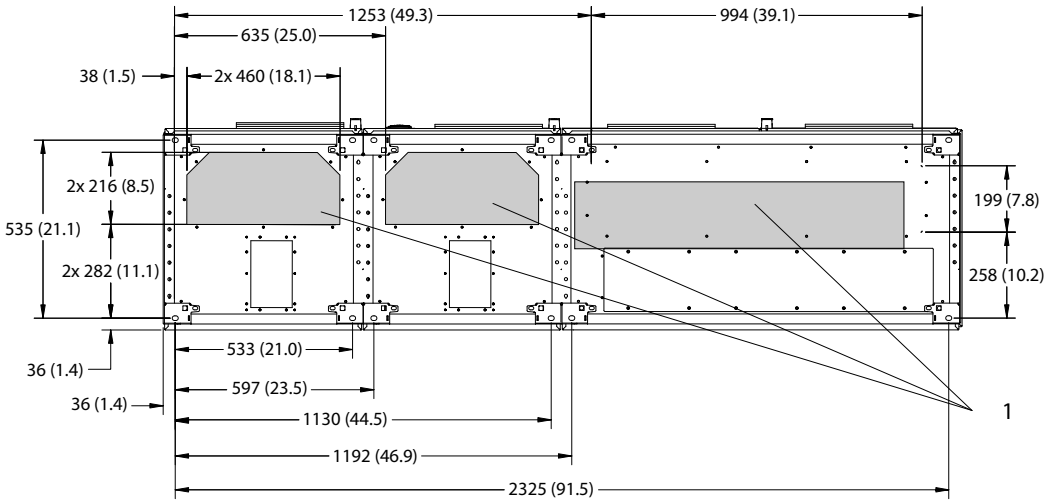


Abbildung 8.45 Abmessungen von Front, Seite und Türabstand bei Baugröße F4

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	Netzseite	2	Motorseite

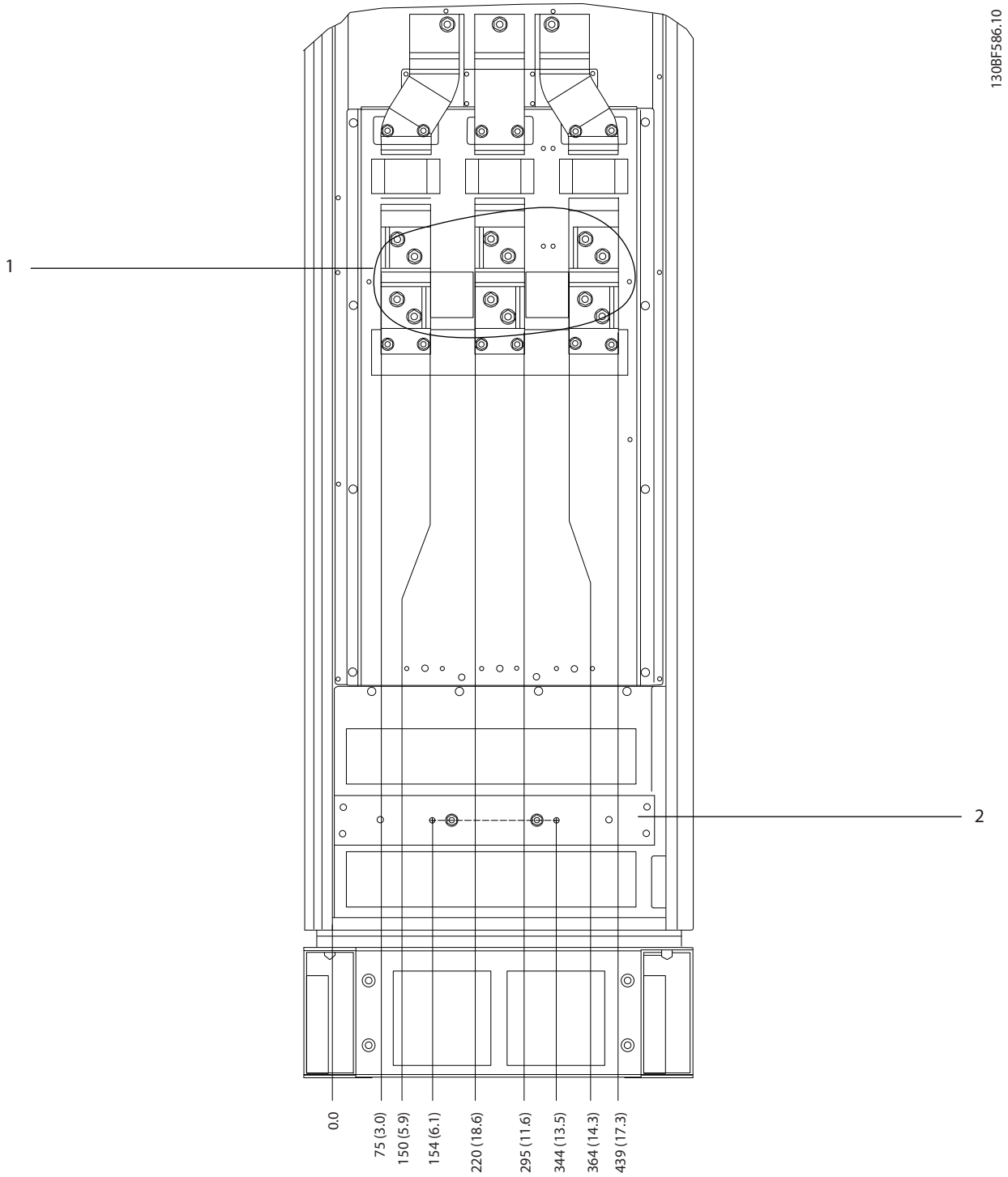
Abbildung 8.46 Abmessungen der Bodenplatte F4

8

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

8.6.2 Klemmenabmessungen bei Baugröße F4

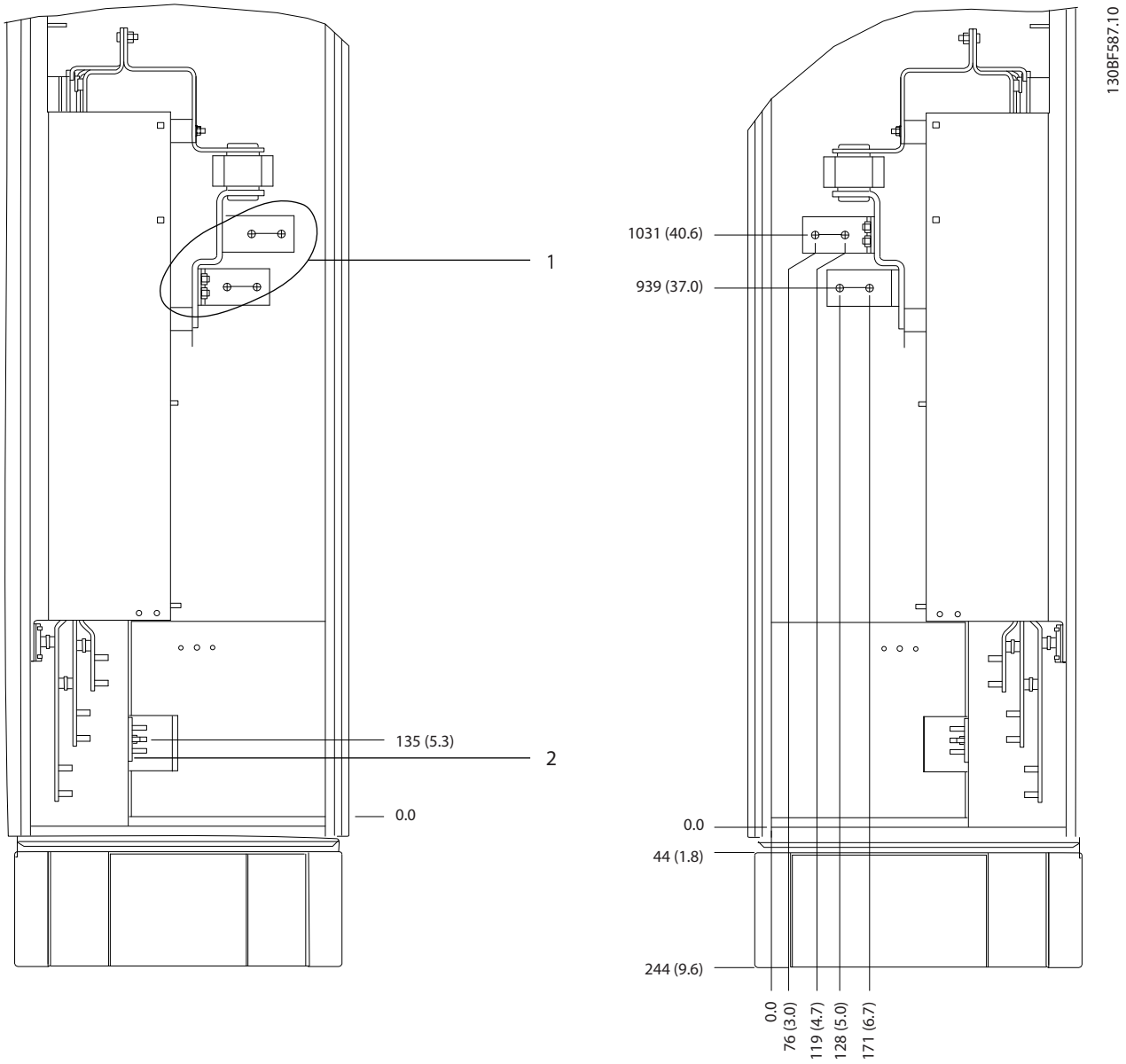
Leistungskabel sind schwer und relativ steif. Wählen Sie zur Vereinfachung der Kabelinstallation die optimale Position des Frequenzumrichters. An jeder Klemme lassen sich bis zu 4 Kabel mit Kabelschuhen oder eine Standard-Lüsterklemme anschließen. Die Erde wird an einen geeigneten Anschlusspunkt im Frequenzumrichter angeschlossen.



1	Netzklemmen	2	Erdungsschiene

Abbildung 8.47 Klemmenabmessungen des Optionsschranks bei Baugrößen F3–F4, Frontansicht

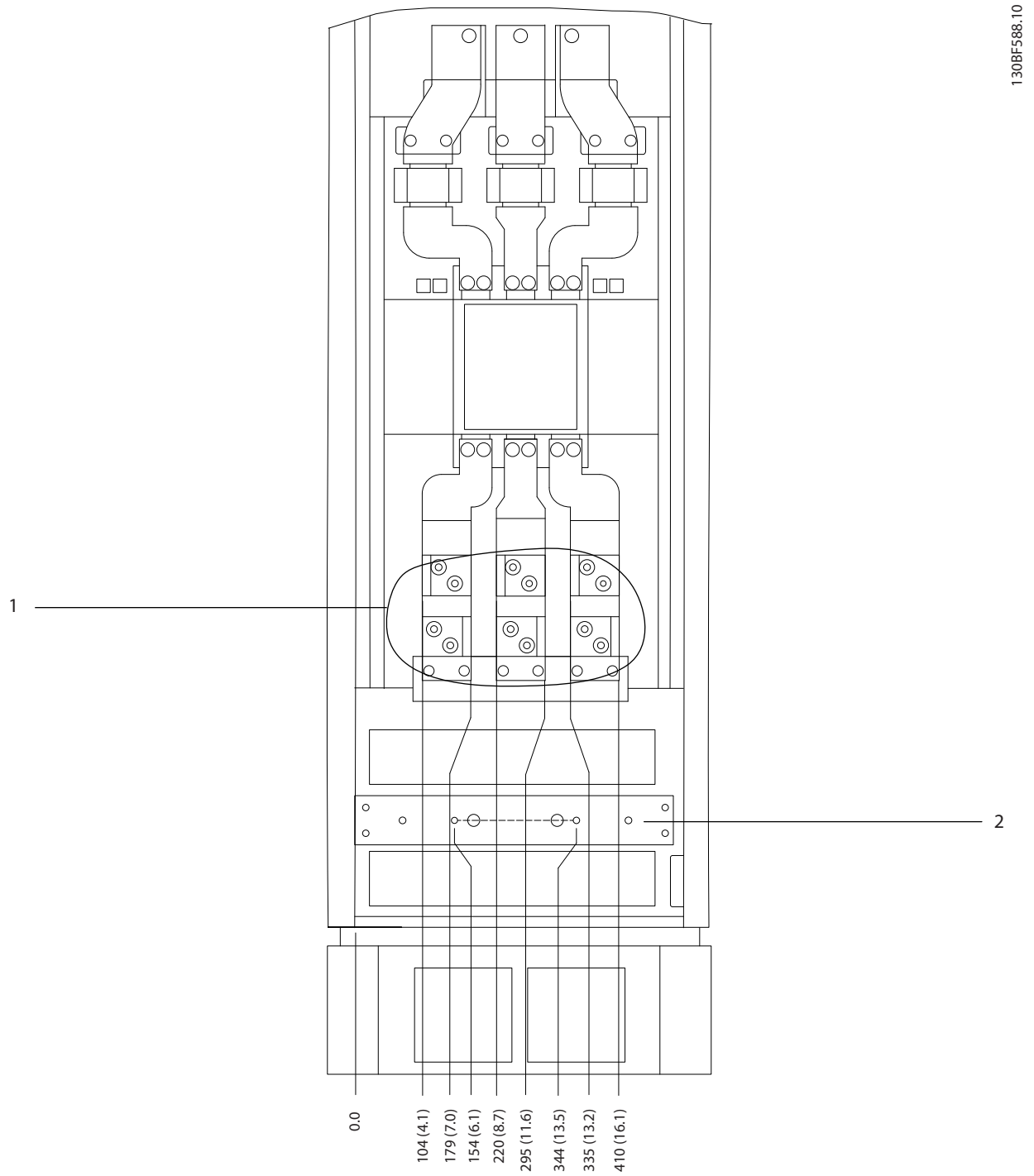
 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	Netzklemmen	2	Erdungsschiene

Abbildung 8.48 Klemmenabmessungen des Optionsschranks bei Baugrößen F3–F4, Seitenansicht

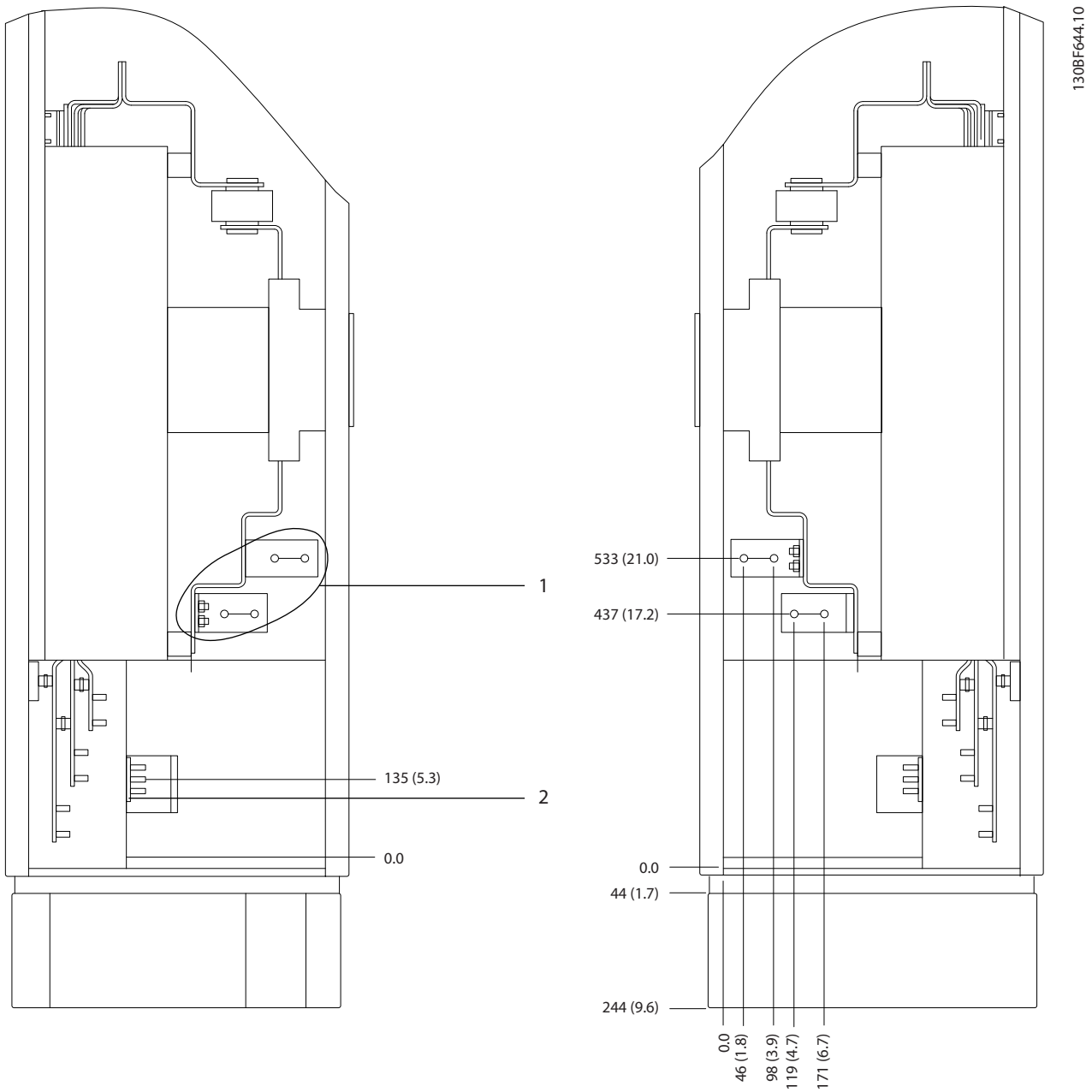
 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	Netzklemmen	2	Erdungsschiene

Abbildung 8.49 Klemmenabmessungen des Optionsschranks bei Baugrößen F3–F4 mit Trennschalter/Molded Case Switch, Frontansicht.

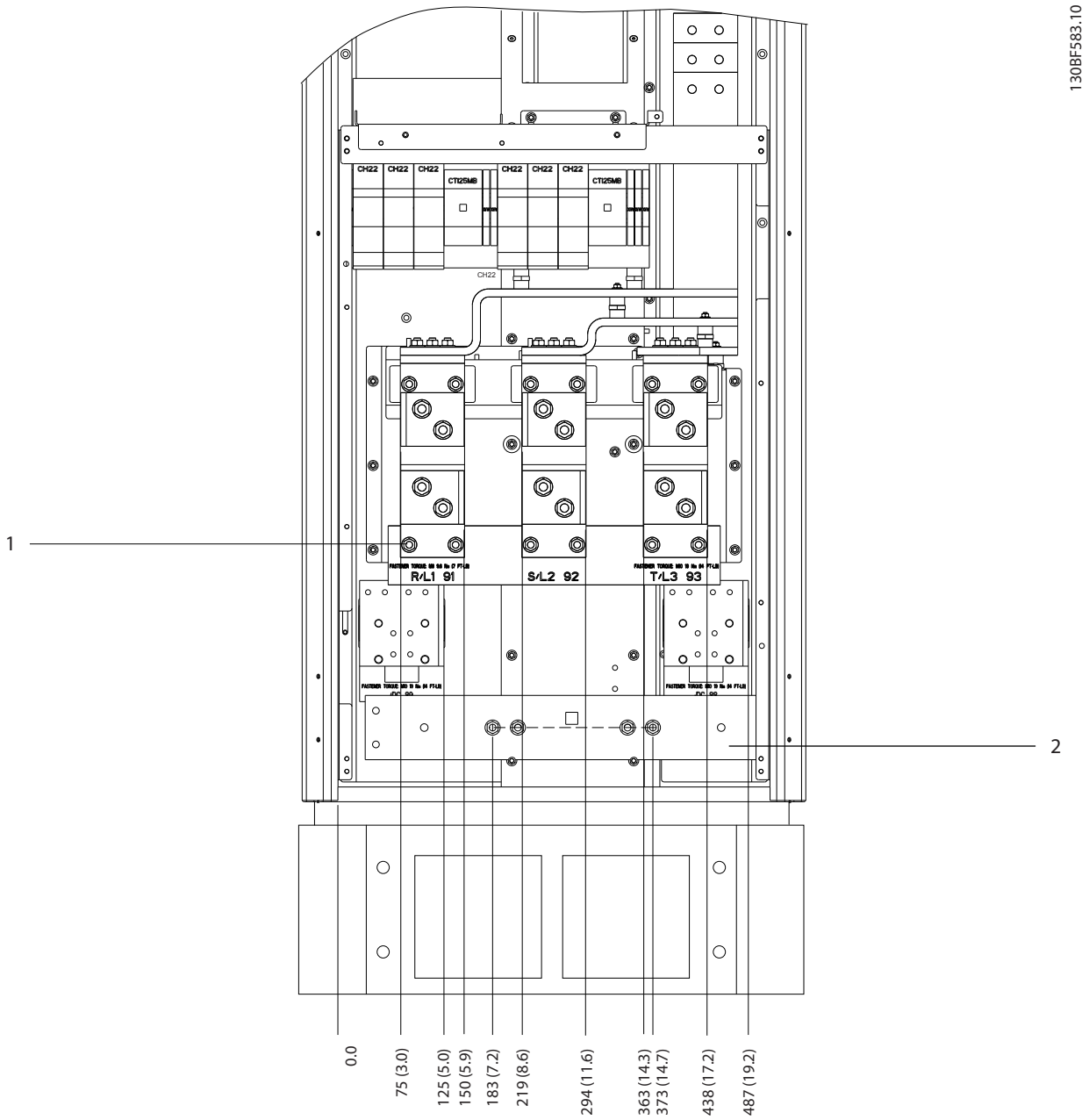
 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	Netzklemmen	2	Erdungsschiene

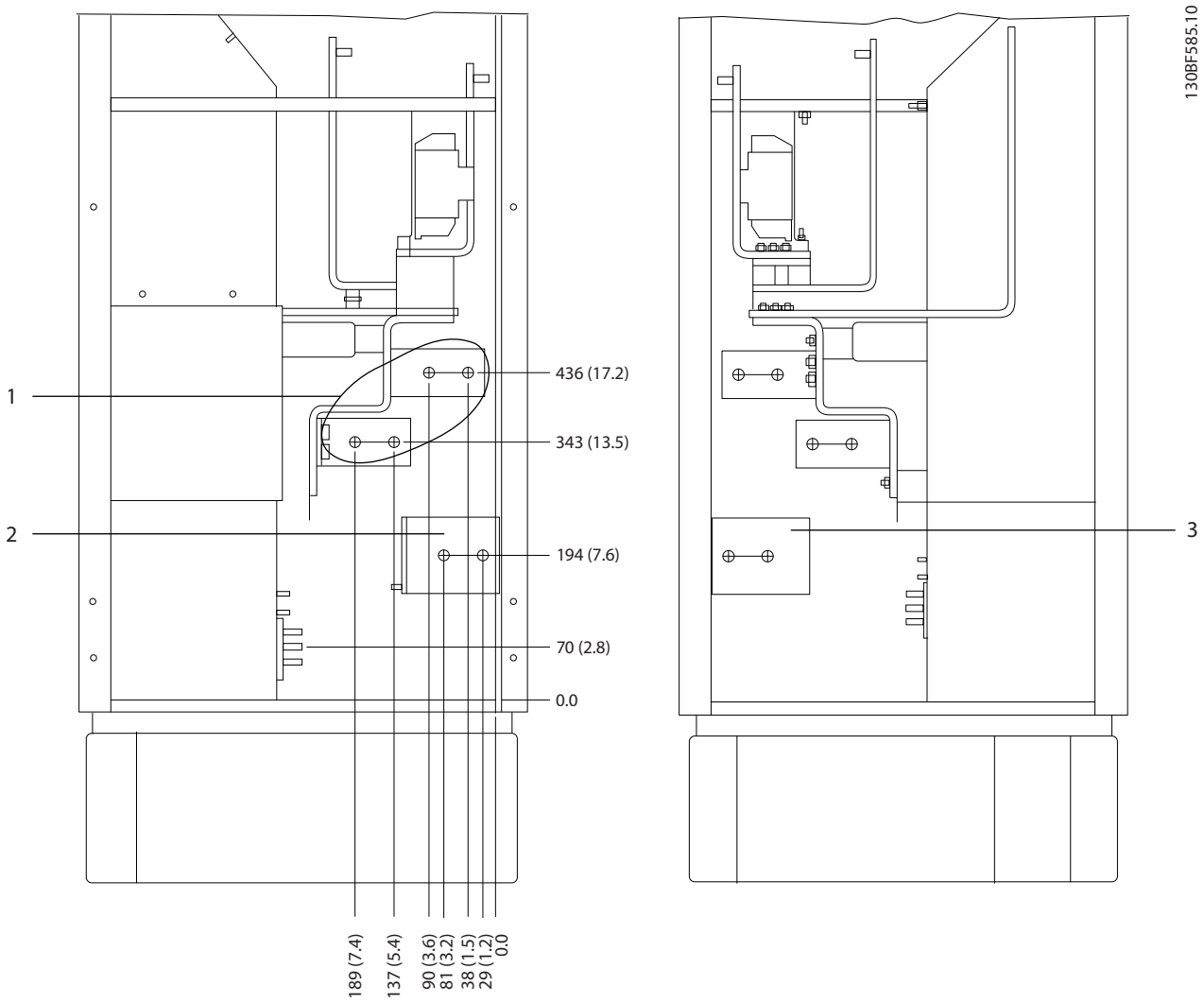
Abbildung 8.50 Klemmenabmessungen des Optionsschranks bei Baugrößen F3–F4 mit Trennschalter/Molded Case Switch, Seitenansicht

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	Netzklemmen	2	Erdungsschiene

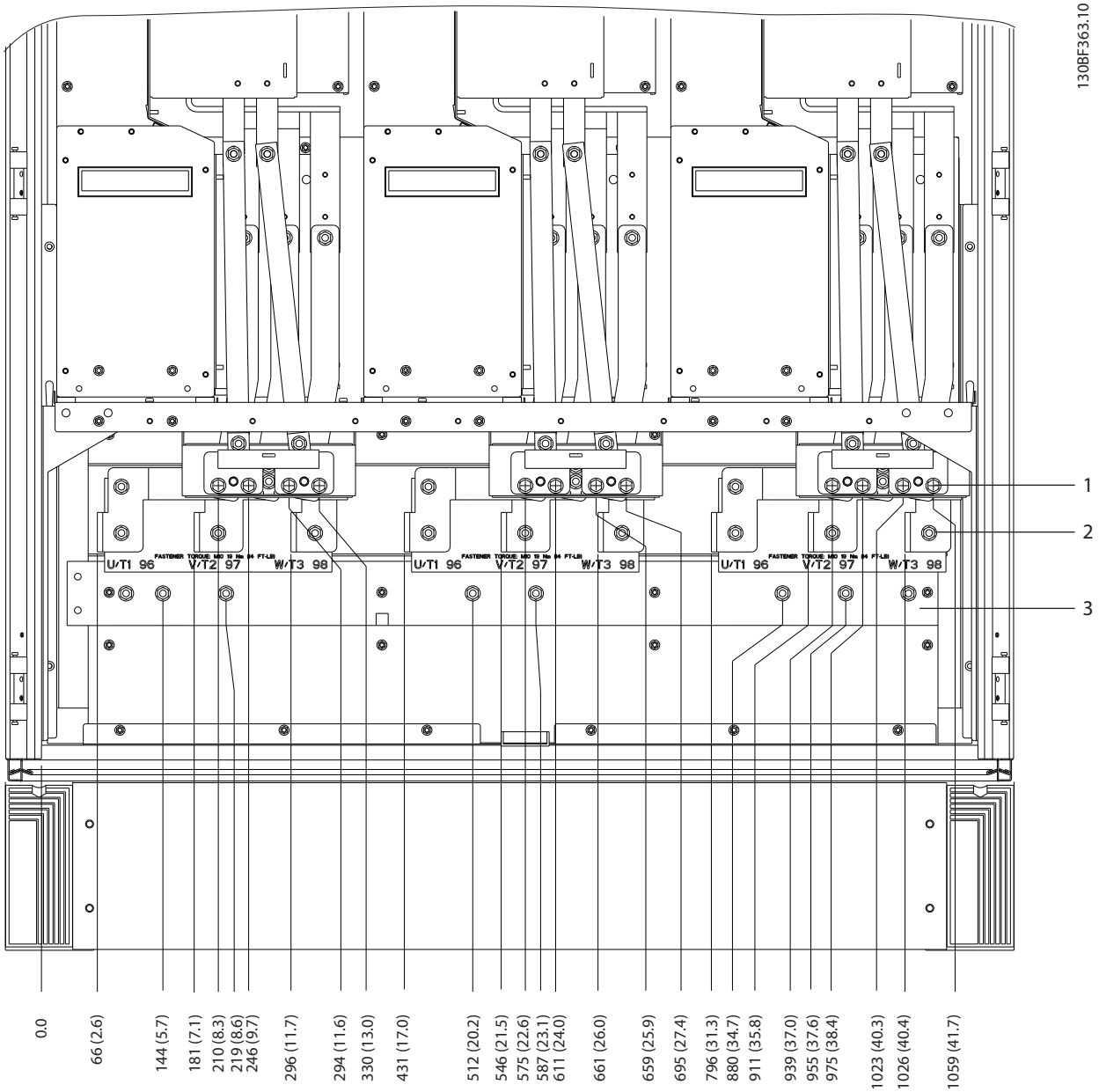
Abbildung 8.51 Klemmenabmessungen des Gleichrichterschranks bei Baugrößen F1-F4, Frontansicht



1	Netzklemmen	3	Zwischenkreiskopplungsklemmen (–)
2	Zwischenkreiskopplungsklemmen (+)	–	–

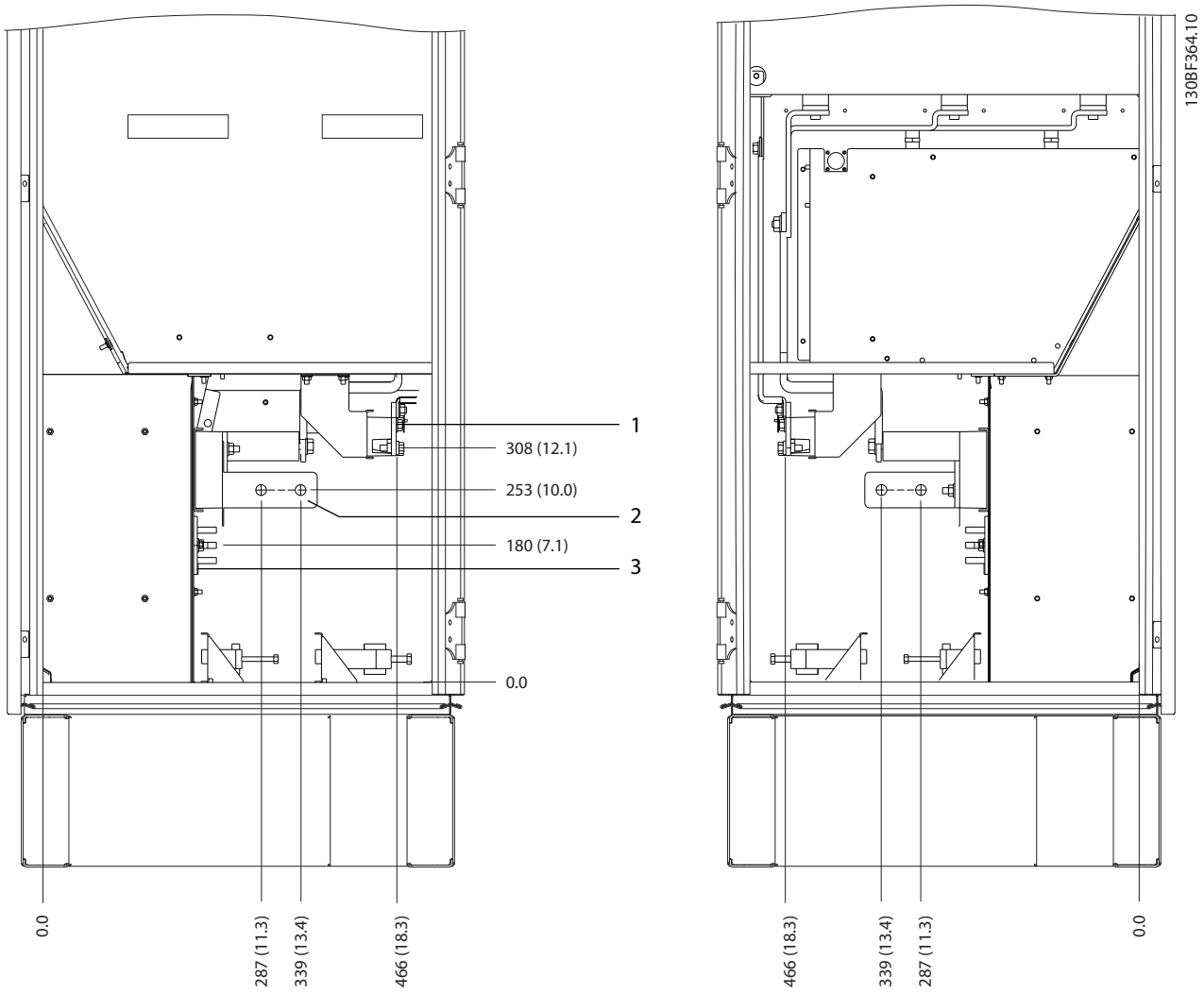
Abbildung 8.52 Klemmenabmessungen des Gleichrichterschranks bei Baugrößen F3-F4, Seitenansicht

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	Bremsklemmen	3	Erdungsschiene
2	Motorklemmen	–	–

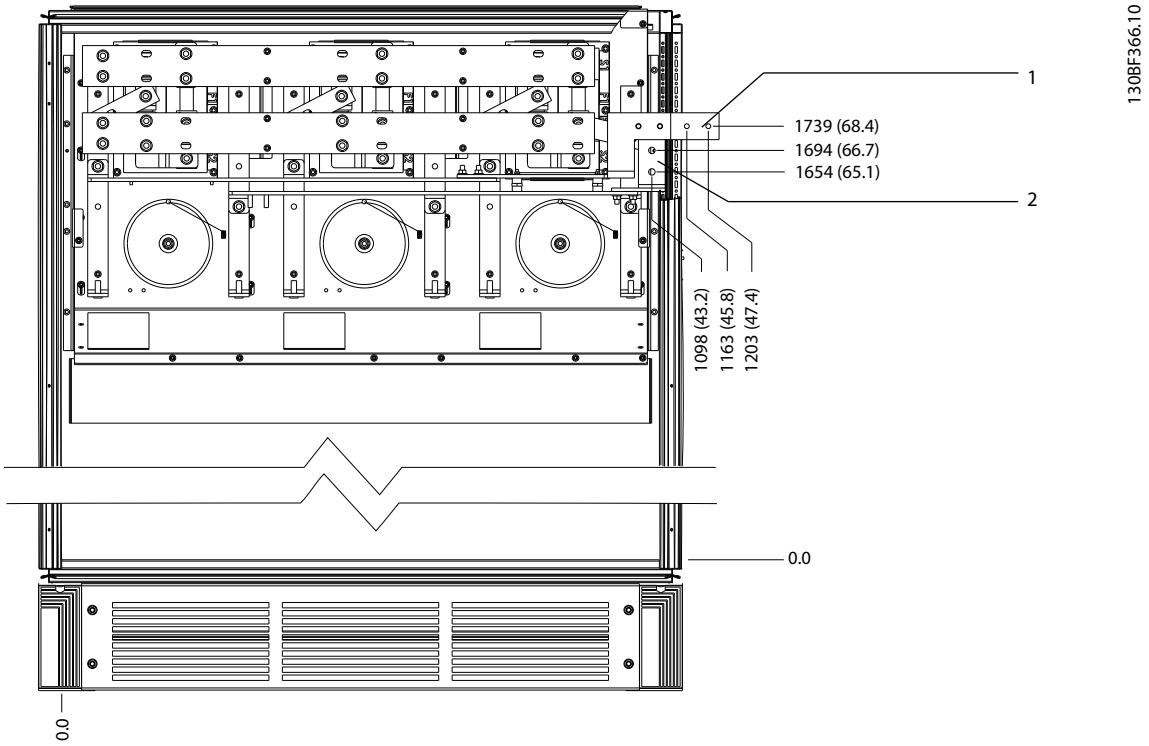
Abbildung 8.53 Klemmenabmessungen des Wechselrichterschranks bei Baugrößen F2/F4, Frontansicht



1	Bremsklemmen	3	Erdungsschiene
2	Motorklemmen	–	–

Abbildung 8.54 Klemmenabmessungen des Wechselrichterschranks bei Baugrößen F2/F4, Seitenansicht

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	DC –	2	DC +

Abbildung 8.55 Klemmenabmessungen der Rückspeiseklemmen bei Baugrößen F2/F4, Frontansicht

8.7 F8 – Außen- und Klemmenabmessungen

8.7.1 Außenabmessungen F8

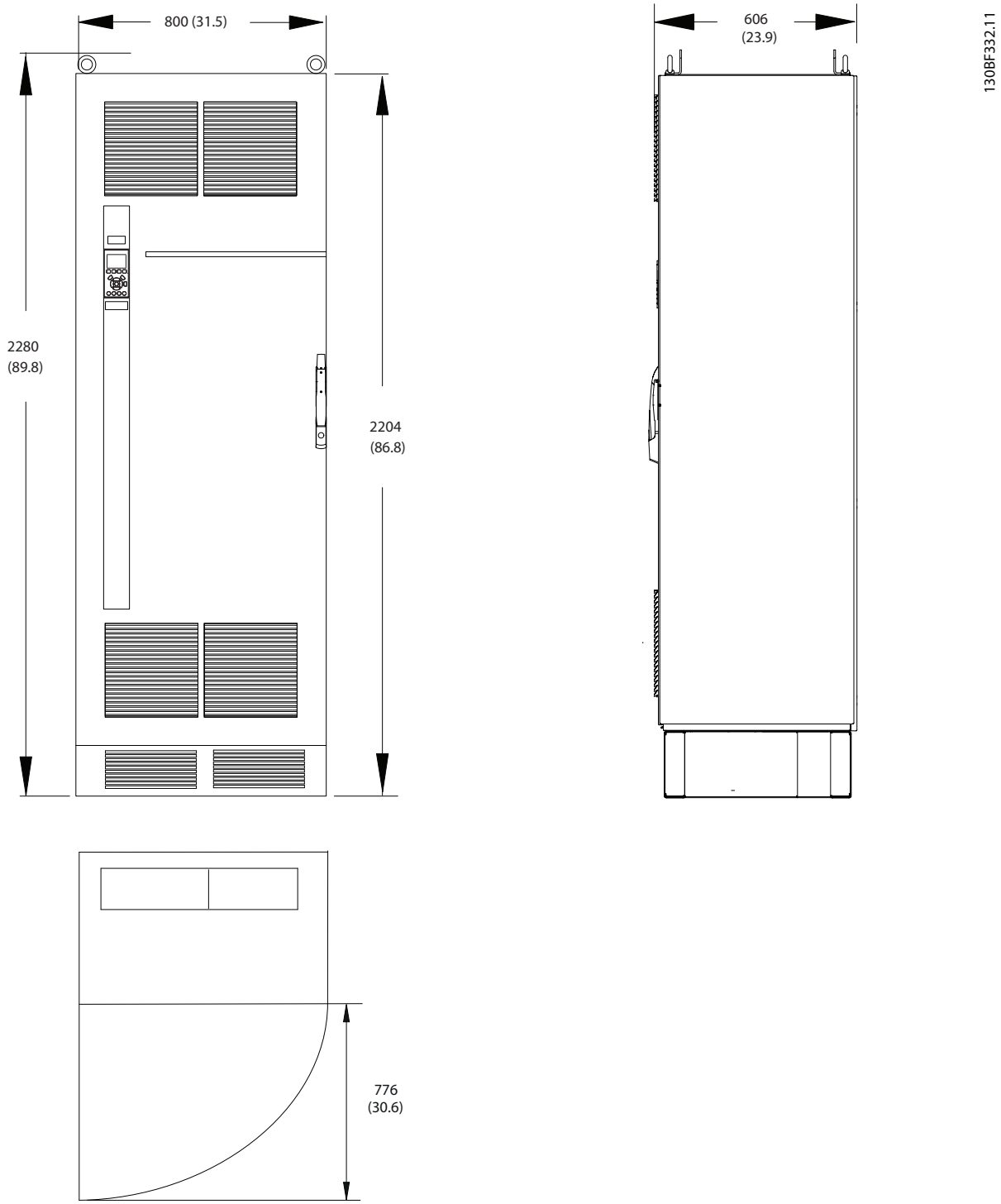
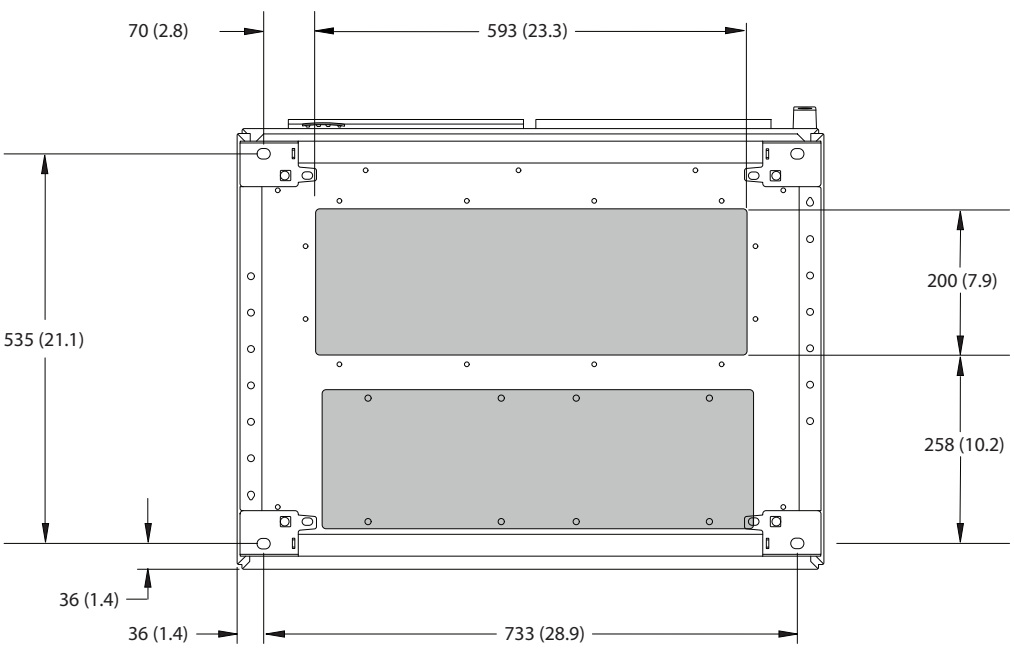


Abbildung 8.56 Abmessungen von Front, Seite und Türabstand bei Baugröße F8

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



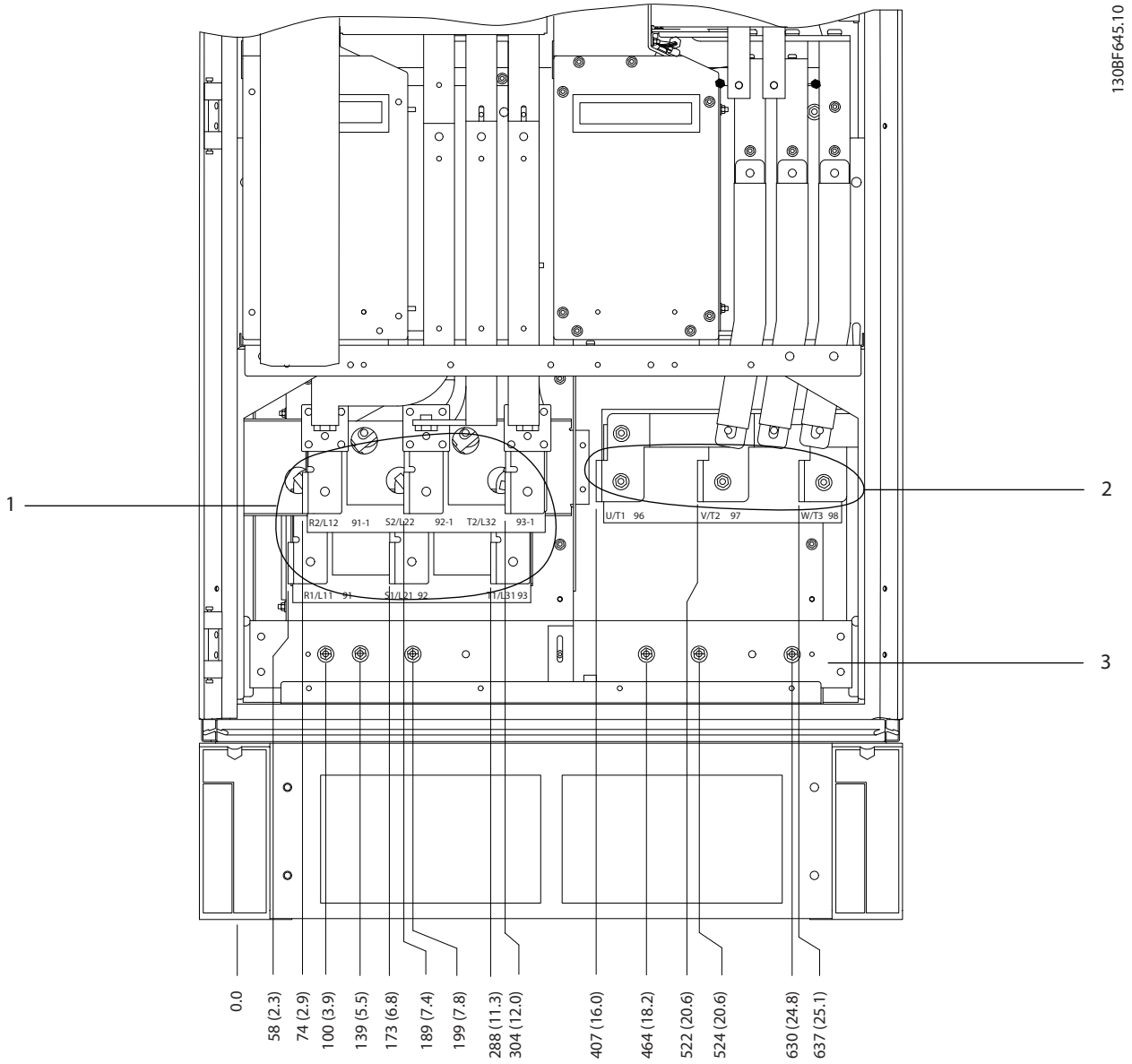
1	Netzseite	2	Motorseite

Abbildung 8.57 Abmessungen der Bodenplatte F8

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

8.7.2 Klemmenabmessungen bei Baugröße F8

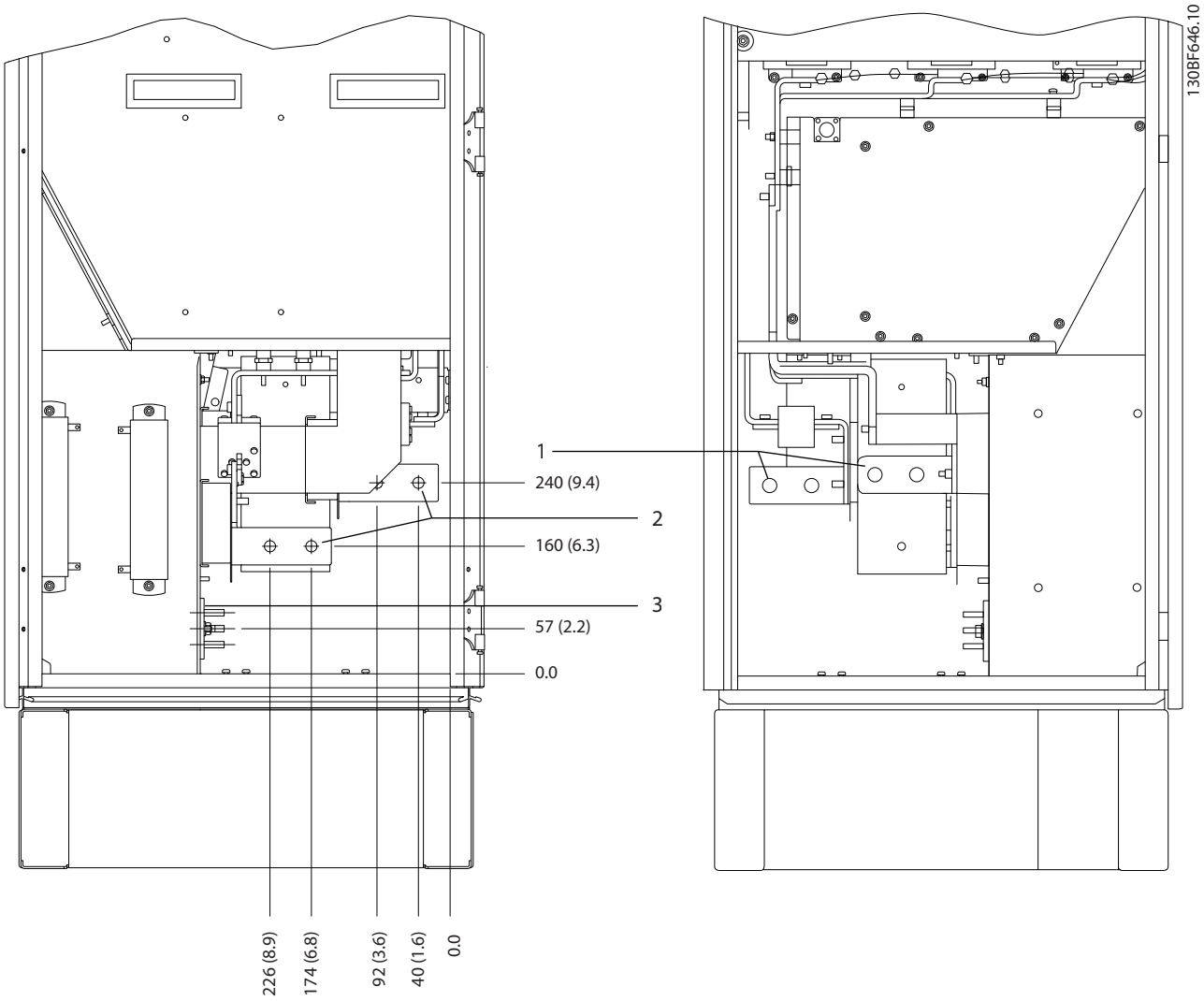
Leistungskabel sind schwer und relativ steif. Wählen Sie zur Vereinfachung der Kabelinstallation die optimale Position des Frequenzumrichters. An jeder Klemme lassen sich bis zu 4 Kabel mit Kabelschuhen oder eine Standard-Lüsterklemme anschließen. Die Erde wird an einen geeigneten Anschlusspunkt im Frequenzumrichter angeschlossen.



1	Netzklemmen	3	Erdungsschiene
2	Motorklemmen	–	–

Abbildung 8.58 Klemmenabmessungen des Gleichrichter-/Wechselrichterschranks bei Baugrößen F8-F9, Frontansicht

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	Netzklemmen	3	Erdungsschiene
2	Motorklemmen	–	–

Abbildung 8.59 Klemmenabmessungen des Gleichrichter-/Wechselrichterschranks bei Baugrößen F8-F9, Seitenansicht

8.8 F9 – Außen- und Klemmenabmessungen

8.8.1 Außenabmessungen F9

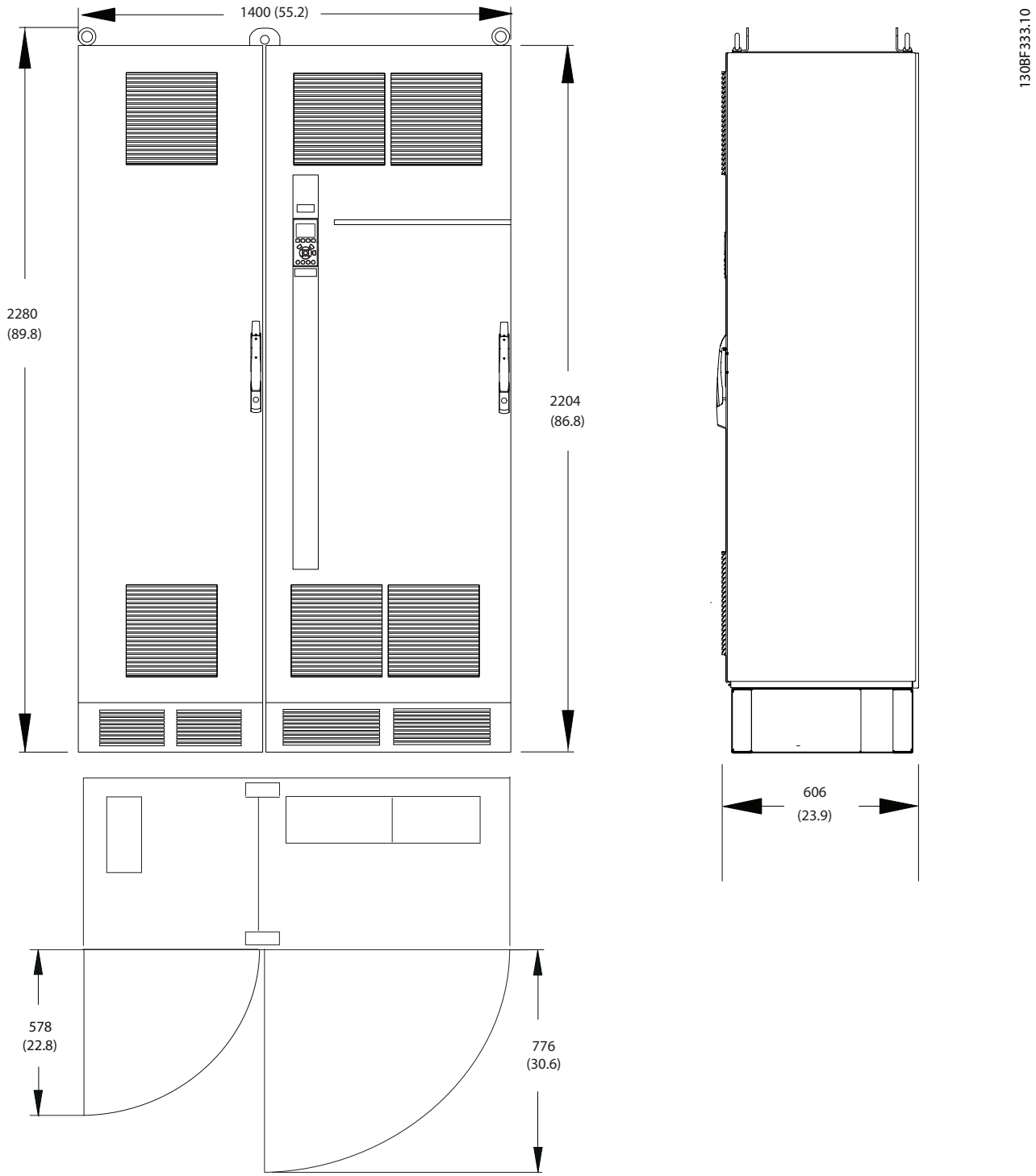
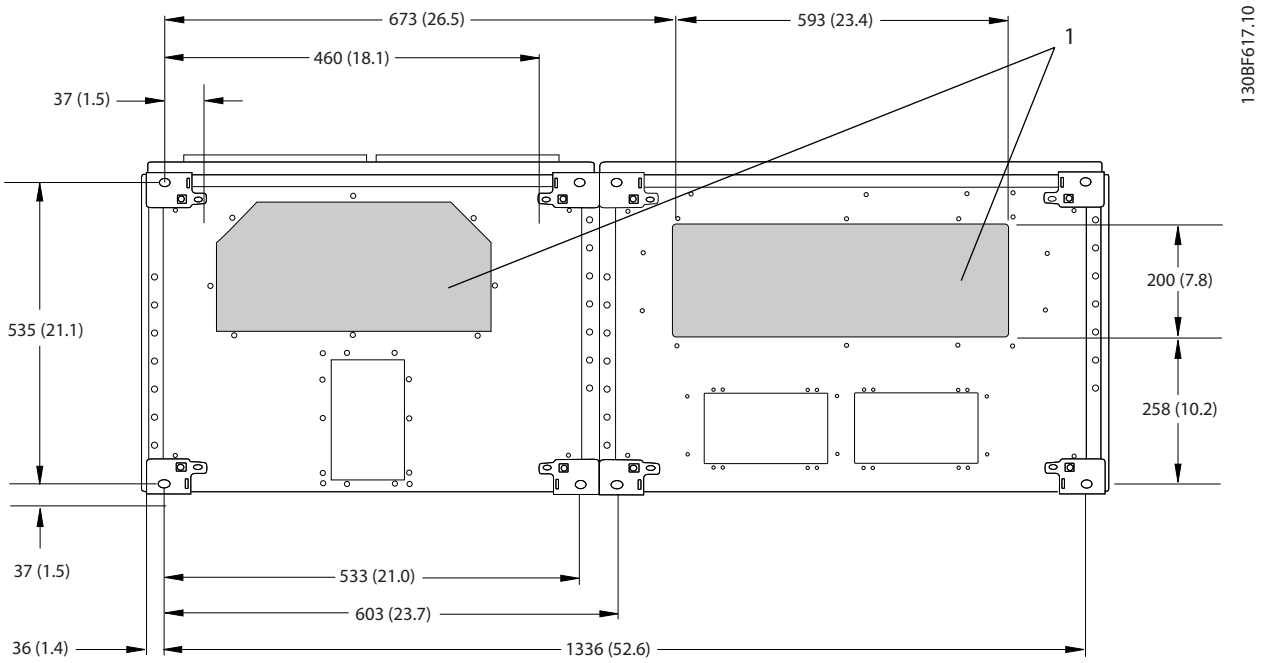


Abbildung 8.60 Abmessungen von Front, Seite und Türabstand bei Baugröße F9

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



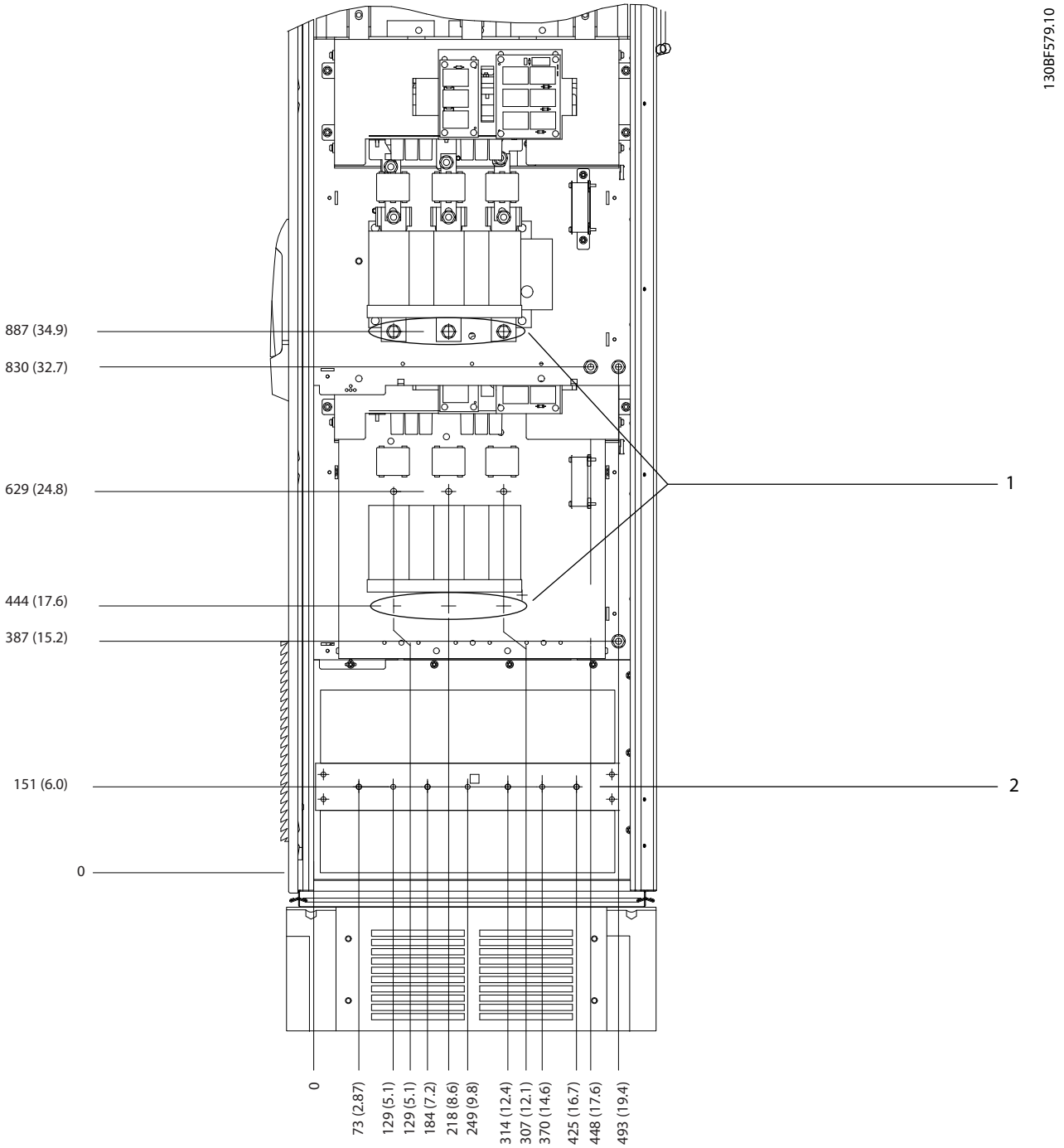
1	Netzseite	2	Motorseite

Abbildung 8.61 Abmessungen der Bodenplatte F9

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

8.8.2 Klemmenabmessungen bei Baugröße F9

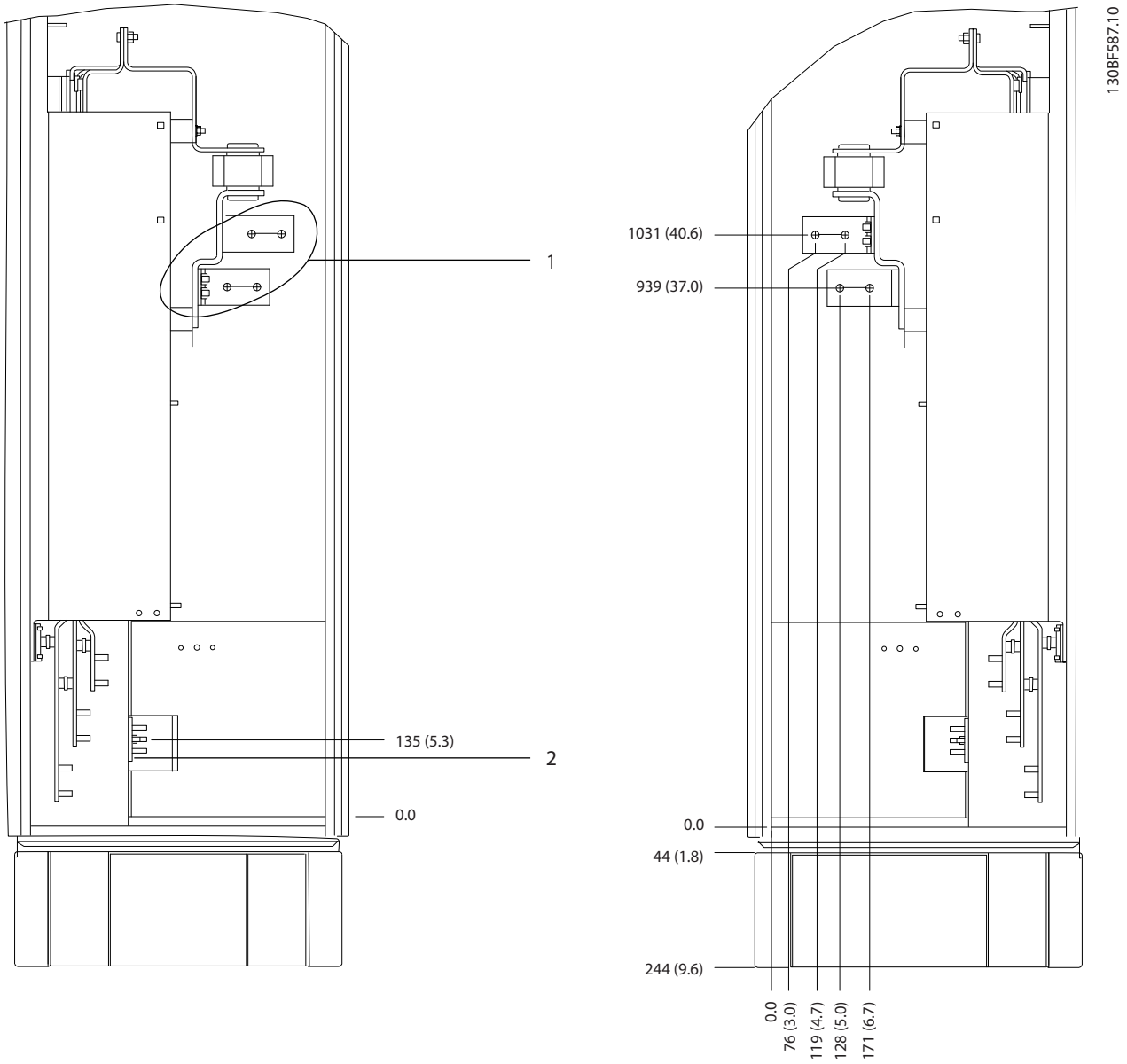
Leistungskabel sind schwer und relativ steif. Wählen Sie zur Vereinfachung der Kabelinstallation die optimale Position des Frequenzumrichters. An jeder Klemme lassen sich bis zu 4 Kabel mit Kabelschuhen oder eine Standard-Lüsterklemme anschließen. Die Erde wird an einen geeigneten Anschlusspunkt im Frequenzumrichter angeschlossen.



1	Netzklemmen	2	Erdungsschiene

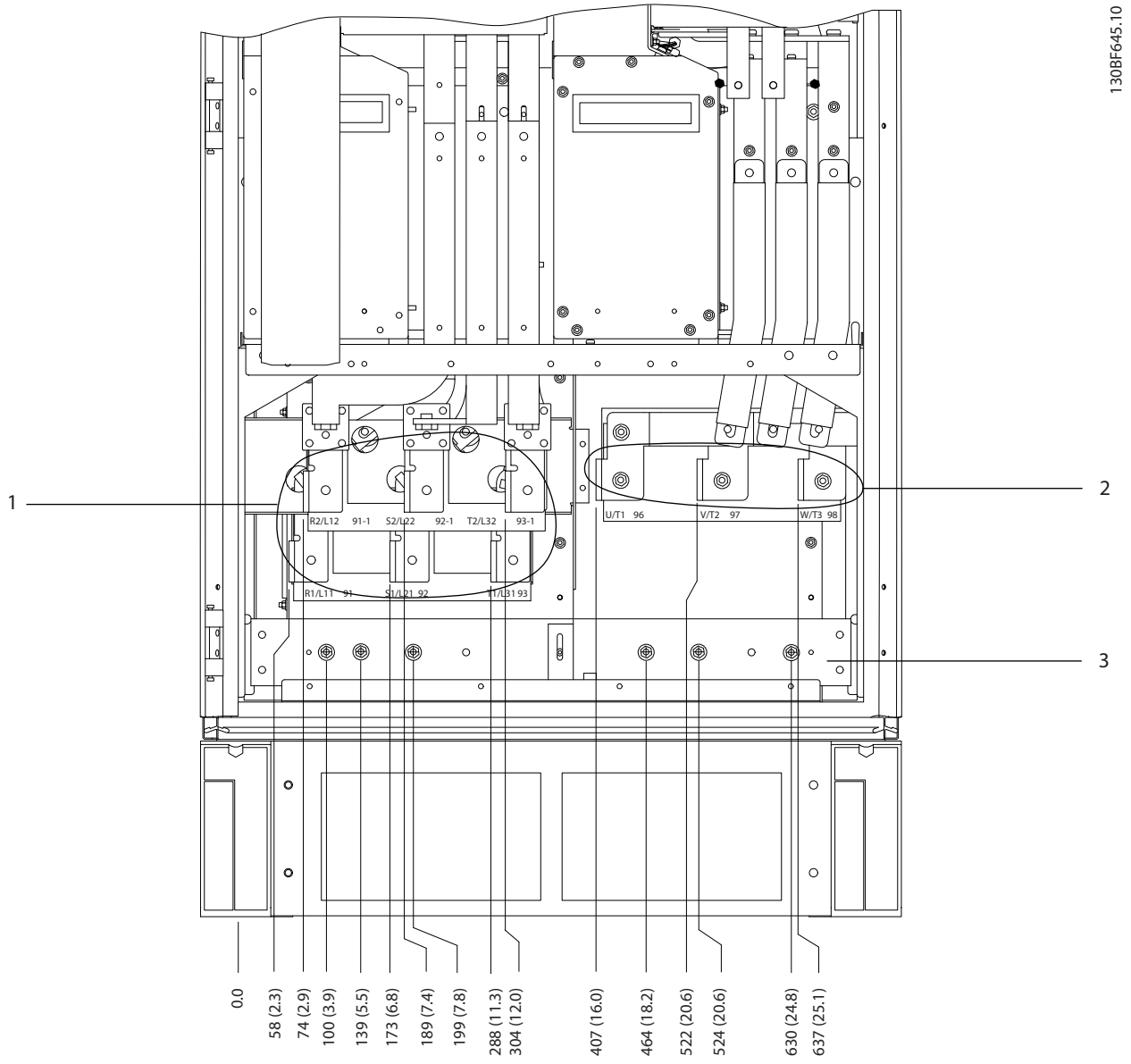
Abbildung 8.62 Klemmenabmessungen des Optionsschranks bei Baugröße F9, Frontansicht

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	Netzklemmen	2	Erdungsschiene

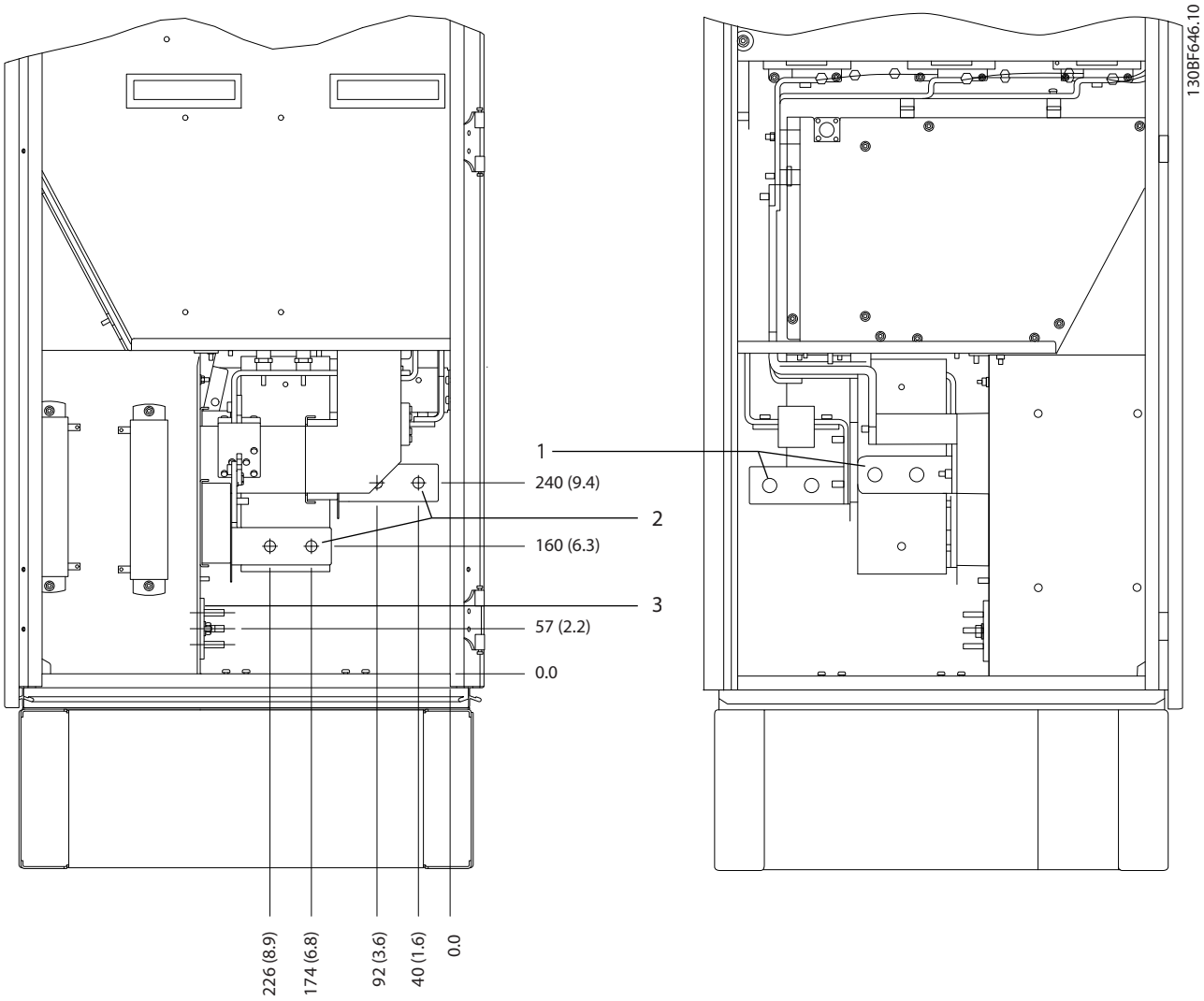
Abbildung 8.63 Klemmenabmessungen des Optionsschranks bei Baugröße F9, Seitenansicht



1	Netzklemmen	3	Erdungsschiene
2	Motorklemmen	–	–

Abbildung 8.64 Klemmenabmessungen des Gleichrichter-/Wechselrichterschranks bei Baugrößen F8-F9, Frontansicht

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	Netzklemmen	3	Erdungsschiene
2	Motorklemmen	–	–

Abbildung 8.65 Klemmenabmessungen des Gleichrichter-/Wechselrichterschranks bei Baugrößen F8-F9, Seitenansicht

8.9 F10 – Außen- und Klemmenabmessungen

8.9.1 Außenabmessungen F10

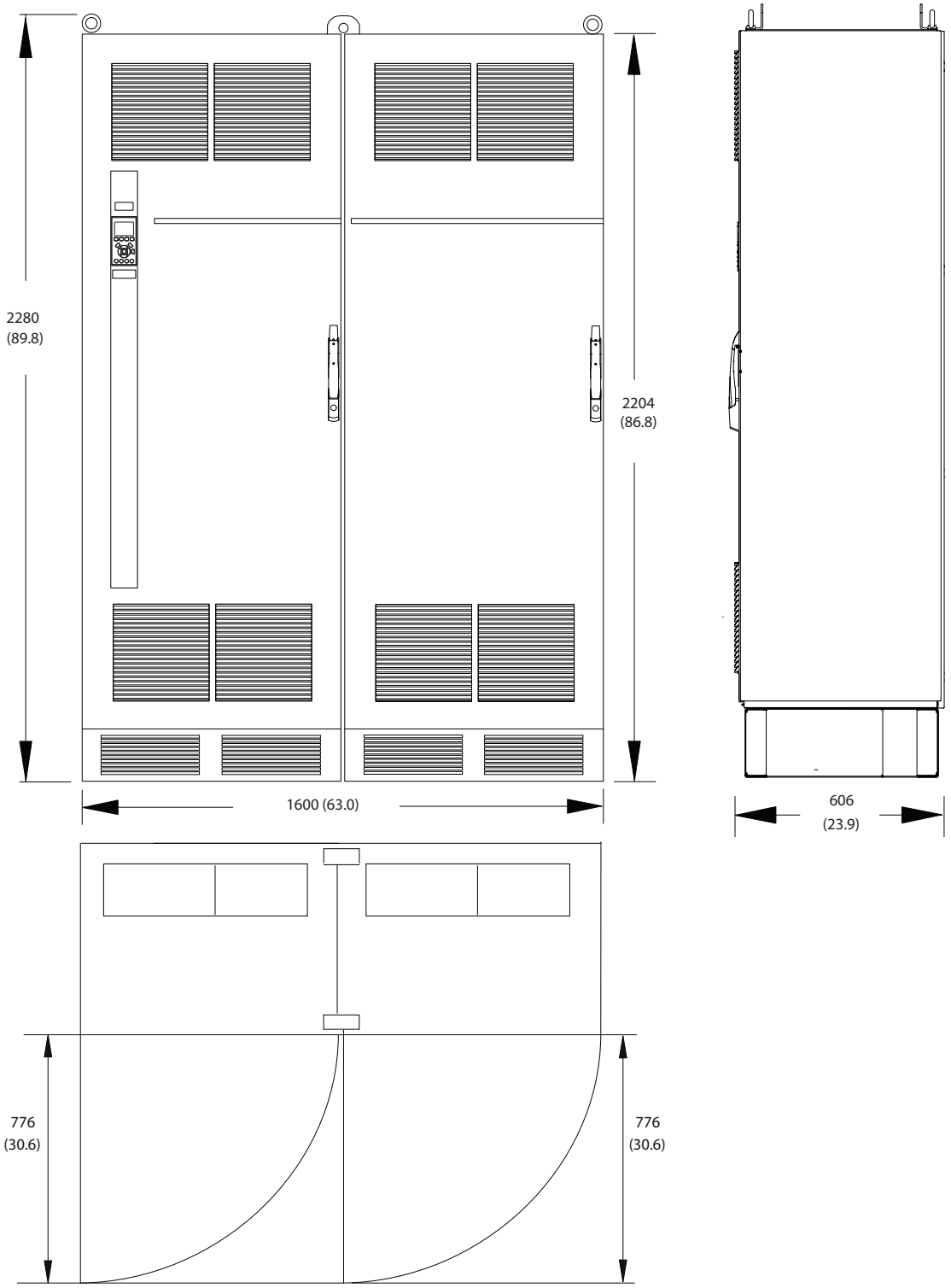
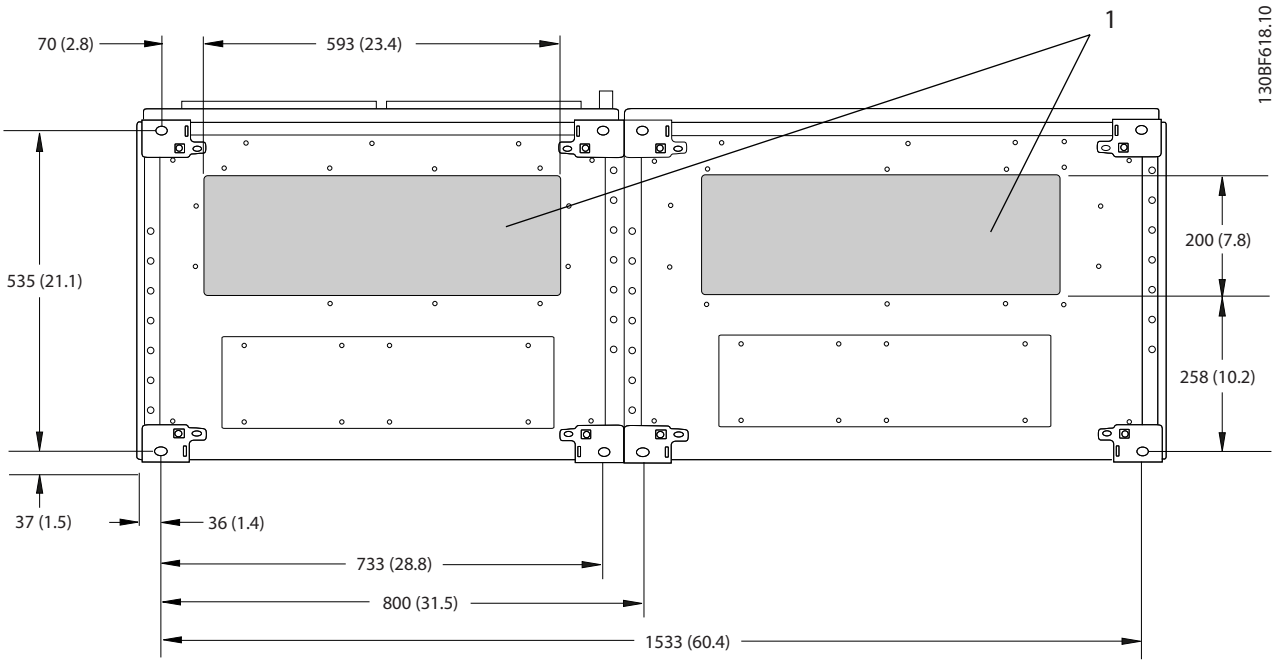


Abbildung 8.66 Abmessungen von Front, Seite und Türabstand bei Baugröße F10

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



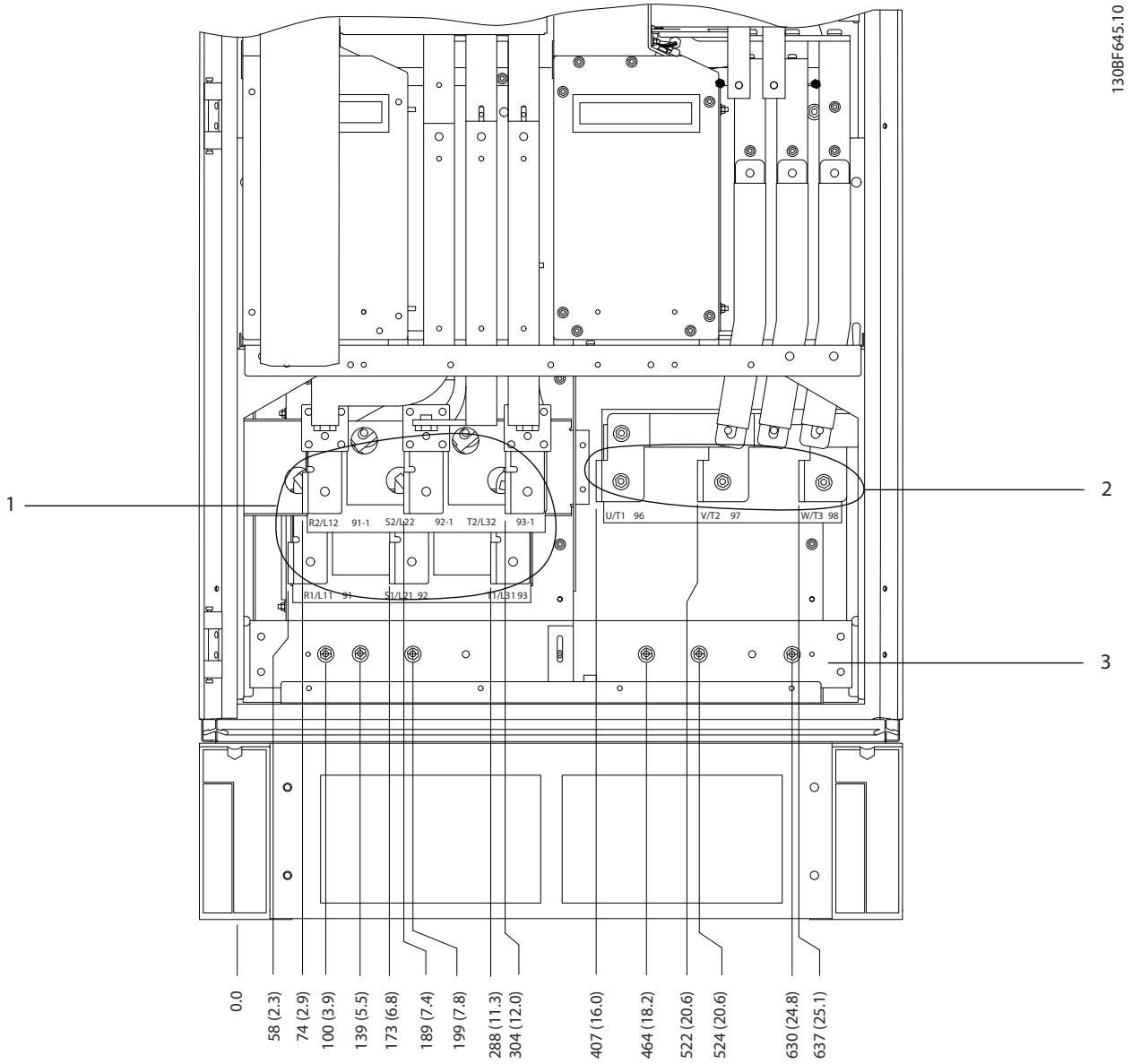
1	Netzseite	2	Motorseite

Abbildung 8.67 Abmessungen der Bodenplatte F10

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

8.9.2 Klemmenabmessungen bei Baugröße F10

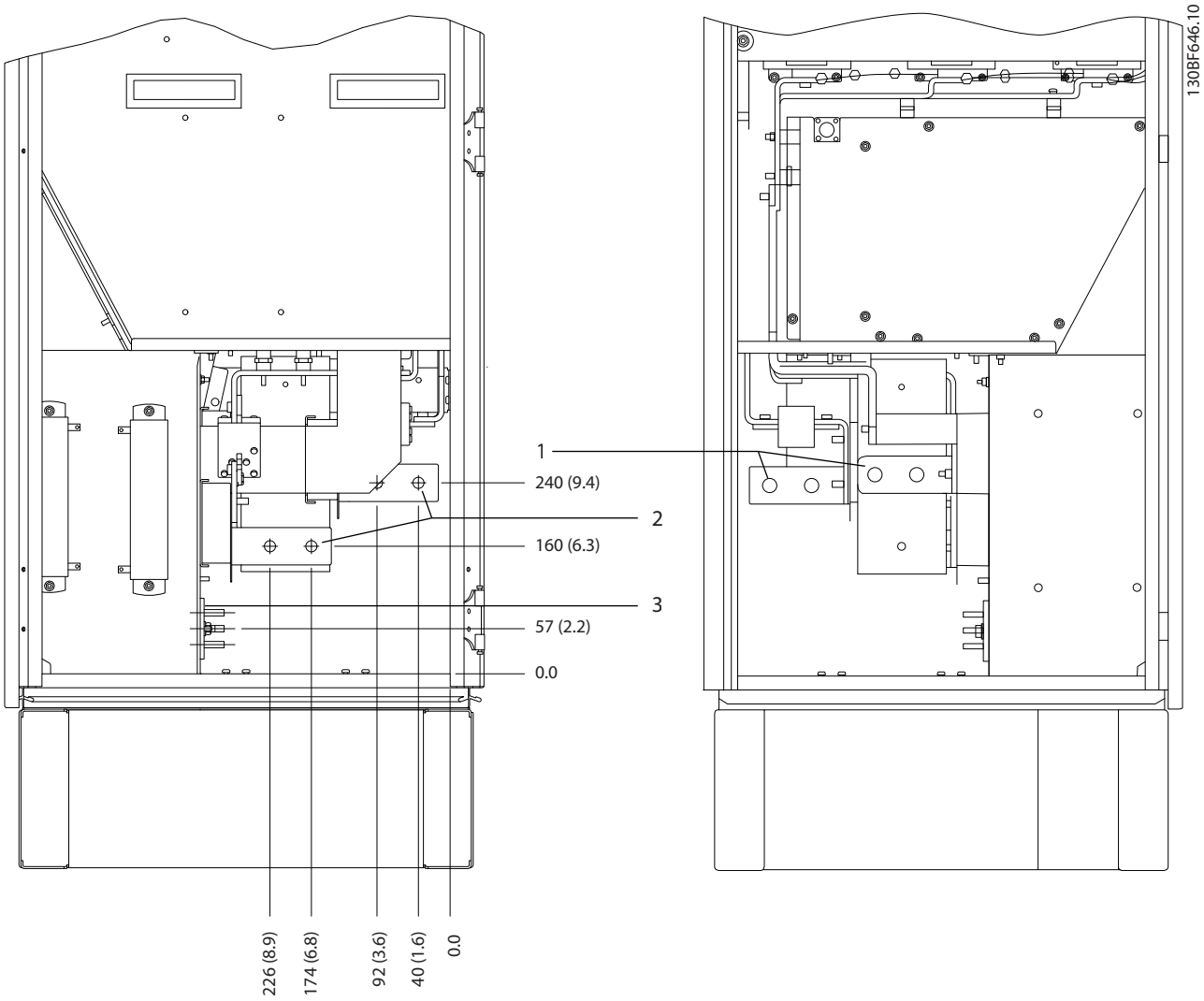
Leistungskabel sind schwer und relativ steif. Wählen Sie zur Vereinfachung der Kabelinstallation die optimale Position des Frequenzumrichters. An jeder Klemme lassen sich bis zu 4 Kabel mit Kabelschuhen oder eine Standard-Lüsterklemme anschließen. Die Erde wird an einen geeigneten Anschlusspunkt im Frequenzumrichter angeschlossen.



1	Netzklemmen	2	Erdungsschiene

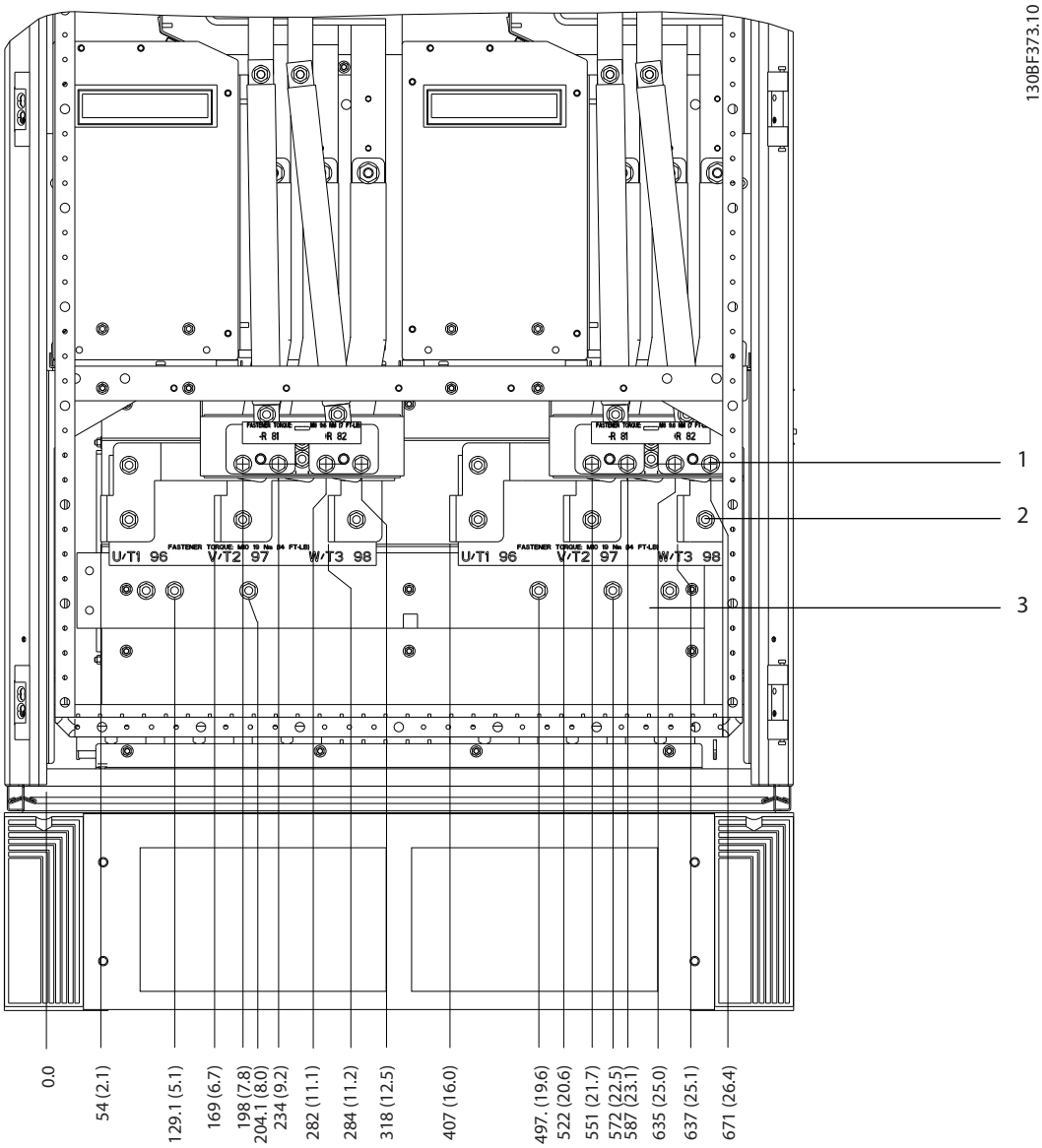
Abbildung 8.68 Klemmenabmessungen des Gleichrichterschranks bei Baugrößen F10-F13, Frontansicht

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	Netzklemmen	2	Erdungsschiene

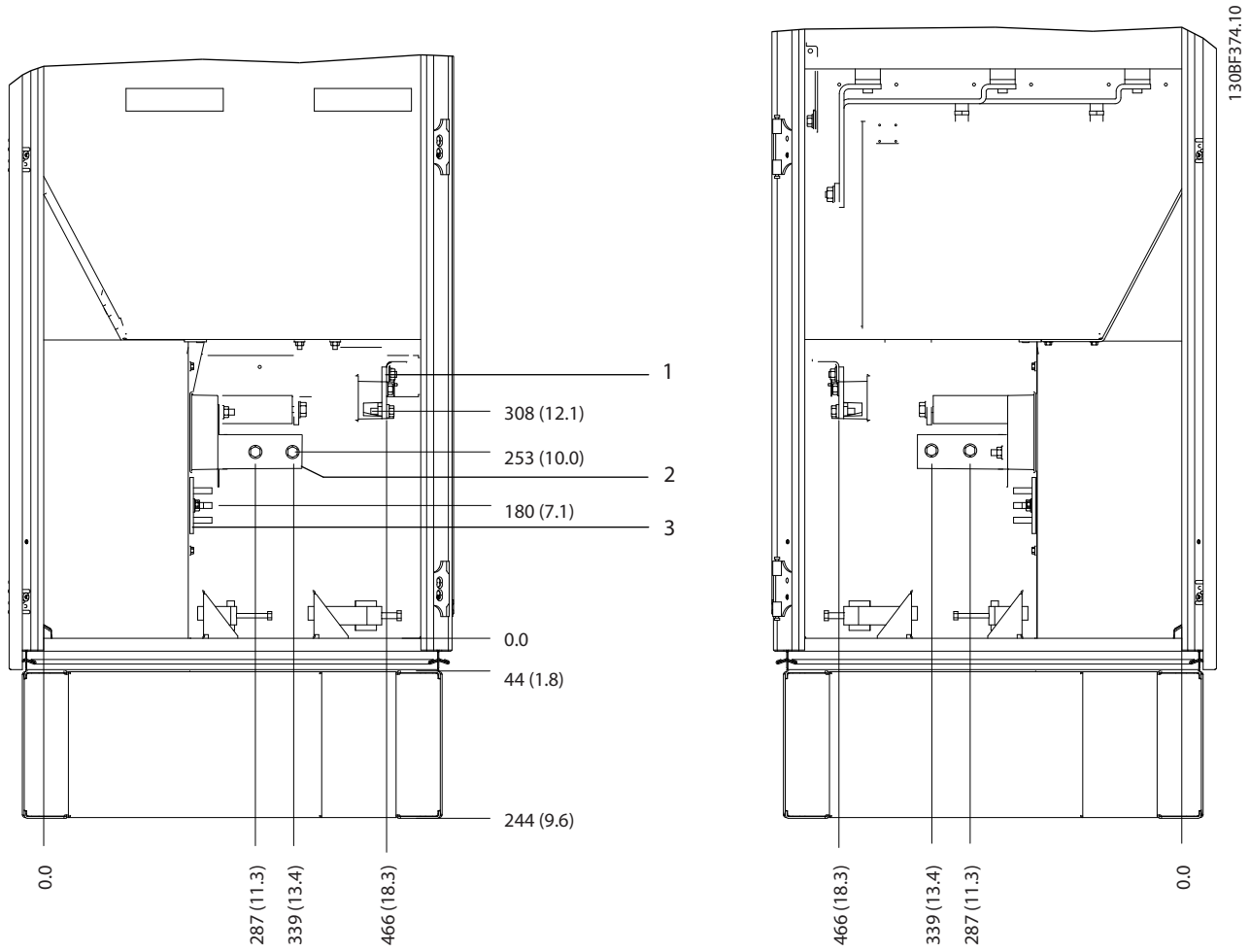
Abbildung 8.69 Klemmenabmessungen des Gleichrichterschranks bei Baugrößen F10-F13, Seitenansicht



1	Bremsklemmen	3	Erdungsschiene
2	Motorklemmen	–	–

Abbildung 8.70 Klemmenabmessungen des Wechselrichterschranks bei Baugrößen F10-F11, Frontansicht

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	Bremsklemmen	3	Erdungsschiene
2	Motorklemmen	–	–

Abbildung 8.71 Klemmenabmessungen des Wechselrichterschranks bei Baugrößen F10-F11, Seitenansicht

8.10 F11 – Außen- und Klemmenabmessungen

8.10.1 Außenabmessungen F11

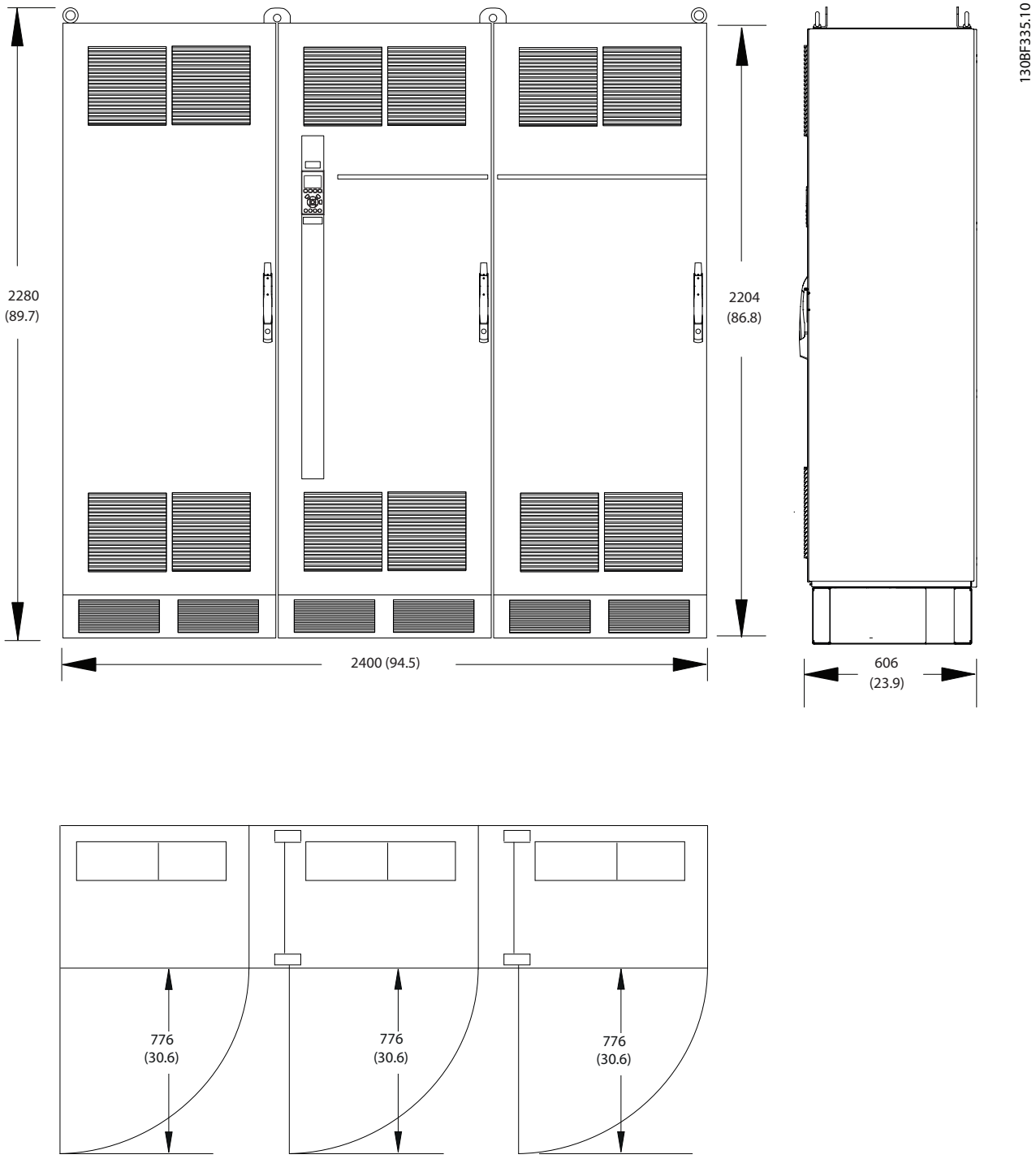
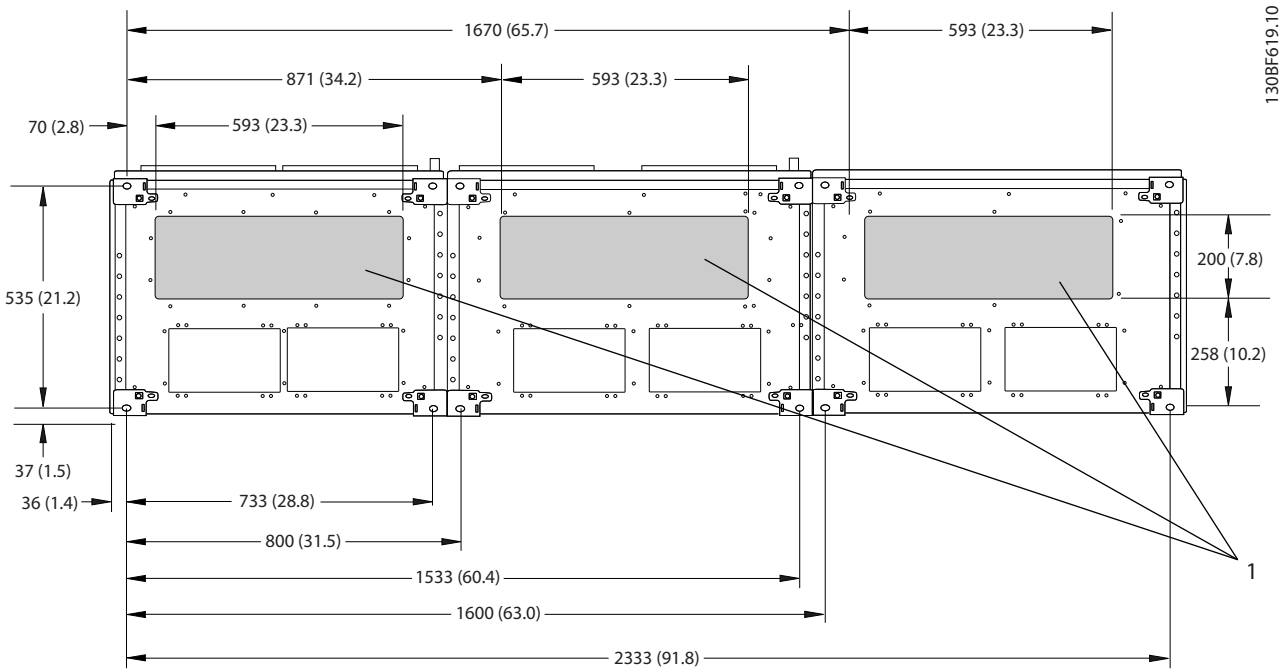


Abbildung 8.72 Abmessungen von Front, Seite und Türabstand bei Baugröße F11

Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

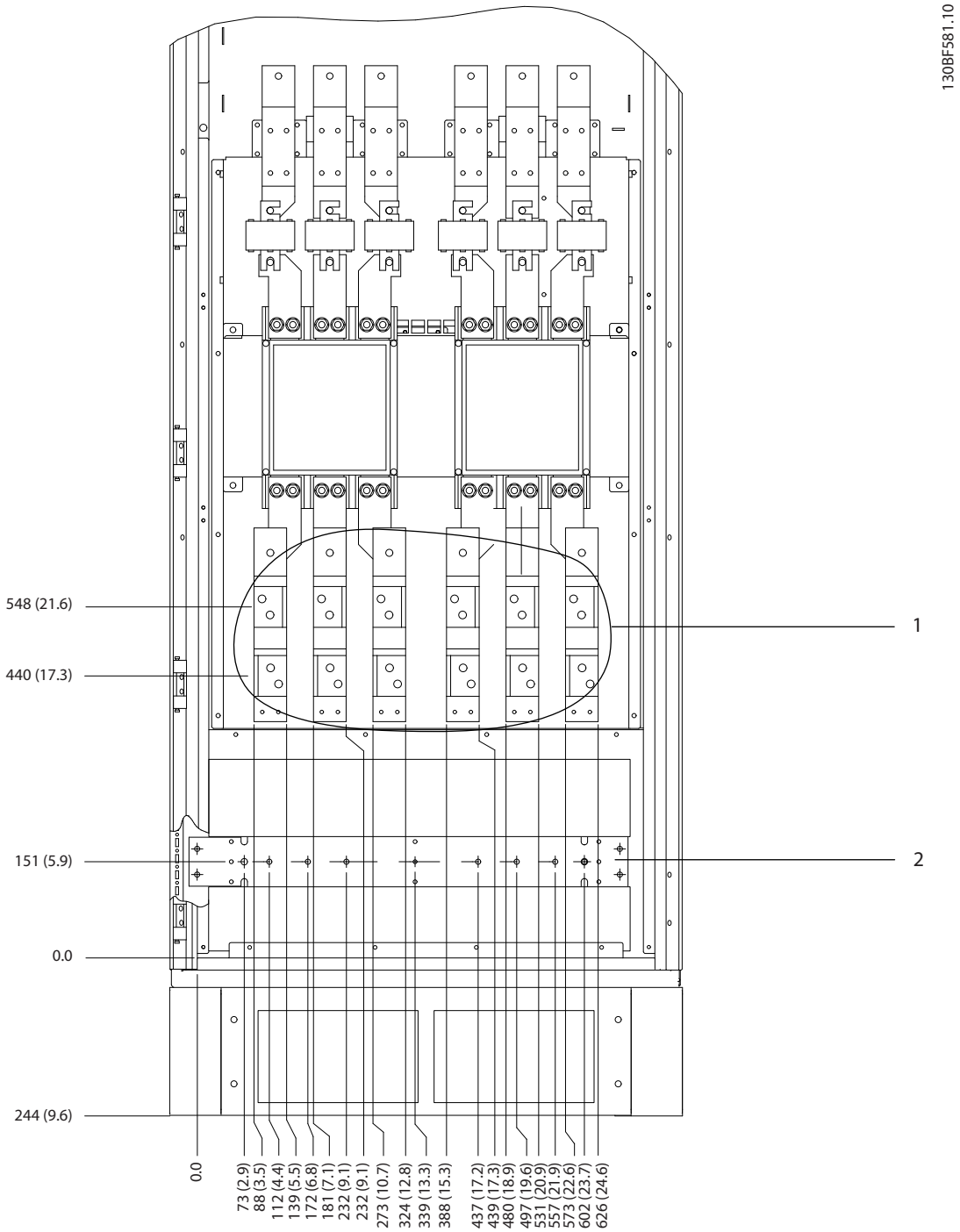


1	Netzseite	2	Motorseite

Abbildung 8.73 Abmessungen der Bodenplatte F11

8.10.2 Klemmenabmessungen bei Baugröße F11

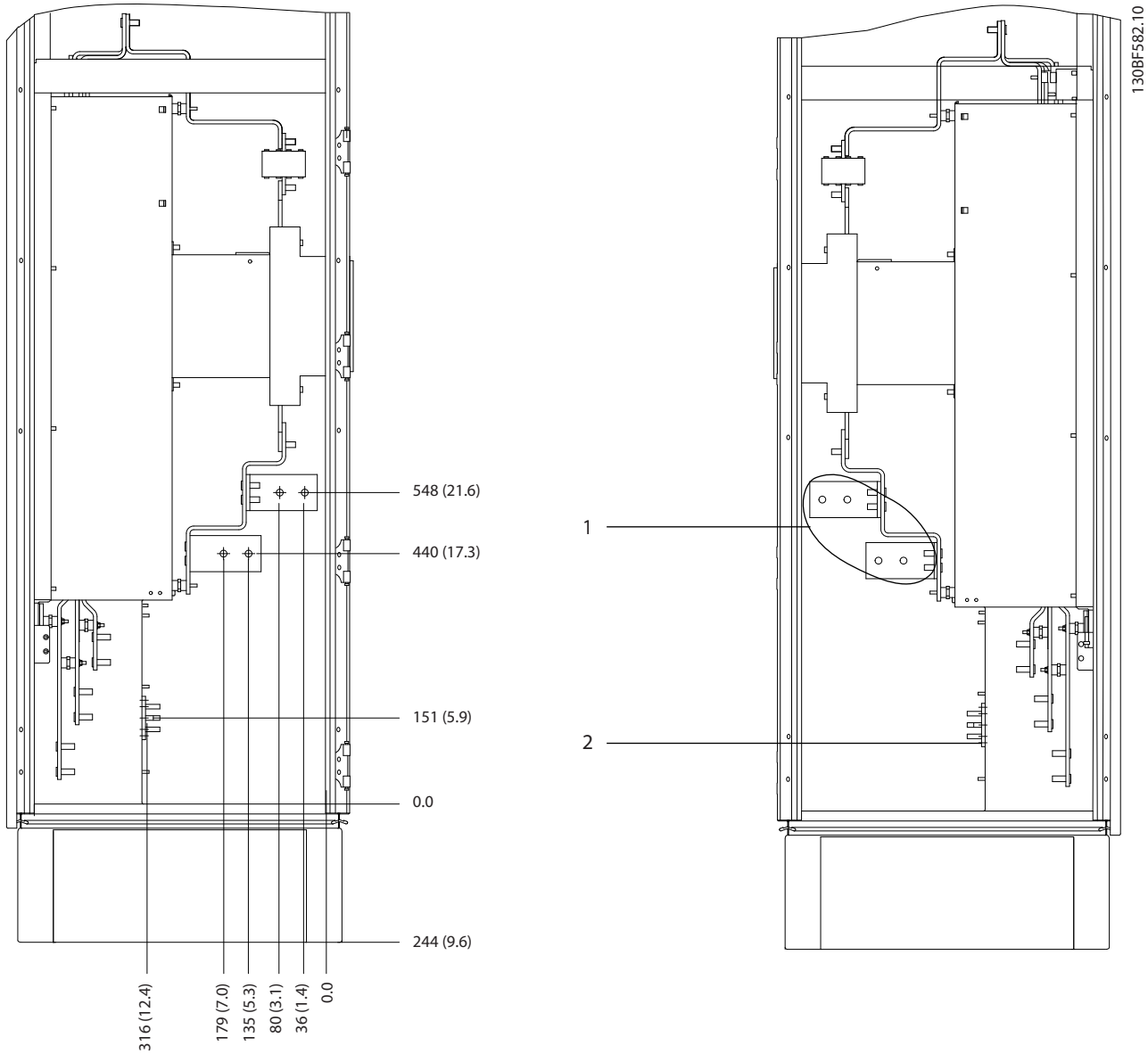
Leistungskabel sind schwer und relativ steif. Wählen Sie zur Vereinfachung der Kabelinstallation die optimale Position des Frequenzumrichters. An jeder Klemme lassen sich bis zu 4 Kabel mit Kabelschuhen oder eine Standard-Lüsterklemme anschließen. Die Erde wird an einen geeigneten Anschlusspunkt im Frequenzumrichter angeschlossen.



1	Netzklemmen	2	Erdungsschiene

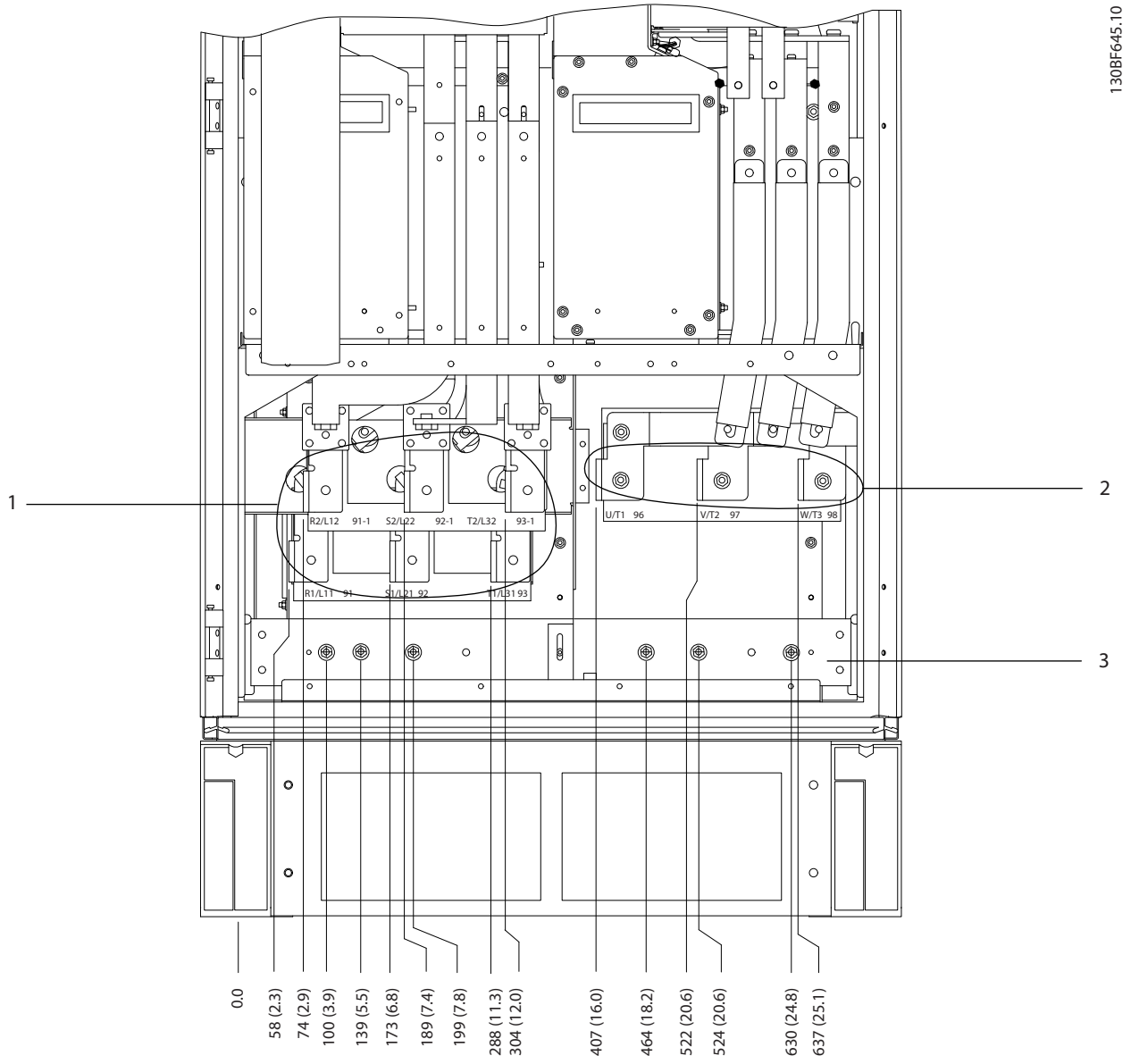
Abbildung 8.74 Klemmenabmessungen des Optionsschranks bei Baugrößen F11/F13, Frontansicht

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	Netzklemmen	2	Erdungsschiene

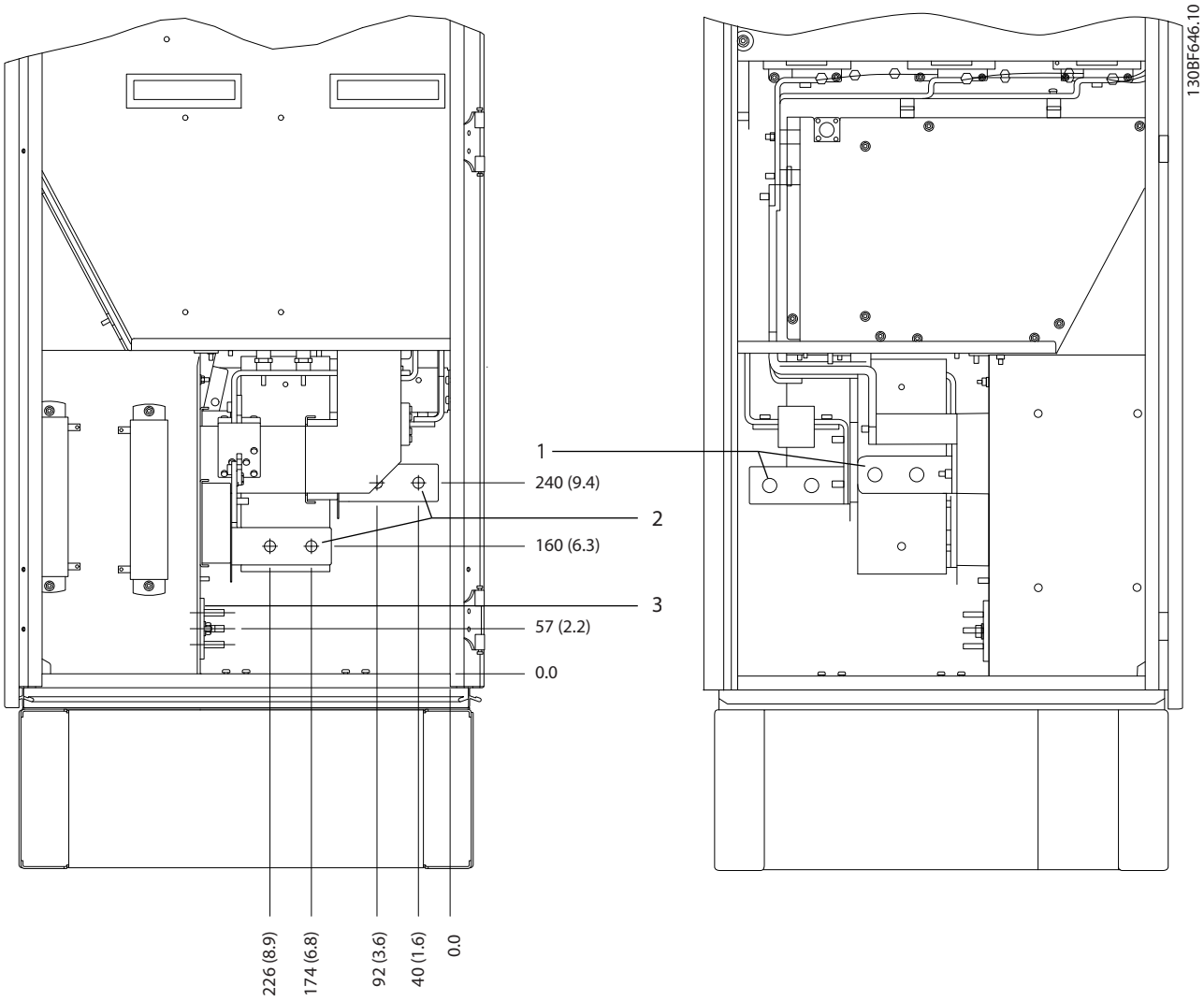
Abbildung 8.75 Klemmenabmessungen des Optionsschranks bei Baugrößen F11/F13, Seitenansicht



1	Netzklemmen	2	Erdungsschiene

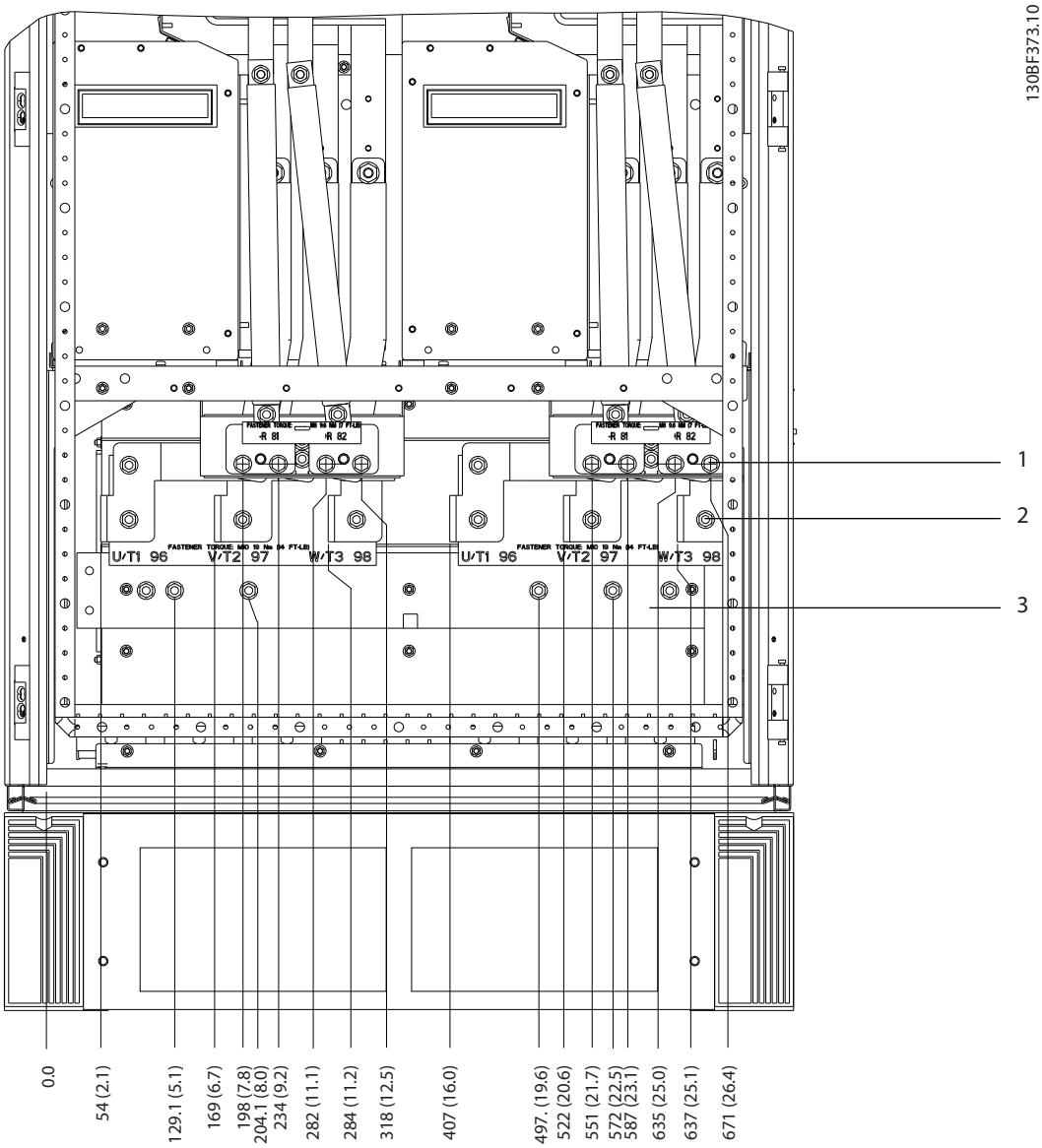
Abbildung 8.76 Klemmenabmessungen des Gleichrichterschranks bei Baugrößen F10-F13, Frontansicht

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	Netzklemmen	2	Erdungsschiene

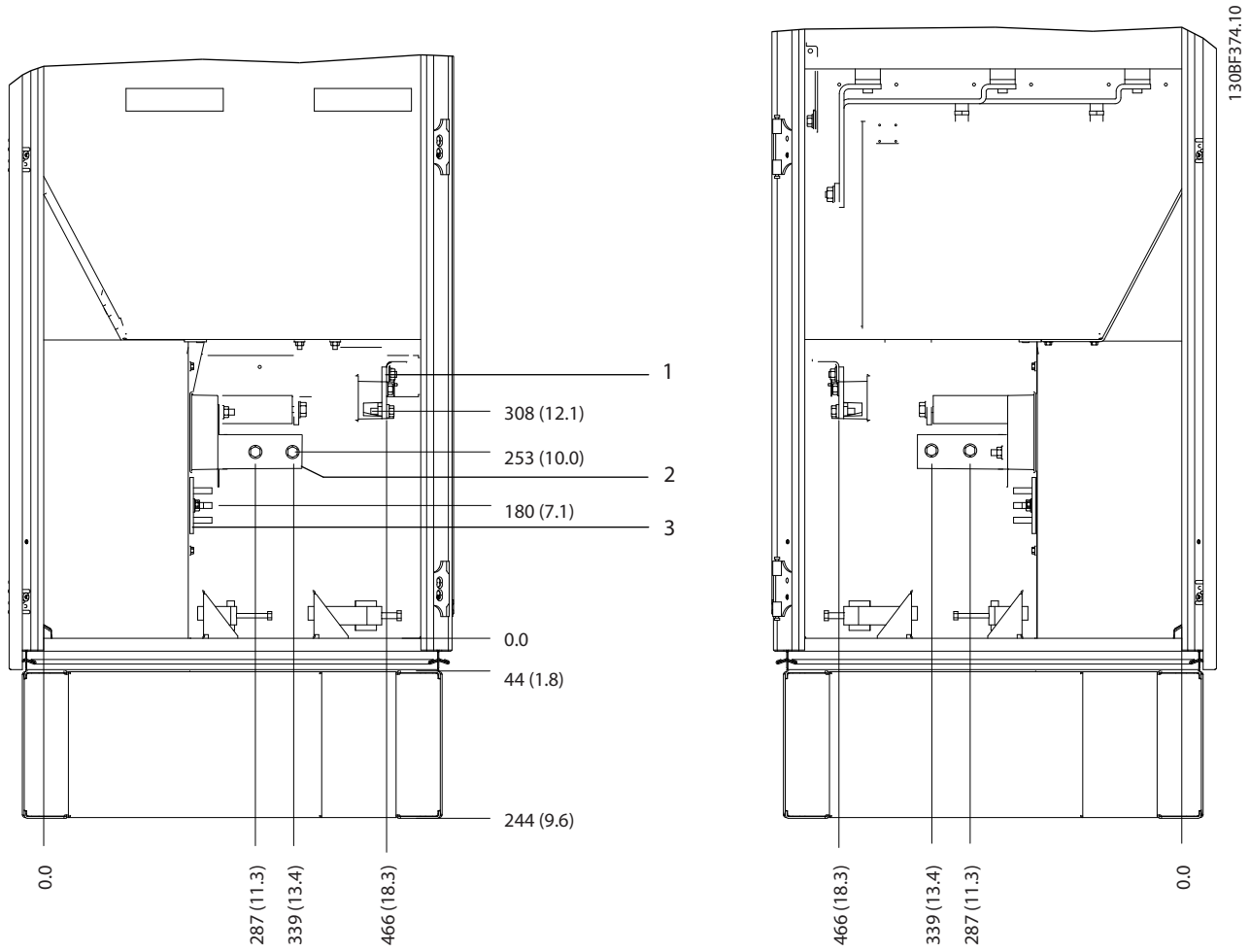
Abbildung 8.77 Klemmenabmessungen des Gleichrichterschranks bei Baugrößen F10-F13, Seitenansicht



1	Bremsklemmen	3	Erdungsschiene
2	Motorklemmen	–	–

Abbildung 8.78 Klemmenabmessungen des Wechselrichterschranks bei Baugrößen F10-F11, Frontansicht

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	Bremsklemmen	3	Erdungsschiene
2	Motorklemmen	–	–

Abbildung 8.79 Klemmenabmessungen des Wechselrichterschranks bei Baugrößen F10-F11, Seitenansicht

8.11 F12 – Außen- und Klemmenabmessungen

8.11.1 Außenabmessungen F12

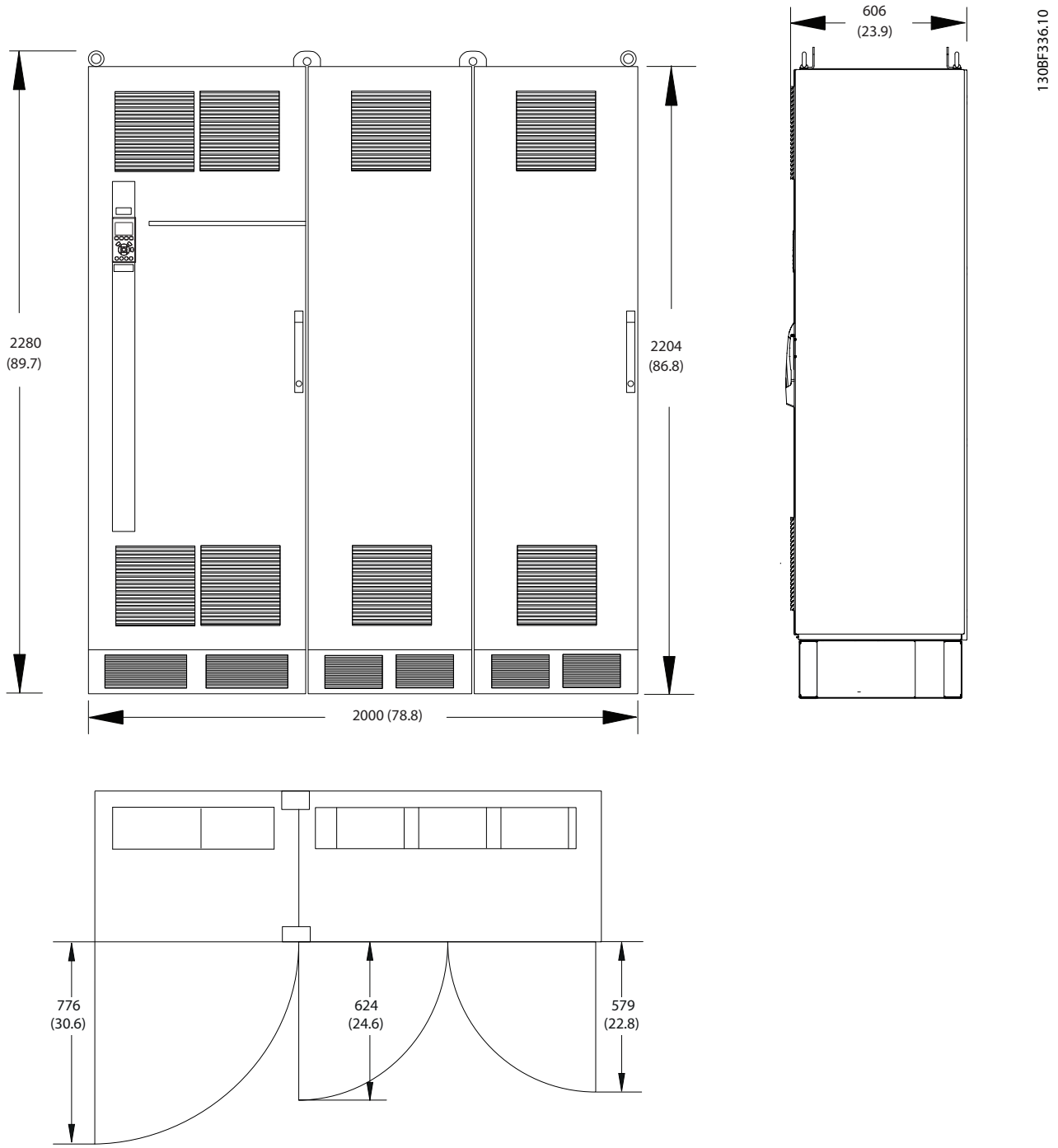
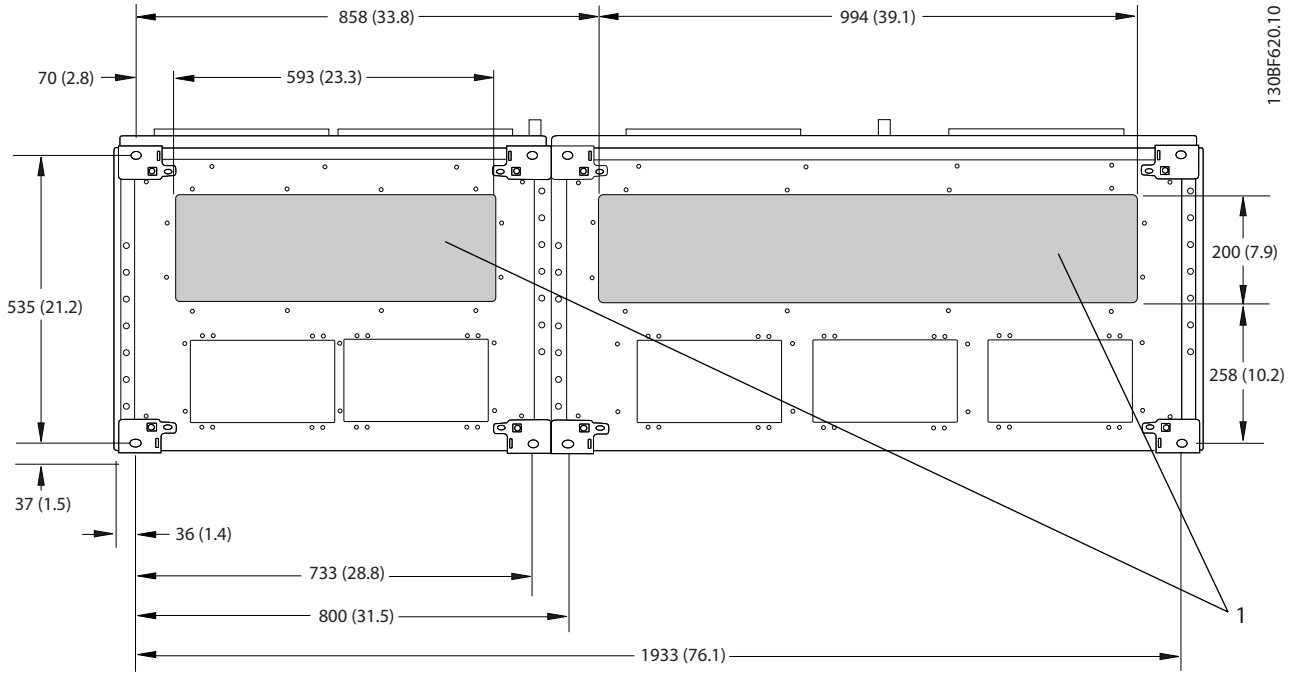


Abbildung 8.80 Abmessungen von Front, Seite und Türabstand bei Baugröße F12

Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



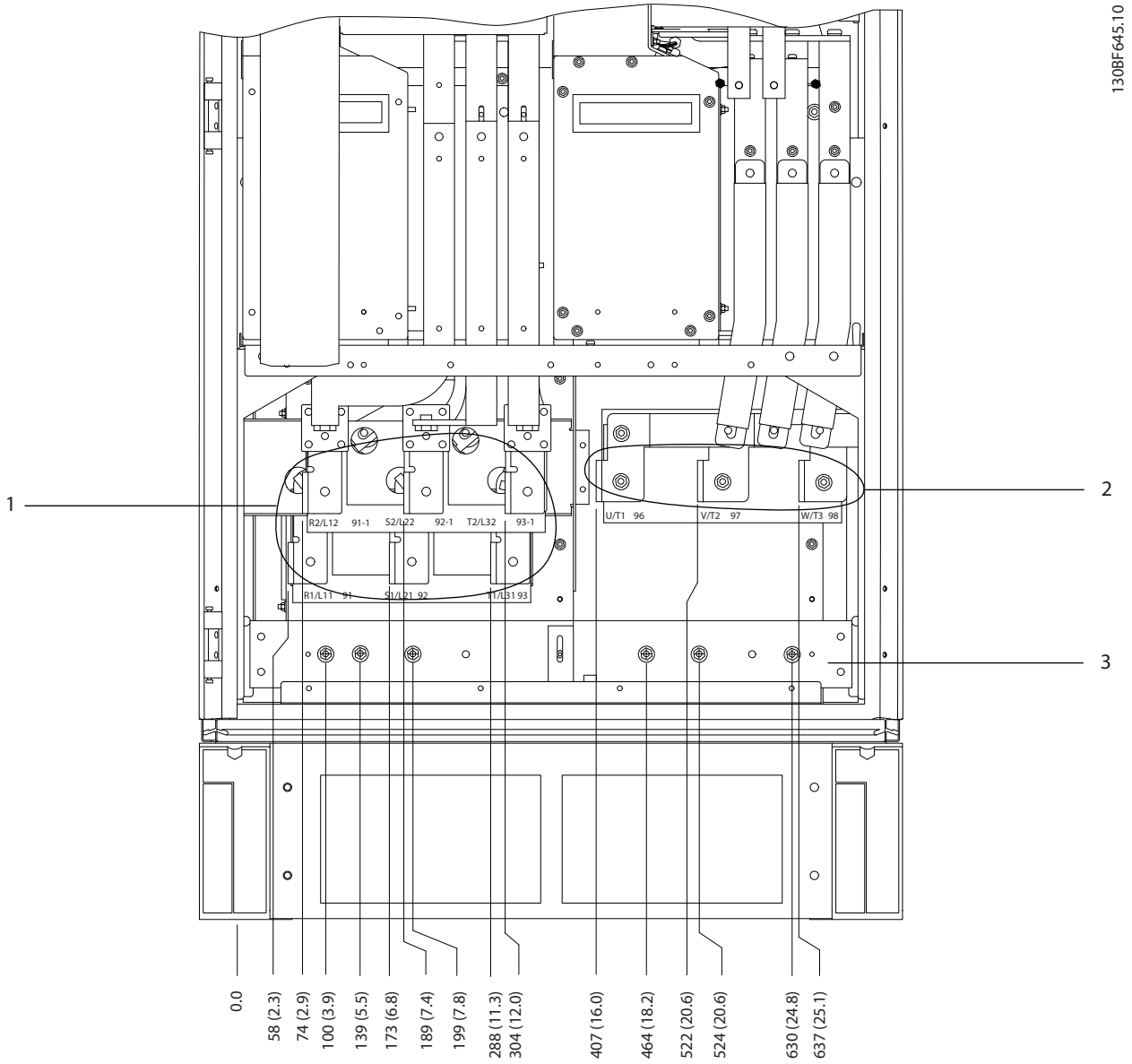
1	Netzseite	2	Motorseite

Abbildung 8.81 Abmessungen der Bodenplatte F12

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

8.11.2 Klemmenabmessungen bei Baugröße F12

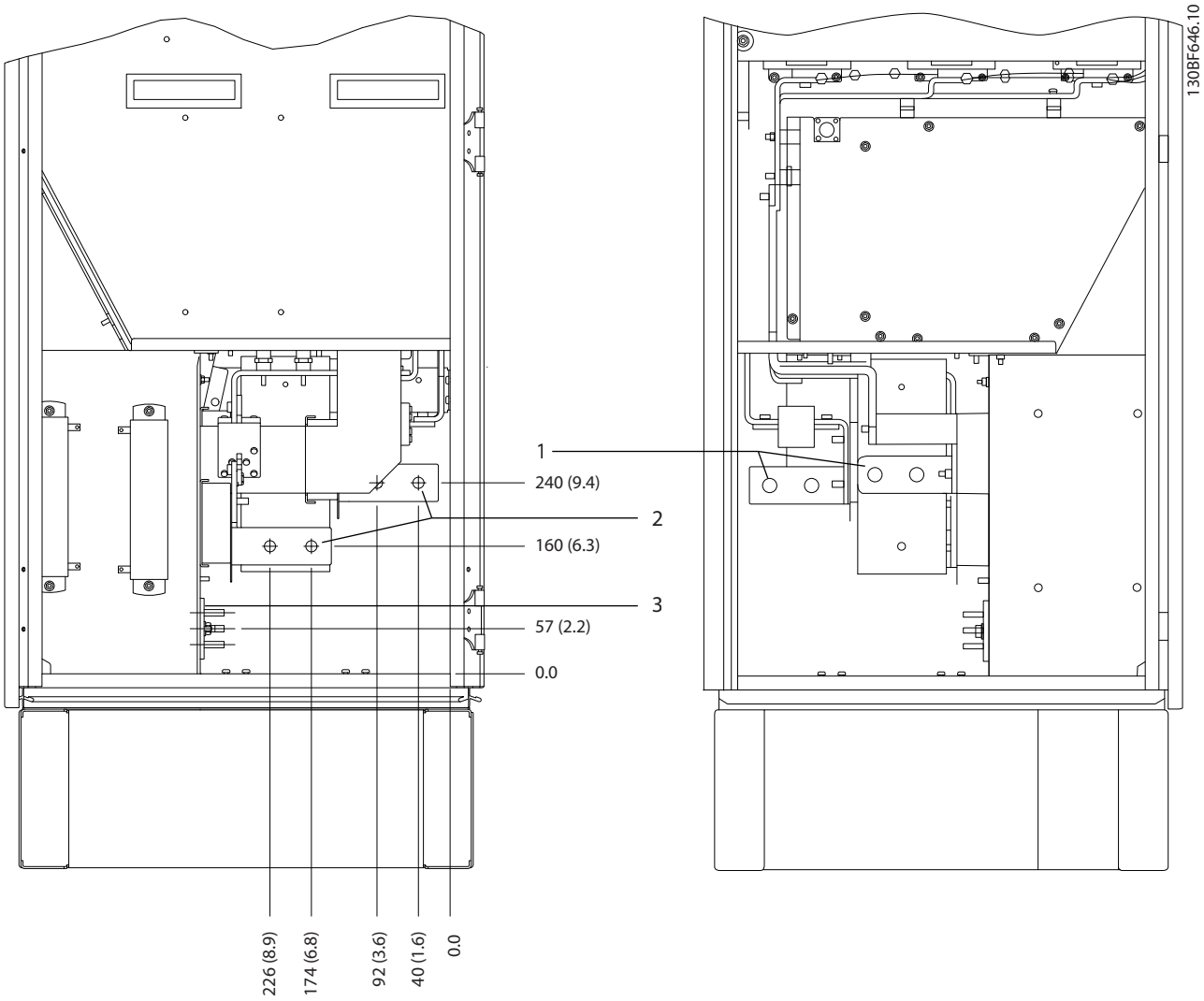
Leistungskabel sind schwer und relativ steif. Wählen Sie zur Vereinfachung der Kabelinstallation die optimale Position des Frequenzumrichters. An jeder Klemme lassen sich bis zu 4 Kabel mit Kabelschuhen oder eine Standard-Lüsterklemme anschließen. Die Erde wird an einen geeigneten Anschlusspunkt im Frequenzumrichter angeschlossen.



1	Netzklemmen	2	Erdungsschiene

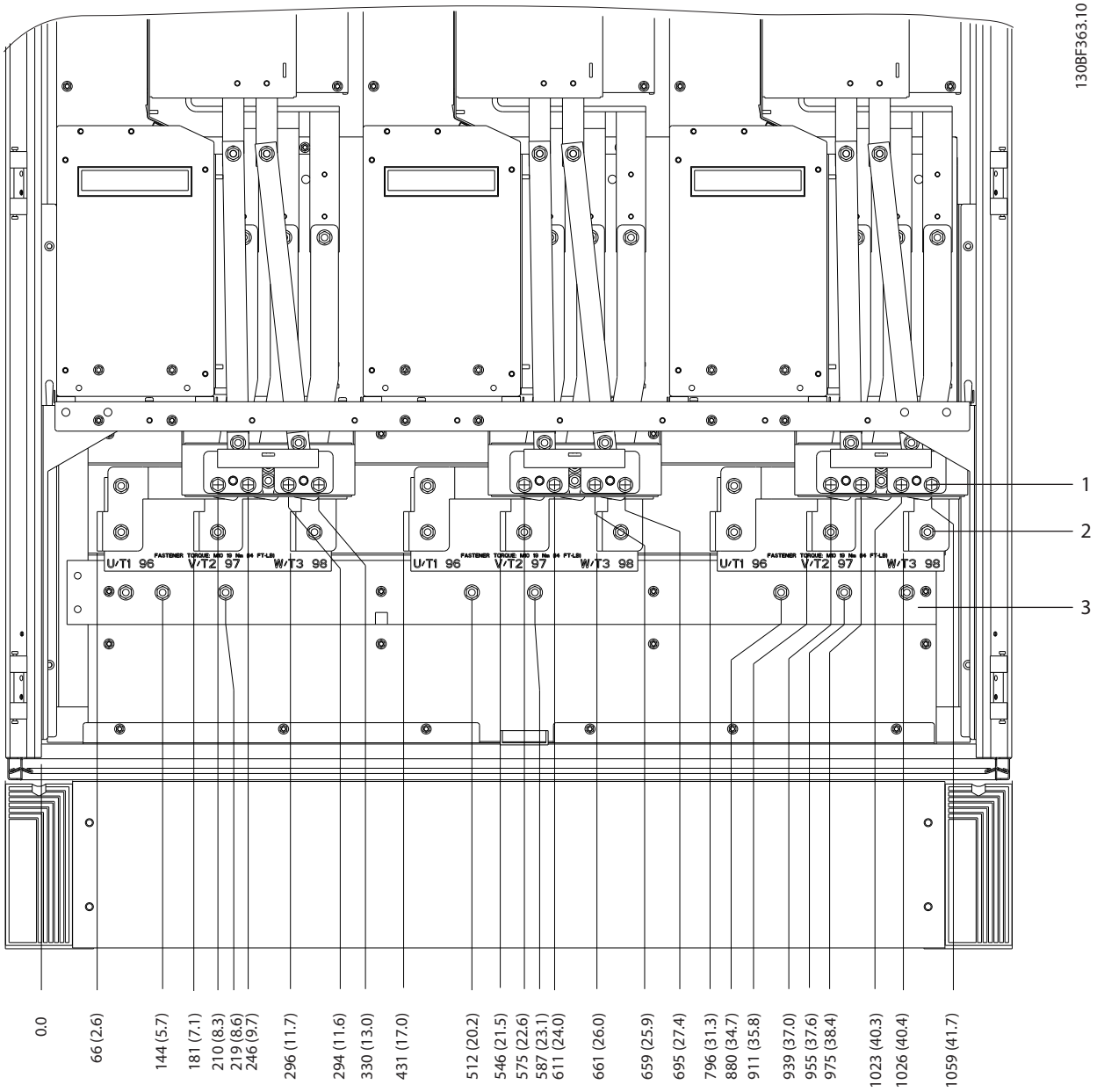
Abbildung 8.82 Klemmenabmessungen des Gleichrichterschranks bei Baugrößen F10-F13, Frontansicht

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	Netzklemmen	2	Erdungsschiene

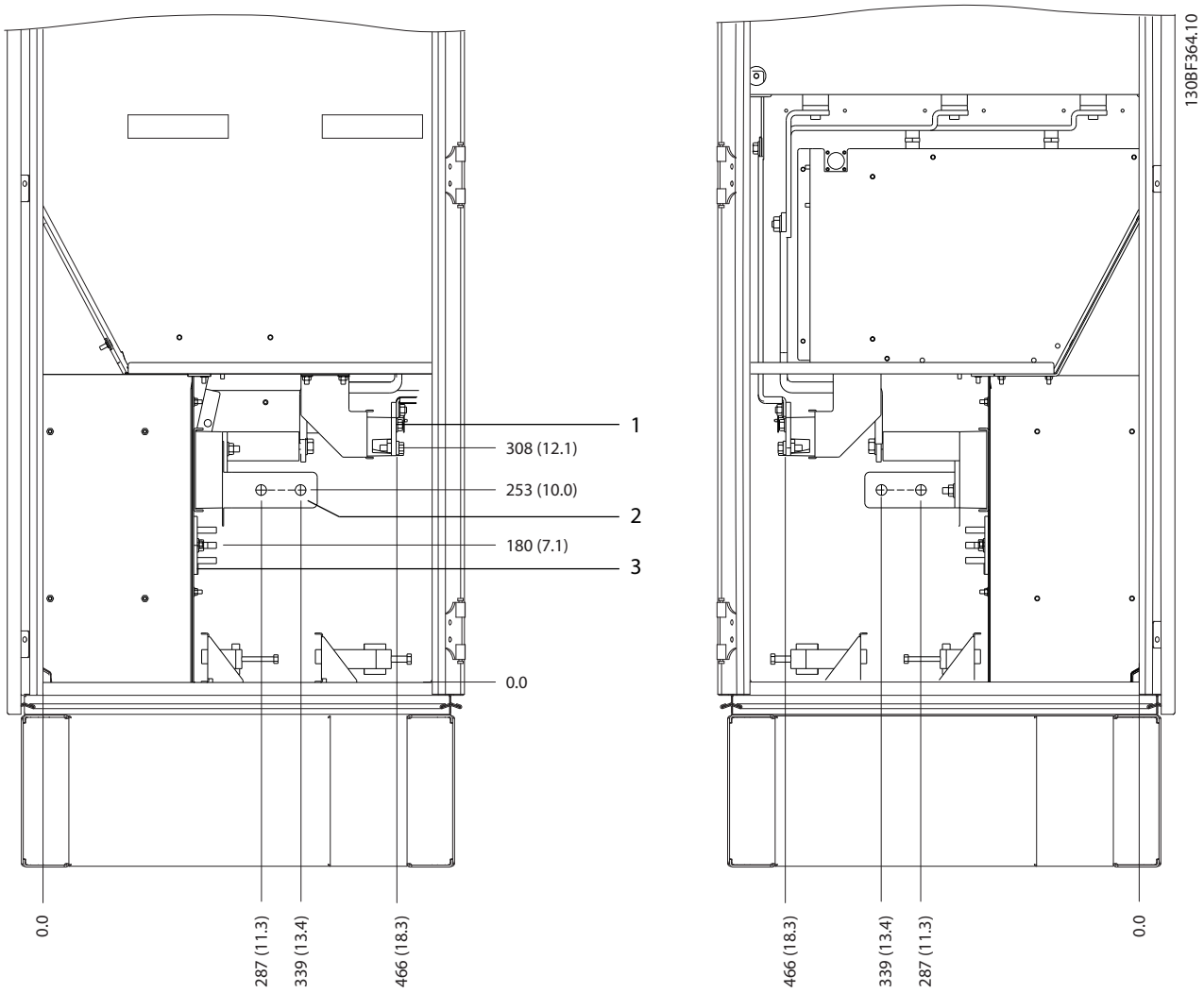
Abbildung 8.83 Klemmenabmessungen des Gleichrichterschranks bei Baugrößen F10-F13, Seitenansicht



1	Bremsklemmen	3	Erdungsschiene
2	Motorklemmen	–	–

Abbildung 8.84 Klemmenabmessungen des Wechselrichterschranks bei Baugrößen F12-F13, Frontansicht

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	Bremsklemmen	3	Erdungsschiene
2	Motorklemmen	–	–

Abbildung 8.85 Klemmenabmessungen des Wechselrichterschranks bei Baugrößen F12-F13, Seitenansicht

8.12 F13 – Außen- und Klemmenabmessungen

8.12.1 Außenabmessungen F13

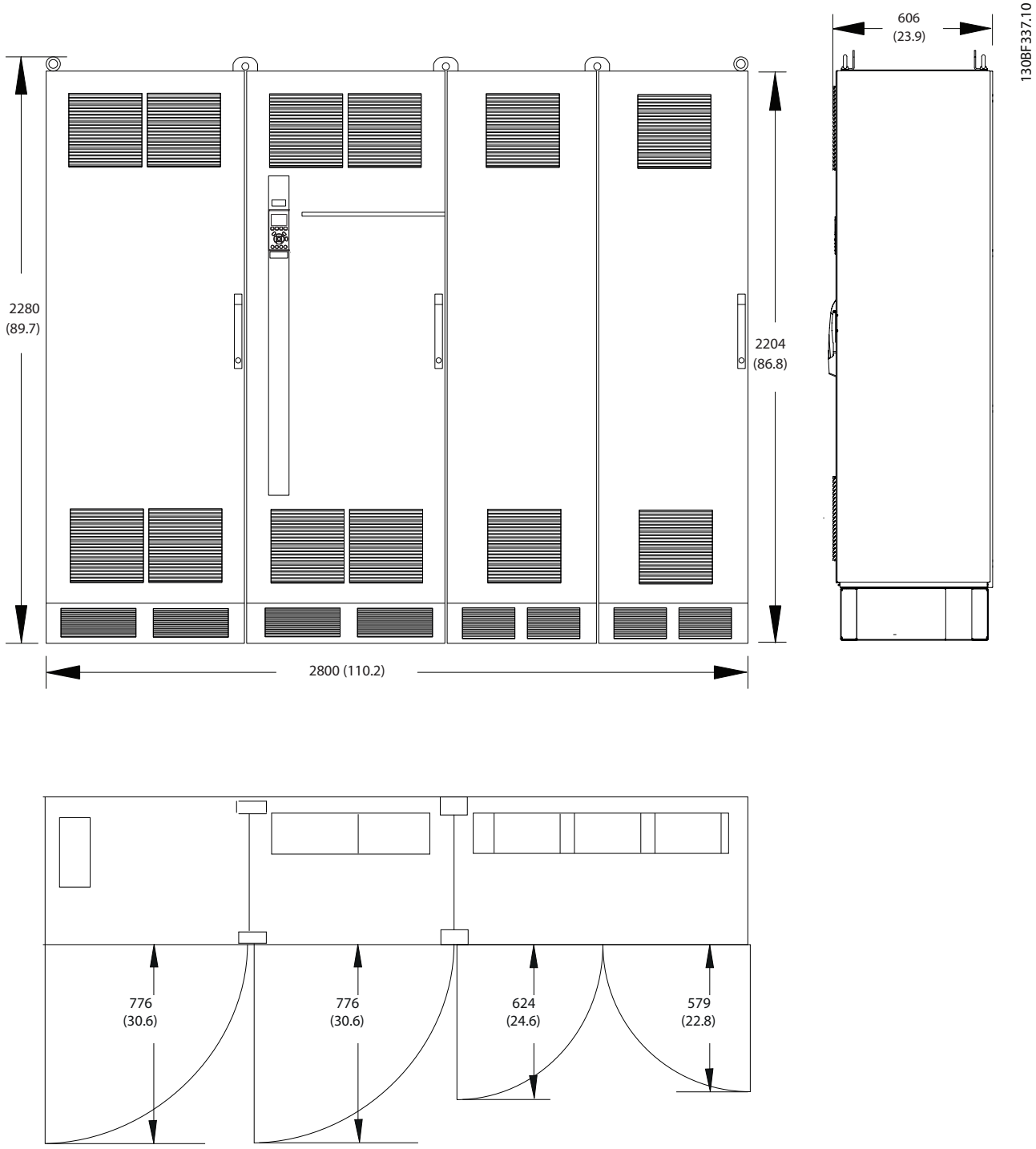
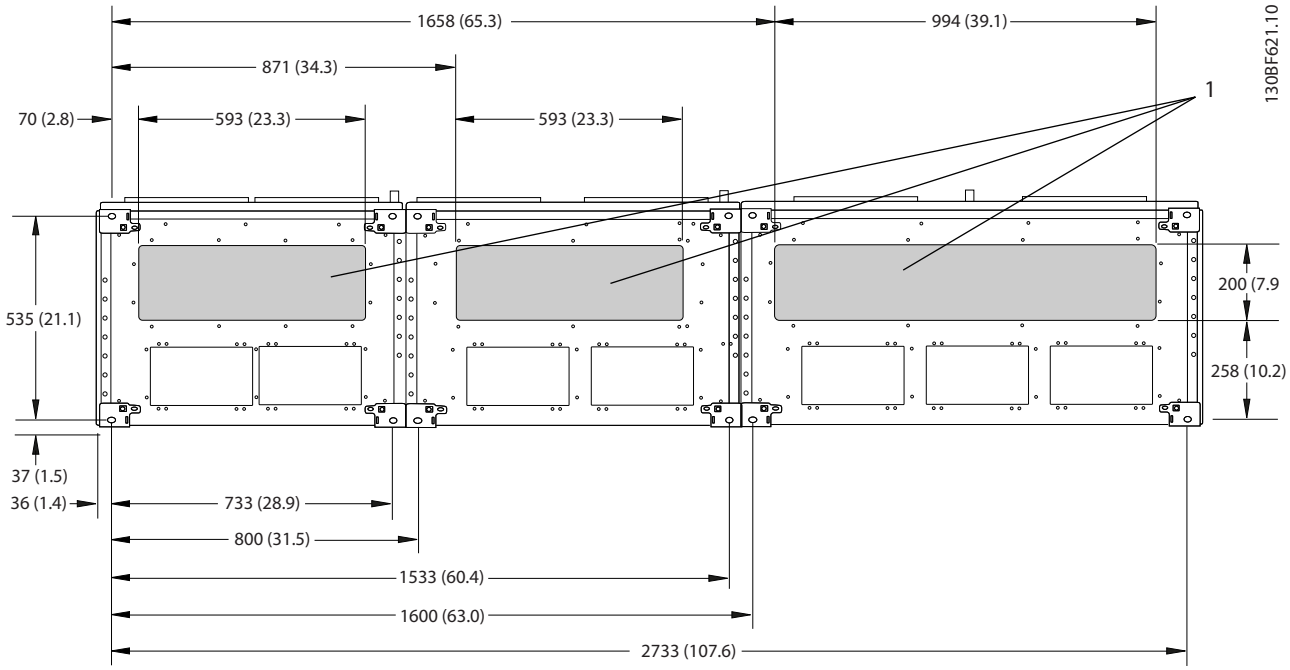


Abbildung 8.86 Abmessungen von Front, Seite und Türabstand bei Baugröße F13

Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

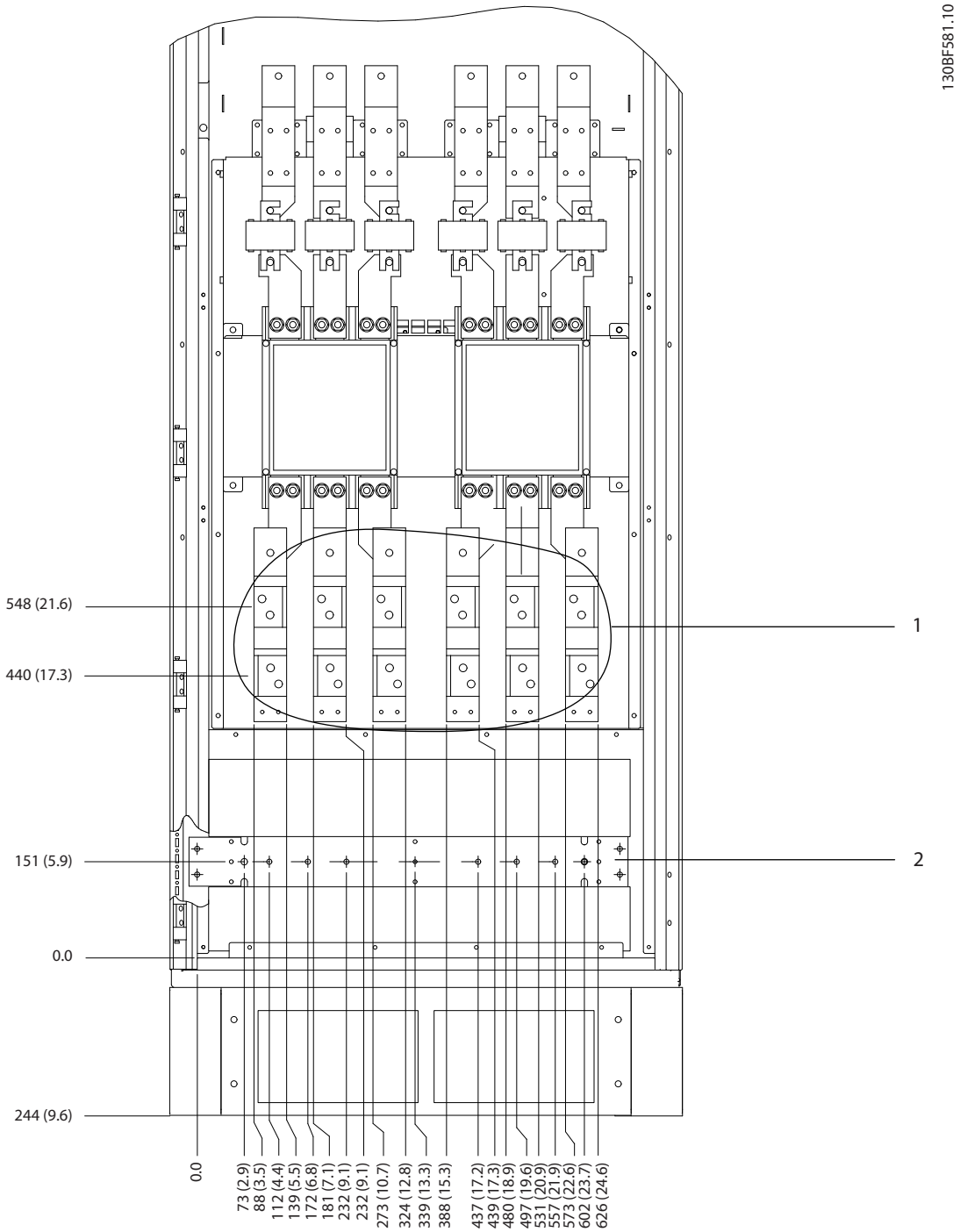


1	Netzseite	2	Motorseite

Abbildung 8.87 Abmessungen der Bodenplatte F13

8.12.2 Klemmenabmessungen bei Baugröße F13

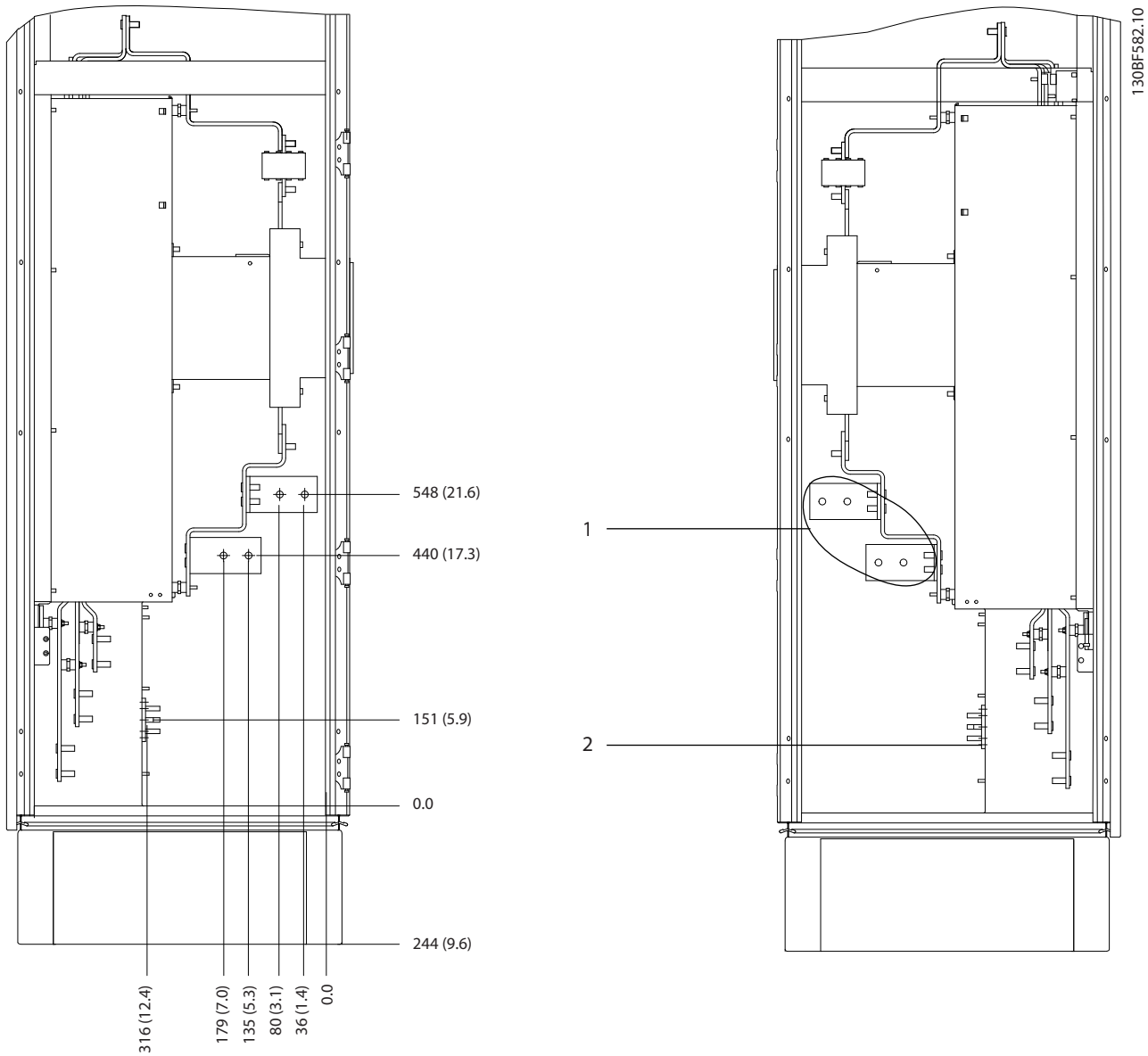
Leistungskabel sind schwer und relativ steif. Wählen Sie zur Vereinfachung der Kabelinstallation die optimale Position des Frequenzumrichters. An jeder Klemme lassen sich bis zu 4 Kabel mit Kabelschuhen oder eine Standard-Lüsterklemme anschließen. Die Erde wird an einen geeigneten Anschlusspunkt im Frequenzumrichter angeschlossen.



1	Netzklemmen	2	Erdungsschiene

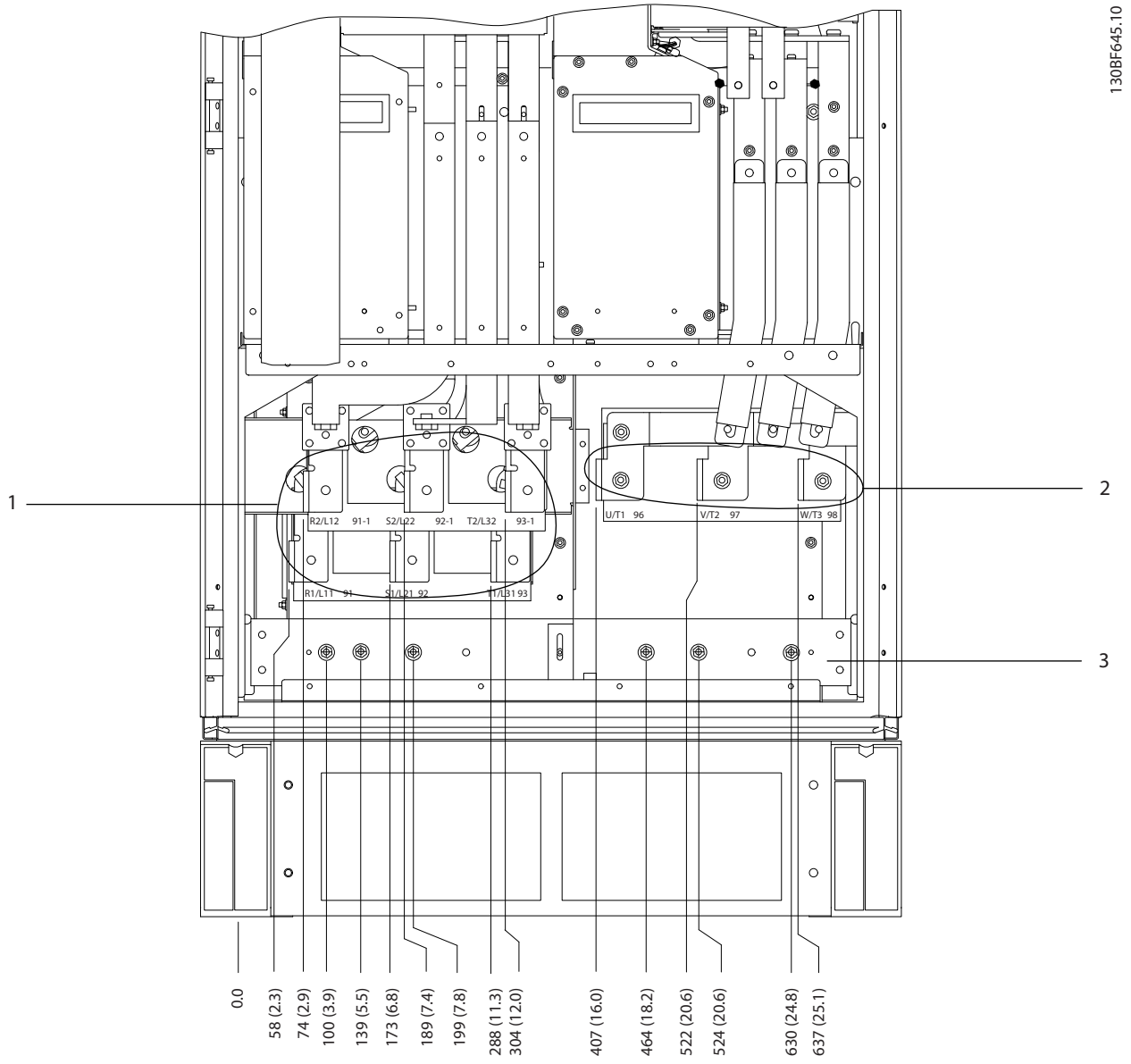
Abbildung 8.88 Klemmenabmessungen des Optionsschranks bei Baugrößen F11/F13, Frontansicht

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	Netzklemmen	2	Erdungsschiene

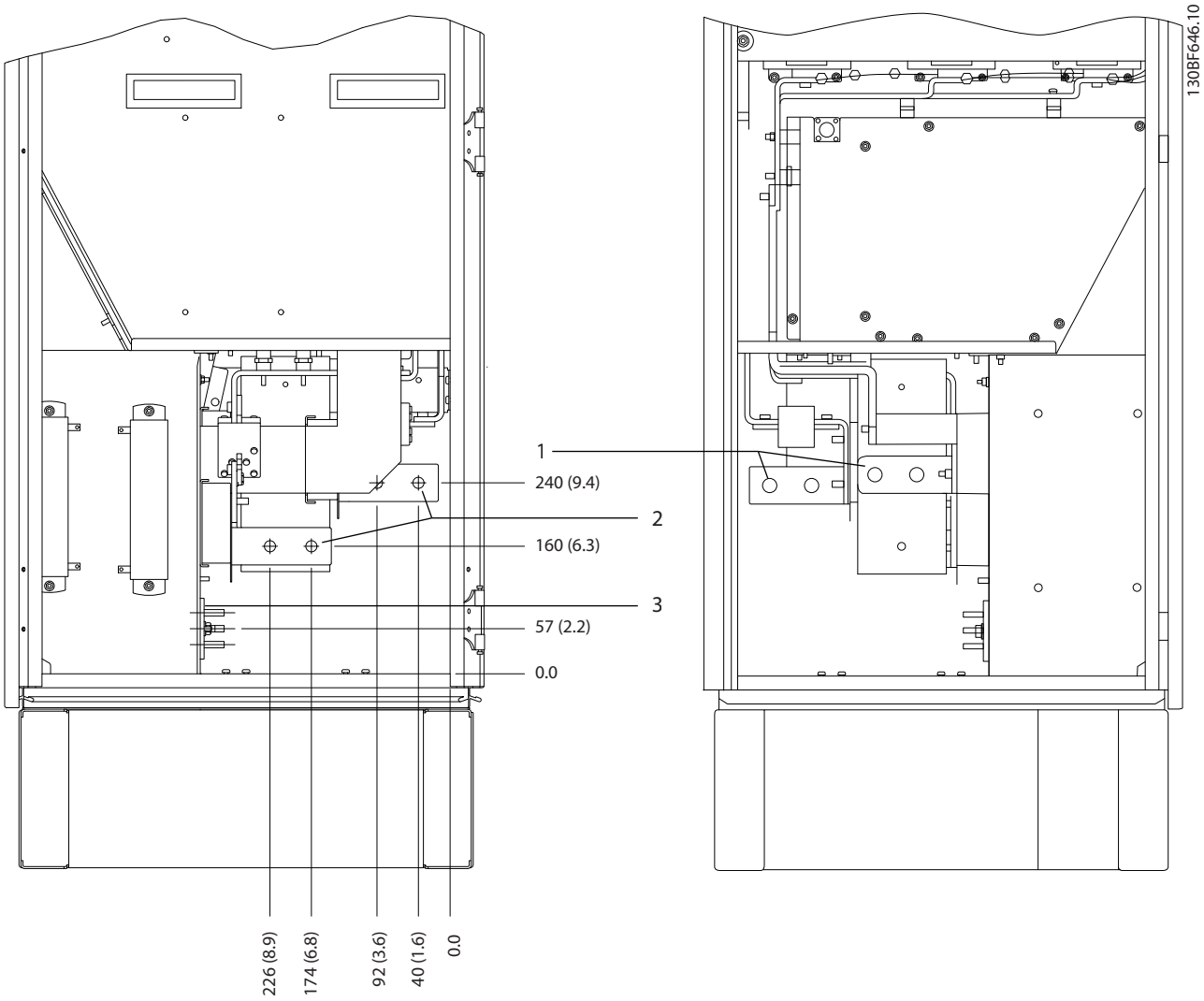
Abbildung 8.89 Klemmenabmessungen des Optionsschranks bei Baugrößen F11/F13, Seitenansicht



1	Netzklemmen	2	Erdungsschiene

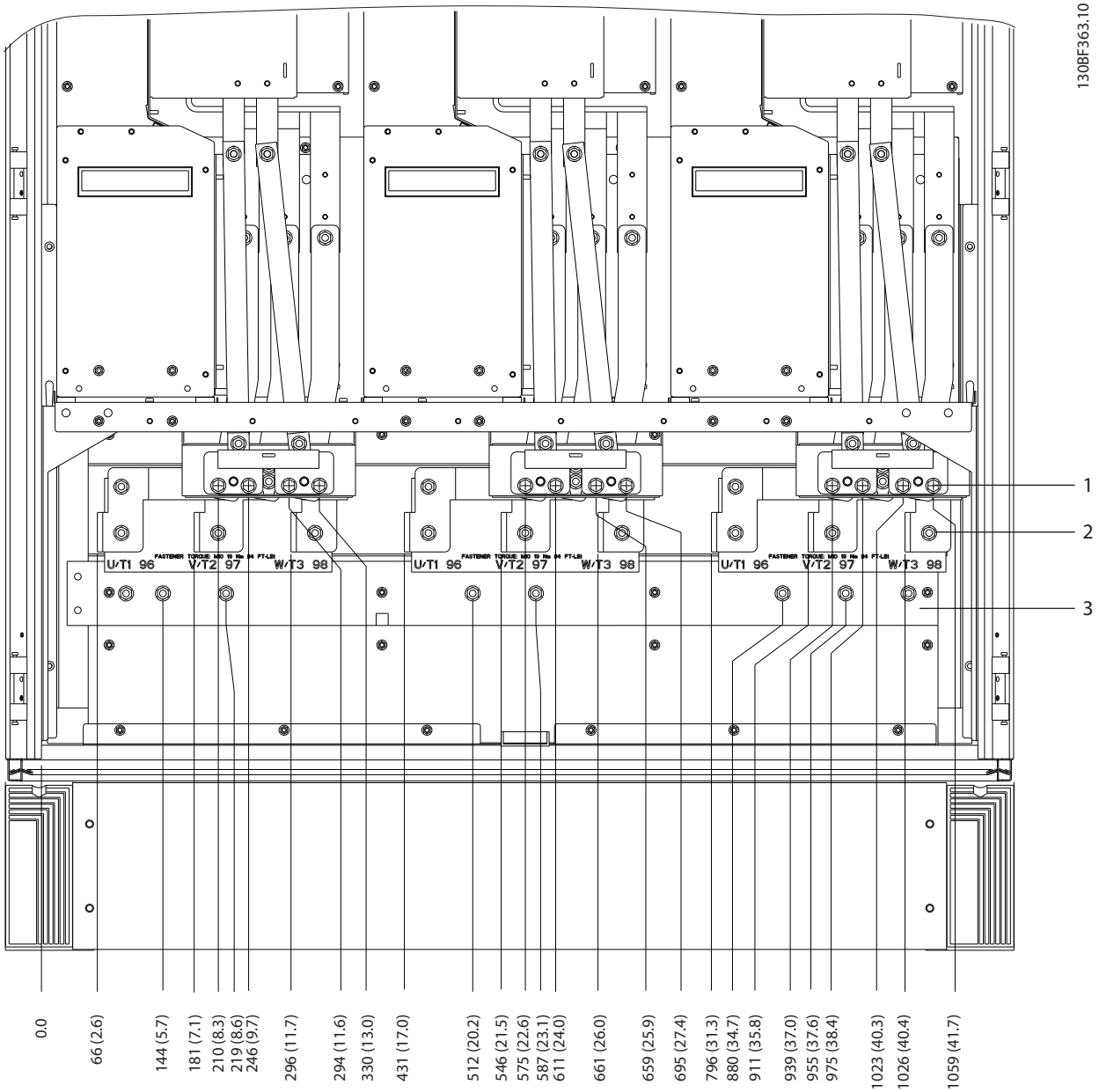
Abbildung 8.90 Klemmenabmessungen des Gleichrichterschranks bei Baugrößen F10-F13, Frontansicht

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	Netzklemmen	2	Erdungsschiene

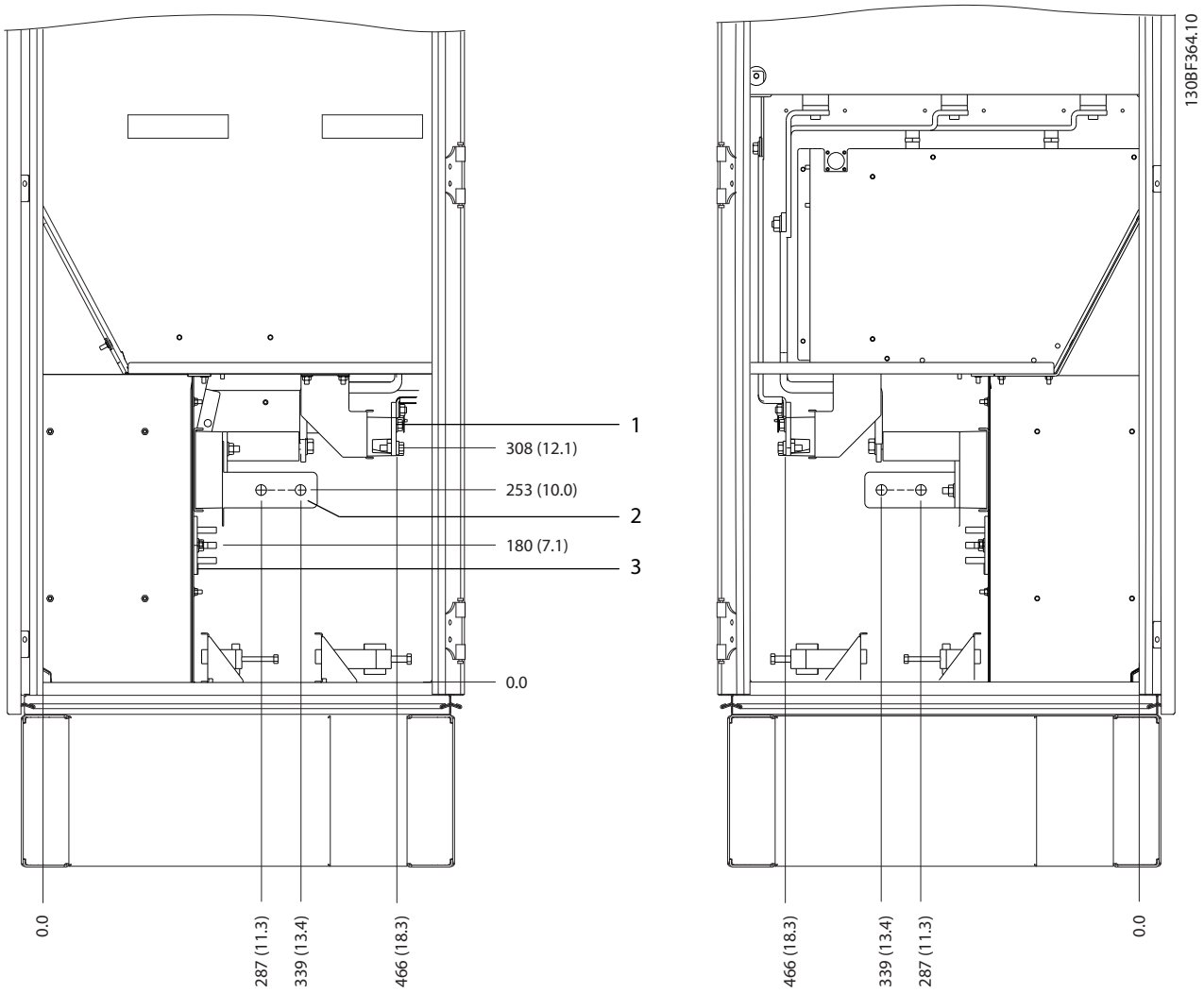
Abbildung 8.91 Klemmenabmessungen des Gleichrichterschranks bei Baugrößen F10-F13, Seitenansicht



1	Bremsklemmen	3	Erdungsschiene
2	Motorklemmen	–	–

Abbildung 8.92 Klemmenabmessungen des Wechselrichterschranks bei Baugrößen F12-F13, Frontansicht

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	Bremsklemmen	3	Erdungsschiene
2	Motorklemmen	–	–

Abbildung 8.93 Klemmenabmessungen des Wechselrichterschranks bei Baugrößen F12-F13, Seitenansicht

9 Allgemeine Hinweise zur mechanischen Installation

9.1 Lagerung

Lagern Sie den Frequenzumrichter an einem trockenen Ort. Es wird empfohlen, das Gerät bis zur Installation verschlossen in der Verpackung zu belassen. Hinweise zur empfohlenen Umgebungstemperatur finden Sie in *Kapitel 7.5.1 Umgebungsbedingungen*.

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

9.2 Anheben der Einheit

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

⚠WARNUNG

VERLETZUNGS- BZW. LEBENSGEFAHR

Beachten Sie die geltenden Sicherheitsvorschriften für das Heben schwerer Gewichte. Das Nichtbeachten der Empfehlungen und der lokalen Sicherheitsvorschriften kann 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°.**

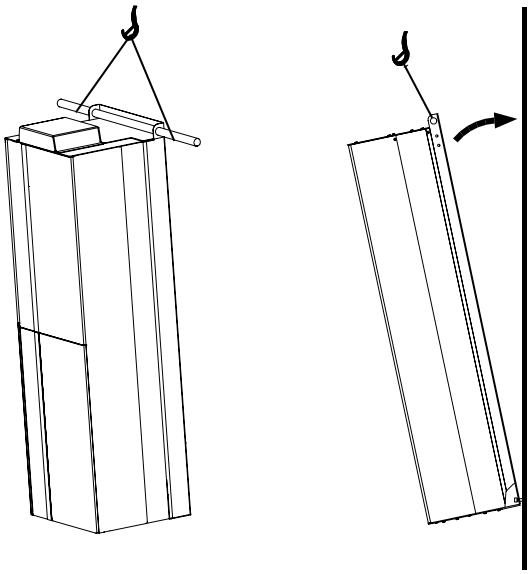


Abbildung 9.1 Empfohlenes Hebeverfahren für Baugrößen E1-E2

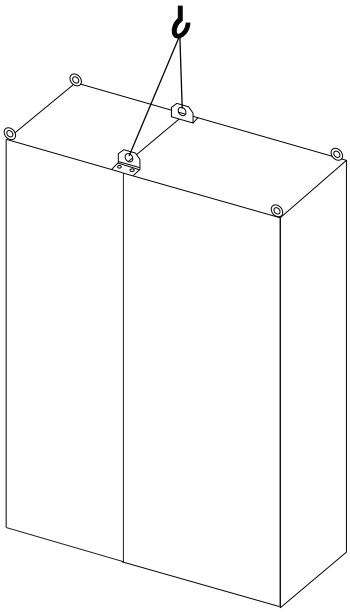


Abbildung 9.2 Empfohlenes Hebeverfahren für Baugrößen F1/F2/F9/F10

9

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

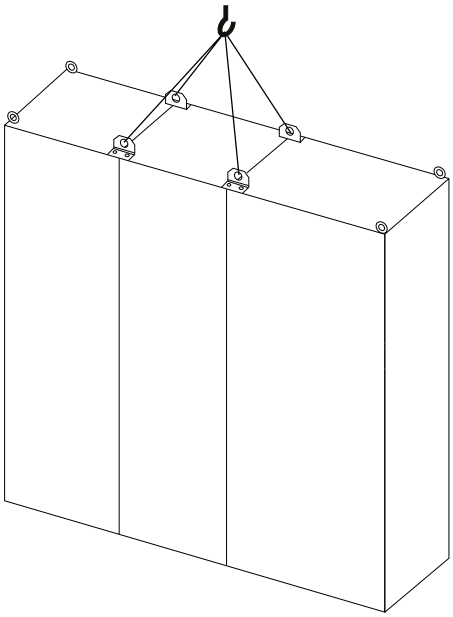


Abbildung 9.3 Empfohlenes Hebeverfahren für Baugrößen F3/F4/F11/F12/F13

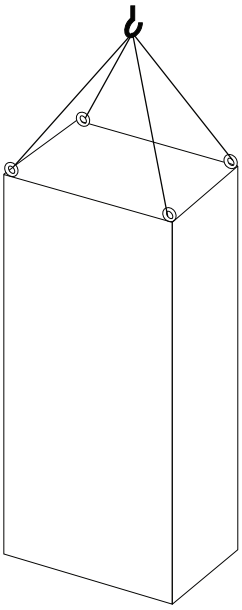


Abbildung 9.4 Empfohlenes Hebeverfahren für Baugröße F8

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.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

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 Thermistor Card 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 MOTORTHERMISTOR-SENSORS

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

9.4 Montagehinweis

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

HINWEIS

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

Gehäuse	Schaltschrank-/ Wand-montage	Sockelmontage (Freistehend)
E1	–	X
E2	X	–
F1	–	X
F2	–	X
F3	–	X
F4	–	X
F8	–	X
F9	–	X
F10	–	X
F11	–	X
F12	–	X
F13	–	X

Tabelle 9.1 Montagehinweis

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Erwägungen bei der Montage:[1)]

- 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.
- 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 9.5 Kühlung*.
- 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

9

HINWEIS

Eine unsachgemäße Montage kann zu Überhitzung und einer reduzierten Leistung führen. Informationen zur ordnungsgemäßen Montage finden Sie unter *Kapitel 8 Außen- und Klemmenabmessungen*.

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

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

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

HINWEIS

Im Schaltschrank ist ein Türlüfter erforderlich, um die nicht im Lüftungskanal des Frequenzumrichters gehaltene Wärme und die durch weitere Komponenten im Schaltschrank erzeugte Wärme abzuführen. Sie müssen die insgesamt erforderliche Luftzirkulation so berechnen, dass Sie die passenden Lüfter auswählen können. Einige Schaltschrankhersteller bieten Software an, mit der die Berechnung der Luftzirkulation erfolgen kann.

Sorgen Sie für die notwendige Luftströmung über den Kühlkörper.

Gehäuse	Modelle		Türlüfter/Dachlüfter [m³/h (cfm)]	Kühlkörperlüfter [m³/h (cfm)]
	380–480 V	525–690 V		
E1	–	P450–P500	340 (200)	1105 (650)
E2			255 (150)	1105 (650)
E1	P355–P450	P560–P630	340 (200)	1445 (850)
E2			255 (150)	1445 (850)

Tabelle 9.2 E1–E2 Luftdurchsatz

Gehäuse	Schutzart	Türlüfter/Dachlüfter [m³/h (cfm)]	Kühlkörperlüfter [m³/h (cfm)]
F1–F4	IP21/Typ 1	700 (412)	985 (580)
	IP54/Typ 12	525 (309)	985 (580)
F8–F13	IP21/Typ 1	700 (412)	985 (580)
	IP54/Typ 12	525 (309)	985 (580)

Tabelle 9.3 Luftdurchsatz für die Baugrößen F1–F4 und F8–F13

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

9.5.1 Externe Kanäle und Leistungsreduzierung

Wenn Sie mehr Lüftungskanäle extern zum Rittal-Schaltschrank anbringen, müssen Sie den Druckabfall in den Kanälen mittels *Abbildung 9.5 – Abbildung 9.7* berechnen.

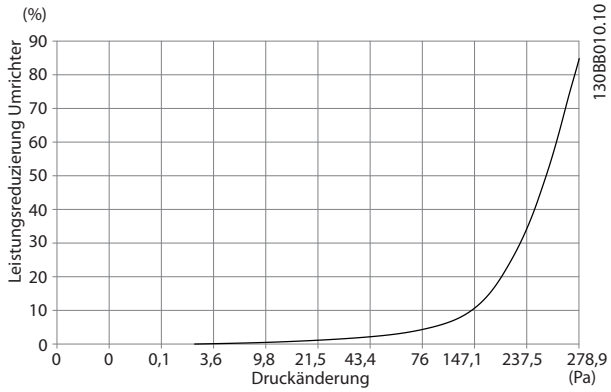


Abbildung 9.5 Leistungsreduzierung bei Druckänderung für die Baugrößen E1–E2, 380–480-V-Modelle: P315 und 525–690-V-Modelle: P450–P500. Luftzirkulation: 650 cfm (1105 m³/h)

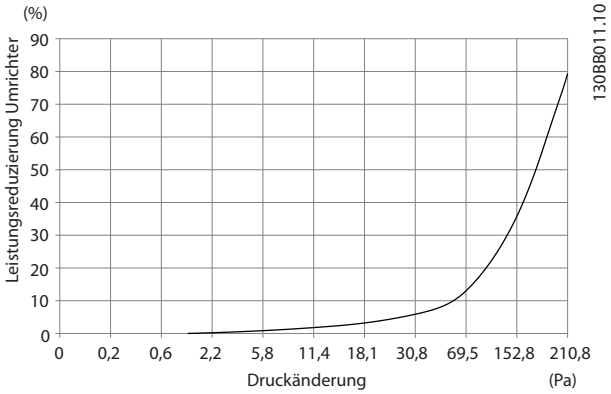


Abbildung 9.6 Leistungsreduzierung bei Druckänderung für die Baugrößen E1–E2, 380–480-V-Modelle: P355–P450 und 525–690-V-Modelle: P560–P630. Luftzirkulation: 850 cfm (1445 m³/h)

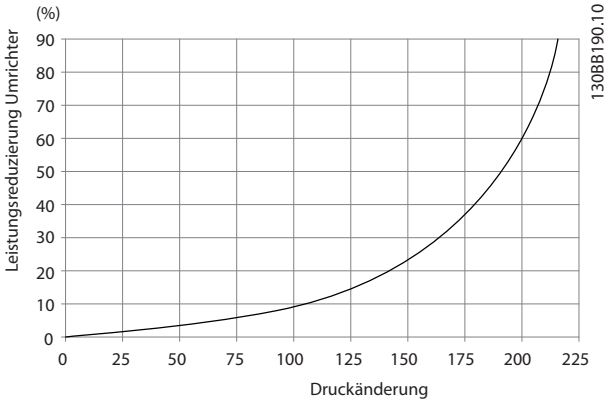


Abbildung 9.7 Leistungsreduzierung bei Druckänderung für die Baugrößen F1–F4. Luftzirkulation: 580 cfm (985 m³/h)

9.6 Leistungsreduzierung

Die Leistungsreduzierung ist eine Methode zur Reduzierung des Ausgangsstroms, wodurch vermieden wird, dass der Frequenzumrichter im Schaltschrank bei zu hohen Temperaturen im Gehäuse abschaltet. Wenn bestimmte extreme Betriebsbedingungen erwartet werden, können Sie einen Frequenzumrichter mit höherer Leistung auswählen, damit nicht auf die Leistungsreduzierung zurückgegriffen werden muss. Dies wird als manuelle Leistungsreduzierung bezeichnet. Andernfalls reduziert der Frequenzumrichter den Ausgangsstrom, um eine übermäßige Wärmeentwicklung zu verhindern, die durch Extrembedingungen verursacht wird.

Manuelle Leistungsreduzierung

Wenn folgende Bedingungen vorherrschen, empfiehlt Danfoss die Auswahl eines Frequenzumrichters mit einer höheren Leistungsgröße (z. B. P710 anstelle von P630):

- Niedrige Drehzahl – bei Dauerbetrieb mit niedriger Drehzahl in Anwendungen mit konstantem Drehmoment.
- Niedriger Luftdruck – für Installationen in Höhenlagen über 1000 m (3281 ft).
- Hohe Umgebungstemperatur – Betrieb bei Umgebungstemperaturen von 10 °C (50 °F).
- Hohe Taktfrequenz.
- Lange Motorkabel
- Kabel mit großem Querschnitt

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Automatische Leistungsreduzierung
Wenn folgenden Betriebsbedingungen vorherrschen, ändert der Frequenzumrichter automatisch die Schaltfrequenz oder den Schaltmuster (von PWM zu SFAVM), um übermäßige Wärme innerhalb des Gehäuses zu reduzieren:

- Hohe Temperatur an Steuerkarte oder Kühlkörper.
- Hohe Motorlast oder niedrige Motordrehzahl.
- Hohe Zwischenkreisspannung.

HINWEIS

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

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 folgenden Faktoren ab:

- Belastung des Motors.
- Betriebsdrehzahlbereich.
- Länge der Betriebszeit.

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 9.8*.

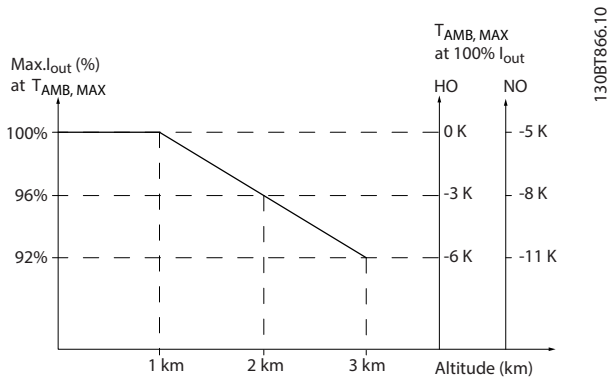


Abbildung 9.8 Höhenabhängige Ausgangsstromreduzierung bei $T_{AMB, MAX}$

Abbildung 9.8 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.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

9.6.3 Leistungsreduzierung wegen erhöhter Umgebungstemperatur

Diagramme werden einzeln für 60° AVM und SFAVM aufgeführt. 60° AVM schaltet nur 2/3 der Zeit, während SFAVM während des gesamten Zeitraums schaltet. Die maximal zulässige Taktfrequenz liegt bei 16 kHz für 60° AVM und 10 kHz für SFAVM. Die diskreten Taktfrequenzen werden in *Tabelle 9.4* und *Tabelle 9.5* dargestellt.

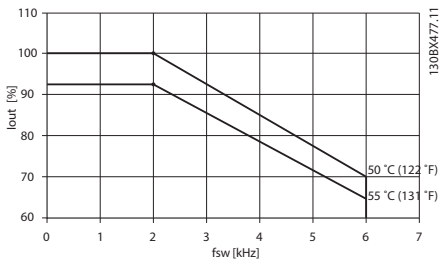
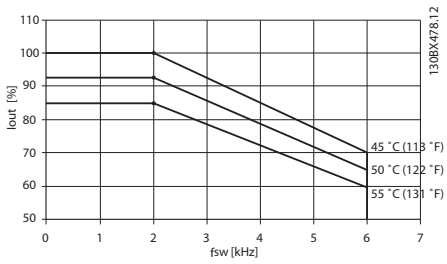
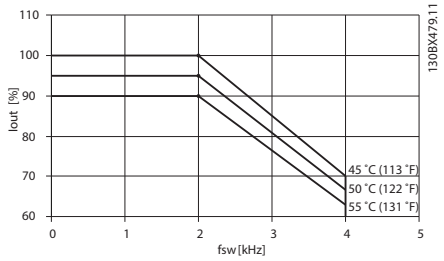
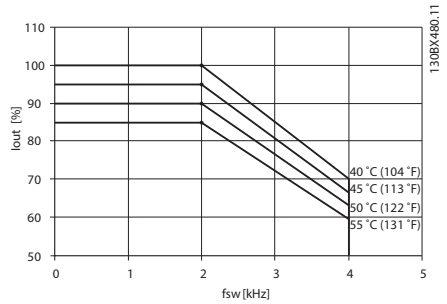
Modell	Schaltmodus	Hohe Überlast (HO), 150 %	Normale Überlast (NO), 110 %
P355 bis P1M0 380–480 V	60° AVM		
	SFAVM		

Tabelle 9.4 Leistungsreduzierungstabellen mit Umgebungstemperatur für die Baugrößen E1–E2, F1–F4 und F8–F13, 380–480 V

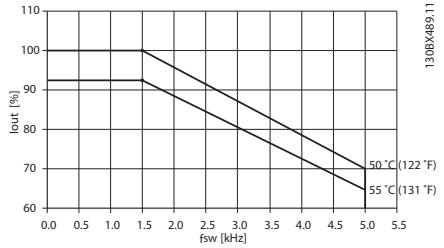
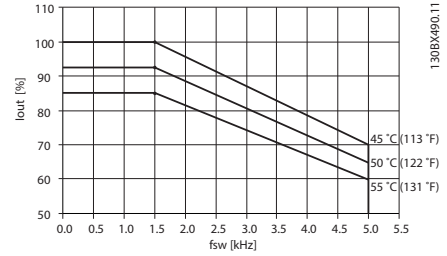
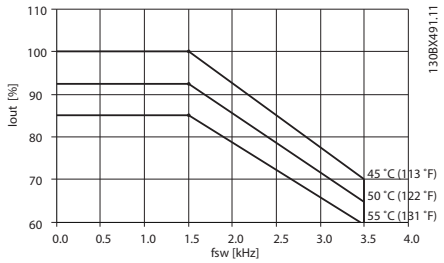
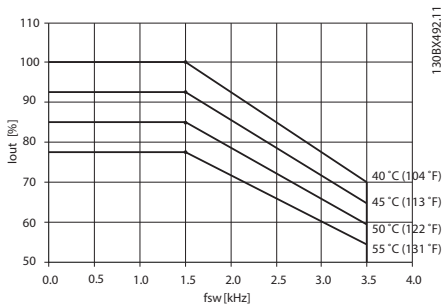
Modell	Schaltmodus	Hohe Überlast (HO), 150 %	Normale Überlast (NO), 110 %
P450 bis P1M4 525–690 V	60° AVM		
	SFAVM		

Tabelle 9.5 Leistungsreduzierungstabellen mit Umgebungstemperatur für die Baugrößen E1–E2, F1–F4 und F8–F13, 525–690 V

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

10 Allgemeine Hinweise zur elektrischen Installation

10.1 Sicherheitshinweise

Siehe *Kapitel 2 Sicherheit* für allgemeine Sicherheitshinweise.

⚠WARNUNG

INDUZIERTE SPANNUNG

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

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

⚠WARNUNG

STROMSCHLAGGEFAHR

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

- **Wenn ein Fehlerstromschutzschalter als Schutz vor Stromschlag eingesetzt wird, ist netzseitig nur ein Fehlerstromschutzschalter vom Typ B zulässig.**

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 Kurzschlussschutz oder einen thermischen Motorschutz zwischen Frequenzumrichter und den Motoren.
- Der Kurzschluss- und Überspannungsschutz wird durch Sicherungen am Eingang gewährleistet. Wenn die Sicherungen nicht Bestandteil der Lieferung ab Werk sind, muss sie der Installateur als Teil der Installation bereitstellen. Die maximalen Nennwerte der Sicherungen finden Sie in *Kapitel 10.5 Sicherungen und Trennschalter*.

Kabeltyp und Nennwerte

- In Bezug auf Querschnitte und Umgebungstemperaturen müssen alle Leitungen lokale und nationale Vorschriften erfüllen.
- Empfehlung für das Netzanschlusskabel: Mindestens für 75 °C (167 °F) bemessenes Kupferkabel.

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

⚠VORSICHT

GEFAHR VON SACHSCHÄDEN

Ein Motorüberlastschutz ist in der Werkseinstellung nicht enthalten. Um diese Funktion hinzuzufügen, setzen Sie *Parameter 1-90 Motor Thermal Protection* 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 Motor Thermal Protection* nicht auf *[ETR Abschalt.]* oder *[ETR Warnung]* gesetzt, so ist kein Motorüberlastschutz aktiviert und bei einer Motorüberhitzung kann es zu Sachschäden kommen.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

10.2 Anschlussdiagramm

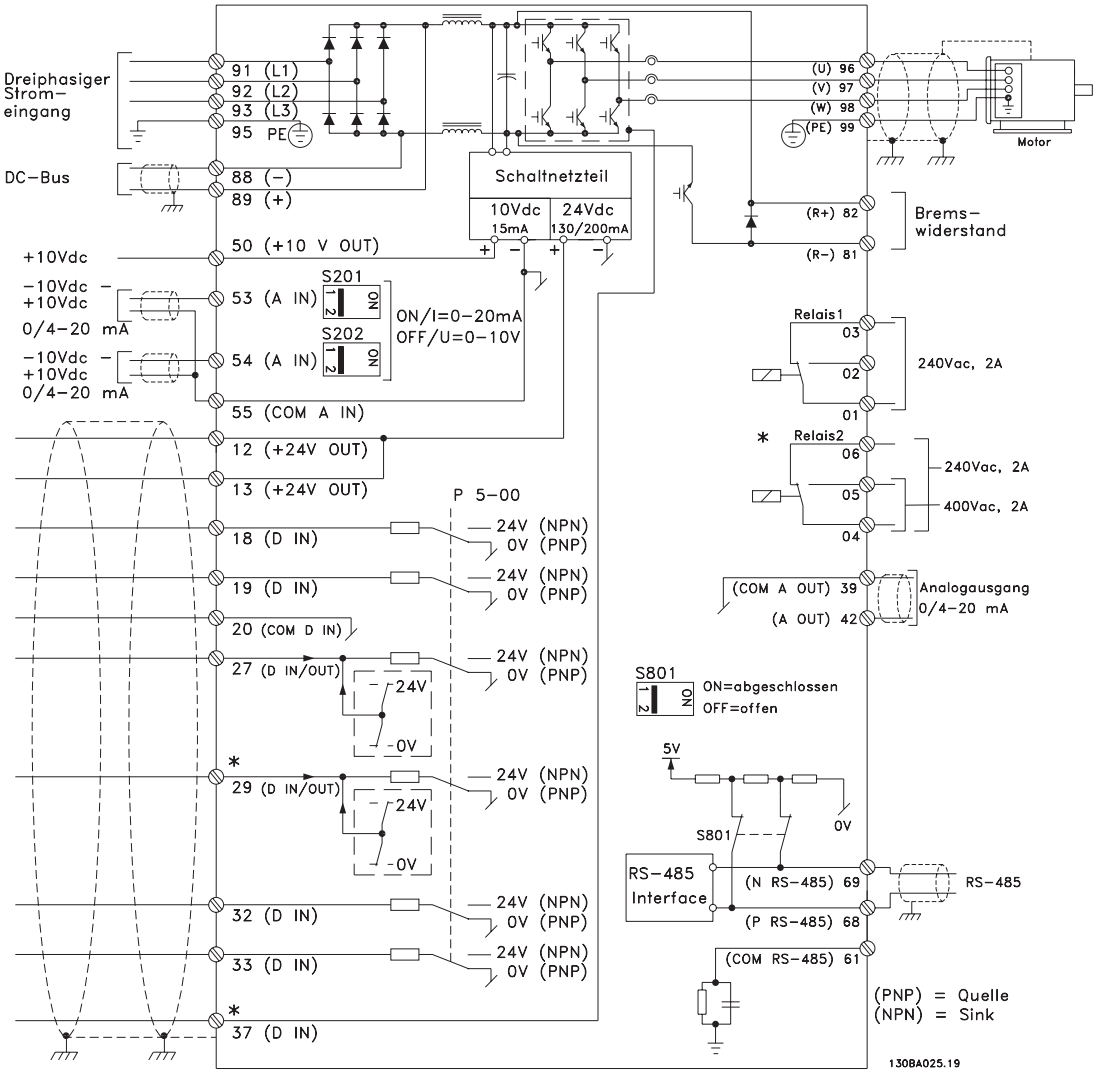


Abbildung 10.1 Anschlussdiagramm des Grundgeräts

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

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

10.3 Anschlüsse

10.3.1 Stromanschlüsse

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. In Nicht-UL-Anwendungen können 75 °C (167 °F) und 90 °C (194 °F)-Kupferleiter verwendet werden.

Die Anordnung der Leistungskabelanschlüsse ist in *Abbildung 10.2* dargestellt. Zur korrekten Dimensionierung von Motorkabelquerschnitt und -länge siehe *Kapitel 7.6 Kabelspezifikationen*.

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.

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

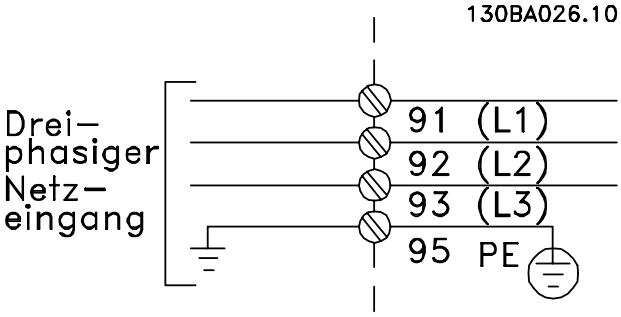


Abbildung 10.2 Netzanschluss, Baugrößen E1–E2 und F1–F4

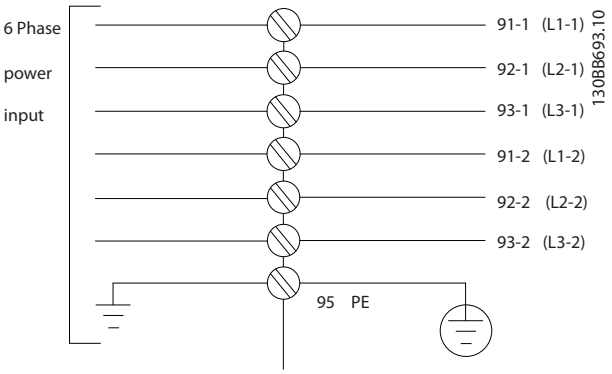
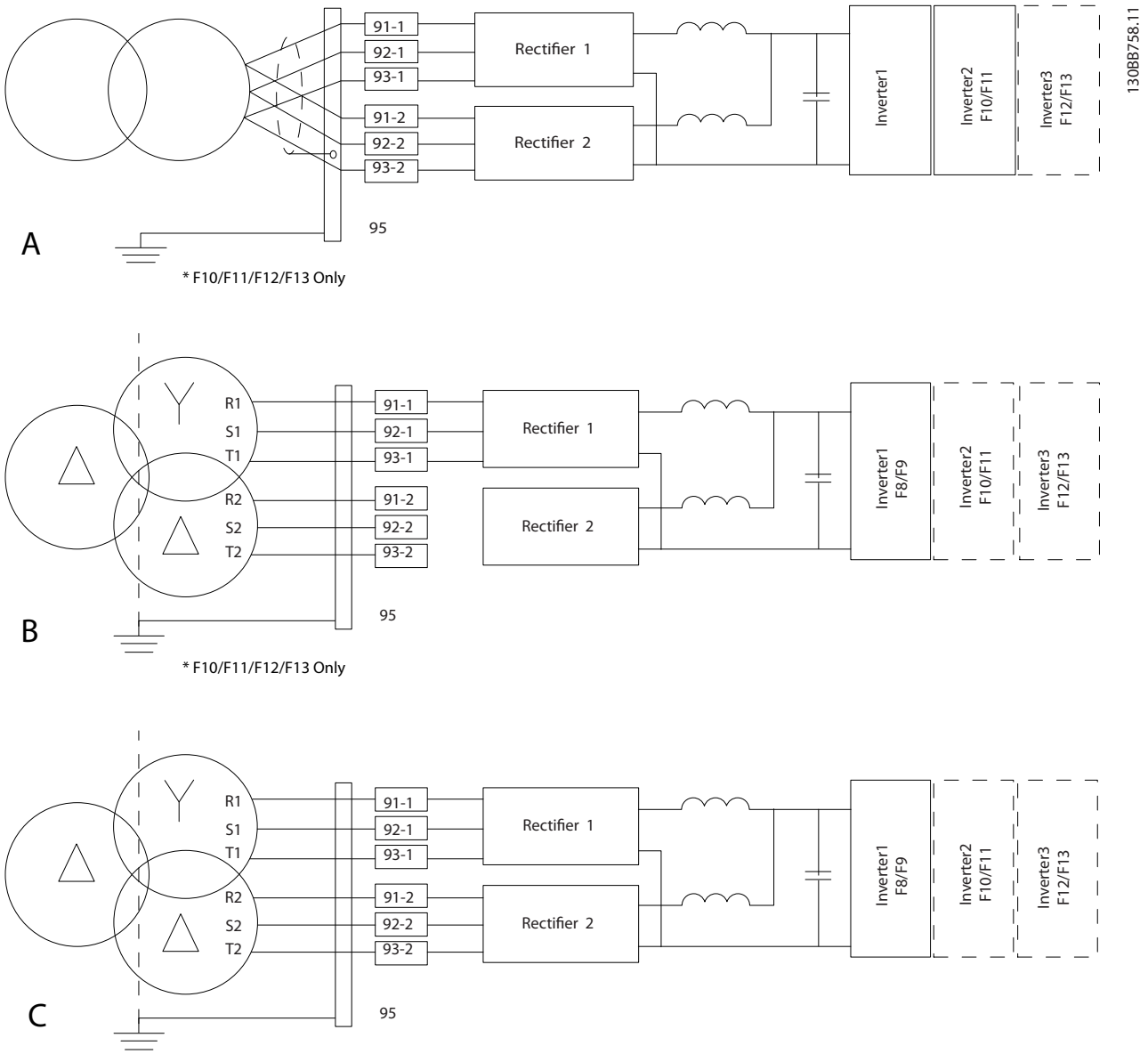


Abbildung 10.3 Netzanschluss, Baugrößen F8–F13

10

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



A	6-Puls-Schaltung[1), 2), 3)]
B	Modifizierte 6-Puls-Schaltung[2), 3), 4)]
C	12-Puls-Schaltung[3), 5)]

Abbildung 10.4 Netzanschlussoptionen für 12-Puls-Frequenzumrichter

1) Dargestellt ist eine Parallelschaltung. Es kann ein einzelnes dreiadriges Kabel mit ausreichender Kapazität verwendet werden. Es müssen Kurzschlussschienen installiert sein.
2) Bei 6-Puls-Schaltung geht die Oberschwingungsreduzierung durch den 12-Puls-Gleichrichter verloren.
3) Geeignet für den Anschluss an IT- und TN-Netze.
4) Im unwahrscheinlichen Fall eines Ausfalls eines der modularen 6-Puls-Gleichrichter lässt sich der Frequenzumrichter bei reduzierter Last auch mit nur einem 6-Puls-Gleichrichter betreiben. Wenden Sie sich für detaillierte Informationen zum Wiederanschluss an Danfoss.
5) Hier wird keine Parallelschaltung der Netzkabel gezeigt. Bei Betrieb eines 12-Puls-Frequenzumrichters als 6-Puls-Frequenzumrichter ist auf die gleiche Anzahl und Länge der Netzkabel zu achten.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Abschirmung von Kabeln

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 10.16 EMV-gerechte Installation*.

Vermeiden Sie verdrillte Abschirmungsenden (Pigtails), die hochfrequent nicht ausreichend wirksam sind. Wenn Sie den Kabelschirm unterbrechen müssen, müssen Sie die Abschirmung hinter der Unterbrechung mit der geringstmöglichen HF-Impedanz fortführen.

Schließen Sie den Motorkabelschirm am Abschirmblech des Frequenzumrichters und am Metallgehäuse des Motors an. Stellen Sie die Schirmverbindungen mit einer möglichst großen Kontaktfläche (Kabelschelle) her. Verwenden Sie hierzu das mitgelieferte Installationszubehör.

Kabellänge und -querschnitt

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

10

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 Switching Frequency* eingestellt werden.

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

Tabelle 10.1 Motorkabelanschlüsse, Baugrößen E1-E2 und F1–F4

1) Schutzleiteranschluss

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

Tabelle 10.2 Motorkabelanschlüsse, Baugrößen F8–F13

1) Schutzleiteranschluss

HINWEIS

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

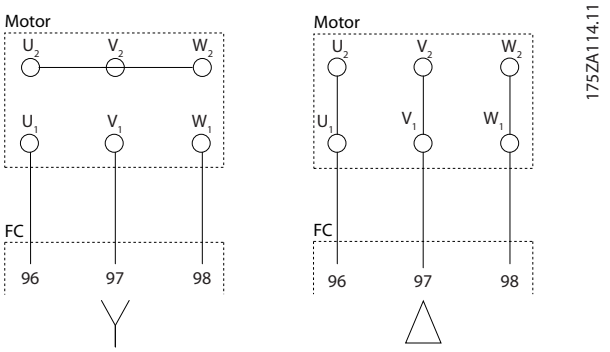


Abbildung 10.5 Motorkabelanschluss

10.3.2 DC-Zwischenkreisanschluss

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

Anschluss	Funktion
88, 89	DC-Bus

Tabelle 10.3 DC-Bus-Zwischenkreisklemmen

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

10.3.3 Zwischenkreiskopplungsanschluss

Bei der Zwischenkreiskopplung werden die DC-Zwischenkreise mehrerer Frequenzumrichter zusammengeschaltet. Eine Übersicht finden Sie unter *Kapitel 5.6 Zwischenkreiskopplung*.

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

Anschluss	Funktion
88, 89	Zwischenkreiskopplung

Tabelle 10.4 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 Bremskabelanschluss

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 leitfähigen Rückwand 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 10.5 Bremswiderstandsklemmen

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

HINWEIS

Bei einem Kurzschluss im Bremsmodul können Sie einen eventuellen Leistungsverlust im Bremswiderstand nur durch Unterbrechung der Netzversorgung zum Frequenzumrichter (Netzschalter, Schütz) verhindern.

10

10.3.5 Transformatoranschluss

Transformatoren, die zusammen mit 12-Puls-Frequenzumrichtern (F8–F13) verwendet werden, müssen den folgenden Spezifikationen entsprechen.
Die Belastung basiert auf einem K-4-klassifizierten 12-Puls-Transformator mit einer Spannung von 0,5 % und Impedanzausgleich zwischen Sekundärwicklungen. Leitungen vom Transformator zu den Eingangsklemmen des Frequenzumrichters müssen die gleiche Länge (bei einem Spielraum von 10 %) aufweisen.

Anschluss	Dy11 d0 oder Dyn 11d0
Phasenverschiebung zwischen Sekundärwicklungen	30°
Spannungsdifferenz zwischen Sekundärwicklungen	<0,5 %
Kurzschluss-Impedanz von Sekundärwicklungen	>5%
Unterschied der Kurzschluss-Impedanz zwischen Sekundärwicklungen	< 5 % der Kurzschluss-Impedanz
Andere	Keine Erdung von Sekundärwicklungen gestattet. Statische Abschirmung empfohlen

10.3.6 Anschluss der externen Lüfterversorgung

Bei einer DC-Versorgung des Frequenzumrichters oder falls der Kühllüfter unabhängig von der Netzversorgung betrieben werden muss, kann über die Leistungskarte eine externe Stromversorgung eingesetzt werden.

Der Steckanschluss auf der Leistungskarte dient zum Anschluss der Netzspannung für die Kühllüfter. Die Lüfter sind werkseitig für die Versorgung über eine gemeinsame Wechselstromleitung angeschlossen. Verwenden Sie Brücken zwischen den Klemmen 100-102 und 101-103. Falls eine externe Versorgung benötigt wird, werden die Brücken entfernt und die Versorgung an Klemmen 100 und 101 angeschlossen. Zur Absicherung sollte ein 5-A-Sicherung verwendet werden. Bei UL-Anwendungen sollte dies eine Littelfuse KLK-5 oder eine vergleichbare Sicherung sein.

Anschluss	Funktion
100, 101	Zusatzversorgung S, T
102, 103	Interne Versorgung S, T

Tabelle 10.6 Externe Versorgung

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

10.3.7 Anschluss für Personal Computer

Installieren Sie zur Regelung des Frequenzumrichters über einen PC die MCT 10-Konfigurationssoftware. Der PC kann über ein Standard-USB-Kabel (Host/Gerät) oder über die RS485-Schnittstelle angeschlossen werden, wie im *Programmierhandbuch* im Abschnitt *Busanschluss* beschrieben.

USB ist eine universelle serielle Schnittstelle, die 4 abgeschirmte Signalleitungen mit geerdetem Stecker 4 zur Abschirmung des USB-Anschlusses am PC verwendet. Alle Standard-PCs werden ohne galvanische Trennung an der USB-Schnittstelle hergestellt.
Befolgen Sie zur Vermeidung von Schäden am USB-Hostcontroller durch den Schirm des USB-Kabels die in der *Bedienungsanleitung* beschriebenen Erdungsempfehlungen. Wenn der PC per USB-Kabel an den Frequenzumrichter angeschlossen wird, empfiehlt Danfoss die Verwendung eines USB-Reparaturschalters mit galvanischer Trennung, um den PC USB-Hostcontroller vor Erdungspotentialdifferenzen zu schützen. Es wird auch empfohlen, kein PC-Leistungskabel mit geerdetem Stecker zu verwenden, wenn der PC per USB-Kabel an den Frequenzumrichter angeschlossen ist. Diese Empfehlungen verringern die Erdungspotentialdifferenz, beseitigen aber aufgrund der Erdung und Abschirmung, die an der USB-Schnittstelle des PCs angeschlossen sind, nicht alle Potentialdifferenzen.

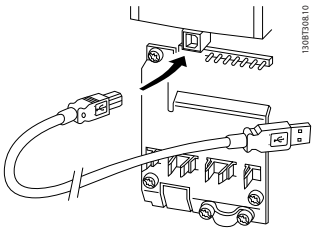
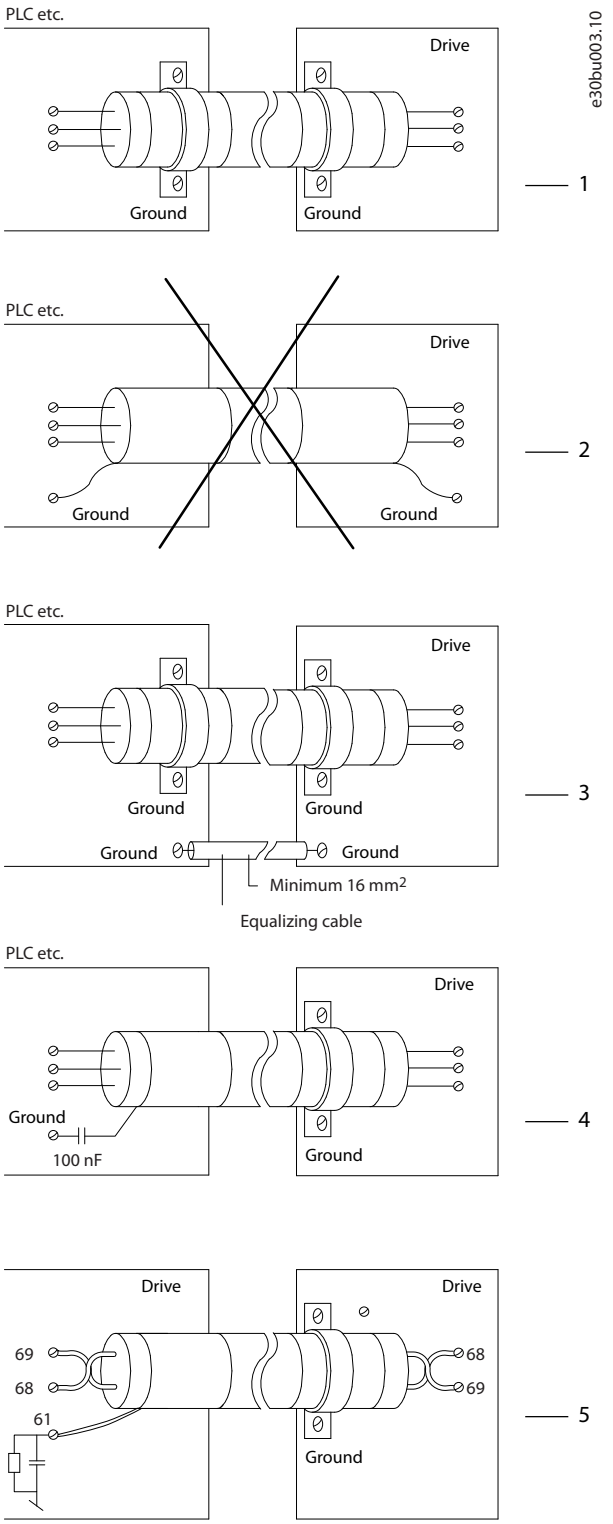


Abbildung 10.6 USB-Anschluss

10.4 Steuerkabel und -klemmen

Steuerleitungen müssen abgeschirmt und die Abschirmung muss beidseitig über eine Kabelschelle mit dem Metallgehäuse der Einheit verbunden sein.

Informationen zum richtigen Erden von Steuerleitungen finden Sie unter *Abbildung 10.7*.



1	Steuerleitungen und Kabel für die serielle Kommunikation müssen beidseitig mit Kabelschellen montiert werden, um bestmöglichen elektrischen Kontakt zu gewährleisten.
2	Vermeiden Sie verdrillte Abschirmlitzen. Diese erhöhen die Abschirmungsimpedanz bei hohen Frequenzen.

Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

3	Besteht zwischen dem Frequenzumrichter und der SPS ein unterschiedliches Erdpotenzial, können Ausgleichsströme auftreten, die das gesamte System stören. Verlegen Sie ein Potenzialausgleichskabel neben der Steuerleitung. Mindestleitungsquerschnitt: 16 mm^2 (6 AWG).
4	Bei Verwendung sehr langer Steuerkabel können 50/60-Hz-Brummschleifen auftreten. Schließen Sie ein Schirmende über einen 100-nF-Kondensator (mit möglichst kurzen Leitungen) an die Masse an.
5	Bei Verwendung von Kabeln für die serielle Kommunikation können Sie niederfrequente Störströme zwischen zwei Frequenzumrichtern eliminieren, indem Sie ein Ende der Abschirmung mit Klemme 61 verbinden. Diese Klemme ist intern über ein RC-Glied mit Erde verbunden. Verwenden Sie verdrillte Leiter (Twisted Pair), um die zwischen den Leitern eingestrahlten Störungen zu reduzieren.

Abbildung 10.7 Erdungsbeispiele

10.4.1 Führung von Steuerleitungen

Befestigen und führen Sie alle Steuerleitungen wie in *Abbildung 10.8* und *Abbildung 10.9* abgebildet. 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 10.8* und *Abbildung 10.9*.

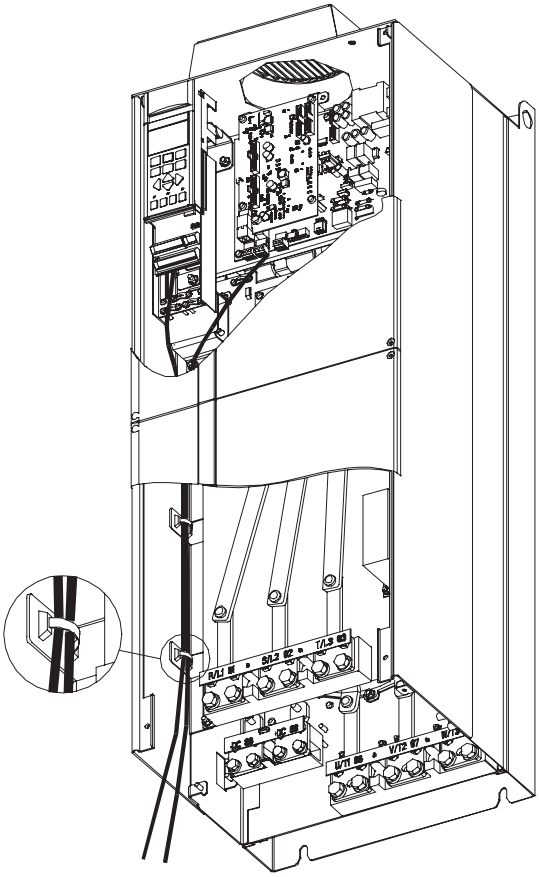
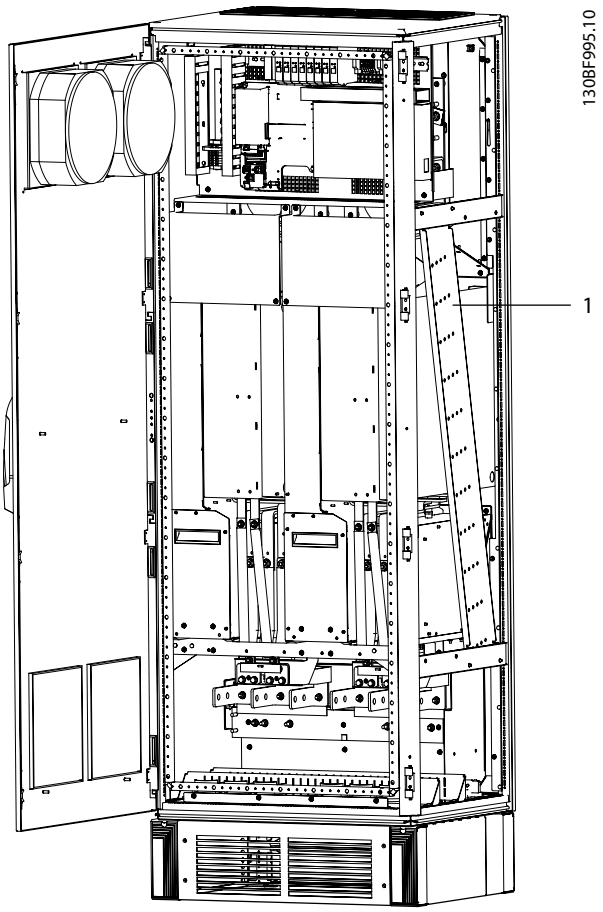


Abbildung 10.8 Steuerkartenverkabelungsweg bei Baugröße E1 und E2

10

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	Kabelträger zur Verlegung der Steuerleitungen bei den Baugrößen F1–F13

Abbildung 10.9 Steuerkartenverkabelungsweg für F1/F3. Die Steuerkartenverkabelung für F2/F4 und F8–F13 wird genauso geführt.

Bei Frequenzumrichtern der Baugröße E kann die Feldbus-Verbindung über die Oberseite des Geräts hergestellt werden, wie dies in den folgenden Abbildungen gezeigt wird. In der Einheit IP21/54 (NEMA 1/NEMA 12) muss eine Abdeckungsplatte entfernt werden.
Die Bausatznummer für die oberseitige Feldbus-Verbindung ist 176F1742.

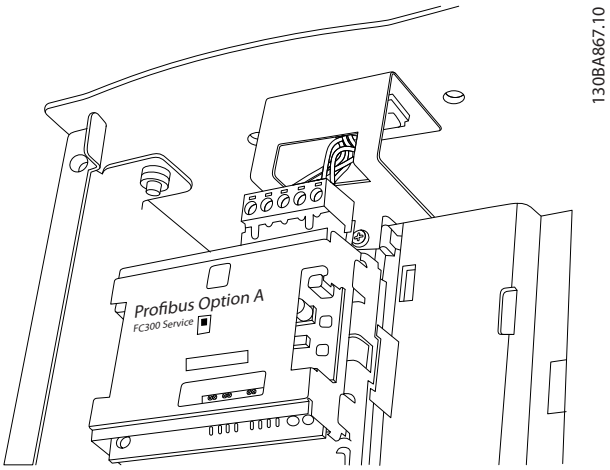


Abbildung 10.10 Oberer Eingang der Feldbuskabel

10.4.2 Steuerklemmen

Abbildung 10.11 zeigt die steckbaren Anschlüsse des Frequenzumrichters. Die Klemmenfunktionen und Werkseinstellungen sind in *Tabelle 10.7 – Tabelle 10.9* zusammengefasst.

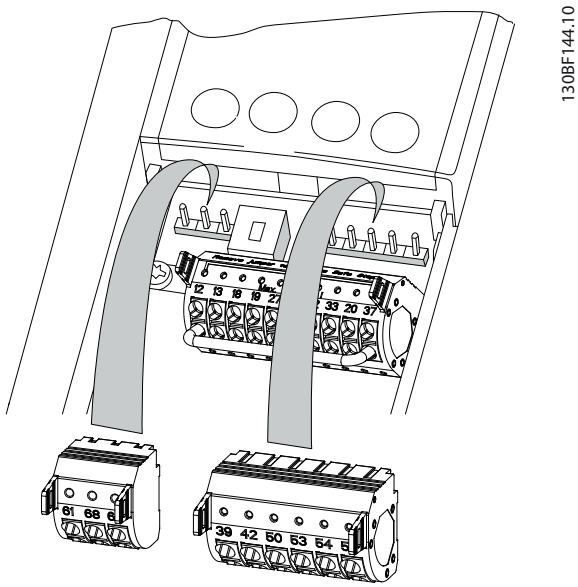
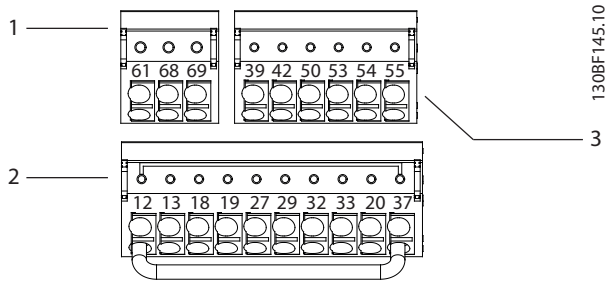


Abbildung 10.11 Anordnung der Steuerklemmen



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

Abbildung 10.12 Klemmennummern der Steckklemmen

Anschluss	Parameter	Werksein-stellung	Beschreibung
61	–	–	Integrierter RC-Filter zum Anschluss des Kabelschirms bei EMV-Problemen.
68 (+)	*Parameter-gruppe 8-3* Ser. FC-Schnittst.*	–	RS485-Schnittstelle. Ein Schalter (BUS TER.) auf der Steuerkarte dient zum Zuschalten des Busabschlusswi-derstands.
69 (-)	*Parameter-gruppe 8-3* Ser. FC-Schnittst.*	–	

Tabelle 10.7 Klemmenbeschreibungen – Serielle Kommunikation

Anschluss	Parameter	Werksein-stellung	Beschreibung
12, 13	–	+24 V DC	24 V DC-Versorgungs-spannung für Digitaleingänge und externe Messwandler. Maximaler Ausgangsstrom von 200 mA für alle 24-V-Lasten.
18	*Parameter 5-10 Terminal 18 Digital Input*	*[8] Start*	Digitaleingänge.
19	*Parameter 5-11 Terminal 19 Digital Input*	*[10] Reversierung*	
32	*Parameter 5-14 Terminal 32 Digital Input*	*[0] Ohne Funktion*	
33	*Parameter 5-15 Terminal 33 Digital Input*	*[0] Ohne Funktion*	
27	*Parameter 5-12 Terminal 27 Digital Input*	*[2] Motorfreilau f invers*	Für Digitaleingang und -ausgang. In Werkseinstellung als Eingang definiert.
29	*Parameter 5-13 Terminal 29 Digital Input*	*[14] Festdrehzahl JOG*	
20	–	–	Bezugspotenzial für Digitaleingänge und 0-V-Potenzial für 24-V-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 10.8 Klemmenbeschreibung Digitalein-/-ausgänge

Anschluss	Parameter	Werksein-stellung	Beschreibung
39	–	–	Bezugspotential für Analogausgang.
42	*Parameter 6-50 Terminal 42 Output*	*[0] Ohne Funktion*	Programmierbarer Analogausgang. 0-20 mA oder 4-20 mA bei maximal 500 Ω.
50	–	+10 V DC	10 V DC Versorgungs-spannung am Analogausgang für Potenziometer oder Thermistor. Maximal 15 mA.
53	*Parameter-gruppe 6-1* Analogeingang 1*	Sollwert	Analogeingang. Für Spannung oder Strom. Schalter A53 und A54 dienen zur Auswahl von Strom [mA] oder Spannung [V].
54	*Parameter-gruppe 6-2* Analogeingang 2*	Istwert	

10

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Anschluss	Parameter	Werksein-stellung	Beschreibung
55	–	–	Bezugspotenzial für Analogeingang

Tabelle 10.9 Klemmenbeschreibung Analogein-/-ausgänge

Relaisklemmen

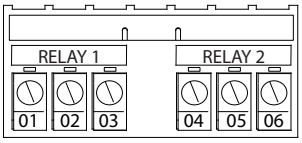


Abbildung 10.13 Klemmen Relais 1 und Relais 2

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

Anschluss	Parameter	Werksein-stellung	Beschreibung
01, 02, 03	*Parameter 5-40 Function Relay* [0]	*[0] Ohne Funktion*	Wechselkontakt-Relaisausgang. Für Wechsel- oder Gleichspannung sowie ohmsche oder induktive Lasten.
04, 05, 06	*Parameter 5-40 Function Relay* [1]	*[0] Ohne Funktion*	

Tabelle 10.10 Relaisklemme Beschreibungen

10.4.3 Eingangspolarität der Steuerleitungen

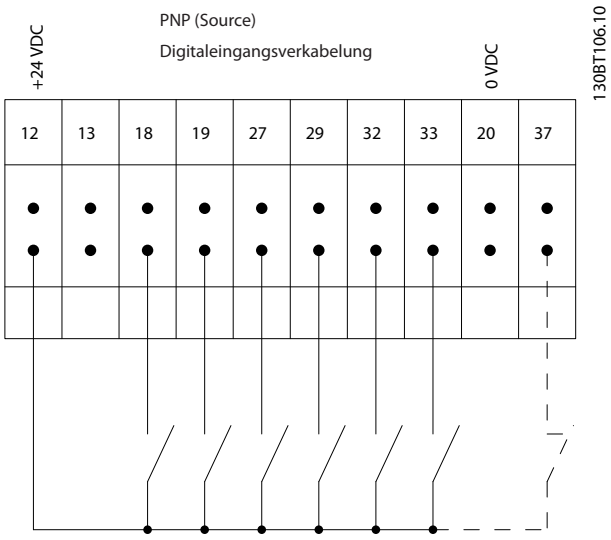


Abbildung 10.14 Eingangspolarität der Steuerklemmen (PNP Quelle)

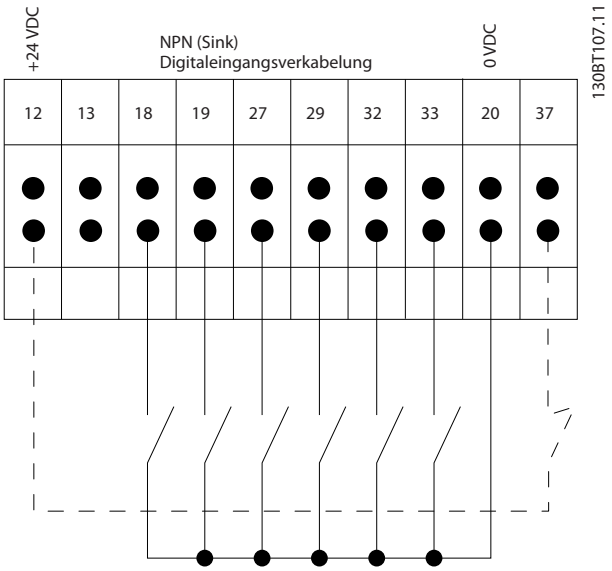


Abbildung 10.15 Eingangspolarität der Steuerklemmen (NPN Verbraucher)

HINWEIS

Verwenden Sie abgeschirmte Kabel, um den Grenzwerten für EMV-Emissionen einzuhalten. Weitere Informationen finden Sie unter *Kapitel 10.16 EMV-gerechte Installation*.

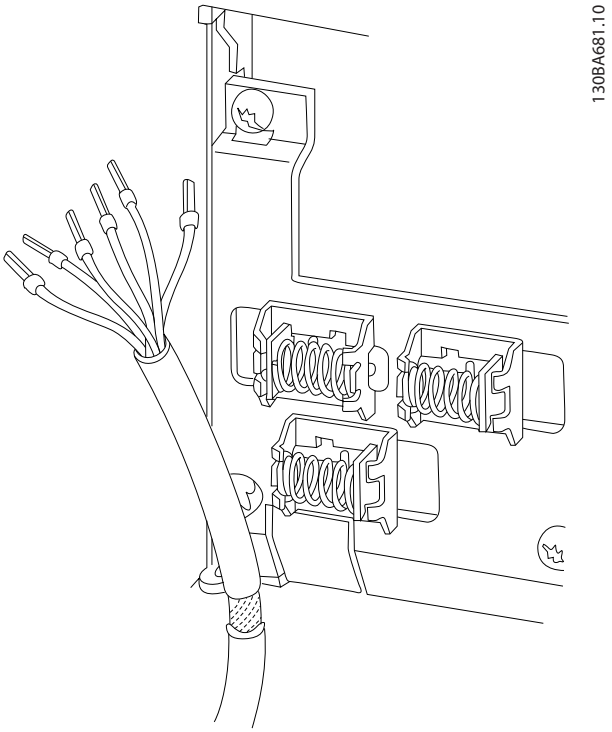


Abbildung 10.16 Schirmabschluss und Zugentlastung für Steuerleitung

10.4.4 12-Puls-Steuerklemmen

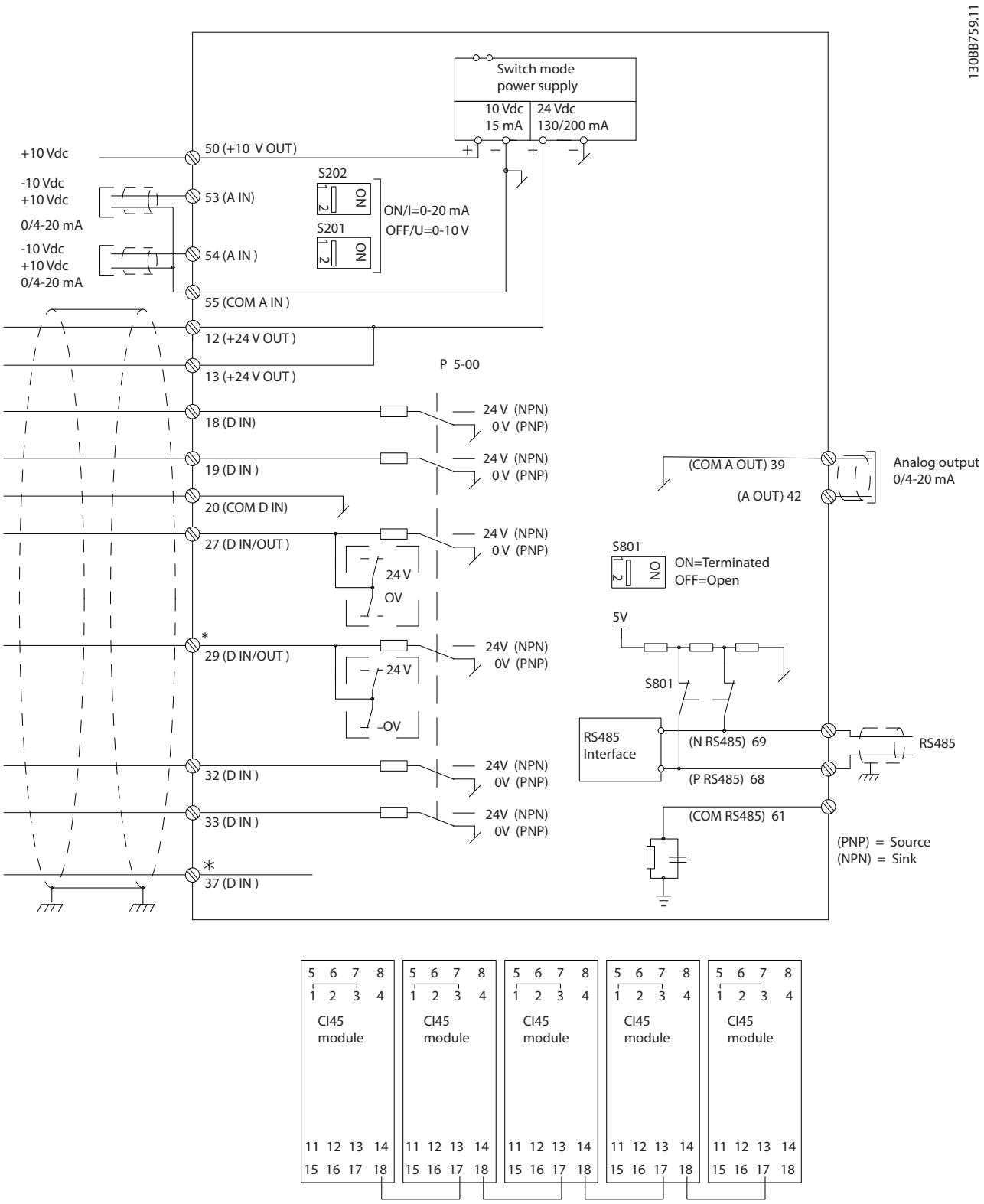


Abbildung 10.17 12-Puls-Steuerklemmen

Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

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 die empfohlenen Sicherungen als Ersatz, um Übereinstimmung mit EN 50178 sicherzustellen. Die versorgungsseitige Verwendung von Sicherungen ist in Übereinstimmung mit IEC 60364 (EG) oder NEC 2009 (UL) zwingend erforderlich.

Schutz des Abzweigkreises

Zum Schutz der Anlage vor elektrischen Gefahren und Bränden müssen alle Abzweigkreise in einer Installation, wie sie etwa in Schaltanlagen und Maschinen vorliegen, in Übereinstimmung mit nationalen/internationalen Vorschriften mit einem Kurzschluss- und Überstromschutz versehen sein.

Sicherungen oder Trennschalter müssen zwingend der Norm IEC 60364 entsprechen.

Gehäuse	Modell	Empfohlene Sicherungsgröße	Empfohlene Maximalgröße Sicherung
E	P315	aR-900	aR-900
	P355	aR-900	aR-900
	P400	aR-900	aR-900
	P450	aR-900	aR-900
F	P500	aR-1600	aR-1600
	P500	aR-2000	aR-2000
	P560	aR-2500	aR-2500
	P630	aR-2500	aR-2500
	P710	aR-2500	aR-2500
	P1000	aR-2500	aR-2500

Tabelle 10.11 Empfohlene Sicherungen für CE-Konformität, 380-480 V

10

Gehäuse	Modell	Empfohlene Sicherungsgröße	Empfohlene Maximalgröße Sicherung
E	P450	aR-700	aR-700
	P500	aR-900	aR-900
	P560		
	P630		
F	P710	aR-1600	aR-1600
	P800	aR-2000	aR-2000
	P900	aR-2500	aR-2500
	P1M0		
	P1M2		
	P1M4		

Tabelle 10.12 Empfohlene Sicherungen für CE-Konformität, 525-690 V

10.5.1 Leistung/Halbleiter Sicherungsoptionen

Modell	Empfohlene Sicherung für externe Frequenzumrichter Bussmann Teilenummer	Nennwert	Option für interne Frequenzumrichter Bussmann Teilenummer	Siba externe Teilenr.	Ersatz extern Ferraz Shawmut Teilenummer
P315	170M6013	900 A, 700 V	170M6013	22 610 32.900	6.9URD33D08A0900
P355	170M6013	900 A, 700 V	170M6013	22 610 32.900	6.9URD33D08A0900
P400	170M6013	900 A, 700 V	170M6013	22 610 32.900	6.9URD33D08A0900

Tabelle 10.13 380-480 V, Baugröße E, Netzsicherungs-Optionen für UL-Konformität

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Modell	Empfohlene Sicherung für externen Frequenzumrichter Bussmann Teilenummer	Nennwert	Option für interne Frequenzumrichter Bussmann Teilenummer	Siba Ersatzteilnr.
P450	170M7081	1600 A, 700 V	170M7082	20 695 32.1600
P500	170M7081	1600 A, 700 V	170M7082	20 695 32.1600
P560	170M7082	2000 A, 700 V	170M7082	20 695 32.2000
P630	170M7082	2000 A, 700 V	170M7082	20 695 32.2000
P710	170M7083	2500 A, 700 V	170M7083	20 695 32.2500
P800	170M7083	2500 A, 700 V	170M7083	20 695 32.2500

Tabelle 10.14 380-480 V, Baugröße F, Netzsicherungs-Optionen für UL-Konformität

Modell	Interner Frequenzumrichter Bussmann Teilenummer	Nennwert	Siba Ersatzteilnr.
P450	170M8611	1100 A, 1000 V	20 781 32.1000
P500	170M8611	1100 A, 1000 V	20 781 32.1000
P560	170M6467	1400 A, 700 V	20 681 32.1400
P630	170M6467	1400 A, 700 V	20 681 32.1400
P710	170M8611	1100 A, 1000 V	20 781 32.1000
P800	170M6467	1400 A, 700 V	20 681 32.1400

Tabelle 10.15 380-480 V, Baugröße F, DC-Zwischenkreissicherungen für Wechselrichtermodul

HINWEIS

Zur Einhaltung der UL-Konformität müssen Sie bei Frequenzumrichtern, die ohne die Option „Nur mit Schütz“ geliefert werden, Bussmann-Sicherungen der Serie 170M verwenden. *Tabelle 10.32* gibt die Werte für den Nennkurzschlussstrom und UL-Sicherungskriterien an, wenn der Frequenzumrichter mit der Option „Nur mit Schütz“ geliefert wird.

Modell	Empfohlene Sicherung für externe Frequenzumrichter Bussmann Teilenummer	Nennwert	Option für interne Frequenzumrichter Bussmann Teilenummer	Siba externe Teilenr.	Ersatz extern Ferraz Shawmut Teilenummer
P355	170M4017	700 A, 700 V	170M4017	20 610 32.700	6.9URD31D08A0700
P400	170M4017	700 A, 700 V	170M4017	20 610 32.700	6.9URD31D08A0700
P500	170M6013	900 A, 700 V	170M6013	22 610 32.900	6.9URD33D08A0900
P560	170M6013	900 A, 700 V	170M6013	22 610 32.900	6.9URD33D08A0900

Tabelle 10.16 525–690 V, Baugröße E, Netzsicherungs-Optionen für UL-Konformität

Modell	Empfohlene Sicherung für externen Frequenzumrichter Bussmann Teilenummer	Nennwert	Option für interne Frequenzumrichter Bussmann Teilenummer	Siba Ersatzteilnr.
P630	170M7081	1600 A, 700 V	170M7082	20 695 32.1600
P710	170M7081	1600 A, 700 V	170M7082	20 695 32.1600
P800	170M7081	1600 A, 700 V	170M7082	20 695 32.1600
P900	170M7081	1600 A, 700 V	170M7082	20 695 32.1600
P1000	170M7082	2000 A, 700 V	170M7082	20 695 32.2000
P1200	170M7083	2500 A, 700 V	170M7083	20 695 32.2500

Tabelle 10.17 525–690 V, Baugröße F, Netzsicherungs-Optionen für UL-Konformität

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Modell	Interner Frequenzumrichter Bussmann Teilenummer	Nennwert	Siba Ersatzteilnr.
P630	170M8611	1100 A, 1000 V	20 781 32.1000
P710	170M8611	1100 A, 1000 V	20 781 32.1000
P800	170M8611	1100 A, 1000 V	20 781 32.1000
P900	170M8611	1100 A, 1000 V	20 781 32.1000
P1000	170M8611	1100 A, 1000 V	20 781 32.1000
P1200	170M8611	1100 A, 1000 V	20 781 32.1000

Tabelle 10.18 525–690 V, Baugröße F, DC-Zwischenkreissicherungen für Wechselrichtermodul

Die dargestellten 170M-Sicherungen von Bussmann verwenden den optischen -/80-Kennmelder. Sie können die Kennmeldersicherungen –TN/80 Typ T, -/110 oder TN/110 Typ T derselben Größe und Stromstärke ersetzen. Zur Erfüllung der UL-Anforderungen können Sie jede UL-gelistete Sicherung mit mindestens 500 V und dazugehörigem Nennstrom verwenden.

10.5.2 Ergänzende Sicherungen

Gehäuse	Bussmann Teilenummer	Nennwert
E und F	KTK-4	4 A, 600 V

Tabelle 10.19 Schaltnetzteilsicherung

Größe/Typ	Bussmann Teilenummer	Littelfuse	Nennwert
P355–P400, 525–690 V	KTK-4	–	4 A, 600 V
P315-P800, 380–480 V	–	KLK-15	15 A, 600 V
P500–P1M2, 525–690 V	–	KLK-15	15 A, 600 V

Tabelle 10.20 Lüftersicherungen

10

Sicherung	Größe/Typ	Bussmann Teilenummer	Nennwert	Alternative Sicherungen
2,5–4,0 A	P450–P800, 380–480 V	LPJ-6 SP oder SPI	6 A, 600 V	Alle gelisteten Doppelelemente, Klasse J, Zeitverzögerung, 6 A
	P630–P1M2, 525–690 V	LPJ-10 SP oder SPI	10 A, 600 V	Alle gelisteten Doppelelemente, Klasse J, Zeitverzögerung, 10 A
4,0–6,3 A	P450–P800, 380–480 V	LPJ-10 SP oder SPI	10 A, 600 V	Alle gelisteten Doppelelemente, Klasse J, Zeitverzögerung, 10 A
	P630–P1M2, 525–690 V	LPJ-15 SP oder SPI	15 A, 600 V	Alle gelisteten Doppelelemente, Klasse J, Zeitverzögerung, 15 A
6,3–10 A	P450–P800, 380–480 V	LPJ-15 SP oder SPI	15 A, 600 V	Alle gelisteten Doppelelemente, Klasse J, Zeitverzögerung, 15 A
	P630–P1M2, 525–690 V	LPJ-20 SP oder SPI	20 A, 600 V	Alle gelisteten Doppelelemente, Klasse J, Zeitverzögerung, 20 A
10–16 A	P450–P800, 380–480 V	LPJ-25 SP oder SPI	25 A, 600 V	Alle gelisteten Doppelelemente, Klasse J, Zeitverzögerung, 25 A
	P630–P1M2, 525–690 V	LPJ-20 SP oder SPI	20 A, 600 V	Alle gelisteten Doppelelemente, Klasse J, Zeitverzögerung, 20 A

Tabelle 10.21 Sicherungen für manuelle Motorsteller

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Gehäuse	Bussmann Teilenummer	Nennwert	Alternative Sicherungen
F	LPJ-30 SP oder SPI	30 A, 600 V	Alle gelisteten Doppelelemente, Klasse J, Zeitverzögerung, 30 A

Tabelle 10.22 Abgesicherte 30-A-Klemmensicherung

Gehäuse	Bussmann Teilenummer	Nennwert	Alternative Sicherungen
F	LPJ-6 SP oder SPI	6 A, 600 V	Alle gelisteten Doppelelemente, Klasse J, Zeitverzögerung, 6 A

Tabelle 10.23 Steuertransformatorsicherung

Gehäuse	Bussmann Teilenummer	Nennwert	Alternative Sicherungen
F	LP-CC-6	6 A, 600 V	Alle gelisteten Sicherungen Klasse CC, 6 A

Tabelle 10.24 Sicherheitsrelais-Spulensicherung mit Pilz-Relais

10.5.3 Netzsicherungen, F8–F13

Die folgenden Sicherungen sind für einen Kurzschlussstrom von max. 100.000 $A_{eff.}$ (symmetrisch) bei 240 V, 480 V oder 600 V, abhängig von der Nennspannung des Frequenzumrichters, geeignet. Mit der korrekten Sicherung liegt der Nennkurzschlussstrom (SCCR) des Frequenzumrichters bei 100.000 A_{eff}.

Modell	Baugröße	Nennwert		Bussmann-Teilenr.	Ersatzteil Bussmann-Teilenr.	Geschätzte Verlustleistung der Sicherung [W]	
		[V] (UL)	[A]			400 V	460 V
P250	F8–F9	700	700	170M4017	176F8591	25	19
P315	F8–F9	700	700	170M4017	176F8591	30	22
P355	F8–F9	700	700	170M4017	176F8591	38	29
P400	F8–F9	700	700	170M4017	176F8591	3500	2800
P450	F10–F11	700	900	170M6013	176F8592	3940	4925
P500	F10–F11	700	900	170M6013	176F8592	2625	2100
P560	F10–F11	700	900	170M6013	176F8592	3940	4925
P630	F10–F11	700	1500	170M6018	176F8592	45	34
P710	F12–F13	700	1500	170M6018	176F9181	60	45
P800	F12–F13	700	1500	170M6018	176F9181	83	63

Tabelle 10.25 Netzsicherungen, 380–480 V

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Modell	Baugröße	Nennwert		Bussmann-Teilenr.	Ersatzteil Bussmann-Teilenr.	Geschätzte Verlustleistung der Sicherung [W]	
		[V] (UL)	[A]			600 V	690 V
P355	F8–F9	700	630	170M4016	176F8335	13	10
P400	F8–F9	700	630	170M4016	176F8335	17	13
P500	F8–F9	700	630	170M4016	176F8335	22	16
P560	F8–F9	700	630	170M4016	176F8335	24	18
P630	F10–F11	700	900	170M6013	176F8592	26	20
P710	F10–F11	700	900	170M6013	176F8592	35	27
P800	F10–F11	700	900	170M6013	176F8592	44	33
P900	F12–F13	700	1500	170M6018	176F9181	26	20
P1M0	F12–F13	700	1500	170M6018	176F9181	37	28
P1M2	F12–F13	700	1500	170M6018	176F9181	47	36

Tabelle 10.26 Netzsicherungen, 525–690 V

Modell	Bussmann Teilenummer	Nennwert	SIBA
P450	170M8611	1100 A, 1000 V	20 781 32.1000
P500	170M8611	1100 A, 1000 V	20 781 32.1000
P560	170M6467	1400 A, 700 V	20 681 32.1400
P630	170M6467	1400 A, 700 V	20 681 32.1400
P710	170M8611	1100 A, 1000 V	20 781 32.1000
P800	170M6467	1400 A, 700 V	20 681 32.1400

Tabelle 10.27 DC-Zwischenkreissicherungen für Wechselrichtermodul, 380-480 V

Modell	Bussmann Teilenummer	Nennwert	SIBA
P630	170M8611	1100 A, 1000 V	20 781 32.1000
P710	170M8611	1100 A, 1000 V	20 781 32.1000
P800	170M8611	1100 A, 1000 V	20 781 32.1000
P900	170M8611	1100 A, 1000 V	20 781 32.1000
P1M0	170M8611	1100 A, 1000 V	20 781 32.1000
P1M2	170M8611	1100 A, 1000 V	20 781 32.1000

Tabelle 10.28 DC-Zwischenkreissicherungen für Wechselrichtermodul, 525–690 V

Die dargestellten 170M-Sicherungen von Bussmann verwenden den optischen -/80-Kennmelder. Sie können die Kennmeldersicherungen –TN/80 Typ T, -/110 oder TN/110 Typ T derselben Größe und Stromstärke ersetzen. Zur Erfüllung der UL-Anforderungen können Sie jede UL-gelistete Sicherung mit mindestens 480 V und dazugehörigem Nennstrom verwenden.

Gehäuse	Modelle	Typ	Werkseitige Trennschaltereinstellungen	
			Abschaltwert [A]	Zeit [s]
F3	380–480 V, Modell: P450 525–690 V, Modell: P630–P710	Merlin Gerin NPJF36120U31AABSCYP	1200	0,5
F3	380–480 V, Modell: P500–P630 525–690 V, Modell: P800	Merlin Gerin NRJF36200U31AABSCYP	2000	0,5
F4	380–480 V, Modell: P710 525–690 V, Modell: P900–P1M2	Merlin Gerin NRJF36200U31AABSCYP	2000	0,5
F4	380–480 V, Modell: P800	Merlin Gerin NRJF36250U31AABSCYP	2500	0,5

Tabelle 10.29 Trennschalter, F3–F4

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

10.6 Trennschalter und Schütze

10.6.1 Netztrennschalter, E1–E2 und F3–F4

Baugröße	Modell	Typ
380–480 V		
E1–E2	P315–P400	ABB OETL-NF800A
F3	P450	Merlin Gerin NPJF36000S12AAYP
F3	P500–P630	Merlin Gerin NRKF36000S20AAYP
F4	P710–P800	Merlin Gerin NRKF36000S20AAYP
525–690 V		
E1–E2	P355–P560	ABB OETL-NF600A
F3	P630–P710	Merlin Gerin NPJF36000S12AAYP
F3	P800	Merlin Gerin NRKF36000S20AAYP
F4	P900–P1M2	Merlin Gerin NRKF36000S20AAYP

Tabelle 10.30 Netztrennschalter, Baugrößen E1–E2 und F3–F4

10.6.2 Netztrennschalter, F9/F11/F13

Baugröße	Modell	Typ
380–480 V		
F9	P250	ABB OETL-NF600A
F9	P315	ABB OETL-NF600A
F9	P355	ABB OETL-NF600A
F9	P400	ABB OETL-NF600A
F11	P450	ABB OETL-NF800A
F11	P500	ABB OETL-NF800A
F11	P560	ABB OETL-NF800A
F11	P630	ABB OT800U21
F13	P710	Merlin Gerin NPJF36000S12AAYP
F13	P800	Merlin Gerin NPJF36000S12AAYP
525–690 V		
F9	P355	ABB OT400U12-121
F9	P400	ABB OT400U12-121
F9	P500	ABB OT400U12-121
F9	P560	ABB OT400U12-121
F11	P630	ABB OETL-NF600A
F11	P710	ABB OETL-NF600A
F11	P800	ABB OT800U21
F13	P900	ABB OT800U21
F13	P1M0	Merlin Gerin NPJF36000S12AAYP
F13	P1M2	Merlin Gerin NPJF36000S12AAYP

Tabelle 10.31 Netztrennschalter, Baugrößen F9/F11/F13

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

10.6.3 Netzschütze, F3–F4

Baugröße	Modell und Spannung	Schütz
F3	P450–P500, 380–480 V P630–P800, 525–690 V	Eaton XTCE650N22A
F3	P560, 380–480 V	Eaton XTCE820N22A
F3	P630. 380–480 V	Eaton XTCEC14P22B
F4	P900. 525–690 V	Eaton XTCE820N22A
F4	P710–P800. 380–480 V P1M2, 525–690 V	Eaton XTCEC14P22B

Tabelle 10.32 Netzschütze, Baugrößen F3–F4

HINWEIS

Netzschütze erfordern eine kundenseitige 230-V-Versorgung.

10.7 Motor

Sie können alle Arten dreiphasiger Standard-Asynchronmotoren mit einem Frequenzumrichter verwenden.

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

Tabelle 10.33 Motorkabelklemmen bieten Rechtslauf (Werkseinstellung)

10

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

Eine Motordrehrichtungsprüfung können Sie über *Parameter 1-28 Motor Rotation Check* und in den in *Abbildung 10.18* gezeigten Schritten durchführen.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

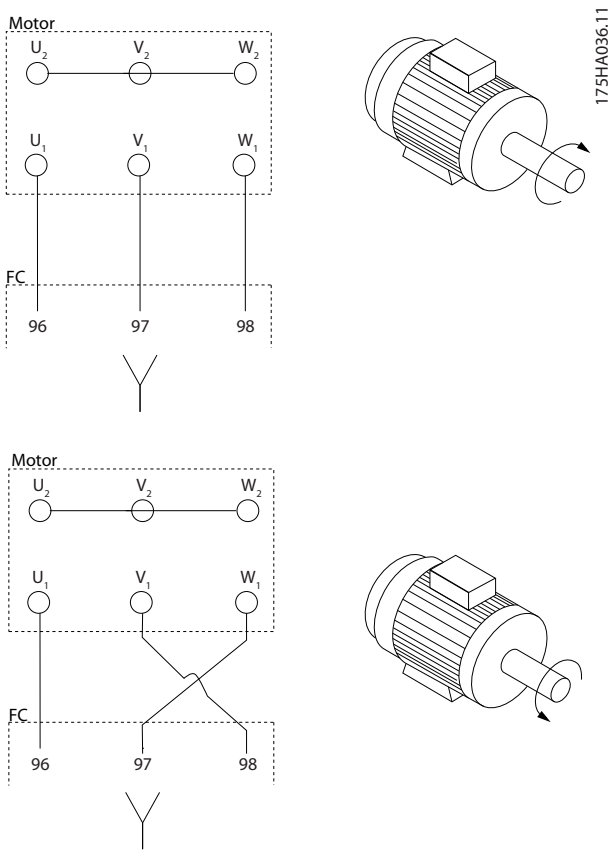


Abbildung 10.18 Änderung der Motordrehung

Anforderungen für die Baugrößen F1/F3
Jedes Wechselrichtermodul muss über dieselbe Anzahl von Motorphasenkabel verfügen, und diese müssen in Vielfachen von 2 vorliegen (z. B. 2, 4, 6 oder 8). 1 Kabel ist nicht zulässig. Die Kabel zwischen den Klemmen des Wechselrichtermoduls und dem ersten gemeinsamen Punkt einer Phase müssen die gleiche Länge haben (mit einer Toleranz von 10 %). Als gemeinsamen Punkt empfiehlt Danfoss dabei die Motorklemmen. Wenn beispielsweise Wechselrichtermodul A ein 100 m langes Kabel verwendet, könnten die nachfolgenden Wechselrichtermodule Kabellängen zwischen 90 und 110 m nutzen.

Anforderungen für die Baugrößen F2/F4
Jedes Wechselrichtermodul muss über dieselbe Anzahl von Motorphasenkabeln verfügen, und diese müssen in Vielfachen von 3 vorliegen (z. B. 3, 6, 9 oder 12). 1 oder 2 Kabel sind nicht zulässig Die Kabel zwischen den Klemmen des Wechselrichtermoduls und dem ersten gemeinsamen Punkt einer Phase müssen die gleiche Länge haben (mit einer Toleranz von 10 %). Als gemeinsamen Punkt empfiehlt Danfoss dabei die Motorklemmen. Wenn beispielsweise Wechselrichtermodul A ein 100 m langes Kabel verwendet, könnten die nachfolgenden Wechselrichtermodule Kabellängen zwischen 90 und 110 m nutzen.

10.7.1 Thermischer Motorschutz

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

10.7.2 Parallelschaltung von Motoren

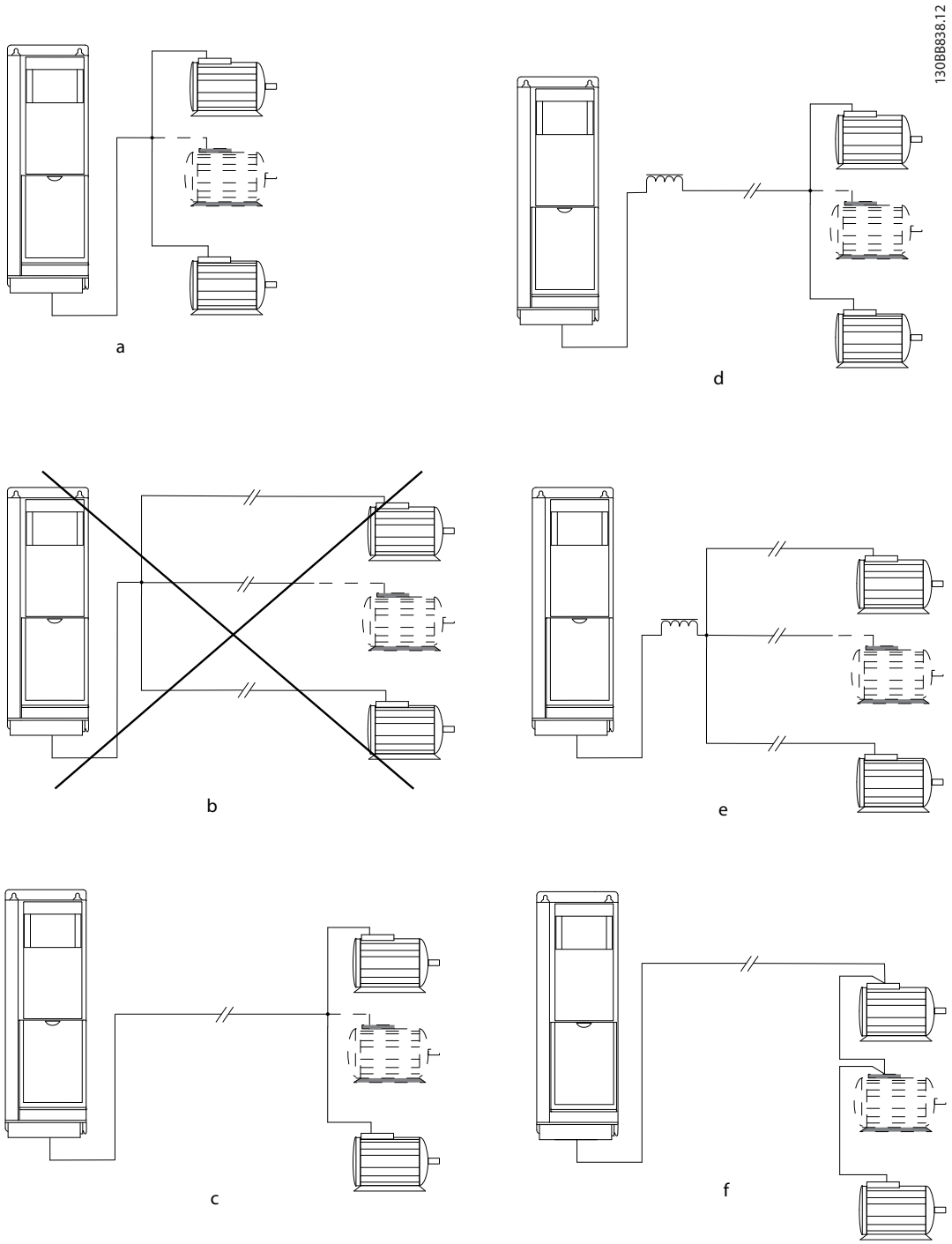
Der Frequenzumrichter kann mehrere parallel geschaltete Motoren steuern/regeln. Eine Auswahl an Möglichkeiten Motoren parallel zu schalten finden Sie unter *Abbildung 10.19*.

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_{INV} des Frequenzumrichters nicht übersteigen.
- Wenn sich die Motorgrößen stark unterscheiden, können beim Hochfahren und bei niedrigen Drehzahlen Probleme auftreten, da der relativ hohe Ohm-Widerstand der kleinen Motoren im Stator in solchen Situationen eine höhere Spannung erfordert.
- Das elektronische Thermorelais (ETR) des Frequenzumrichters kann nicht als Motorüberlastschutz verwendet werden. Sehen sie einen weiteren Motorüberschutzvor,einschließlich Thermistoren in jeder Motorwicklung odereinzelne thermische Relais
- Bei parallel geschalteten Motoren können Sie *Parameter 1-02 Flux Motor Feedback Source* nicht verwenden, und *Parameter 1-01 Motor Control Principle* muss auf *[0] U/f* eingestellt sein.

10

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



A	Installationen mit gemeinsamem Anschluss wie in A und B gezeigt werden nur bei kurzen Kabeln empfohlen.
B	Beachten Sie die in *Kapitel 7.6 Kabelspezifikationen* angegebene Maximallänge für Motorleitungen.
C	Die in *Kapitel 7.6 Kabelspezifikationen* angegebene Gesamtlänge des Motorkabels ist gültig, solange die Parallelkabel kurz gehalten werden und 10 m (32 ft) nicht überschreiten.
D	Berücksichtigen Sie den Spannungsabfall an den Motorleitungen.
E	Berücksichtigen Sie den Spannungsabfall an den Motorleitungen.
F	Die in *Kapitel 7.6 Kabelspezifikationen* angegebene Gesamtlänge des Motorkabels ist gültig, solange die Parallelkabel kurz gehalten werden und 10 m (32 ft) nicht überschreiten.

Abbildung 10.19 Unterschiedliche Parallelschaltungen von Motoren

10.7.3 Motorisolation

Verwenden Sie im Falle von Motorleitungen, deren Länge geringer oder gleich der in *Kapitel 7.6 Kabelspezifikationen* angegebenen Maximallänge ist, die in *Tabelle 10.34* abgebildeten Nennwerte für Motorisolation. Bei einem geringeren Isolationswert eines Motors empfiehlt Danfoss die Verwendung eines dU/dt- oder Sinusfilters.

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

Tabelle 10.34 Nennwerte für Motorisolation

10.7.4 Motorlagerströme

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

Vorbeugende Standardmaßnahmen:

- Verwenden Sie ein isoliertes Lager.
- Gehen Sie ordnungsgemäß nach den Installationsverfahren vor.
  - Stellen Sie sicher, dass Motor und Antriebslast korrekt ausgerichtet sind.
  - Befolgen Sie die EMV-Installationsrichtlinie.
  - Verstärken Sie den Schutzleiter (PE), sodass die hochfrequent wirksame Impedanz im PE niedriger als bei den Versorgungsleitungen ist.
  - Sorgen Sie für eine gute Hochfrequenzverbindung zwischen Motor und Frequenzumrichter. Verwenden Sie ein abgeschirmtes Kabel mit einem 360°-Anschluss im Motor und im Frequenzumrichter.
  - Stellen Sie sicher, dass die Impedanz vom Frequenzumrichter zur Gebäudeerdung niedriger als die Erdungsimpedanz der Maschine ist. Dieses Verfahren kann bei Pumpen schwierig sein.
  - Stellen Sie eine direkte Erdverbindung zwischen Motor und Last her.
- Senken Sie die IGBT-Taktfrequenz.
- Ändern Sie die Wechselrichtersignalform, 60° AVM oder SFAVM.
- Installieren Sie ein Wellenerdungssystem oder verwenden Sie eine Trennkupplung.
- Tragen Sie leitfähiges Schmierfett auf.
- Verwenden Sie, sofern möglich, minimale Drehzahleinstellungen.
- Versuchen Sie sicherzustellen, dass die Netzspannung zur Erde symmetrisch ist. Dieses Verfahren kann bei IT-, TT-, TN-CS-Netzen oder Systemen mit geerdetem Zweig schwierig sein.
- Verwenden Sie ein dU/dt- oder Sinusfilter.

10.8 Bremsung

10.8.1 Auswahl des Bremswiderstands

Wenn erhöhte Anforderungen zur Reduzierung der Drehzahl bewältigt werden sollen, ist ein Bremswiderstand erforderlich. Der Bremswiderstand absorbiert die Energie anstelle des Frequenzumrichters. Weitere Informationen finden Sie im *Projektierungshandbuch VLT® Brake Resistor 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 10.20* 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:

Arbeitszyklus = t_b/T

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

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

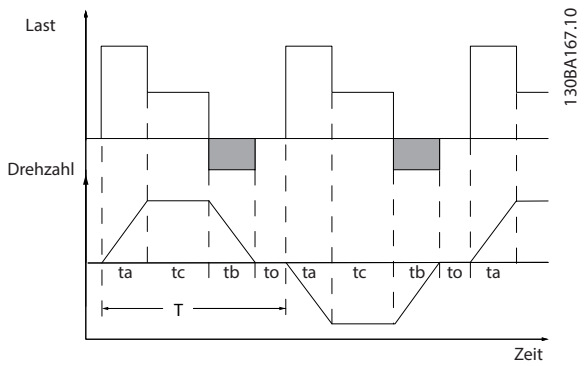


Abbildung 10.20 Typischer Bremszyklus

380–480 V Modell	Zykluszeit [s]	Bremsarbeits-zyklus bei 100 % Drehmoment	Bremsarbeits-zyklus bei Übermoment (150/160 %)
P355–P1000	600	40%	10%
525–690 Modell	**Zykluszeit [s]**	**Bremsarbeits-zyklus bei 100 % Drehmoment**	**Bremsarbeits-zyklus bei Übermoment (150/160 %)**
P560–P630	600	40%	10%
P710–P1M4	600	40%	10%

Tabelle 10.35 Bremsung bei hohem Überlastmoment

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

HINWEIS

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

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

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

wenn

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

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

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

Tabelle 10.36 FC102/FC 202-Bremsgrenzwerte

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_{rec}. Diese Berechnung gewährleistet, dass der Frequenzumrichter mit der maximal verfügbaren Bremsleistung ($M_{br(\%)}$) von 150 % bremst. Die entsprechende Formel lässt sich wie folgt schreiben:

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

η_{motor} beträgt in der Regel 0,90

η_{VLT} beträgt in der Regel 0,98

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

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

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

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

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

HINWEIS

Der ohmsche Widerstand des gewählten Bremswiderstands darf nicht unter dem von Danfoss empfohlenen Wert liegen.

HINWEIS

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

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

⚠WARNUNG

BRANDGEFAHR

Die Bremswiderstände erwärmen sich während und nach dem Bremsen. Werden die Bremswiderstände nicht in einer sicheren Umgebung platziert, besteht ggf. die Gefahr von schweren Verletzungen und von Sachschäden.

- **Um einer Brandgefahr zu entgehen, müssen Sie den Bremswiderstand in einer sicheren Umgebung platzieren.**
- **Berühren Sie den Bremswiderstand während des Bremsens oder danach nicht, um schwere Verbrennungen zu vermeiden.**

10.8.2 Steuerung mit Bremsfunktion

Ein Relais/ein Digitalausgang kann den Schutz des Bremswiderstands vor einer Überlastung übernehmen und erzeugt im Bedarfsfall einen Fehler im Frequenzumrichter. Im Falle einer Überlastung oder Überhitzung des Brems-IGBT schaltet das Relais-/Digitalsignal von der Bremse zum Frequenzumrichter das Brems-IGBT aus. Dieses Relais/Digitalsignal schützt nicht vor einem Kurzschluss im Bremsen-IGBT oder einem Erdschluss im Bremsmodul oder in der Verdrahtung. Wenn ein Kurzschluss in der Bremse IGBT auftritt, empfiehlt Danfoss eine Vorrichtung zur Trennung der Bremse.

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

HINWEIS

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

Sie können *Überspannungssteuerung* (OVC) als eine alternative Bremsfunktion in *Parameter 2-17 Over-voltage Control* 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 Motor Construction* auf *[1] PM, Vollpol SPM* eingestellt ist.

10.9 Fehlerstromschutzschalter und Isolationswiderstandsüberwachung (IRM)

Je nach Anforderung der örtlichen Sicherheitsvorschriften kann als zusätzliche Schutzmaßnahme eine Mehrfach-Schutzerdung oder Einsatz eines FI-Schutzschalters (Fehlerstromschutzschalter) vorgeschrieben sein.
Bei einem Erdschluss kann im Fehlerstrom ein Gleichstromanteil enthalten sein. Fehlerstromschutzschalter sind gemäß den örtlichen Vorschriften anzuwenden. Die Relais müssen für die Absicherung von Geräten mit dreiphasigem Brückengleichrichter und für einen kurzzeitigen Impulsstrom im Einschaltmoment zugelassen sein. Nähere Angaben finden Sie unter *Kapitel 10.10 Ableitstrom*.

10.10 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
- Motorleitungsabschirmung.
- Frequenzumrichterleistung.

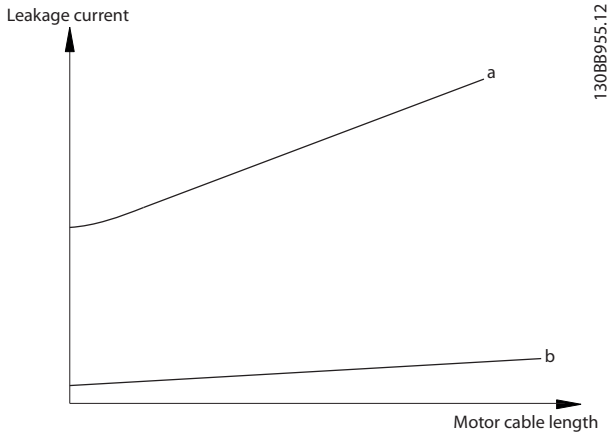


Abbildung 10.21 Einfluss von Motorkabellänge und Leistungsgröße auf den Ableitstrom. Leistungsgröße a > Leistungsgröße b.

10

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Der Ableitstrom hängt ebenfalls von der Netzverzerrung ab.

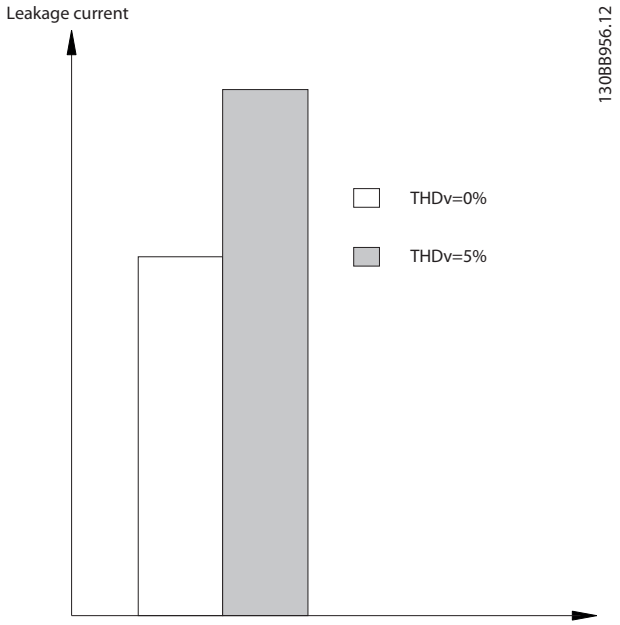


Abbildung 10.22 Die Netzverzerrung beeinflusst den Ableitstrom

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 mm^2 (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 Erdschlusstrennschalter bezeichnet, zum Einsatz kommen, sind die folgenden Anforderungen einzuhalten:

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

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

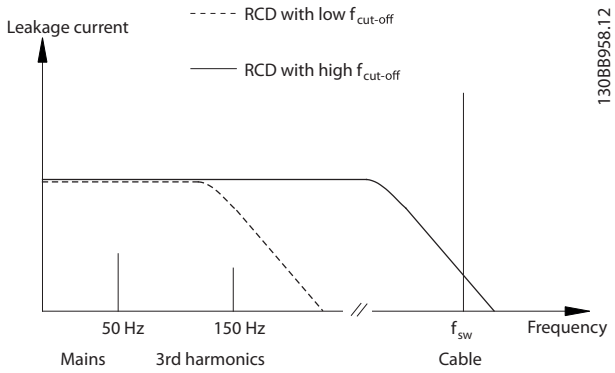


Abbildung 10.23 Hauptbeitragsfaktoren zum Ableitstrom

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

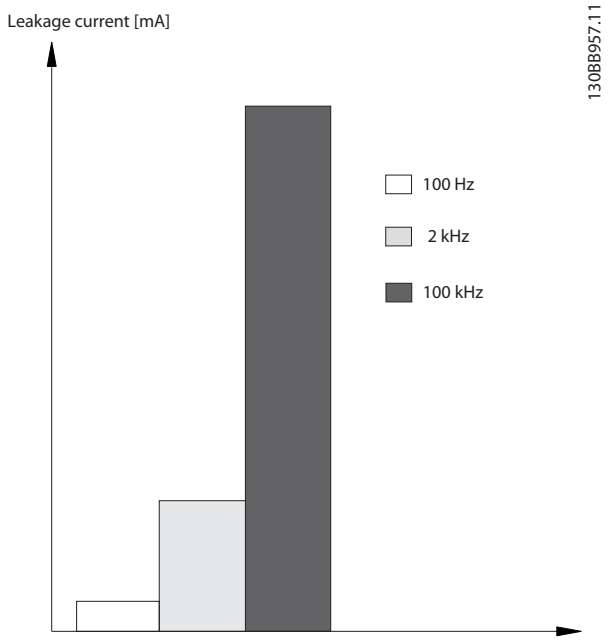


Abbildung 10.24 Einfluss der Trennfrequenz des Fehlerstromschutzschalters auf den Ableitstrom

10.11 IT-Netz

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

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

10.12 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 Wellennenndrehmoments 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 10.25*. 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.

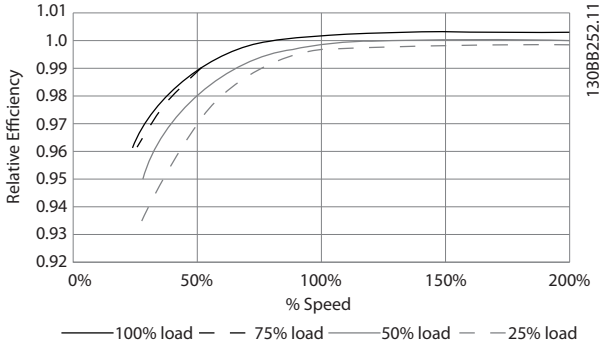


Abbildung 10.25 Typische Wirkungsgradkurven

Beispiel: Nehmen wir als Beispiel einen Frequenzumrichter mit 160 kW und 380–480/500 V AC bei 25 % Last bei 50 % Drehzahl. *Abbildung 10.25* gibt 0,97 an – der Nennwirkungsgrad für einen Frequenzumrichter mit 160 kW ist also 0,98. Der tatsächliche Wirkungsgrad ist gleich: 0,97x 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 bis 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 (15 HP).

Die Taktfrequenz hat in der Regel keinen Einfluss auf den Wirkungsgrad von kleinen Motoren. Bei Motoren mit mindestens 11 kW (15 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:
$\eta_{SYSTEM}=\eta_{VLT} \times \eta_{MOTOR}$

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

10.13 Störgeräusche

Störgeräusche von Frequenzumrichtern haben drei Ursachen:

- Zwischenkreisspulen.
- Interne Lüfter.
- EMV-Filterdrossel.

Tabelle 10.37 listet die typischen, im Abstand von 1 m (9 ft) zum Frequenzumrichter gemessenen Störgeräuschwerte auf:

Baugröße	dBA bei voller Lüfterdrehzahl
E1–E2[1)]	74
E1–E2[2)]	83
F1–F4 und F8–F13	80

Tabelle 10.37 Störgeräusche

1) Nur P450–P500, 525–690 V.

2) Alle anderen Modelle der Baugröße E.

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.

10

10.14 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 Anstiegzeit und Spitzenspannung U_{PEAK} beeinflussen die Lebensdauer des Motors. Besonders Motoren ohne Phasentrennungspapier werden von zu hohen Spitzenspannungen geschädigt. Die Motorkabellänge hat Auswirkungen auf Anstiegzeit und Spitzenspannung. Wenn etwa das Motorkabel kurz ist (wenige Meter), sind Anstiegzeit und Spitzenspannung niedriger. Bei einem langen Motorkabel (100 m (328 ft)) steigen Anstiegzeit und Spitzenspannung.

Das Schalten der IGBT-Transistoren verursacht eine Spitzenspannung an den Motorklemmen. 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 10.38* und *Tabelle 10.39* 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-gespeiste Motoren. Die Leistungsgrößen in *Tabelle 10.38* und *Tabelle 10.39* sind nicht konform mit NEMA MG 1-1998 Teil 30.2.2.8 für Universalmotoren.

380–480 V

Modell	Kabellänge [m (ft)]	Netzspannung [V]	Anstiegzeit [µs]	Spitzenspannung [V]	dU/dt [V/µs]
P315–P1M0 (380–480 V)	30 (98,5)	500	0,71	1165	1389
	30 (98,5)	500[1)]	0,80	906	904
	30 (98,5)	400	0,61	942	1233
	30 (98,5)	400[1)]	0,82	760	743

Tabelle 10.38 dU/dt-Baugrößen E1–E2 und F1–F13, 380–480 V

1) Mit Danfoss du/dt-Filter.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

525–690 V

Modell	Kabellänge [m (ft)]	Netz-spannung [V]	Anstieg-zeit [µs]	Spitzen-spannung [V]	dU/dt [V/µs]
P450–P1M4 (525–690 V)	30 (98,5)	690	0,57	1611	2261
	30 (98,5)	575	0,25	–	2510
	30 (98,5)	690[1)]	1,13	1629	1150

Tabelle 10.39 dU/dt-Baugrößen E1–E2 und F1–F13, 525–690 V

[1)] Mit Danfoss dU/dt-Filter.

10.15 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

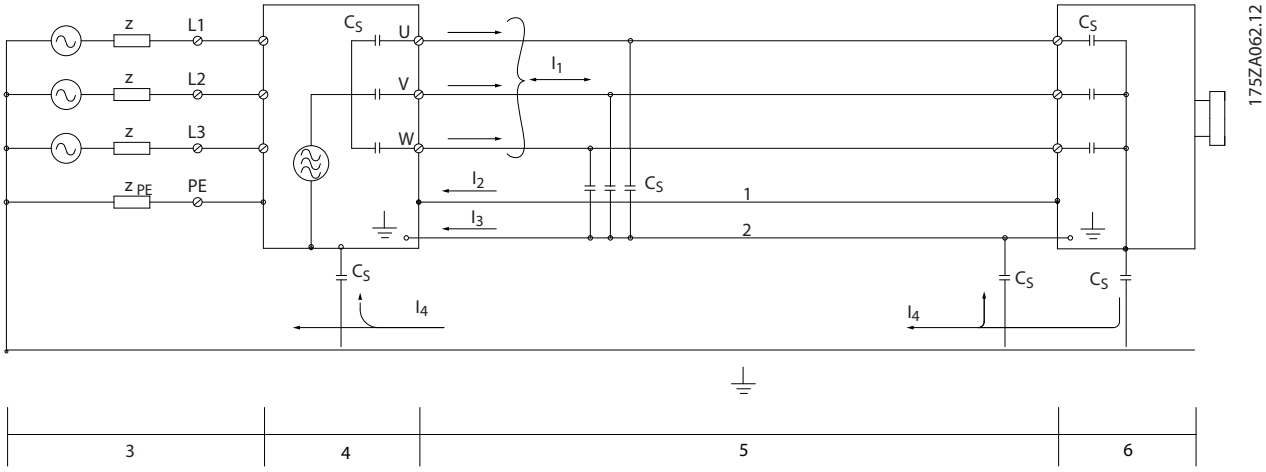
Elektrische Geräte erzeugen Störungen und sind zugleich den Störungen von anderen Quellen ausgesetzt. Die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) dieser Effekte ist von den Leistungs- und Oberschwingungseigenschaften der Geräte abhängig.

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

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

Schalttransienten im Frequenzbereich von 150 kHz bis 30 MHz treten in der Regel leitungsgebunden auf. Störaussendung vom Antriebssystem im Bereich von 30 MHz bis 1 GHz werden durch den Wechselrichter, das Motorkabel und den Motor erzeugt.
Durch kapazitive Ströme des Motorkabels, in Verbindung mit hohem dU/dt der Motorspannung, werden Ableitströme erzeugt. Siehe *Abbildung 10.26*. 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 (I1) fließt zum Großteil über die Abschirmung (I3) direkt zurück zum Gerät. Es verbleibt dann nur ein kleines elektromagnetisches Feld (I4) vom abgeschirmten Motorkabel. Die Abschirmung verringert zwar die abgestrahlte Störung, erhöht jedoch die Niederfrequenzstörungen am Netz.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



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

Abbildung 10.26 Elektrisches Modell mit möglichen Ableitströmen

10

10.15.1 EMV-Prüfergebnisse

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

EMV-Filtertyp		**Leitungsgeführte Störaussendung**			**Abgestrahlte Störaussendung**		
Normen und Anforderungen	**EN 55011**	**Klasse B** Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbereich sowie Kleinbetriebe	**Klasse A Gruppe 1** Industriebereich	**Klasse A Gruppe 2** Industriebereich	**Klasse B** Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbereich sowie Kleinbetriebe	**Klasse A Gruppe 1** Industriebereich	**Klasse A Gruppe 2** Industriebereich
	EN/IEC 61800-3	**Kategorie C1** Erste Umgebung Wohnungen und Büro	**Kategorie C2** Erste Umgebung Wohnungen und Büro	**Kategorie C3** Zweite Umgebung Industrie	**Kategorie C1** Erste Umgebung Wohnungen und Büro	**Kategorie C2** Erste Umgebung Wohnungen und Büro	**Kategorie C3** Erste Umgebung Wohnungen und Büro
H2							
FC102	355–1000 kW 380–480 V	Nein	Nein	150 m (492 ft)	Nein	Nein	Ja
	450–1400 kW 525–690 V	Nein	Nein	150 m (492 ft)	Nein	Nein	Ja
H4							
FC102	355–1000 kW 380–480 V	Nein	150 m (492 ft)	150 m (492 ft)	Nein	Ja	Ja
	450–1400 kW 525–690 V	–	–	–	–	–	–

Tabelle 10.40 EMV-Prüfergebnisse (Störaussendung und Störfestigkeit)

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

10.15.2 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 10.41* definiert.

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

Kategorie (EN 61800-3)	Definition	Leitungsgeführte Störaussendung (EN 55011)
C1	In der ersten Umgebung (Wohn-, Geschäfts- und Gewerbebereich sowie Kleinbetriebe) installierte Frequenzumrichter mit einer Versorgungsspannung unter 1000 V	Klasse B
C2	In der ersten Umgebung (Wohn-, Geschäfts- und Gewerbebereich sowie Kleinbetriebe) installierte Frequenzumrichter mit einer Versorgungsspannung unter 1000 V, die nicht steckbar oder bewegbar sind und die von einer Fachperson installiert bzw. in Betrieb werden müssen.	Klasse A Gruppe 1
C3	In der zweiten Umgebung (Industriebereich) installierte Frequenzumrichter mit einer Versorgungsspannung unter 1000 V.	Klasse A Gruppe 2
C4	Zweite Umgebung mit folgenden Gegebenheiten: • 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 10.41 Emissionsanforderungen

10

Wenn die Fachgrundnorm Störungsaussendung zugrunde gelegt wird, müssen die Frequenzumrichter die Grenzwerte in *Tabelle 10.42* 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 10.42 Grenzwerte der Fachgrundnorm Störungsaussendung

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

10.15.3 Störfestigkeitsanforderungen

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

Um die Störfestigkeit gegenüber Schalttransienten zu dokumentieren, wurde der nachfolgende Störfestigkeitstest an einem Frequenzumrichter (mit Optionen, falls relevant), einer abgeschirmten Steuerleitung und einem Steuerkasten mit Potenziometer, Motorkabel und Motor durchgeführt. Die Prüfungen wurden nach den folgenden Fachgrundnormen durchgeführt. Nähere Angaben finden Sie in *Tabelle 10.43*.

- **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 Einstrahlfeld, 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**	**Stoßspannungstransienten IEC 61000-4-5**	**ESD IEC 61000-4-2**	**Abgestrahlte elektromagnetische Felder IEC 61000-4-3**	**HF-Gleichtaktspannung IEC 61000-4-6**
Abnahmekriterium	**B**	**B**	**B**	**A**	**A**
Reihe	4 kV CM (Common Mode)	2 kV/2 Ω Differenzbetrieb 4 kV/12 Ω CM (Common Mode)	–	–	10 V_{eff}
Motor	4 kV CM (Common Mode)	4 kV/2 Ω[1)]	–	–	10 V_{eff}
Bremse	4 kV CM (Common Mode)	4 kV/2 Ω[1)]	–	–	10 V_{eff}
Zwischenkreiskopplung	4 kV CM (Common Mode)	4 kV/2 Ω[1)]	–	–	10 V_{eff}
Steuerkabel	2 kV CM (Common Mode)	2 kV/2 Ω[1)]	–	–	10 V_{eff}
Standardbus	2 kV CM (Common Mode)	2 kV/2 Ω[1)]	–	–	10 V_{eff}
Relaisleitungen	2 kV CM (Common Mode)	2 kV/2 Ω[1)]	–	–	10 V_{eff}
Anwendung/ 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 10.43 EMV-Immunitätstabelle, Spannungsbereich: 380–480/500 V, 525–600 V, 525–690 V

1) Injektion auf Kabelschirm.

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

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

10.15.4 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

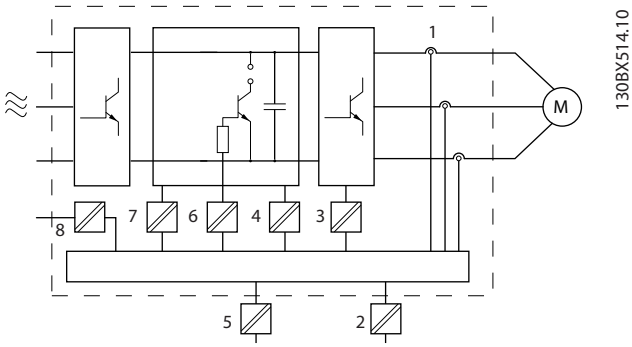
In Wohnumgebungen kann dieses Produkt Funkstörungen verursachen. In diesem Fall müssen Sie zusätzliche Maßnahmen zur Minderung dieser Störungen ergreifen.

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 10.27*). 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	IGBT-Ansteuerkarte für die IGBTs
4	Stromversorgung (Schaltnetzteil) einschließlich Signaltrennung 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 10.27 Galvanische Trennung

10.16 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 10.28*.

HINWEIS

VERDRILLTE ABSCHIRMUNGSENDEN (PIGTAILS)

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

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

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

- Verwenden Sie immer abgeschirmte Motorausgangskabel. Eine Alternative dazu sind ungeschirmte Motorkabel in Metallrohren.

HINWEIS

ABGESCHIRMTE KABEL

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

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

HINWEIS

EMV-STÖRUNGEN

Verwenden Sie abgeschirmte Kabel für die Motor- und Steuerverdrahtung. Achten Sie darauf, Netzeingangs-, Motor- und Steuerleitungen voneinander zu isolieren. 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

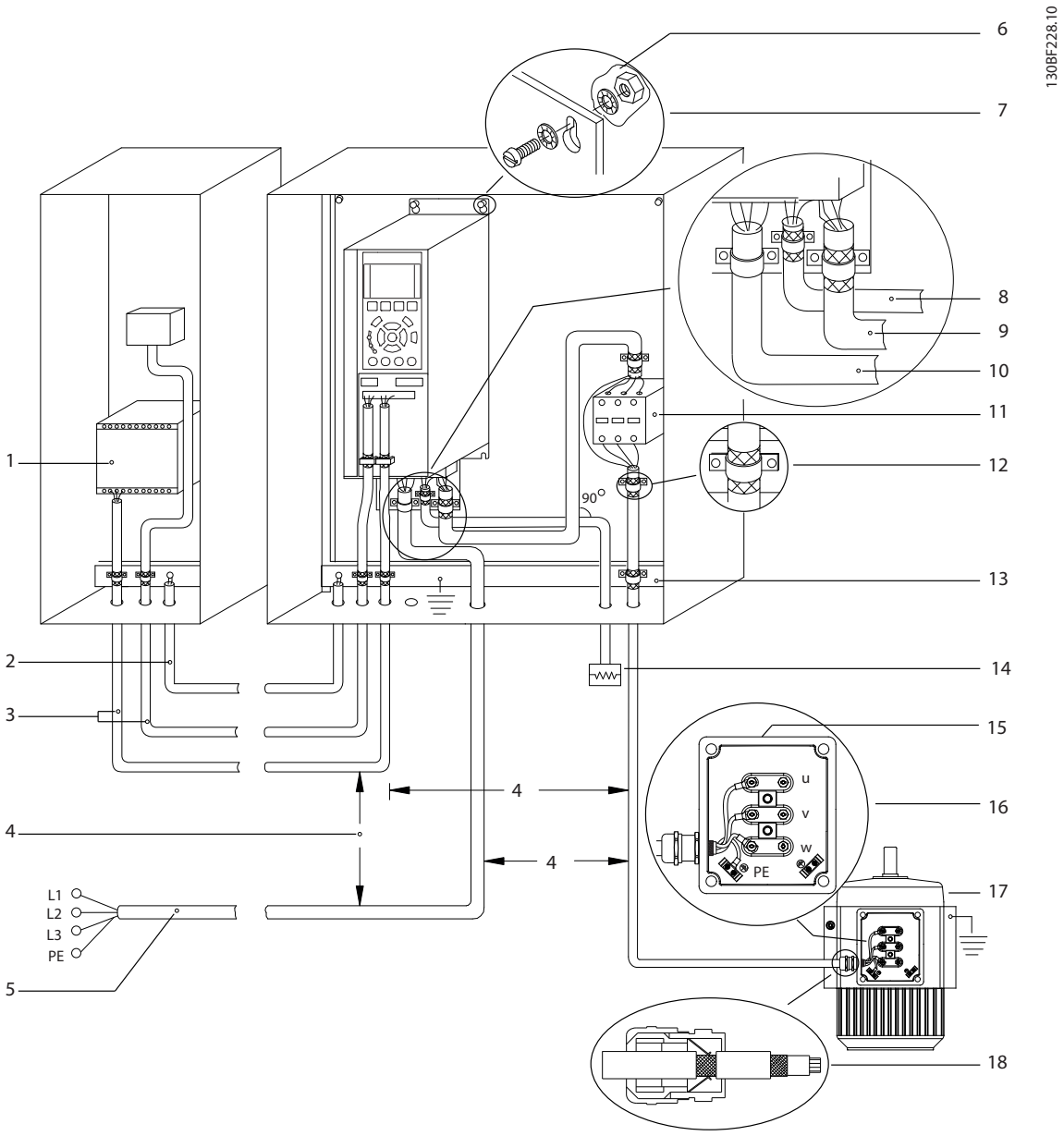
Es besteht die Gefahr von Überspannung. Die Isolierung zwischen Komponenten und kritischen Teilen ist ggf. nicht ausreichend und entspricht möglicherweise nicht den PELV-Anforderungen. Reduzieren Sie die Gefahr von Überspannung durch externe Schutzeinrichtungen oder galvanische Trennung.
Kontaktieren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

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	SPS	10	Netzkabel (ungeschirmt)
2	Minimum 16 mm^2 (6 AWG) Potentialausgleich	11	Ausgangs- schütz
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 Schaltschrankerdung.
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 10.28 Beispiel für EMV-gerechte Installation

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

10.17 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.

10.17.1 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 10.44 Oberschwingungsbezogene Abkürzungen

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

Tabelle 10.45 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

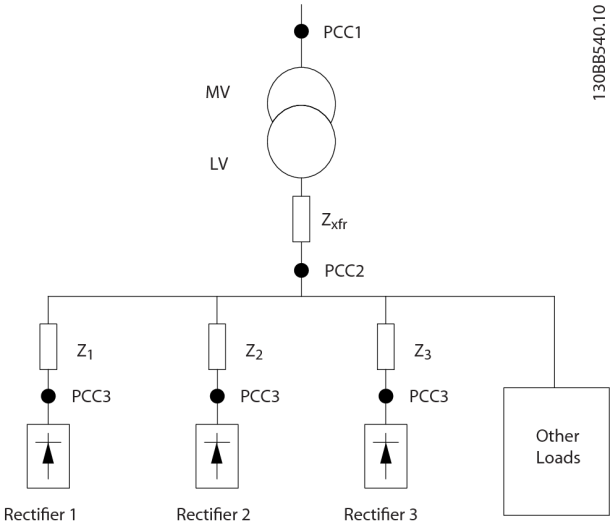
Tabelle 10.46 Oberschwingungsströme und Effektiv-Eingangsstrom

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 Spannungsoberschwingungen nach folgender Formel:

$$THDi = \frac{\sqrt{U25 + U27 + ... + U2n}}{U}$$

10.17.2 Einfluss von Oberschwingungen in einer Energieverteilungsanlage

In *Abbildung 10.29* 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 10.29 Kleine Verteilanlage

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

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

Ein häufig verwendeter Begriff, um die Impedanz eines Stromnetzes zu beschreiben, ist das Kurzschlussverhältnis R_{sce}, definiert als das Verhältnis zwischen Kurzschluss-Scheinleistung der Versorgung am PCC (S_{sc}) und der Nennscheinleistung der Last. (S_{equ}).$R_{sce} = \frac{S_{sc}}{S_{equ}}$

wenn $S_{sc} = \frac{U^2}{Z_{Versorgung}}$ 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.

10.17.3 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 10.47 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.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

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 $_{Vk\ Line}$<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 10.48 Kompatibilitätsstufen für Oberschwingungen

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

Tabelle 10.49 Verträglichkeitswerte für die Gesamt-Oberschwingungsverzerrung der Spannung THDv

10.17.4 Oberschwingungskonformität

Danfoss-Frequenzumrichter erfüllen die folgenden Standards:

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

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

10.17.5 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 Netzrückwirkungen:

- VLT® 12-Pulse Drives
- VLT® Low Harmonic Drives
- VLT® Advanced Harmonic Filters
- VLT® Advanced 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).

10.17.6 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*.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

11 Grundlegende Arbeitsweise 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.

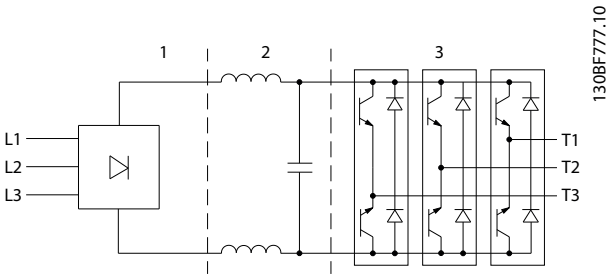
In seiner Grundform kann der Frequenzumrichter in 4 Hauptabschnitte unterteilt werden:

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 Frequenzumrichtersteuerungen

Folgende Prozesse werden zur Steuerung und Regelung des Motors verwendet:

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

11.2.1 Benutzereingaben/-sollwerte

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

- Manuell über die Bedieneinheit. 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.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

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

Weitere Informationen finden Sie im *Programmierhandbuch*.

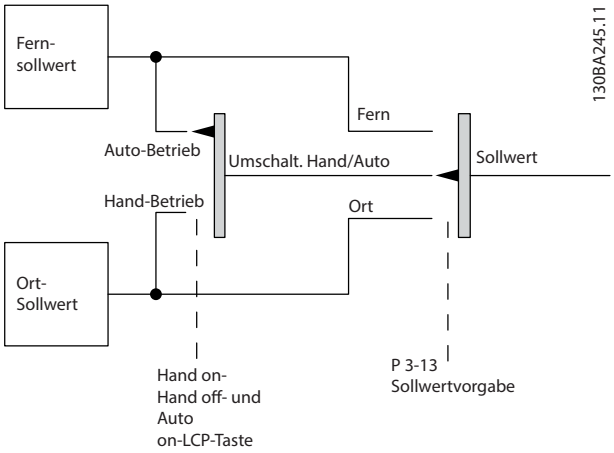


Abbildung 11.2 Auswahl des aktiven Sollwerts

Tasten der Bedien-einheit	*Parameter 3-13 Reference Site*	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 Preset Relative Reference* in [%].

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

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

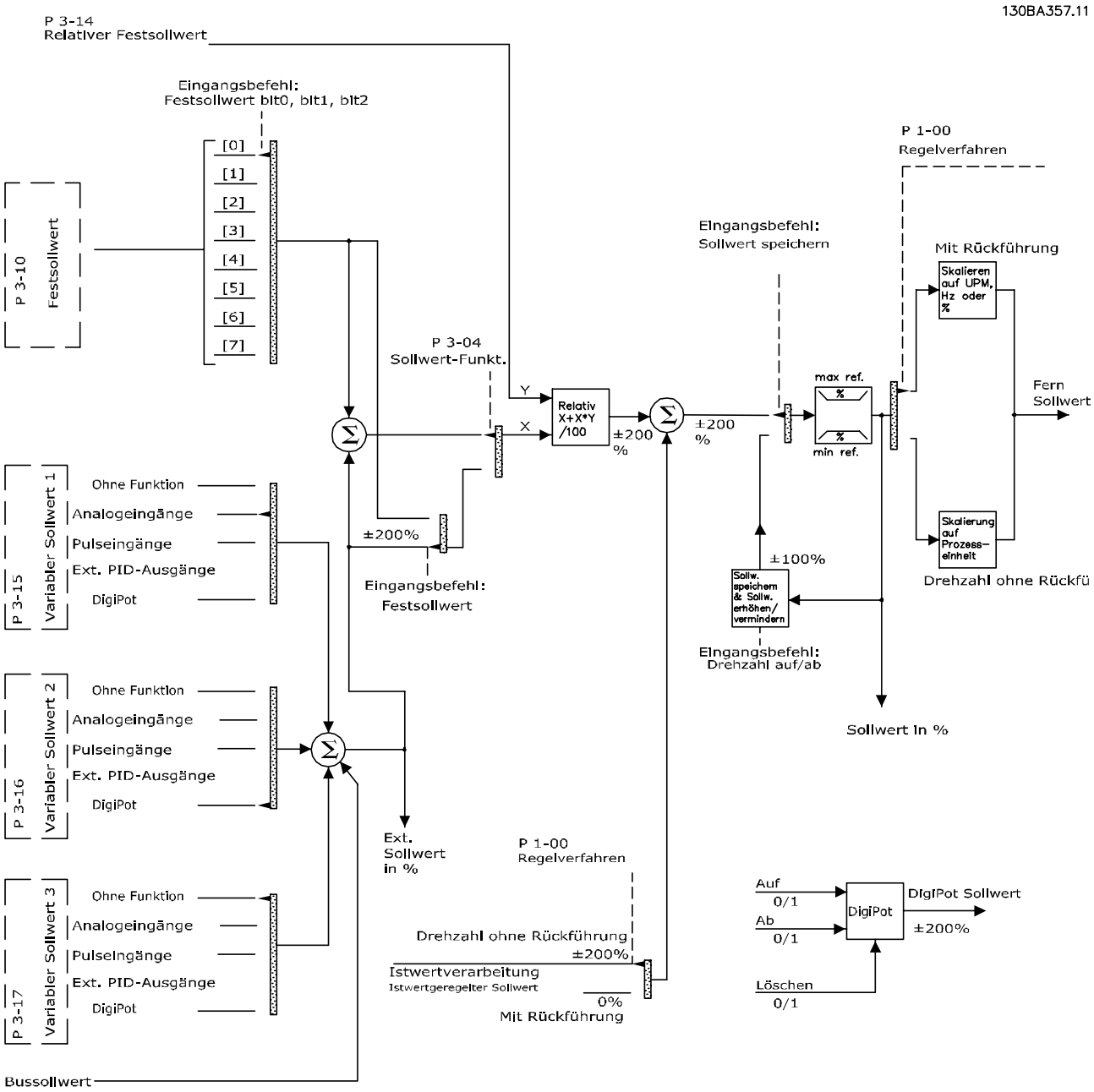


Abbildung 11.3 Fernsollwertverarbeitung

11

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 Istwertsensoren, 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).

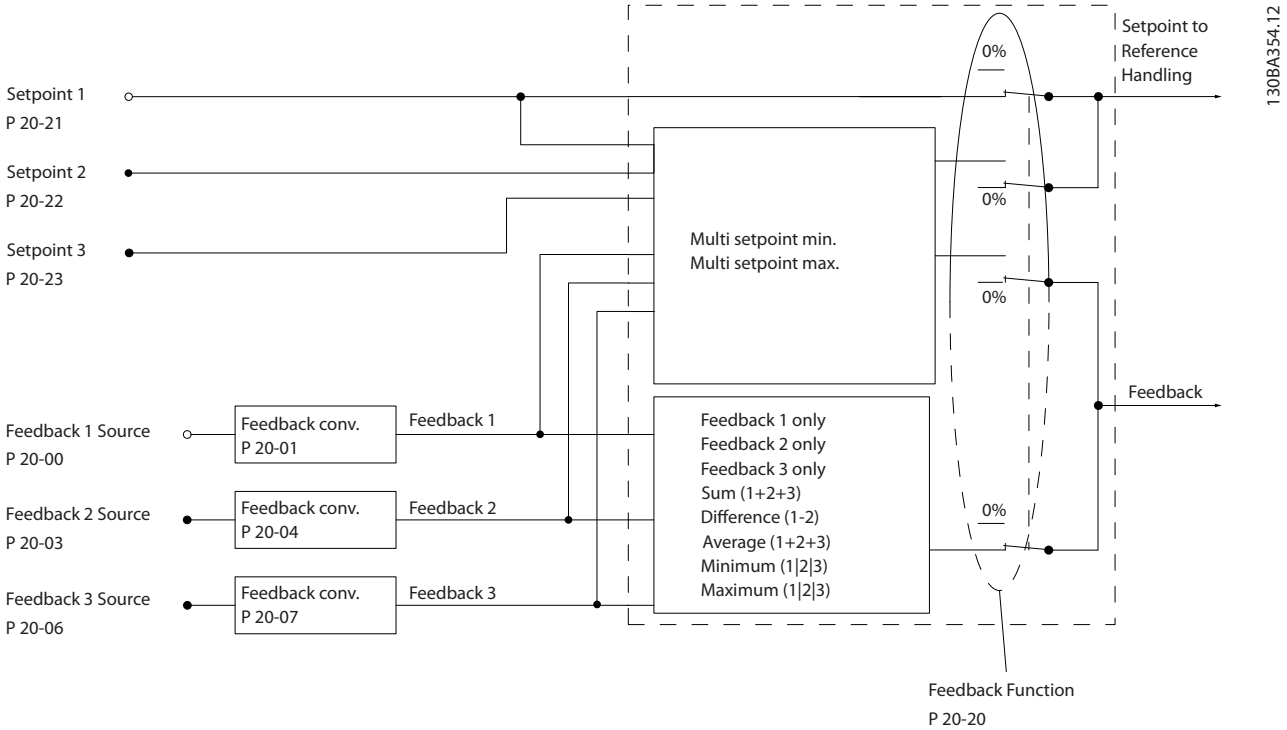


Abbildung 11.4 Blockschaltbild über die Verarbeitung von Istwertsignalen

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

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*.

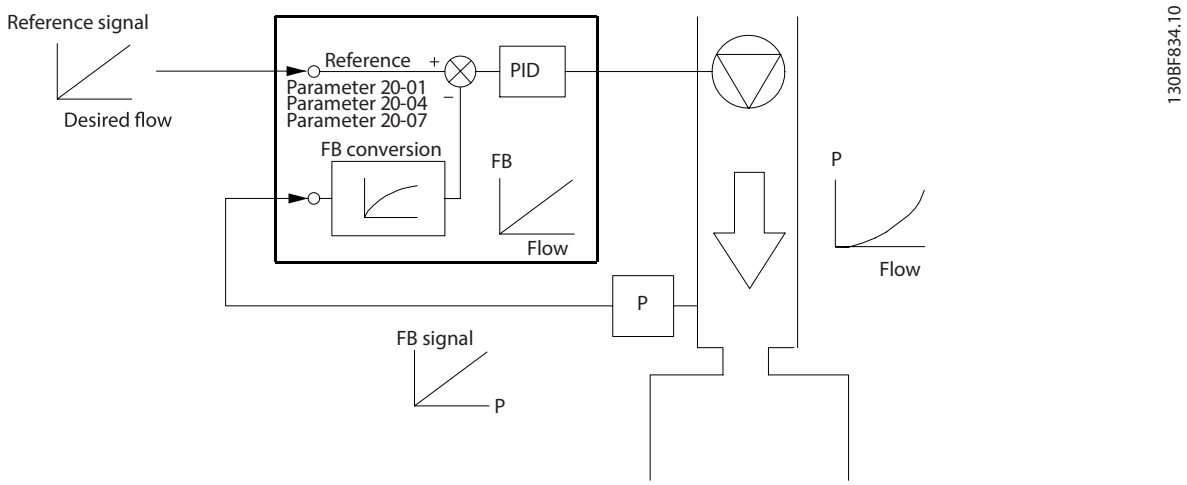


Abbildung 11.5 Istwertumwandlung

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 Configuration Mode*.

11

Folgende Regelungsstrukturen sind vorhanden:

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)

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

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.

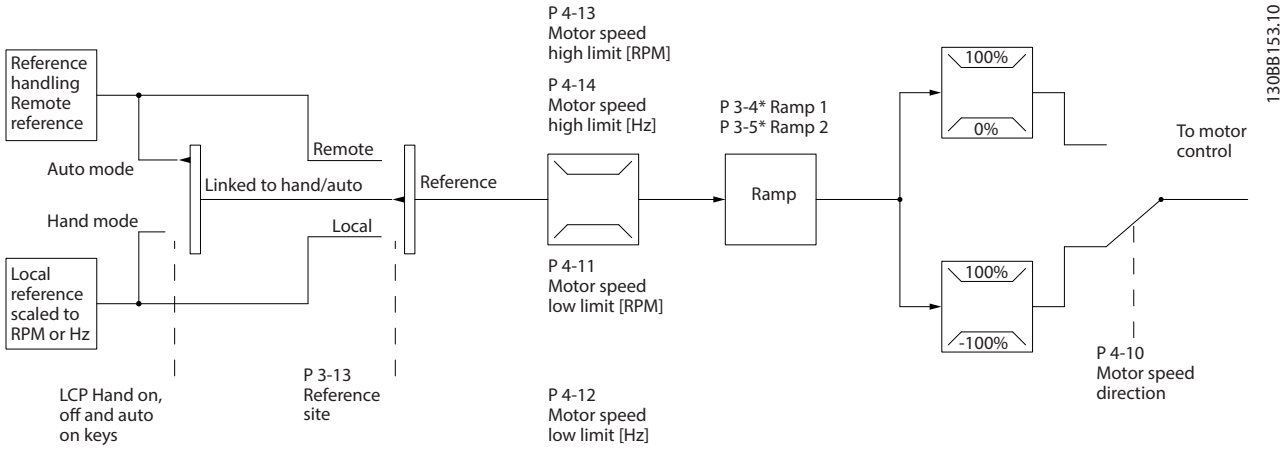


Abbildung 11.6 Blockschaltbild der Regelungsstruktur ohne Rückführung

11

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

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. Drehzahlregelung wird nur im VLT® AutomationDrive FC302 verwendet.
- Drehmomentregelung. Diese im Fluxvektorbetrieb verwendete Regelung mit Geberrückführung bietet überlegene Leistung in allen vier Quadranten und bei allen Motordrehzahlen. Drehmomentregelung wird nur im VLT® AutomationDrive FC302 verwendet.
  Die Drehmomentregelung ist Teil der Motorregelung in Anwendungen, in denen das Drehmoment an der Motorwelle die Anwendung zur Regelung der Zugspannung benötigt. Die Drehmomenteinstellung erfolgt durch Festlegung eines analogen, digitalen oder busgesteuerten Sollwerts. Bei Betrieb mit Drehmomentregelung empfehlen wir, eine komplette AMA auszuführen, da die richtigen Motordaten entscheidend für eine optimale Leistung sind.
- Prozessregelung. Verwendet zur Regelung von Anwendungsparametern, die mit unterschiedlichen Sensoren messbar sind (Druck, Temperatur und Fluss) und vom angeschlossenen Motor über eine Pumpe oder einen Lüfter beeinflusst werden können.

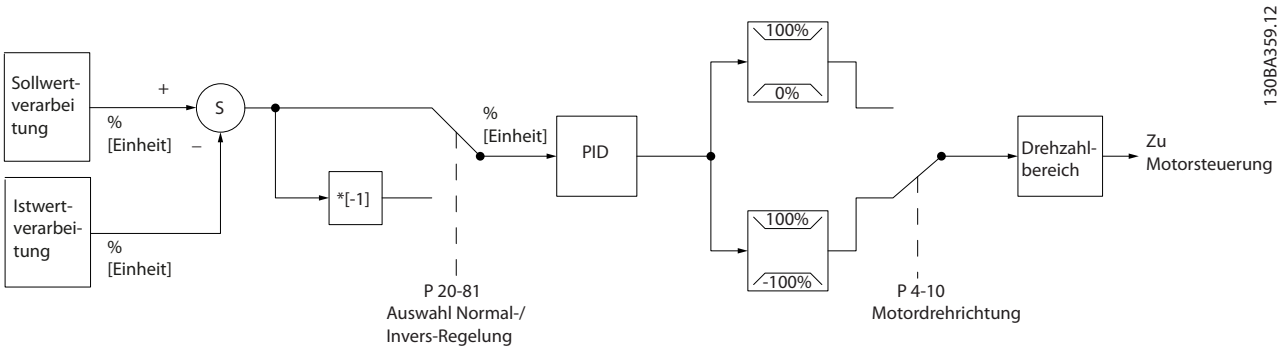


Abbildung 11.7 Blockschaltbild des Reglers mit Rückführung

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+

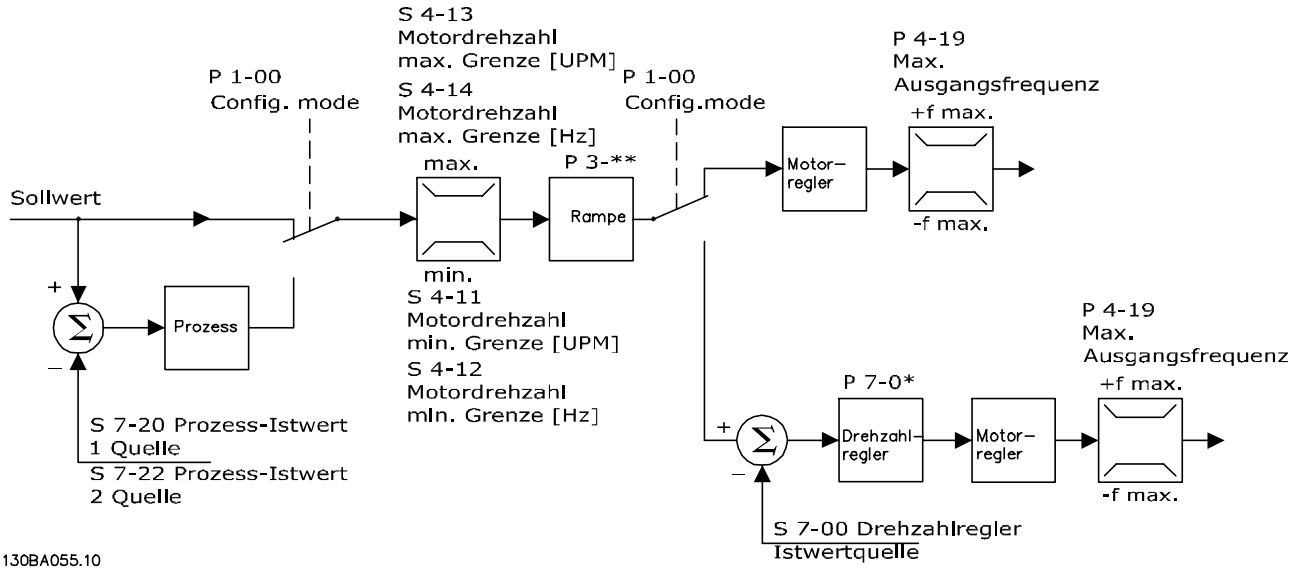


Abbildung 11.8 Regelungsstruktur in VVC+-Konfigurationen mit und ohne Rückführung

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 Motor Control Principle ist auf *[1] VVC+* und *Parameter 1-00 Configuration Mode* auf *[0] Ohne Rückführung* eingestellt. Wenn *Parameter 1-00 Configuration Mode* 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 Configuration Mode*, 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*.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

11.2.7.2 Interner Stromgrenzenregler in Betriebsart VVC+

Wenn das Motordrehmoment die in *Parameter 4-16 Torque Limit Motor Mode*, *Parameter 4-17 Torque Limit Generator Mode* und *Parameter 4-18 Current Limit* festgelegten Drehmomentgrenzen überschreitet, wird der integrierte Stromgrenzenregler aktiviert.
Wenn der Frequenzumrichter während des Motorbetriebs oder im generatorischen Betrieb die Stromgrenze erreicht, versucht das Gerät schnellstmöglich, die eingestellten Drehmomentgrenzen wieder zu unterschreiten, ohne die Kontrolle über den Motor zu verlieren.

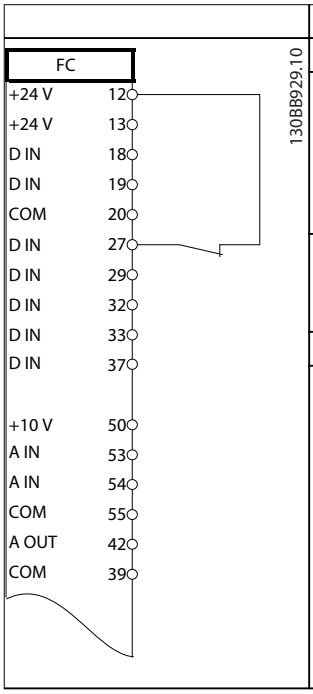
 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

12 Anwendungsbeispiele

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

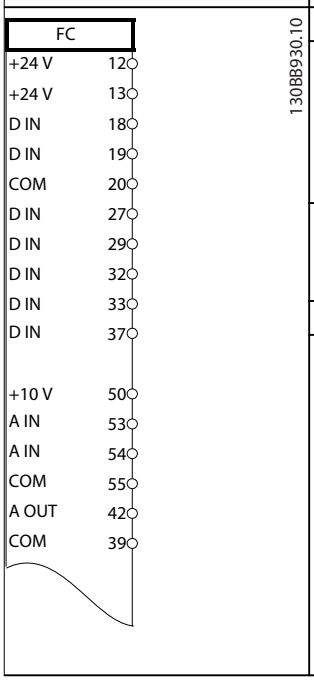
- Parametereinstellungen sind die regionalen Werkseinstellungen, sofern nicht anders angegeben (in *Parameter 0-03 Regional Settings* ausgewählt).
- Neben den Zeichnungen sind die Parameter für die Klemmen und ihre Einstellungen aufgeführt.
- Die Schaltereinstellungen für die Analogklemmen A53 und A54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

12.1 Anschlusskonfigurationen für eine automatische Motoranpassung (AMA)



Parameter	
Funktion	**Einstellung**
Parameter 1-29 Automatic Motor Adaptation (AMA)	*[1] Komplette AMA*
Parameter 5-12 Terminal 27 Digital Input	*[2]* Motorfreilauf invers*
*=Werkseinstellung	
Hinweise/Anmerkungen: Sie müssen *Parametergruppe 1-2* Motordaten* entsprechend dem Motor-Typenschild einstellen.	

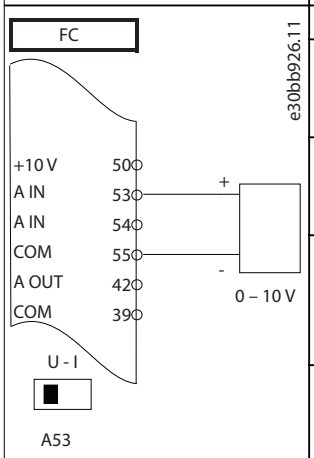
Tabelle 12.1 Anschlusskonfiguration für AMA mit angeschlossener Kl. 27



Parameter	
Funktion	**Einstellung**
Parameter 1-29 Automatic Motor Adaptation (AMA)	*[1] Komplette AMA*
Parameter 5-12 Terminal 27 Digital Input	*[0] Ohne Funktion*
*=Werkseinstellung	
Hinweise/Anmerkungen: Sie müssen *Parametergruppe 1-2* Motordaten* entsprechend dem Motor-Typenschild einstellen.	

Tabelle 12.2 Anschlusskonfiguration für AMA ohne Kl. 27 angeschlossen

12.2 Anschlusskonfigurationen für einen analogen Drehzahlsollwert

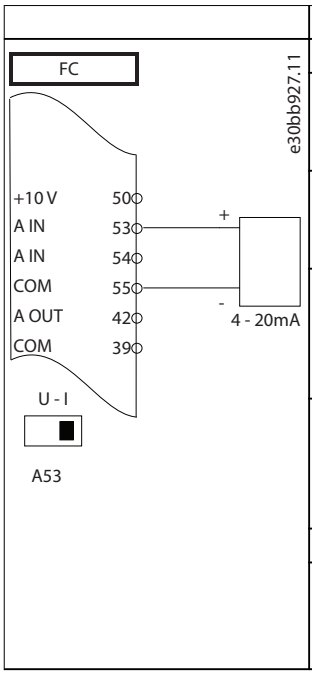


Parameter	
Funktion	**Einstellung**
Parameter 6-10 Terminal 53 Low Voltage	0,07 V
Parameter 6-11 Terminal 53 High Voltage	10 V*
Parameter 6-14 Terminal 53 Low Ref./Feedb. Value	0 U/min
Parameter 6-15 Terminal 53 High Ref./Feedb. Value	1500 U/min
*=Werkseinstellung	
Hinweise/Anmerkungen:	

Tabelle 12.3 Anschlusskonfigurationen für analogen Drehzahlsollwert (Spannung)

12

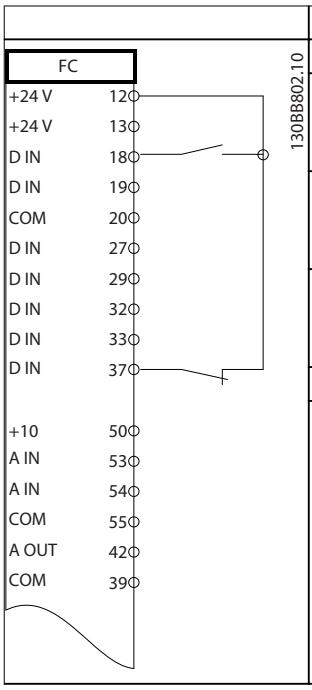
 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.



Parameter	
Funktion	**Einstellung**
Parameter 6-12 Terminal 53 Low Current	4 mA*
Parameter 6-13 Terminal 53 High Current	20 mA*
Parameter 6-14 Terminal 53 Low Ref./Feedb. Value	0 U/min
Parameter 6-15 Terminal 53 High Ref./Feedb. Value	1500 U/min
*=Werkseinstellung	
Hinweise/Anmerkungen:	

Tabelle 12.4 Anschlusskonfigurationen für analogen Drehzahlsollwert (Strom)

12.3 Anschlusskonfigurationen für Start/Stopp



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

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

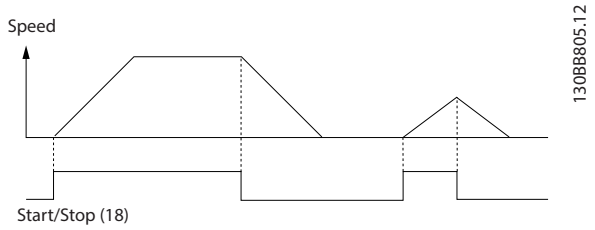
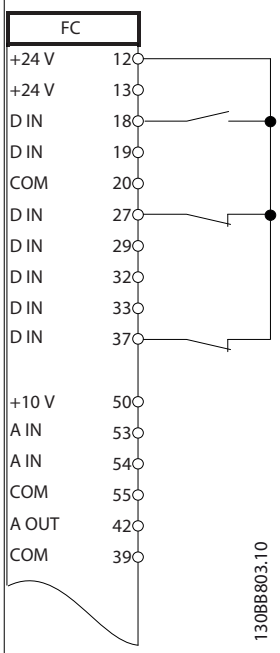


Abbildung 12.1 Start/Stopp mit Safe Torque Off



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

Tabelle 12.6 Anschlusskonfiguration für Puls-Start/Stopp

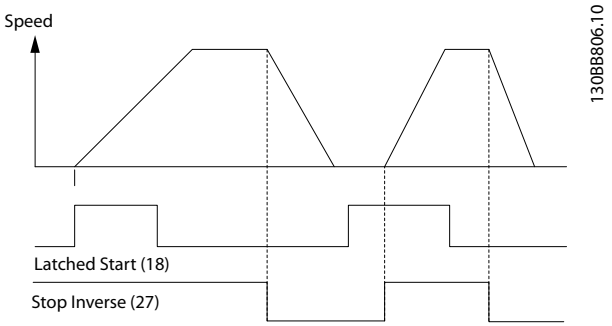
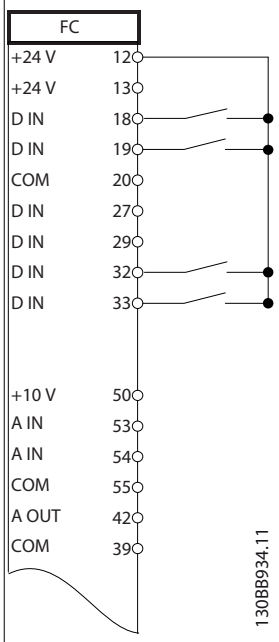


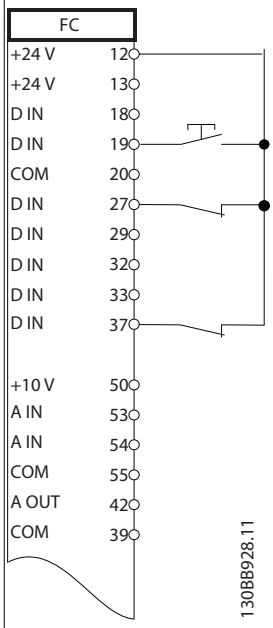
Abbildung 12.2 Puls-Start/Stopp invers



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

Tabelle 12.7 Verkabelungskonfiguration für Start/Stopp mit Reversierung und 4 Festdrehzahlen

12.4 Anschlussbeispiel für externe Alarmquittierung

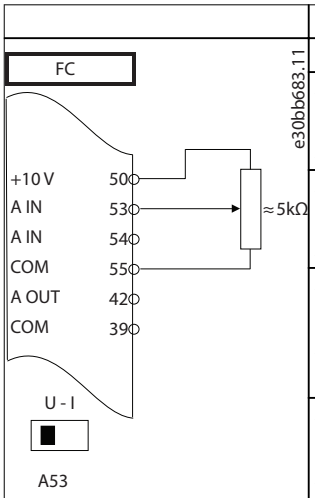


Parameter	
Funktion	**Einstellung**
Parameter 5-11 Terminal 19 Digital Input	*[1] Reset*
*=Werkseinstellung	
Hinweise/Anmerkungen:	

Tabelle 12.8 Anschlussbeispiel für externe Alarmquittierung

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

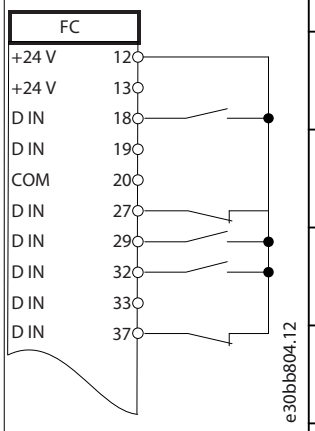
12.5 Anschlusskonfigurationen für Drehzahlsollwert unter Verwendung eines manuellen Potenziometers



Parameter	
Funktion	**Einstellung**
Parameter 6-10 Terminal 53 Low Voltage	0,07 V
Parameter 6-11 Terminal 53 High Voltage	10 V*
Parameter 6-14 Terminal 53 Low Ref./Feedb. Value	0 U/min
Parameter 6-15 Terminal 53 High Ref./ Feedb. Value	1500 U/min
*=Werkseinstellung	
Hinweise/Anmerkungen:	

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

12.6 Anschlussbeispiel für Drehzahl auf/ Drehzahl ab



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

Tabelle 12.10 Anschlussbeispiel für Drehzahl auf/Drehzahl ab

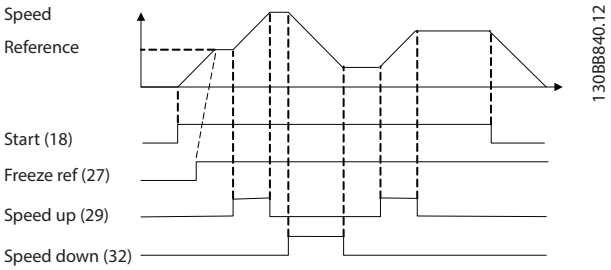
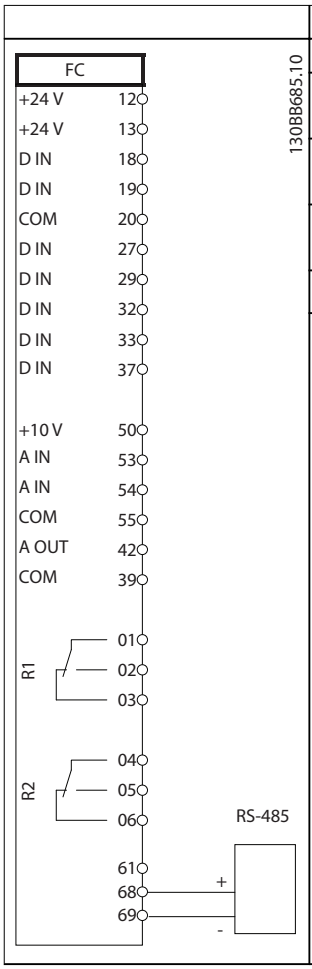


Abbildung 12.3 Drehzahl auf/Drehzahl ab

12

12.7 Anschlusskonfigurationen für RS485-Netzwerkverbindung



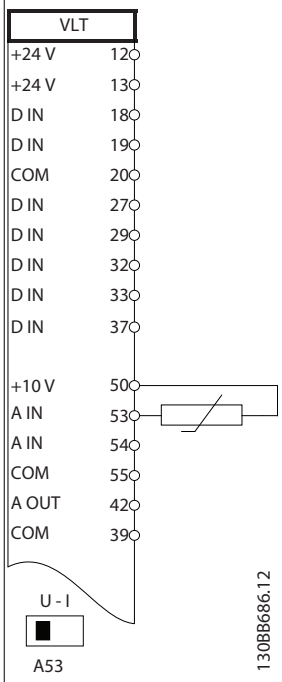
	Parameter	
	Funktion	**Einstellung**
	Parameter 8-30 Protocol	FC-Profil*
	Parameter 8-31 Address	1*
	Parameter 8-32 Baud Rate	9600*
	*=Werkseinstellung	
	Hinweise/Anmerkungen: Wählen Sie in den Parametern Protokoll, Adresse und Baudrate.	

Tabelle 12.11 Anschlusskonfigurationen für RS485-Netzwerkverbindung

12.8 Anschlusskonfigurationen für einen Motorthermistor

HINWEIS

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



	Parameter	
	Funktion	**Einstellung**
	Parameter 1-90 Motor Thermal Protection	*[2] Thermistor-Abschalt.*
	Parameter 1-93 Thermistor Source	*[1] Analog-eingang 53*
	*=Werkseinstellung	
	Hinweise/Anmerkungen: Wenn nur eine Warnung erforderlich ist, müssen Sie *Parameter 1-90 Motor Thermal Protection* auf *[1] Thermistor Warnung* programmieren.	

Tabelle 12.12 Anschlussbeispiel für einen Motorthermistor

12

12.9 Verkabelungskonfiguration 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.

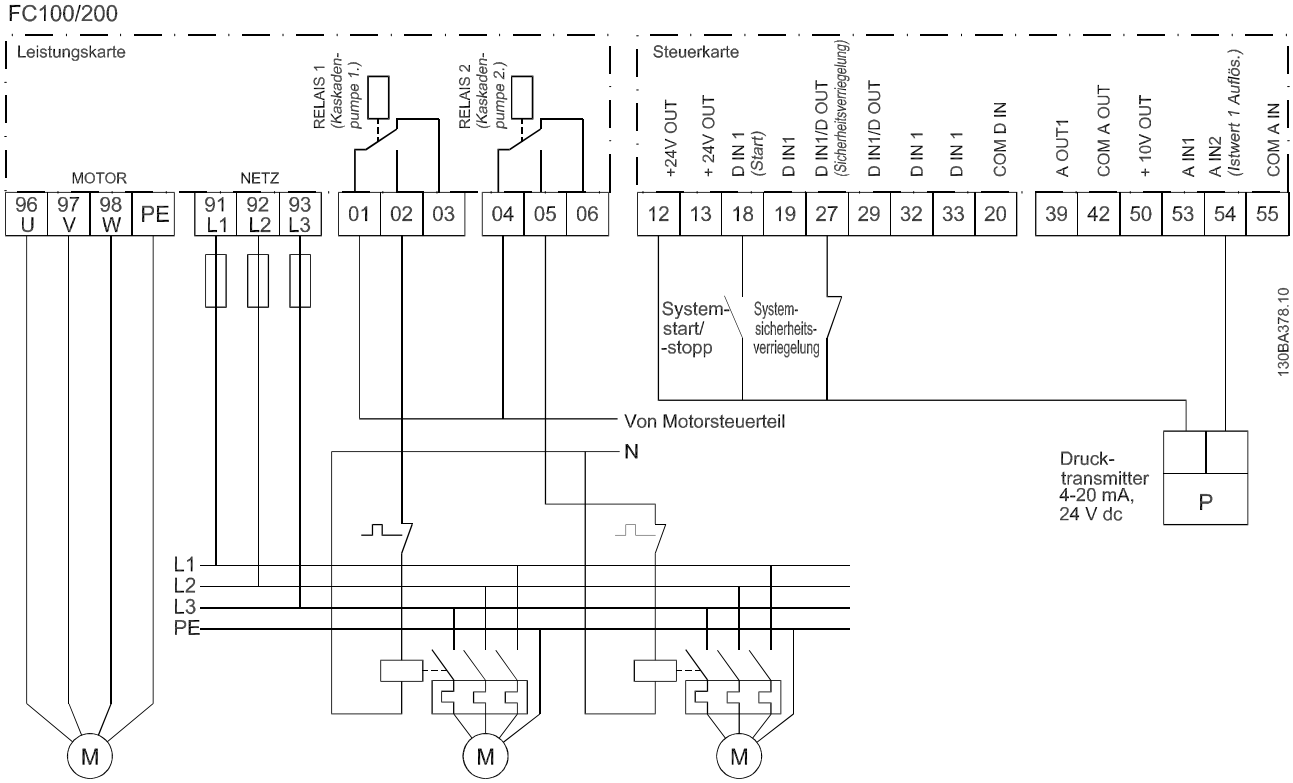
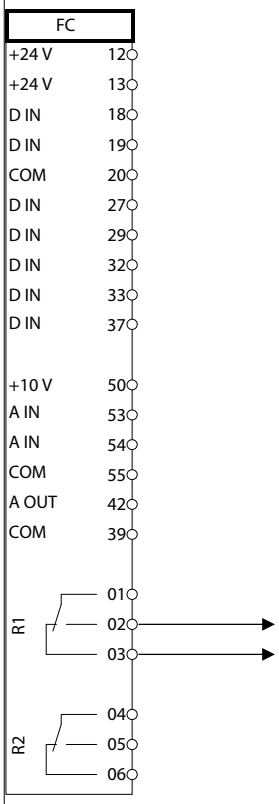


Abbildung 12.4 Schaltbild für Kaskadenregler

12

12.10 Anschlusskonfiguration für eine Relaiskonfiguration mit Smart Logic Control



Parameter	
Funktion	**Einstellung**
Parameter 4-30 Motor Feedback Loss Function	*[1] Warnung*
Parameter 4-31 Motor Feedback Speed Error	100 U/min
Parameter 4-32 Motor Feedback Loss Timeout	5 s
Parameter 7-00 S peed PID Feedback Source	*[2] MCB 102*
Parameter 17-11 Resolution (PPR)	1024*
Parameter 13-00 SL Controller Mode	*[1] Ein*
Parameter 13-01 Start Event	*[19] Warnung*
Parameter 13-02 Stop Event	*[44] [Reset]-Taste*
Parameter 13-10 Comparator Operand	*[21] Nr. der Warnung*
Parameter 13-11 Comparator Operator	*[1] ≈ (gleich)**
Parameter 13-12 Comparator Value	90
Parameter 13-51 SL Controller Event	*[22] Vergleicher 0*
Parameter 13-52 SL Controller Action	*[32] Digital-ausgang A-AUS*
Parameter 5-40 F unction Relay	*[80] SL-Digital-ausgang A*
*=Werkseinstellung	

	Parameter
Hinweise/Anmerkungen: Wenn der Grenzwert der Drehgeberüberwachung überschritten wird, wird *Warnung 90, Istwertüberwachung* ausgegeben. Der SLC überwacht *Warnung 90, Istwertüberwachung*, 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 Verkabelungskonfiguration für eine Pumpe mit konstanter/variabler Drehzahl

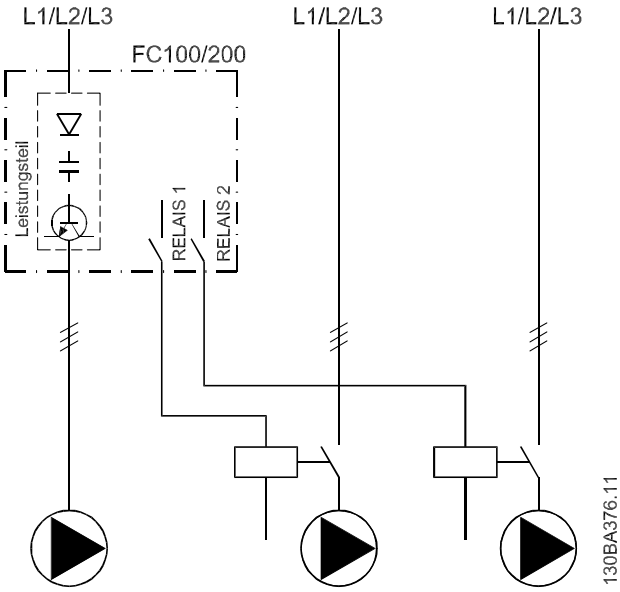


Abbildung 12.5 Schaltbild für Pumpe mit konstanter/variabler Drehzahl

12

12.12 Anschlussbeispiel für Führungspumpen-Wechsel

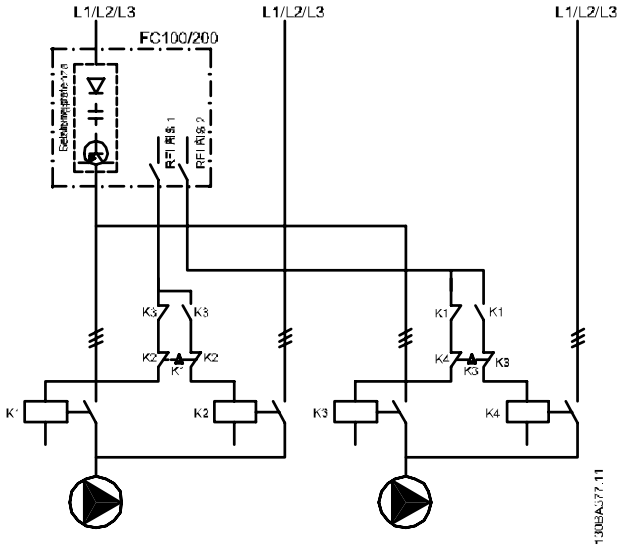


Abbildung 12.6 Schaltbild für den Führungspumpen-Wechsel

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

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

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

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

Produktgruppe	1–6	
Modell	7–10	
Netzspannung	11–12	
Gehäuse	13–15	
Hardwarekonfiguration	16–23	
EMV-Filter/Low Harmonic Drive/ 12-Puls	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-Optionen	29–30	
B-Optionen	31–32	
C0-Optionen, MCO	33–34	
C1 Optionen	35	
Software für die C-Option	36–37	
D-Optionen	38–39	

Tabelle 13.2 Typencodebeispiel für die Bestellung eines Frequenzumrichters

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

Außerdem können Sie eine Projektliste mit mehreren Produkten aufstellen und an ihren Danfoss-Außendienstmitarbeiter senden.

Ein Beispiel für einen Typencode:

FC-102P450T5E54H4CGCXXXSXXXXA0BXCXXXXD0

Die Bedeutung der Zeichen in dieser Zeichenfolge sind in diesem Kapitel definiert. Im obigen Beispiel wird ein F3-Frequenzumrichter mit den folgenden Optionen konfiguriert:

- EMV-Filter
- Safe Torque Off mit Pilz-Relais
- Beschichtete Platine
- PROFIBUS DP-V1

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

Sprachpaket 1
Englisch, Deutsch, Französisch, Niederländisch, Spanisch, Schwedisch, Italienisch und Finnisch.

Sprachpaket 2
Englisch, Deutsch, Chinesisch, Koreanisch, Japanisch, Thai, Traditionell-Chinesisch und Bahasa (Indonesisch).

Sprachpaket 3
Englisch, Deutsch, Slowenisch, Bulgarisch, Serbisch, Rumänisch, Ungarisch, Tschechisch und Russisch.

Sprachpaket 4
Englisch, Deutsch, Spanisch, Englisch (US), Griechisch, brasilianisches Portugiesisch, Türkisch und Polnisch.

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

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

13.1.1 Typenschlüssel für Bestellungen der Baugrößen E1–E2

Beschreibung	Pos.	Mögliche Option
Produktgruppe	1–6	FC-102
Modell	8–10	P355–P630
Netzspannung	11–12	T4: 380–480 V AC T7: 525–690 V AC
Gehäuse	13–15	E00: IP00 (Gehäuse – zur Installation in externen Schaltschränken) C00: IP00/Chassis mit Edelstahl-Kühlkanal E21: IP21 (NEMA 1) E54: IP54 (NEMA 12) E2M: IP21 (NEMA 1) mit Netzabschirmung E5M: IP54 (NEMA 12) mit Netzabschirmung
EMV-Filter	16–17	H2: EMV-Filter, Klasse A2 (Standard) H4: EMV-Filter, Klasse A1[1)] B2: 12-Puls-Frequenzumrichter mit EMV-Filter, Klasse A2 B4: 12-Puls-Frequenzumrichter mit EMV-Filter, Klasse A1 N2: LHD mit EMV-Filter, Klasse A2 N4: LHD mit EMV-Filter, Klasse A1
Bremse	18	B: Montierte Brems-IGBT X: Keine Brems-IGBT R: Zwischenkreisklemmen S: Bremse + Rückspeiseeinheit
Display	19	G: Grafisches LCP-Bedienteil N: Numerisches LCP-Bedienteil X: Ohne LCP Bedienteil
Beschichtung der Platine	20	C: Beschichtete Platine
Netzoption	21	X: Keine Netzoption 3: Netztrennschalter und Sicherung 5: Netztrennschalter, Sicherung und Zwischenkreiskopplung 7: Sicherung A: Sicherung und Zwischenkreiskopplung D: Zwischenkreiskopplung
Anpassung	22	X: Standard-Kabeleinführungen
Anpassung	23	X: Keine Anpassung
Softwareversion	24–27	Tatsächliche Software
Software-Sprache	28	X: Standard-Sprachpaket

Tabelle 13.3 Typenschlüssel für Bestellungen der Baugrößen E1–E2[2)]

1) Nur für 380–480 V erhältlich.

2) Informationen zu Anwendungen, die eine maritime Zertifizierung erfordern, erhalten Sie auf Anfrage von Ihrer Danfoss-Niederlassung.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

13.1.2 Typenschlüssel für Bestellungen der Baugrößen F1–F4 und F8–F13

Beschreibung	Pos.	Mögliche Option
Produktgruppe	1–6	FC-102
Modell	8–10	P315–P1400 kW
Netzspannung	11–12	T4: 380–480 V AC T7: 525–690 V AC
Gehäuse	13–15	C21: IP21/NEMA Typ 1 mit Kühlkanal aus Edelstahl C54: IP54/Typ 12 Kühlkanal aus Edelstahl E21: IP 21/ NEMA Typ 1 E54: IP 54/ NEMA Typ 12 L2X: IP21/NEMA 1 mit Schaltschrankleuchte und IEC 230 V Stromanschluss L5X: IP54/NEMA 12 mit Schaltschrankleuchte und IEC 230 V Stromanschluss L2A: IP21/NEMA 1 mit Schaltschrankleuchte und NAM 115 V Stromanschluss L5A: IP54/NEMA 12 mit Schaltschrankleuchte und NAM 115 V Stromanschluss H21: IP21 mit Heizgerät und Thermostat H54: IP54 mit Heizgerät und Thermostat R2X: IP21/NEMA1 mit Heizgerät, Thermostat, Leuchte und IEC 230 V Stromanschluss R5X: IP54/NEMA12 mit Heizgerät, Thermostat, Leuchte und IEC 230 V Stromanschluss R2A: IP21/NEMA1 mit Heizgerät, Thermostat, Leuchte und NAM 115 V Stromanschluss R5A: IP54/NEMA12 mit Heizgerät, Thermostat, Leuchte und NAM 115 V Stromanschluss
EMV-Filter	16–17	H2: EMV-Filter, Klasse A2 (Standard) H4: EMV-Filter, Klasse A1 HE: Fehlerstromschutzeinrichtung mit EMV-Filter der Klasse A2 HF: Fehlerstromschutzeinrichtung mit EMV-Filter der Klasse A1 HG: IRM mit EMV-Filter der Klasse A2 HH: IRM mit EMV-Filter der Klasse A1 HJ: NAMUR-Klemmen und EMV-Filter der Klasse A2 HK: NAMUR-Klemmen mit EMV-Filter der Klasse A1 HL: Fehlerstromschutzeinrichtung mit NAMUR-Klemmen und EMV-Filter der Klasse A2 HM: Fehlerstromschutzeinrichtung mit NAMUR-Klemmen und EMV-Filter der Klasse A1 HN: IRM mit NAMUR-Klemmen und EMV-Filter der Klasse A2 HP: IRM mit NAMUR-Klemmen und EMV-Filter der Klasse A1 N2: Low Harmonic Drive mit EMV-Filter, Klasse A2 N4: Low Harmonic Drive mit EMV-Filter, Klasse A1 B2: 12-Puls-Frequenzumrichter mit EMV-Filter, Klasse A2 B4: 12-Puls-Frequenzumrichter mit EMV-Filter, Klasse A1 BE: 12 Pulse + Fehlerstromschutzeinrichtung für TN/TT-Netze + EMV Klasse A2 BF: 12 Pulse + Fehlerstromschutzeinrichtung für TN/TT-Netze + EMV Klasse A1 BG: 12 Pulse + IRM für IT-Netze + EMV Klasse A2 BH: 12 Pulse + IRM für IT-Netze + EMV Klasse A1 BM: 12 Pulse + Fehlerstromschutzeinrichtung für TN/TT-Netze + NAMUR-Klemmen + EMV Klasse A1[1)]
Bremse	18	B: Montierte Brems-IGBT X: Keine Brems-IGBT C: Safe Torque Off mit Pilz-Sicherheitsrelais D: Safe Torque Off mit Pilz-Sicherheitsrelais und Brems-IGBT R: Zwischenkreisklemmen M: IEC Not-Aus Drucktaste (mit Pilz-Sicherheitsrelais) N: IEC Not-Aus Drucktaste mit Brems-IGBT und Bremsklemmen P: IEC-Not-Aus-Drucktaste mit Anschlussklemmen für Rückspeiseeinheit
Display	19	G: Grafisches LCP-Bedienteil
Beschichtung der Platine	20	C: Beschichtete Platine

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Beschreibung	Pos.	Mögliche Option
Netzoption	21	X: Keine Netzoption 3: Netztrennschalter und Sicherung 5: Netztrennschalter, Sicherung und Zwischenkreiskopplung 7: Sicherung A: Sicherung und Zwischenkreiskopplung D: Zwischenkreiskopplung E: Netztrennschalter, Schütz und Sicherungen F: Netztrennschalter, Schütz und Sicherungen G: Netztrennschalter, Schütz, Zwischenkreiskopplungsklemmen und Sicherungen H: Netztrennschalter, Schütz, Zwischenkreiskopplungsklemmen und Sicherungen J: Netztrennschalter und Sicherungen K: Netztrennschalter, Zwischenkreiskopplungsklemmen und Sicherungen
Leistungs-klemmen und Motorstarter	22	X: Keine Option Durch Sicherung geschützte E-30-A-Leistungsklemmen F: 30 A, durch Sicherung geschützte Leistungsklemmen und manueller Motorstarter 2,5-4 A G: 30 A, durch Sicherung geschützte Leistungsklemmen und manueller Motorstarter 4–6,3 A H: 30 A, durch Sicherung geschützte Leistungsklemmen und manueller Motorstarter 6,3-10 A J: 30 A, durch Sicherung geschützte Leistungsklemmen und manueller Motorstarter 10–16 A K: Zwei manuelle Motorstarter 2,5-4 A L: Zwei manuelle Motorstarter 4-6,3 A M: Zwei manuelle Motorstarter 6,3-10 A N: Zwei manuelle Motorstarter 10-16 A
24-V-Hilfsstromversorgung und externe Temperatur-überwachung	23	X: Keine Option H: Stromversorgung 5 A, 24 V (Verwendung durch den Kunden) J: Externe Temperaturüberwachung G: Stromversorgung 5 A, 24 V (Verwendung durch den Kunden) und externe Temperaturüberwachung
Software-version	24–27	Tatsächliche Software
Software-Sprache	28	X: Standard-Sprachpaket

Tabelle 13.4 Typenschlüssel für Bestellungen der Baugrößen F1–F4 und F8–F13[2)]

1) Hierfür sind eine VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 und eine VLT® Extended Relay Card MCB 113 erforderlich.

13

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

13.1.3 Bestelloptionen für alle Gehäuse des Modells VLT® HVAC Drive FC 102

Beschreibung	Pos.	Mögliche Option
A-Optionen	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-E/A-Option MCB 109 B2: VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 B4: VLT® Sensoreingangsoption MCB 114 BK: VLT®-Universal-E/A-Modul MCB 101 BP: VLT® Relay Card 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® Extended Relay Card MCB 113
Software für die C-Option/ E1-Optionen	36–37	XX: Standardregler
D-Optionen	38–39	DX: Keine Option D0: VLT® 24 V DC Supply MCB 107

Tabelle 13.5 Typenschlüssel für Bestellungen für FC102-Optionen

13.2 Bestellnummern für Optionen/Nachrüstsätze

13.2.1 Bestellnummern für D-Option: Externe 24-V-Netzversorgung

Beschreibung	Bestellnummer	
	Unbeschichtet	Beschichtet
VLT® 24 V DC Supply MCB 107	130B1108	130B1208

Tabelle 13.6 Bestellnummern für D-Option

13.2.2 Bestellnummern für Softwareoptionen

Beschreibung	Bestellnummer
VLT® MCT 10 Konfigurationssoftware – 1 Anwender.	130B1000
VLT® MCT 10 Konfigurationssoftware – 5 Anwender.	130B1001
VLT® MCT 10 Konfigurationssoftware – 10 Anwender.	130B1002
VLT® MCT 10 Konfigurationssoftware – 25 Anwender.	130B1003
VLT® MCT 10 Konfigurationssoftware – 50 Anwender.	130B1004
VLT® MCT 10 Konfigurationssoftware – 100 Anwender.	130B1005
VLT® MCT 10 Konfigurationssoftware – unbegrenzte Anzahl von Anwendern.	130B1006

Tabelle 13.7 Bestellnummern für Softwareoptionen

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

13.2.3 Bestellnummern für Nachrüstsätze

Typ	Beschreibung	Bestellnummer
Diverse Ausrüstung		
USB für Türeinbau, E1 und F1–F13	Die Verlängerung des USB-Kabels ist für alle Baugrößen erhältlich und ermöglicht den Zugriff auf die Antriebssteuerung von einem Laptop aus, ohne dass der Frequenzumrichter geöffnet werden muss.	E1–E2 – 130B1156 F1–F13 – 176F1784
Zugang von oben – Motorkabel, F1/F3	Ermöglicht die Installation von Motorkabeln durch das Oberteil des motorseitigen Schaltschranks. Zur Verwendung in Kombination mit dem Nachrüstsatz für gemeinsame Motorklemmen. Nur für die Baugrößen F1/F3.	400-mm-Schaltschrank – 176F1838 600-mm-Schaltschrank – 176F1839
Zugang von oben – Motorkabel, F2/F4	Ermöglicht die Installation von Motorkabeln durch das Oberteil des motorseitigen Schaltschranks. Zur Verwendung in Kombination mit dem Nachrüstsatz für gemeinsame Motorklemmen. Nur für die Baugrößen F2/F4.	400-mm-Schaltschrank – 176F1840 600-mm-Schaltschrank – 176F1841
Zugang von oben – Motorkabel, F8–F13	Ermöglicht die Installation von Motorkabeln durch das Oberteil des motorseitigen Schaltschranks. Zur Verwendung in Kombination mit dem Nachrüstsatz für gemeinsame Motorklemmen. Nur für die Baugrößen F8-F13.	Hersteller kontaktieren
Zugang von oben – Netzkabel, F1–F2	Ermöglicht die Installation von Netzkabeln durch das Oberteil des netzseitigen Schaltschranks. Der Nachrüstsatz muss zusammen mit dem Nachrüstsatz für gemeinsame Motorklemmen bestellt werden. Nur für die Baugrößen F1-F2.	400-mm-Schaltschrank – 176F1832 600-mm-Schaltschrank – 176F1833
Zugang von oben – Netzkabel, F3–F4 mit Schalter	Ermöglicht die Installation von Netzkabeln durch das Oberteil des netzseitigen Schaltschranks. Der Nachrüstsatz muss zusammen mit dem Nachrüstsatz für gemeinsame Motorklemmen bestellt werden. Nur für die Baugrößen F3–F4 mit Trennschalter.	400-mm-Schaltschrank – 176F1834 600-mm-Schaltschrank – 176F1835
Zugang von oben – Netzkabel, F3–F4	Ermöglicht die Installation von Netzkabeln durch das Oberteil des netzseitigen Schaltschranks. Der Nachrüstsatz muss zusammen mit dem Nachrüstsatz für gemeinsame Motorklemmen bestellt werden. Nur für die Baugrößen F3-F4.	400-mm-Schaltschrank – 176F1836 600-mm-Schaltschrank – 176F1837
Zugang von oben – Netzkabel, F8–F13	Ermöglicht die Installation von Netzkabeln durch das Oberteil des netzseitigen Schaltschranks. Der Nachrüstsatz muss zusammen mit dem Nachrüstsatz für gemeinsame Motorklemmen bestellt werden. Nur für die Baugrößen F8-F13.	Hersteller kontaktieren
Zugang von oben – Feldbuskabel, E2	Ermöglicht die Installation von Feldbuskabeln durch das Oberteil des Frequenzumrichters. Nach der Installation entspricht der Nachrüstsatz der Schutzart IP20/Chassis, durch den Einsatz eines anderen Gegensteckers kann jedoch eine höhere Schutzart erreicht werden. Nur für Baugröße E2.	176F1742
Gemeinsame Motorklemmen, F1–F4	Enthält alle nötigen Stromschienen und Hardware-Teile, die erforderlich sind, um die Motorklemmen von den parallel geschalteten Wechselrichtern an eine einzige Klemme (je Phase) anschließen zu können. Dies ist für die Installation des Bausatzes für den motorseitigen Zugang zum oberen Bereich notwendig. Dieser Bausatz entspricht der Option für eine gemeinsame Motorklemme eines Frequenzumrichters. Dieser Bausatz ist für die Installation des motorseitigen Zugangs zum oberen Bereich nicht erforderlich, wenn bei der Bestellung des Frequenzumrichters die Option für die gemeinsame Motorklemme angegeben wurde. Er wird auch empfohlen, um den Ausgang eines Frequenzumrichters an einen Ausgangsfilter oder ein Ausgangsschütz anzuschließen. Dank der gemeinsamen Motorklemmen müssen nicht mehr gleichlange Kabel aus jedem Wechselrichter zum gemeinsamen Punkt des Ausgangsfilters (oder Motors) führen.	400-mm-Schaltschrank – 176F1845 600-mm-Schaltschrank – 176F1846

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Typ	Beschreibung	Bestellnummer
NEMA 3R-Schaltschrank, E2	Für die Verwendung von Frequenzumrichtern mit IP00/IP20/Gehäuse entwickelt, um eine Schutzart vom Typ NEMA 3R oder NEMA 4 zu ermöglichen. Diese Gehäuse sind für den Außenbereich geeignet und bieten Schutz vor widrigen Witterungsverhältnissen. Nur für Baugröße E2.	Geschweißte Baugröße – 176F0298 Rittal-Baugröße – 176F1852
Sockel, E1–E2	Der Sockelbausatz ist ein 400 mm hoher Sockel, der eine Montage des Frequenzumrichters auf dem Boden ermöglicht. Die Vorderseite des Sockels hat Öffnungen für die Luftzufuhr zur Kühlung der Leistungsbauteile. Nur für die Baugrößen E1–E2.	176F6739
Platte für Eingangsoptionen, E1–E2	Ermöglicht das Hinzufügen von Sicherungen, Trennschaltern/ Sicherungen, EMV bzw. EMV-Sicherungen und EMV/Trennschaltern/ Sicherungen. Nur für die Baugrößen E1–E2.	Hersteller kontaktieren
IP20-Umrüstung, E2	Nach der Installation entspricht der Frequenzumrichter der Schutzart IP20. Nur für Baugröße E2.	176F1884
Rückseitige Kühlkanalsätze		
Einlass Rücks./Auslass Rücks., E1	Mit dem Bausatz ist es möglich, die Luft auf der Rückseite des Frequenzumrichters ein- und wieder abzuführen. Der Bausatz enthält oben und unten Abdeckungen für die Baugröße E1 mit der Schutzart IP21/54 (Typ 1/12).	176F1946
Einlass Rücks./Auslass Rücks., E2	Mit dem Bausatz ist es möglich, die Luft auf der Rückseite des Frequenzumrichters ein- und wieder abzuführen. Der Bausatz enthält oben und unten Abdeckungen für die Baugröße E2 mit der Schutzart IP00 (Chassis).	Geschweißte Baugröße – 176F1861 Rittal-Baugröße – 176F1783
Einlass Rücks./Auslass Rücks., F1–F13	Mit dem Bausatz ist es möglich, die Luft auf der Rückseite des Frequenzumrichters ein- und wieder abzuführen. Die Platten sind im Lieferumfang des Frequenzumrichters enthalten. Kontaktieren Sie den Hersteller für Installationshinweise.	Hersteller kontaktieren
Einlass Unters./Auslass Obers., E2	Erlaubt den Einlass der Kühlluft unten / Auslass oben Dieser Bausatz kann nur für die Baugröße E2 verwendet werden.	2000-mm-Schaltschrank – 176F1850 2200-mm-Schaltschrank – 176F0299
Auslass Obers., E2	Ermöglicht ein Herausleiten der Kühlluft durch die Oberseite des Frequenzumrichters. Dieser Bausatz kann nur für die Baugröße E2 verwendet werden.	176F1776
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

Tabelle 13.8 Verfügbare Nachrüstsätze für Baugrößen E1–E2 und F1–F13

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

13.2.4 Bestellnummern für A-Optionen: Feldbusse

Beschreibung	Bestellnummer	
	Unbeschichtet	Beschichtet
VLT® PROFIBUS DP MCA 101	130B1100	130B1200
VLT® DeviceNet MCA 104	130B1102	130B1202
VLT® LonWorks MCA 108	130B1106	130B1206
VLT® BACnet MCA 109	130B1144	130B1244
VLT® PROFINET MCA 120	130B1135	130B1235
VLT® EtherNet/IP MCA 121	130B1119	130B1219
VLT® Modbus TCP MCA 122	130B1196	130B1296
VLT® Powerlink MCA 123	130B1489	130B1490
VLT® VACnet/IP MCA 125	–	130B1586

Tabelle 13.9 Bestellnummern für A-Optionen

Informationen zur Kompatibilität von Feldbus- und Anwendungsoptionen mit älteren Software-Versionen erhalten Sie von Ihrem Danfoss-Händler.

13.2.5 Bestellnummern für B-Optionen: Funktionserweiterungen

Beschreibung	Bestellnummer	
	Unbeschichtet	Beschichtet
VLT® General Purpose I/O MCB 101	130B1125	130B1212
VLT® Relay Card MCB 105	130B1110	130B1210
VLT® Analog I/O MCB 109	130B1143	130B1243
VLT® PTC Thermistor Card MCB 112	–	130B1137
VLT® Sensor Input MCB 114	130B1172	130B1272

Tabelle 13.10 Bestellnummern für B-Optionen

13.2.6 Bestellnummern für C-Optionen: Motion Control und Relaiskarte

Beschreibung	Bestellnummer	
	Unbeschichtet	Beschichtet
VLT® Extended Relay Card MCB 113	130B1164	130B1264

Tabelle 13.11 Bestellnummern für C-Optionen

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*).

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

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 (CDM): 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
FSP	Pumpe mit konstanter Drehzahl
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 Ausgangsnennstrom
kHz	Kilohertz
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 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
$P_{M,N}$	Motornennleistung
PM-Motor	Permanentmagnetmotor
PID-Prozess	Proportionaler integrierter Differenzialregler, 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
rückspeisefähig	Generatorische Klemmen
R_{min}	Zulässiger Mindestwert des Bremswiderstands nach Frequenzumrichter
EFF	Effektivwert

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

UPM	Umdrehungen pro Minute
R_{rec}	Empfohlener Bremswiderstand von Danfoss-Bremswiderständen
s	Sekunde
SCCR	Kurzschluss-Stromnennwert
SFAVM	Statorfluss-orientierte asynchrone Vektormodulation
STW (ZSW)	Zustandswort
SMPS	Schaltnetzteil SMPS
THD	Gesamtoberschwingungsgehalt
T_{LIM}	Drehmomentgrenze
TTL	Pulse des TTL-Drehgebers (5 V) - Transistor-Logik
$U_{M,N}$	Motornennspannung
UL	Underwriters Laboratories (US-Organisation für die Sicherheitszertifizierung)
V	Volt
VSP	Pumpe mit variabler Drehzahl
VT	Variables Drehmoment
VVC+	Spannungsvektorsteuerung Plus (Voltage Vector Control Plus)

Tabelle 14.1 Abkürzungen und Symbole

14.2 Definitionen

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

Losbrechmoment

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

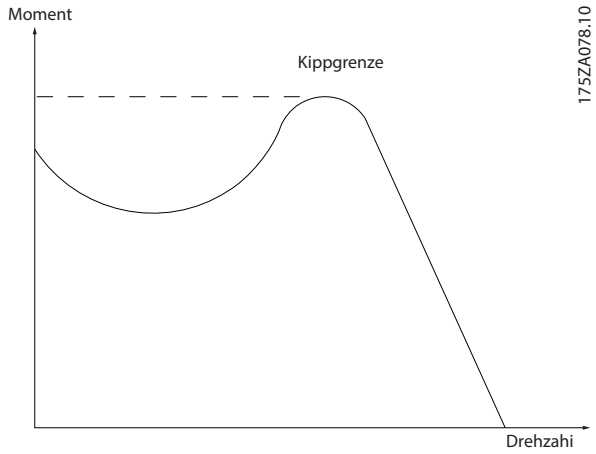


Abbildung 14.1 Tabelle Losbrechmoment

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 Operation Mode*) 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.

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

Cosinus phi wird auch als Lastverschiebungsfaktor bezeichnet.

Lambda und Cos ϕ sind für Danfoss VLT®-Frequenzumrichter in *Kapitel 7.3 Netzversorgung* aufgeführt.

Der Leistungsfaktor gibt an, wie stark ein Frequenzumrichter das Netz 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).

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

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 Protocol*.

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.

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.

14.3 RS485 Installation und Konfiguration

RS485 ist eine Zweileiter-Busschnittstelle, die mit einer busförmigen Netztopologie kompatibel ist. Knoten können als Bus oder über Übertragungskabel (Nahbuskabel) an eine gemeinsame Abnehmerleitung angeschlossen werden. Insgesamt können Sie 32 Teilnehmer (Knoten) an ein Netzwerksegment anschließen.
Netzwerksegmente sind durch Busverstärker (Repeater) unterteilt. Dabei ist zu beachten, dass jeder Repeater als ein Knoten in dem Segment wirkt, indem er installiert ist. Jeder mit einem Netzwerk verbundene Teilnehmer muss über alle Segmente hinweg eine einheitliche Teilnehmeradresse aufweisen.

Schließen Sie die Segmente an beiden Endpunkten ab – entweder mit Hilfe des Terminierungsschalters (S801) der Frequenzumrichter oder mit einem polarisierten Netzwerkwiderstand. Verwenden Sie stets ein STP-Kabel (Screened Twisted Pair) für die Busverdrahtung, und beachten Sie stets die bewährten Installationsverfahren.
Eine Erdverbindung der Abschirmung mit geringer Impedanz an allen Knoten ist wichtig, auch bei hohen Frequenzen. Schließen Sie daher die Abschirmung großflächig an Masse an, z. B. mit einer Kabelschelle oder einer leitfähigen Kabelverschraubung. Möglicherweise müssen Sie Potenzialausgleichskabel verwenden, um im Netz das gleiche Erdungspotenzial zu erhalten – insbesondere bei Installationen mit langen Kabeln.
Um eine nicht übereinstimmende Impedanz zu verhindern, müssen Sie im gesamten Netzwerk immer den gleichen Kabeltyp verwenden. Verwenden Sie beim Anschluss eines Motors an den Frequenzumrichter immer ein abgeschirmtes Motorkabel.

Kabel	Abgeschirmtes verdrilltes Aderpaar (STP)
Impedanz	120 Ω
Kabellänge	Maximal 1200 m, einschließlich Abzweigleitungen. Maximal 500 m von Station zu Station

Tabelle 14.2 Motorkabel

Ein oder mehrere Frequenzumrichter können mittels der RS485-Standardschnittstelle an einen Regler (oder Master) angeschlossen werden. Klemme 68 ist an das P-Signal (TX +, RX+) und Klemme 69 an das N-Signal (TX-, RX-) anzuschließen. Siehe die Abbildungen in *Kapitel 10.16 EMV-gerechte Installation*.

Sollen mehrere Frequenzumrichter an einen Master angeschlossen werden, verdrahten Sie die Schnittstellen parallel.

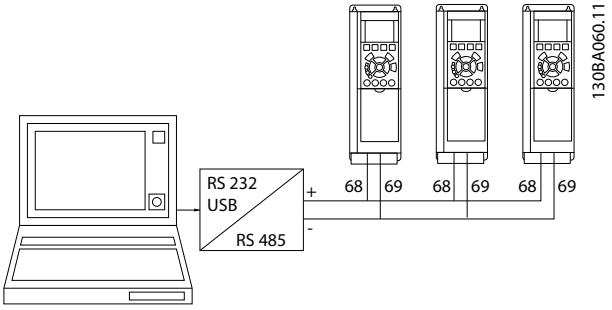


Abbildung 14.2 Parallele Verdrahtung

Zur Vermeidung von Potentialausgleichsströmen über die Abschirmung können Sie den Kabelschirm über Klemme 61 einseitig erden (Klemme 61 ist intern über ein RC-Glied mit dem Gehäuse verbunden).

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

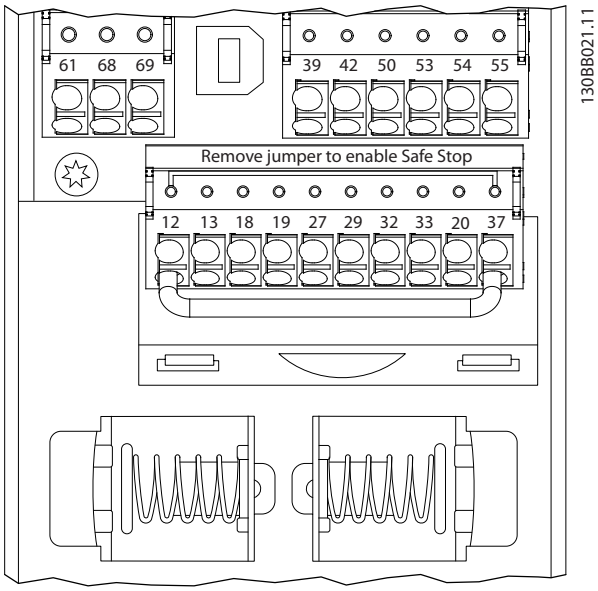


Abbildung 14.3 Steuerkartenklemmen

Sie müssen den RS485-Bus pro Segment an beiden Endpunkten durch ein Widerstandsnetzwerk abschließen. Hierzu ist Schalter S801 auf der Steuerkarte auf „ON“ zu stellen.
Weitere Informationen finden Sie unter *Kapitel 10.2 Anschlussdiagramm*.

Das Kommunikationsprotokoll muss auf *Parameter 8-30 Protocol* eingestellt sein.

14.3.1 EMV-Schutzmaßnahmen

Die folgenden EMV-Schutzmaßnahmen werden empfohlen, um den störungsfreien Betrieb des RS485-Netzwerks zu erreichen.

Einschlägige nationale und lokale Vorschriften und Gesetze, zum Beispiel im Hinblick auf den Anschluss von Schutzleitern, müssen beachtet werden. Das RS485-Kommunikationskabel muss von Motor- und Bremswiderstandskabeln ferngehalten werden, um das Einkoppeln von Hochfrequenzstörungen von einem Kabel zum anderen zu vermeiden. In der Regel ist ein Abstand von 200 mm ausreichend. Wenn allerdings Kabel über weite Strecken parallel laufen, wird empfohlen, den größtmöglichen Abstand zwischen den Kabeln einzuhalten. Lässt sich das Kreuzen der Kabel nicht vermeiden, muss das RS485-Kabel in einem Winkel von 90° über Motor- und Bremswiderstandskabel geführt werden.

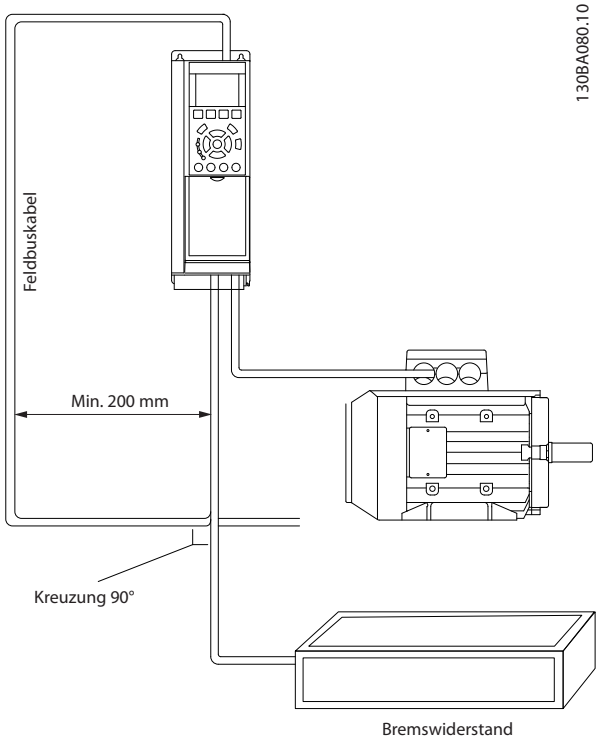


Abbildung 14.4 EMV-Schutzmaßnahmen

14.4 RS485: Übersicht zum FC-Protokoll

14.4.1 Übersicht zum FC-Protokoll

Das FC-Protokoll, das auch als Frequenzumrichter-Bus oder Standardbus bezeichnet wird, ist der Standardfeldbus von Danfoss. Es definiert ein Zugriffsverfahren nach dem Master/Follower-Prinzip für die Kommunikation über einen Feldbus.
Es können maximal 126 Followers und ein Master an die Schnittstelle angeschlossen werden. Die einzelnen Follower werden vom Master über ein Adresszeichen im Telegramm angewählt. Nur wenn ein Follower ein fehlerfreies, an ihn adressiertes Telegramm empfangen hat, sendet er ein Antworttelegramm. Die direkte Telegrammübertragung unter Followern ist nicht möglich. Die Datenübertragung findet im Halbduplex-Betrieb statt.
Die Master-Funktion kann nicht auf einen anderen Teilnehmer übertragen werden (Ein-Master-System).

Die physikalische Schicht ist RS485 und nutzt damit die im Frequenzumrichter integrierte RS485-Schnittstelle. Das FC-Protokoll unterstützt unterschiedliche Telegrammformate:

- Ein kurzes Format mit 8 Bytes für Prozessdaten.
- Ein langes Format von 16 Bytes, das außerdem einen Parameterkanal enthält.
- Ein Format für Text.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

14.4.2 Frequenzumrichterkonfiguration

Programmieren Sie die folgenden Parameter, um das FC-Protokoll für den Frequenzumrichter zu aktivieren.

Parameternummer	Einstellung
Parameter 8-30 Protocol	FC
Parameter 8-31 Address	1–126
Parameter 8-32 Baud Rate	2400–115200
Parameter 8-33 Parity / Stop Bits	Gerade Parität, 1 Stoppbit (Werkseinstellung)

Tabelle 14.3 Parameter des FC-Protokolls

14.5 RS485: Telegrammstruktur des FC-Protokolls

14.5.1 Inhalt eines Zeichens (Byte)

Jedes übertragene Zeichen beginnt mit einem Startbit. Danach werden 8 Datenbits übertragen, was einem Byte entspricht. Jedes Zeichen wird über ein Paritätsbit abgesichert, das auf 1 gesetzt wird, wenn Parität gegeben ist. (d. h. dieselbe Anzahl binärer Einsen in den 8 Datenbits und dem Paritätsbit insgesamt vorliegt). Ein Zeichen endet mit einem Stoppbit und besteht somit aus insgesamt 11 Bits.

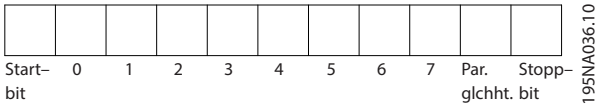


Abbildung 14.5 Zeichen (Byte)

14.5.2 Telegrammaufbau

Jedes Telegramm ist folgendermaßen aufgebaut:

- Startzeichen (STX) = 02 Hex.
- Ein Byte zur Angabe der Telegrammlänge (LGE)
- Ein Byte zur Angabe der Adresse des Frequenzumrichters (ADR).

Danach folgen verschiedene Nutzdaten (variabel, abhängig vom Telegrammtyp).

Das Telegramm schließt mit einem Datensteuerbyte (BCC).

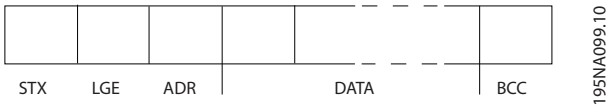


Abbildung 14.6 Telegrammaufbau

14.5.3 Telegrammlänge (LGE)

Die Telegrammlänge ist die Anzahl der Datenbytes plus Adressbyte ADR und Datensteuerbyte BCC.

- Die Länge von Telegrammen mit 4 Datenbytes ist LGE=4+1+1=6 Bytes.
- Die Länge von Telegrammen mit 12 Datenbytes ist LGE=12+1+1=14 Bytes.
- Die Länge von Telegrammen, die Texte enthalten, ist 10[1)]+n Bytes.

1) Die 10 steht für die festen Zeichen, während das n variabel ist (je nach Textlänge).

14.5.4 Frequenzumrichteradresse (ADR)

Es wird mit zwei verschiedenen Adressformaten gearbeitet. Der Adressbereich des Frequenzumrichters beträgt entweder 1–31 oder 1–126.

- Adressformat 1–31
  - Bit 7 = 0 (Adressformat 1–31 aktiv).
  - Bit 6 wird nicht verwendet.
  - Bit 5=1: Broadcast, Adressbits (0–4) werden nicht benutzt.
  - Bit 5=0: Kein Broadcast.
  - Bit 0–4=Frequenzumrichteradresse 1–31.
- Adressformat 1–126
  - Bit 7=1 (Adressformat 1–126 aktiv).
  - Bit 0–6=Frequenzumrichteradresse 1–126.
  - Bit 0–6=0 Broadcast.

Der Follower sendet das Adress-Byte im Antworttelegramm unverändert an den Master zurück.

14.5.5 Datensteuerbyte (BCC)

Die Prüfsumme wird als XOR-Funktion berechnet. Bevor das erste Byte im Telegramm empfangen wird, lautet die berechnete Prüfsumme 0.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

14.5.6 Datenfeld

Die Struktur der Nutzdaten hängt vom Telegrammtyp ab. Es gibt drei Telegrammtypen, die sowohl für Steuertelegramme (Master⇒Follower) als auch Antworttelegramme (Follower⇒Master) gelten.

Die drei Telegrammarten sind:

Prozessblock (PCD)
Der PCD besteht aus einem Datenblock mit 4 Byte (2 Wörtern) und enthält:

- Steuerwort und Sollwert (von Master zu Follower).
- Zustandswort und aktuelle Ausgangsfrequenz (von Follower zu Master).

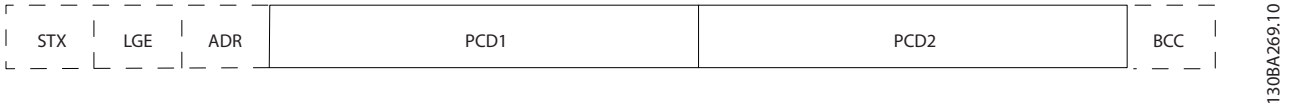


Abbildung 14.7 PCD

Parameterblock
Der Parameterblock dient zur Übertragung von Parametern zwischen Master und Follower. Der Datenblock besteht aus 12 Byte (6 Wörtern) und enthält auch den Prozessblock.

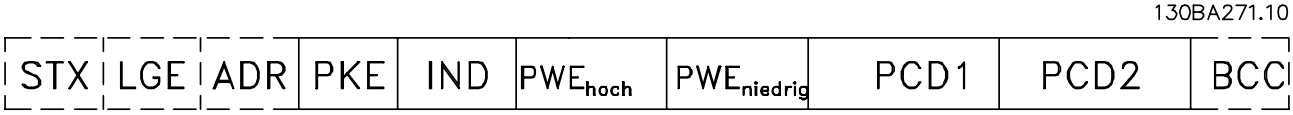


Abbildung 14.8 Parameterblock

Textblock
Der Textblock dient zum Lesen oder Schreiben von Texten über den Datenblock.

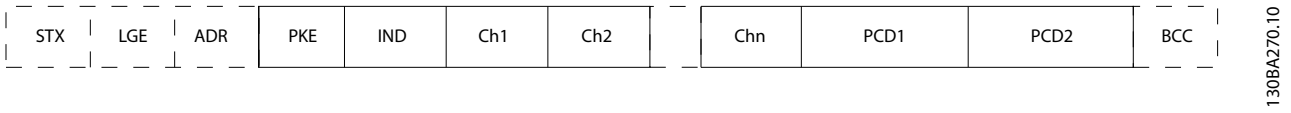


Abbildung 14.9 Textblock

14

Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

14.5.7 PKE-Feld

Das PKE-Feld enthält zwei untergeordnete Felder:

- Parameterbefehle und Antworten (AK)
- Parameternummer (PNU)

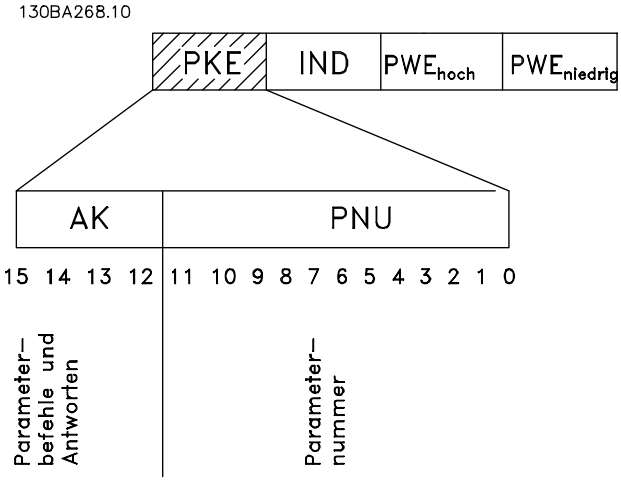


Abbildung 14.10 PKE-Feld

Die Bits Nr. 12-15 übertragen Parameterbefehle vom Master zum Follower und senden bearbeitete Follower-Antworten an den Master zurück.

Bitanzahl				Parameterbefehl
15	**14**	**13**	**12**	
0	0	0	0	Kein Befehl
0	0	0	1	Parameterwert lesen
0	0	1	0	Parameterwert in RAM schreiben (Wort)
0	0	1	1	Parameterwert in RAM schreiben (Doppelwort)
1	1	0	1	Parameterwert in RAM und EEPROM schreiben (Doppelwort)
1	1	1	0	Parameterwert in RAM und EEPROM schreiben (Wort)
1	1	1	1	Text lesen/schreiben

Tabelle 14.4 Parameterbefehle Master⇒Follower

Bitanzahl				Antwort
15	**14**	**13**	**12**	
0	0	0	0	Keine Antwort
0	0	0	1	Übertragener Parameterwert (Wort)
0	0	1	0	Übertragener Parameterwert (Doppelwort)
0	1	1	1	Befehl kann nicht ausgeführt werden
1	1	1	1	Übertragener Text.

Tabelle 14.5 Antwort Follower ⇒ Master

Kann der Befehl nicht ausgeführt werden, sendet der Follower diese Antwort:
0111 Befehl kann nicht ausgeführt werden
- und gibt folgende Fehlermeldung im Parameterwert (PWE) aus:

PWE niedrig (Hex)	Fehlermeldung
0	Angewandte Parameternummer nicht vorhanden.
1	Auf den definierten Parameter besteht kein Schreibzugriff
2	Datenwert überschreitet die Parametergrenzen.
3	Angewandtes Unterverzeichnis (Subindex) nicht vorhanden.
4	Parameter nicht vom Typ Array
5	Datentyp passt nicht zum definierten Parameter.
11	Der Datenaustausch im definierten Parameter ist im aktuellen Modus des Frequenzumrichters nicht möglich. Bestimmte Parameter können nur geändert werden, wenn der Motor ausgeschaltet ist.
82	Kein Buszugriff auf definierten Parameter
83	Datenänderungen sind nicht möglich, da die Werkseinstellung gewählt ist.

Tabelle 14.6 Fehlermeldung

14.5.8 Parameternummer (PNU)

Die Bits Nr. 0–11 dienen zur Übertragung der Parameternummern. Die Funktion des betreffenden Parameters ist der Parameterbeschreibung im *Programmierhandbuch* zu entnehmen.

14.5.9 Index (IND)

Der Index wird zusammen mit der Parameternummer zum Lesen/Schreiben von Zugriffsparametern mit einem Index verwendet, z. B. *Parameter 15-30 Alarm Log: Error Code*. Der Index besteht aus 2 Bytes, einem Lowbyte und einem Highbyte.

Nur das Low Byte wird als Index verwendet.

14.5.10 Parameterwert (PWE)

Der Parameterwertblock besteht aus zwei Wörtern (4 Bytes); der Wert hängt vom definierten Befehl (AK) ab. Verlangt der Master einen Parameterwert, so enthält der PWE-Block keinen Wert. Um einen Parameterwert zu ändern (schreiben), wird der neue Wert in den PWE-Block geschrieben und vom Master zum Follower gesendet.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Antwortet der Follower auf eine Parameteranfrage (Lesebefehl), so wird der aktuelle Parameterwert im PWE-Block an den Master übertragen. Wenn ein Parameter keinen numerischen Wert enthält, sondern mehrere Datenoptionen, z. B. *Parameter 0-01 Language [0] Englisch* und *[4] Dänisch*, wird der Datenwert durch Eingabe des Werts in den PWE gewählt. Über die serielle Kommunikationsschnittstelle können nur Parameter des Datentyps 9 (Textblock) gelesen werden.
Parameter 15-40 FC Type bis *Parameter 15-53 Power Card Serial Number* enthalten Datentyp 9.
Zum Beispiel können Sie in *Parameter 15-40 FC Type* die Leistungsgröße und Netzspannung lesen. Wird eine Textfolge übertragen (gelesen), so ist die Telegrammlänge variabel, da die Texte unterschiedliche Längen haben. Die Telegrammlänge ist im zweiten Byte (LGE) des Telegramms definiert. Bei Textübertragung zeigt das Indexzeichen an, ob es sich um einen Lese- oder Schreibbefehl handelt.
Um einen Text über den PWE-Block lesen zu können, müssen Sie den Parameterbefehl (AK) auf F Hex einstellen. Das Highbyte des Indexzeichens muss 4 sein.
Einige Parameter enthalten Text, der über den Feldbus geschrieben werden kann. Um einen Text über den PWE-Block schreiben zu können, stellen Sie Parameterbefehl (AK) auf F Hex ein. Das Highbyte des Indexzeichens muss 5 sein.

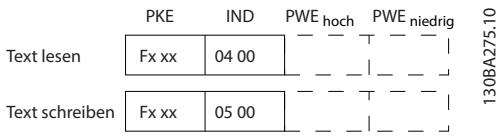


Abbildung 14.11 PWE

14.5.11 Unterstützte Datentypen

„Ohne Vorzeichen“ bedeutet, dass das Telegramm kein Vorzeichen enthält.

Datentypen	Beschreibung
3	Ganzzahl 16 Bit
4	Ganzzahl 32 Bit
5	Ohne Vorzeichen 8 Bit
6	Ohne Vorzeichen 16 Bit
7	Ohne Vorzeichen 32 Bit
9	Textblock
10	Bytestring
13	Zeitdifferenz
33	Reserviert
35	Bitsequenz

Tabelle 14.7 Unterstützte Datentypen

14.5.12 Umwandlung

Die verschiedenen Attribute jedes Parameters sind im Abschnitt „Werkseinstellungen“ aufgeführt. Parameterwerte werden nur als ganze Zahlen übertragen. Aus diesem Grund werden Umrechnungsfaktoren zur Übertragung von Dezimalwerten verwendet.

Parameter 4-12 Motor Speed Low Limit [Hz] hat einen Umrechnungsfaktor von 0,1.
Soll die Mindestfrequenz auf 10 Hz eingestellt werden, übertragen Sie den Wert 100. Der Umrechnungsfaktor 0,1 bedeutet, dass der übertragene Wert mit 0,1 multipliziert wird. Der Wert 100 wird somit als 10,0 erkannt.

Beispiele:
0 s⇒Umrechnungsindex 0
0,00 s⇒Umrechnungsindex -2
0 M/S⇒Umrechnungsindex -3
0,00 M/S⇒Umrechnungsindex -5

Umrechnungsindex	Umrechnungsfaktor
100	
75	
74	
67	
6	1000000
5	100000
4	10000
3	1000
2	100
1	10
0	1
-1	0,1
-2	0,01
-3	0,001
-4	0,0001
-5	0,00001
-6	0,000001
-7	0,0000001

Tabelle 14.8 Umrechnungstabelle

14.5.13 Prozesswörter (PCD)

Der Block mit Prozesswörtern wird in 2 Blöcke zu je 16 Bit unterteilt. Dies erfolgt stets in der definierten Reihenfolge.

PCD 1	PCD 2
Steuertelegramm (Steuerwort Master⇒Follower)	Sollwert
Steuertelegramm (Zustandswort Follower⇒Master)	Aktuelle Ausgabefrequenz

Tabelle 14.9 PCD-Sequenz

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

14.6 RS485: FC-Protokoll – Parameterbeispiele

14.6.1 Schreiben eines Parameterwerts

Ändern Sie *Parameter 4-14 Motor Speed High Limit [Hz]* in 100 Hz.
Schreiben Sie die Daten in EEPROM.

PKE=E19E Hex – Ein Wort schreiben in *Parameter 4-14 Motor Speed High Limit [Hz]*.
IND = 0000 Hex
PWE_{high}=0000 Hex
PWE_{low}=03E8 Hex - Datenwert 1000, entsprechend 100 Hz, siehe *Kapitel 14.5.12 Umwandlung*.

PKE	IND	PWE_{high}	PWE_{low}
E19E H	0000 H	0000 H	03E8 H

130BA092.10

Abbildung 14.12 Telegramm

HINWEIS

***Parameter 4-14 Motor Speed High Limit [Hz]* ist ein einzelnes Wort, und der in EEPROM zu schreibende Parameter lautet E. Parameternummer *Parameter 4-14 Motor Speed High Limit [Hz]* ist 19E in hexadezimaler Schreibweise.**

PKE	IND	PWE_{high}	PWE_{low}
119E H	0000 H	0000 H	03E8 H

130BA093.10

Abbildung 14.13 Antwort vom Master an den Follower

14.6.2 Lesen eines Parameterwertes

Lesen Sie den Wert in *Parameter 3-41 Ramp 1 Ramp Up Time*.

PKE = 1155 Hex - Parameterwert lesen in *Parameter 3-41 Ramp 1 Ramp Up Time*
IND = 0000 Hex
PWE_{high}=0000 Hex
PWE_{low}=0000 Hex

PKE	IND	PWE_{high}	PWE_{low}
1155 H	0000 H	0000 H	0000 H

130BA094.10

Abbildung 14.14 Parameterwert

Lautet der Wert in *Parameter 3-41 Ramp 1 Ramp Up Time* 10 s, lautet die Antwort des Followers an den Master:

PKE	IND	PWE_{high}	PWE_{low}
1155 H	0000 H	0000 H	03E8 H

130BA267.10

Abbildung 14.15 Antwort vom Follower an den Master

3E8 Hex entspricht 1000 im Dezimalformat. Der Umwandlungsindex für *Parameter 3-41 Ramp 1 Ramp Up Time* ist -2. *Parameter 3-41 Ramp 1 Ramp Up Time* ist vom Typ *Ohne Vorzeichen 32*.

14.7 RS485: Übersicht zu Modbus RTU

14.7.1 Voraussetzungen

Danfoss geht davon aus, dass der installierte Regler die in diesem Handbuch aufgeführten Schnittstellen unterstützt und dass alle Anforderungen an den Regler und auch an den Frequenzumrichter sowie sämtliche entsprechenden Einschränkungen unbedingt erfüllt werden.

14.7.2 Was der Anwender bereits wissen sollte

Das Modbus RTU-Protokoll (Remote Terminal Unit) ist für die Kommunikation mit sämtlichen Reglern ausgelegt, die die in diesem Handbuch definierten Schnittstellen unterstützen. Voraussetzung ist, dass der Anwender vollständig über die Funktionen und Einschränkungen des Reglers informiert ist.

14.7.3 Übersicht zu Modbus RTU

Ungeachtet der Art des physischen Kommunikationsnetzwerks wird in der Übersicht zum Modbus RTU der Vorgang beschrieben, den ein Regler beim Anfordern von Zugriff auf ein anderes Gerät verwendet. Dieser Vorgang umfasst auch die Art und Weise, wie die Modbus RTU auf Anforderungen von einem anderen Gerät antwortet und wie Fehler erkannt und gemeldet werden. Zudem etabliert er ein allgemeines Format für das Layout und die Inhalte der Meldungsfelder.

Während der Kommunikation über ein Modbus RTU-Netzwerk legt das Protokoll Folgendes fest:

- Wie jeder Regler seine Geräteadresse lernt.
- Wie er eine an ihn adressierte Meldung erkennt.
- Bestimmt die Art der auszuführenden Aktionen.
- Liest alle Daten oder sonstigen Informationen aus, die in der Meldung enthalten sind

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Wenn eine Antwort erforderlich ist, erstellt der Regler die Antwortmeldung und sendet sie.
Regler kommunizieren mithilfe einer Master-Follower-Technik, bei der nur ein Gerät (der Master) Transaktionen (so genannte Abfragen) einleiten kann. Die anderen Geräte (Follower) antworten, indem sie den Master mit den angeforderten Daten versorgen oder die in der Abfrage angeforderte Maßnahme ergreifen.
Der Master kann einzelne Follower direkt ansprechen oder eine Broadcast-Meldung an alle Follower einleiten. Follower senden eine Meldung (Antwort) auf Abfragen zurück, die einzeln an sie adressiert wurden. Bei Broadcast-Anfragen vom Master werden keine Antworten zurückgesendet. Das Modbus RTU-Protokoll definiert das Format für die Abfragen vom Master, indem die Geräteadresse (oder Broadcast-Adresse), ein Funktionscode zur Bestimmung der verlangten Aktion, alle zu übertragenden Daten und ein Fehlerprüffeld in das Protokoll eingetragen werden. Die Antwortmeldung des Followers wird ebenfalls über das Modbus-Protokoll erstellt. Sie enthält Felder für die Bestätigung der ergriffenen Maßnahme, jegliche zurückzusendenden Daten und ein Feld zur Fehlerprüfung. Wenn beim Empfang der Meldung ein Fehler auftritt oder der Follower die angeforderte Maßnahme nicht durchführen kann, erstellt der Follower eine Fehlermeldung und sendet diese als Antwort oder es tritt ein Timeout auf.

14.7.4 Antrieb mit Modbus RTU

Der Frequenzumrichter kommuniziert im Modbus RTU-Format über die integrierte RS485-Schnittstelle. Die Modbus RTU bietet Zugriff auf das Steuerwort und den Bussollwert des Frequenzumrichters.

Mit dem Steuerwort kann der Modbus-Master mehrere wichtige Funktionen des Frequenzumrichters steuern:

- Start
- Stoppen des Frequenzumrichters auf unterschiedliche Arten:
  Freilaufstopp
  Schnellstopp
  DC-Bremsstopp
  Normaler Stopp (Rampenstopp)
- Reset nach Fehlerabschaltung.
- Betrieb mit verschiedenen Festdrehzahlen.
- Start mit Reversierung.
- Änderung des aktiven Parametersatzes.
- Steuerung des integrierten Relais des Frequenzumrichters.

Der Bussollwert wird in der Regel zur Drehzahlregelung verwendet. Es ist außerdem möglich, auf die Parameter zuzugreifen, ihre Werte zu lesen und ggf. Werte an sie zu schreiben. Dies bietet eine Reihe von Steuerungsoptionen wie die Regelung des Sollwerts des Frequenzumrichters, wenn sein interner PI-Regler verwendet wird.

14.7.5 Antrieb mit Modbus RTU

Um den Modbus RTU auf dem Frequenzumrichter zu aktivieren, müssen Sie folgende Parameter einstellen:

Parameter	Einstellung
Parameter 8-30 Protocol	Modbus RTU
Parameter 8-31 Address	1–247
Parameter 8-32 Baud Rate	2400–115200
Parameter 8-33 Parity / Stop Bits	Gerade Parität, 1 Stoppbit (Werkseinstellung)

14.7.6 Antrieb mit Modbus RTU

Die Regler sind für die Kommunikation über RTU-Modus (Remote Terminal Unit) am Modbus-Netz eingerichtet, wobei jedes Byte einer Meldung zwei hexadezimale 4-Bit-Zeichen enthält. Das Format für jedes Byte ist wie in *Tabelle 14.10* gezeigt.

Start bit	Datenbyte								Stopp/ Parität	Stopp

Tabelle 14.10 Beispielformat

Codiersystem	8 Bit binär, hexadezimal 0-9, A–F. 2 hexadezimale Zeichen in jedem 8-Bit-Feld des Telegramms.
Bit pro Byte	1 Startbit. 8 Datenbits, Bit mit der niedrigsten Wertigkeit wird zuerst gesendet. 1 Bit für gerade/ungerade Parität; kein Bit ohne Parität. 1 Stoppbit, wenn Parität verwendet wird; 2 Bits ohne Parität.
Fehlerprüffeld	CRC (zyklische Redundanzprüfung)

Tabelle 14.11 Bitdetail

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

14.8 RS485: Modbus RTU-Telegrammaufbau

14.8.1 Modbus RTU-Telegrammaufbau

Eine Modbus RTU-Meldung wird vom sendenden Gerät in einen Block gepackt, der einen bekannten Anfangs- und Endpunkt besitzt. Dadurch ist es dem empfangenden Gerät möglich, am Anfang der Meldung zu beginnen, den Adressenabschnitt zu lesen, festzustellen, welches Gerät adressiert ist (oder alle Geräte, im Fall einer Broadcast-Meldung) und festzustellen, wann die Meldung beendet ist. Unvollständige Meldungen werden ermittelt und als Konsequenz Fehler gesetzt. Die für alle Felder zulässigen Zeichen sind im Hexadezimalformat 00-FF. Der Frequenzumrichter überwacht kontinuierlich den Netzwerkbus, auch während des Silent-Intervalls. Wenn das erste Feld (das Adressfeld) empfangen wird, wird es von jedem Frequenzumrichter oder jedem einzelnen Gerät entschlüsselt, um zu ermitteln, welches Gerät adressiert ist. Modbus RTU-Meldungen mit Adresse 0 sind Broadcast-Meldungen. Auf Broadcast-Meldungen ist keine Antwort erlaubt. Ein typischer Meldungsblock wird in *Tabelle 14.12* gezeigt.

Start	Adresse	Funktion	Daten	CRC-Prüfung	Ende
T1-T2-T3-T4	8 Bit	8 Bit	N x 8 Bit	16 Bit	T1-T2-T3-T4

Tabelle 14.12 Typischer Modbus RTU-Telegrammaufbau

14.8.2 Start-/Stoppfeld

Telegramme beginnen mit einer Sendepause von mindestens 3,5 Zeichen pro Zeiteinheit. Dies entspricht einem Vielfachen der Baudrate, mit der im Netzwerk die Datenübertragung stattfindet (in der Abbildung als Start T1-T2-T3-T4 angegeben). Das erste übertragene Feld ist die Geräteadresse. Nach dem letzten übertragenen Zeichen markiert ein identisches Intervall von mindestens 3,5 Zeichen pro Zeiteinheit das Ende der Meldung. Nach diesem Intervall kann eine neue Meldung beginnen. Der gesamte Meldungsblock muss als kontinuierlicher Datenstrom übertragen werden. Falls eine Sendepause von mehr als 1,5 Zeichen pro Zeiteinheit vor dem Abschluss des Blocks auftritt, löscht das empfangende Gerät die Daten und nimmt an, dass es sich beim nächsten Byte um das Adressfeld einer neuen Meldung handelt. Beginnt ein neues Telegramm früher als 3,5 Zeichen pro Zeiteinheit nach einem vorangegangenen Telegramm, interpretiert es das empfangende Gerät als Fortsetzung des vorangegangenen Telegramms. Dies führt zu einem Timeout (keine Antwort vom Follower), da der Wert im letzten CRC-Feld (Cyclical Redundancy Check) für die kombinierten Telegramme nicht gültig ist.

14.8.3 Adressfeld

Das Adressfeld eines Meldungsblocks enthält acht Bits. Gültige Adressen von Follower-Geräten liegen im Bereich von 0–247 dezimal. Die einzelnen Follower-Geräte entsprechen zugewiesenen Adressen im Bereich von 1-247 (0 ist für den Broadcast-Modus reserviert, den alle Follower erkennen). Ein Master adressiert ein Follower-Gerät, indem er die Follower-Adresse in das Adressfeld des Telegramms einträgt. Wenn das Follower-Gerät seine Antwort sendet, trägt es seine eigene Adresse in das Adressfeld der Antwort ein, um den Master zu informieren, welches der Follower-Geräte antwortet.

14.8.4 Funktionsfeld

Das Feld für den Funktionscode eines Meldungsblocks enthält acht Bits. Gültige Codes liegen im Bereich von 1 bis FF. Funktionsfelder dienen zum Senden von Telegrammen zwischen Master und Follower. Wenn ein Telegramm vom Master zu einem Follower-Gerät übertragen wird, teilt das Funktionscodefeld dem Follower mit, welche Aktion durchzuführen ist. Wenn der Follower dem Master antwortet, nutzt er das Funktionscodefeld, um entweder eine normale (fehlerfreie) Antwort anzuzeigen oder um anzuzeigen, dass ein Fehler aufgetreten ist (Ausnahmeantwort). Im Fall einer normalen Antwort wiederholt der Follower den ursprünglichen Funktionscode. Im Fall einer Ausnahmeantwort sendet der Follower einen Code, der dem ursprünglichen Funktionscode entspricht, dessen wichtigstes Bit allerdings auf eine logische 1 gesetzt wurde. Neben der Modifizierung des Funktionscodes zur Erzeugung einer Ausnahmeantwort stellt der Follower einen individuellen Code in das Datenfeld des Antworttelegramms. Dadurch wird der Master über die Art des Fehlers oder den Grund der Ausnahme informiert. Siehe *Kapitel 14.9.1 Von Modbus RTU unterstützte Funktionscodes*.

14.8.5 Datenfeld

Das Datenfeld setzt sich aus Sätzen von je 2 hexadezimalen Zeichen im Bereich von 00 bis FF (hexadezimal) zusammen. Diese Folgen bestehen aus einem RTU-Zeichen. Das Datenfeld des von einem Master zu Follower-Geräten gesendeten Telegramms enthält zusätzliche Informationen, die der Follower verwenden muss, um die vom Funktionscode festgelegte Aktion durchführen zu können. Dazu gehören z. B. Spulen- oder Registeradressen, die Anzahl der zu bearbeitenden Punkte oder die Zählung der Istwert-Datenbytes im Feld.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

14.8.6 CRC-Prüffeld

Meldungen enthalten ein Fehlerprüffeld, das auf der zyklischen Redundanzprüfung (CRC) basiert. Das CRC-Feld prüft den Inhalt der gesamten Meldung. Die Prüfung wird in jedem Fall durchgeführt, unabhängig vom Paritätsprüfverfahren für die einzelnen Zeichen der Meldung. Der CRC-Wert wird vom sendenden Gerät errechnet und als letztes Feld an die Meldung angehängt. Das empfangende Gerät führt während des Erhalts der Meldung eine Neuberechnung der CRC durch und vergleicht den errechneten Wert mit dem tatsächlichen Wert im CRC-Feld. Sind die beiden Werte nicht identisch, erfolgt ein Bus-Timeout. Das CRC-Feld enthält einen 16-Bit-Binärwert, der in Form von zwei 8-Bit-Bytes implementiert wird. Wenn dieser Schritt abgeschlossen ist, wird das niederwertige Byte im Feld zuerst angehängt und anschließend das höherwertige Byte. Das höherwertige CRC-Byte ist das letzte im Rahmen der Meldung übertragene Byte.

14.8.7 Adressieren von Einzelregistern

Im Modbus-Protokoll sind alle Daten in Einzelregistern (Spulen) und Halteregistern organisiert. Einzelregister enthalten ein einzelnes Bit, während Halteregister ein 2-Byte-Wort (d. h. 16 Bit) enthalten. Alle Datenadressen in Modbus-Meldungen werden als 0 referenziert. Das erste Auftreten eines Datenelements wird als Element Nr. 0 adressiert. Ein Beispiel: Die als „Spule 1“ in einem programmierbaren Regler eingetragene Spule wird im Datenadressfeld eines Modbus-Telegramms als 0000 adressiert. Spule 127 (dezimal) wird als Spule 007E hexadezimal (126 dezimal) adressiert.
Halteregister 40001 wird im Datenadressfeld der Meldung als 0000 adressiert. Im Funktionscodefeld ist bereits eine „Halteregister“-Operation spezifiziert. Daher ist die Referenz 4XXXX implizit. Halteregister 40108 wird als Register 006B hexadezimal (107 dezimal) adressiert.

Spulennr.	Beschreibung	Signalrichtung
1–16	Frequenzumrichter-Steuerwort (siehe *Tabelle 14.14*).	Master an Follower
17–32	Drehzahl- oder Sollwertbereich des Frequenzumrichters 0x0–0xFFFF (-200 % ... ~200 %).	Master an Follower
33–48	Frequenzumrichter-Zustandswort (siehe *Tabelle 14.14*).	Master an Follower
49–64	Regelung ohne Rückführung: Ausgangsfrequenz Frequenzumrichter. Regelung mit Rückführung: Istwertsignal Frequenzumrichter.	Follower an Master
65	Parameterschreibsteuerung (Master → Follower).	Master an Follower
	0 = Parameteränderungen werden zum RAM des Frequenzumrichters geschrieben.	
	1 = Parameteränderungen werden zum RAM und EEPROM des Frequenzumrichters geschrieben.	
66–65536	Reserviert.	

Tabelle 14.13 Einzel- und Halteregister

Spule	0	1
01	Festsollwertanwahl LSB	
02	Festsollwertanwahl MSB	
03	DC-Bremse	Keine DC-Bremse
04	Freilaufstopp	Kein Freilaufstopp
05	Schnellstopp	Kein Schnellstopp
06	Speicherfrequenz	Keine Speicherfrequenz
07	Rampenstopp	Start
08	Kein Reset	Reset
09	Keine Festdrehzahl JOG	Festdrehzahl JOG
10	Rampe 1	Rampe 2
11	Daten nicht gültig	Daten gültig
12	Relais 1 Aus	Relais 1 Ein
13	Relais 2 Aus	Relais 2 Ein
14	Parametersatzwahl LSB	
15	Parametersatzwahl MSB	
16	Keine Reversierung	Reversierung

Tabelle 14.14 Frequenzumrichter-Steuerwort (FC-Profil)

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Spule	0	1
33	Steuerung nicht bereit	Steuer. bereit
34	FU nicht bereit	Bereit
35	Motorfreilaufstopp	Sicherheitsverriegelung
36	Kein Alarm	Alarm
37	Unbenutzt	Unbenutzt
38	Unbenutzt	Unbenutzt
39	Unbenutzt	Unbenutzt
40	Keine Warnung	Warnung
41	Istwert≠Sollwert	Ist=Sollwert
42	Hand-Betrieb	Betriebsart Auto
43	Außerhalb Frequenzbereich	In Freq.-Bereich
44	Gestoppt	In Betrieb
45	Unbenutzt	Unbenutzt
46	Keine Spannungswarnung	Spannungswarnung
47	Nicht in Stromgrenze	Stromgrenze
48	Keine Übertemperaturwarnung	Übertemperaturwarnung

Tabelle 14.15 Frequenzumrichter-Zustandswort (FC-Profil)

Register-nummer	Beschreibung
00001–00006	Reserviert.
00007	Letzter Fehlercode von einer FC-Datenobjektschnittstelle.
00008	Reserviert.
00009	Parameterindex[1)].
00010–00990	Parametergruppe 000 (Parameter 001 bis 099).
01000–01990	Parametergruppe 100 (Parameter 100 bis 199).
02000–02990	Parametergruppe 200 (Parameter 200 bis 299).
03000–03990	Parametergruppe 300 (Parameter 300 bis 399).
04000–04990	Parametergruppe 400 (Parameter 400 bis 499).
...	...
49000–49990	Parametergruppe 4900 (Parameter 4900 bis 4999).
50000	Eingangsdaten: Frequenzumrichter-Steuerwortregister (CTW).
50010	Eingangsdaten: Bussollwertregister (REF)
...	...
50200	Ausgangsdaten: Frequenzumrichter-Zustandswortregister (ZSW).
50210	Ausgangsdaten: Frequenzumrichter-Hauptistwertregister (HIW).

Tabelle 14.16 Halteregister

1) Zur Angabe der beim Zugriff auf Indexparameter zur verwendenden Indexnummer

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

14.9 RS485: Modbus RTU-Meldungsfunktionscodes

14.9.1 Von Modbus RTU unterstützte Funktionscodes

Modbus RTU unterstützt die in *Tabelle 14.17* aufgeführten Funktionscodes im Funktionsfeld einer Meldung.

Funktion	Funktionscode
Spulen lesen (Read coils)	1 Hex
Halteregister lesen (Read holding registers)	3 Hex
Einzelspule schreiben (Write single coil)	5 Hex
Einzelregister schreiben (Write single register)	6 Hex
Mehrere Spulen schreiben (Write multiple coils)	F Hex
Mehrere Register schreiben (Write multiple registers)	10 Hex
Komm.-Ereigniszähler abrufen (Get comm. event counter)	B Hex
Follower-ID melden (Report Follower ID)	11 Hex

Tabelle 14.17 Funktionscodes

Funktion	Funktionscode	Subfunktionscode	Subfunktion
Diagnose	8	1	Kommunikation neu starten (Restart communication).
		2	Diagnoseregister angeben (Return diagnostic register).
		10	Zähler und Diagnoseregister löschen (Clear counters and diagnostic register).
		11	Zahl Busmeldungen angeben (Return bus message count).
		12	Buskommunikations-Fehlernummer ausgeben (Return bus communication error count).
		13	Zahl Busausnahmefehler angeben (Return bus exception error count).
		14	Anzahl Follower-Telegramme ausgeben (Return Follower message count).

Tabelle 14.18 Funktionscodes

14.9.2 Modbus-Ausnahmecodes

Für eine umfassende Erläuterung des Aufbaus einer Ausnahmecode-Antwort siehe bis *Kapitel 14.8 RS485: Modbus RTU-Telegrammaufbau*.

Code	Name	Bedeutung
1	Unzulässige Funktion	Der in der Anfrage empfangene Funktionscode ist keine zulässige Aktion für den Server (oder Follower). Ursache für diesen Code kann sein, dass der Funktionscode nur für neuere Geräte gilt und im ausgewählten Gerät nicht implementiert wurde. Es könnte auch anzeigen, dass der Server (oder Follower) im falschen Zustand ist, um eine Anforderung dieser Art zu verarbeiten, z. B. weil er nicht konfiguriert ist und aufgefordert wird, Registerwerte zu senden.
2	Unzulässige Datenadresse	Die in der Anfrage empfangene Datenadresse ist keine zulässige Adresse für den Server (oder Follower). Genauer gesagt ist die Kombination aus Referenznummer und Transferlänge ungültig. Bei einem Regler mit 100 Registern wäre eine Anfrage mit Offset 96 und Länge 4 erfolgreich, eine Anfrage mit Offset 96 und Länge 5 erzeugt jedoch Ausnahmefehler 02.
3	Unzulässiger Datenwert	Ein im Anfragedatenfeld enthaltener Wert ist kein zulässiger Wert für den Server (oder Follower). Dieser-Code zeigt einen Fehler in der Struktur des Rests einer komplexen Anforderung an, z. B. dass die implizierte Länge falsch ist. Es bedeutet jedoch genau NICHT, dass ein zur Speicherung in einem Register gesendetes Datenelement einen Wert hat, der außerhalb der Erwartung des Anwendungsprogramms liegt, da das Modbus-Protokoll die Bedeutung eines bestimmten Werts eines bestimmten Registers nicht kennt.
4	Follower-Gerätefehler	Ein nicht behebbarer Fehler trat auf, während der Server (oder Follower) versuchte, die angeforderte Aktion auszuführen.

Tabelle 14.19 Modbus-Ausnahmecodes

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

14.10 RS485: Modbus RTU-Parameter

14.10.1 Parameterverarbeitung

Die PNU (Parameternummer) wird aus der Registeradresse übersetzt, die in der Modbus-Lese- oder Schreibmeldung enthalten ist. Die Parameternummer wird als (10 x Parameternummer) DEZIMAL für Modbus übersetzt.

14.10.2 Datenspeicherung

Die Spule 65 (dezimal) bestimmt, ob an das Gerät geschriebene Daten im EEPROM und RAM (Spule 65 = 1) oder nur im RAM (Spule 65=0) gespeichert werden.

14.10.3 IND

Der Arrayindex wird in Halteregister 9 gesetzt und beim Zugriff auf Arrayparameter verwendet.

14.10.4 Textblöcke

Der Zugriff auf als Textblöcke gespeicherte Parameter erfolgt auf gleiche Weise wie für die anderen Parameter. Die maximale Textblockgröße ist 20 Zeichen. Gilt die Leseanfrage für einen Parameter für mehr Zeichen, als der Parameter speichert, wird die Antwort verkürzt. Gilt die Leseanfrage für einen Parameter für weniger Zeichen, als der Parameter speichert, wird die Antwort mit Leerzeichen gefüllt.

14.10.5 Umrechnungsfaktor

Da ein Parameterwert nur als ganze Zahl übertragen werden kann, muss zur Übertragung von Dezimalzahlen ein Umrechnungsfaktor benutzt werden. Siehe *Kapitel 14.6 RS485: FC-Protokoll – Parameterbeispiele*.

14.10.6 Parameterwerte

Standarddatentypen
Standarddatentypen sind int16, int32, uint8, uint16 und uint32. Sie werden als 4x-Register gespeichert (40001–4FFFF). Die Parameter werden über Funktion 03 Hex „Halteregister lesen“ gelesen. Parameter werden über die Funktion 6 Hex Einzelregister voreinstellen für 1 Register (16 Bit) und die Funktion 10 Hex Mehrere Register voreinstellen für 2 Register (32 Bit) geschrieben. Lesbare Längen reichen von 1 Register (16 Bit) bis zu 10 Registern (20 Zeichen).

Nicht-standardmäßige Datentypen
Nichtstandarddatentypen sind Textblöcke und werden als 4x-Register gespeichert (40001–4FFFF). Die Parameter werden über Funktion 03 HEX „Halteregister lesen“ gelesen und über die Funktion 10 HEX „Mehrere Register voreinstellen“ geschrieben. Lesbare Längen reichen von 1 Register (2 Zeichen) bis zu 10 Registern (20 Zeichen).

14.11 RS485: Frequenzumrichter-Steuerprofil

14.11.1 Steuerwort gemäß FC-Profil

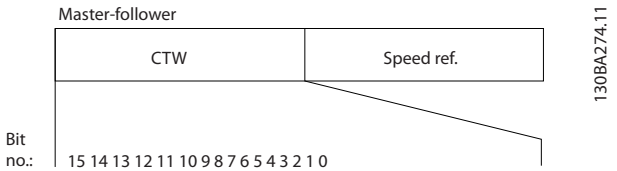


Abbildung 14.16 Steuerwort Master an Follower

Bit	Bitwert = 0	Bitwert = 1
00	Sollwert	Externe Anwahl lsb
01	Sollwert	Externe Anwahl msb
02	DC-Bremse	Rampe
03	Motorfreilauf	Kein Motorfreilauf
04	Schnellstopp	Rampe
05	Ausgangsfrequenz halten	Rampe verwenden
06	Rampenstopp	Start
07	Ohne Funktion	Reset
08	Ohne Funktion	Festdrehzahl JOG
09	Rampe 1	Rampe 2
10	Daten ungültig	Daten gültig
11	Ohne Funktion	Relais 01 aktiv
12	Ohne Funktion	Relais 02 aktiv
13	Parametersatz	(lsb)
14	Parametersatz	(msb)
15	Ohne Funktion	Rückwärts

Erläuterung der Steuerbits
Bits 00/01
Bit 00 und 01 werden benutzt, um zwischen den vier Sollwerten zu wählen, deren Vorprogrammierung Sie unter *Parameter 3-10 Preset Reference* in to *Tabelle 14.20* finden.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Programmierter Sollwert	Parameter	Bit 01	Bit 00
1	[0] *Parameter 3-10 Preset Reference*	0	0
2	[1] *Parameter 3-10 Preset Reference*	0	1
3	[2] *Parameter 3-10 Preset Reference*	1	0
4	[3] *Parameter 3-10 Preset Reference*	1	1

Tabelle 14.20 Steuerbits

HINWEIS

Wählen Sie in *Parameter 8-56 Preset Reference Select* aus, wie Bit 00/01 mit der entsprechenden Funktion an den Digitaleingängen verknüpft ist.

Bit 02, DC-Bremse
Bit 02 = 0 führt zu DC-Bremsung und -Stopp. Stellen Sie den Bremsstrom und die Bremsdauer in *Parameter 2-01 DC Brake Current* und *Parameter 2-02 DC Braking Time* ein.
Bit 02 = 1 bewirkt Rampe.

Bit 03, Motorfreilauf
Bit 03=0: Der Frequenzumrichter schaltet sofort die Ausgangstransistoren aus und der Motor läuft im Freilauf aus.
Bit 03 = 1: Der Frequenzumrichter startet den Motor, wenn die anderen Startbedingungen erfüllt sind.

Wählen Sie in *Parameter 8-50 Coasting Select* aus, wie Bit 03 mit der entsprechenden Funktion an den Digitaleingängen verknüpft ist.

Bit 04, Schnellstopp
Bit 04=0: Lässt die Motordrehzahl über Rampe bis zum Stopp auslaufen (eingestellt in *Parameter 3-81 Quick Stop Ramp Time*).

Bit 05, Ausgangsfrequenz halten
Bit 05=0: Die aktuelle Ausgangsfrequenz (in Hz) wird gespeichert. Sie können die gespeicherte Ausgangsfrequenz dann nur an den Digitaleingängen (*Parameter 5-10 Terminal 18 Digital Input* bis *Parameter 5-15 Terminal 33 Digital Input*) ändern.

HINWEIS

Ist „Ausgangsfrequenz speichern“ aktiv, kann der Frequenzumrichter nur durch Auswahl der folgenden Bedingungen gestoppt werden:

- **Bit 03, Motorfreilaufstopp.**
- **Bit 02, DC-Bremse.**
- **Digitaleingang (*Parameter 5-10 Terminal 18 Digital Input – Parameter 5-15 Terminal 33 Digital Input*) programmiert für *DC-Bremse*, *Motorfreilaufstopp*, oder *Reset* und *Motorfreilaufstopp*.**

Bit 06, Rampe Stopp/Start
Bit 06=0: Bewirkt einen Stopp, indem die Motordrehzahl über den entsprechenden Parameter für Rampenzeit Ab bis zum Stopp reduziert wird.
Bit 06 = 1: Ermöglicht dem Frequenzumrichter das Starten des Motors, wenn die anderen Startbedingungen erfüllt sind.

Wählen Sie in *Parameter 8-53 Start Select* aus, wie Bit 06 Rampe Stopp/Start mit der entsprechenden Funktion an einem Digitaleingang verknüpft ist.

Bit 07, Reset
Bit 07 = 0: Kein Reset.
Bit 07 = 1: Reset einer Abschaltung. Reset wird auf der ansteigenden Signalflanke aktiviert, d. h., beim Übergang von logisch „0“ zu logisch „1“.

Bit 08, Jog
Bit 08=1: Die Ausgangsfrequenz wird festgelegt durch *Parameter 3-19 Jog Speed [RPM]*.

Bit 09, Auswahl von Rampe 1/2
Bit 09=0: Rampe 1 ist aktiv (*Parameter 3-41 Ramp 1 Ramp Up Time* bis *Parameter 3-42 Ramp 1 Ramp Down Time*).
Bit 09 = 1: Rampe 2 (*Parameter 3-51 Ramp 2 Ramp Up Time* bis *Parameter 3-52 Ramp 2 Ramp Down Time*) ist aktiv.

Bit 10, Daten nicht gültig/Daten gültig
Teilt dem Frequenzumrichter mit, ob das Steuerwort benutzt oder ignoriert wird. Bit 10 = 0: Das Steuerwort wird ignoriert.
Bit 10 = 1: Das Steuerwort wird verwendet. Diese Funktion ist relevant, weil das Telegramm unabhängig vom Telegrammtyp stets das Steuerwort enthält. Sie können also das Steuerwort deaktivieren, wenn es beim Aktualisieren oder Lesen von Parametern nicht benutzt werden soll.

Bit 11, Relais 01
Bit 11=0: Relais nicht aktiviert.
Bit 11 = 1: Relais 01 ist aktiviert, vorausgesetzt *[36] Steuerwort Bit 11* wurde in *Parameter 5-40 Function Relay* gewählt.

Bit 12, Relais 04
Bit 12=0: Relais 04 ist nicht aktiviert.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Bit 12 = 1: Relais 04 ist aktiviert, vorausgesetzt *[37] Steuerwort Bit 12* wurde in *Parameter 5-40 Function Relay* gewählt.

Bit 13/14, Parametersatzanwahl
Mit Bit 13 und 14 können Sie unter den in *Tabelle 14.21* aufgeführten vier Parametersätzen auswählen.

Parametersatz	Bit 14	Bit 13
1	0	0
2	0	1
3	1	0
4	1	1

Tabelle 14.21 Parametersatzanwahl

Die Funktion ist nur möglich, wenn *[9] Externe Anwahl* in *Parameter 0-10 Active Set-up* gewählt ist.

Wählen Sie in *Parameter 8-55 Set-up Select* aus, wie Bit 13/14 mit der entsprechenden Funktion an den Digitaleingängen verknüpft ist.

Bit 15 Reversierung
Bit 15=0: Keine Reversierung.
Bit 15 = 1: Reversierung. In der Werkseinstellung ist Reversierung in *Parameter 8-54 Reversing Select* auf *[0] Digitaleingang* eingestellt. Bit 15 verursacht nur eine Reversierung, wenn Folgendes ausgewählt ist:

- Serielle Kommunikation
- Bus oder Klemme
- Bus und Klemme

14.11.2 Zustandswort entsprechend dem FC-Profil

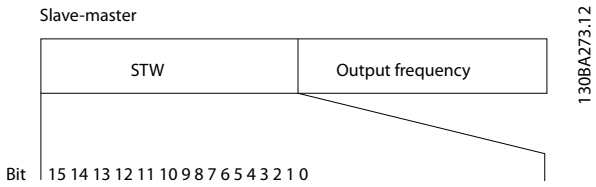


Abbildung 14.17 STW Follower an Master

Bit	Bit=0	Bit = 1
00	Steuerung nicht bereit	Steuer. bereit
01	FU nicht bereit	Bereit
02	Motorfreilauf	Aktivieren
03	Kein Fehler	Abschaltung
04	Kein Fehler	Fehler (keine Abschaltung)
05	Reserviert	–
06	Kein Fehler	Abschaltblockierung
07	Keine Warnung	Warnung
08	Drehzahl≠Sollwert	Drehzahl = Sollwert
09	Ortbetrieb	Bussteuerung
10	Außerhalb Frequenzgrenze	Frequenzgrenze OK
11	Ohne Funktion	In Betrieb
12	FU OK	Gestoppt, Auto Start
13	Spannung OK	Spannung überschritten
14	Moment OK	Moment überschritten
15	Timer OK	Timer überschritten

Bit 00, Steuerung nicht bereit/bereit
Bit 00 = 0: Der Frequenzumrichter schaltet ab.
Bit 00 = 1: Steuerkarte des Frequenzumrichters bereit, aber möglicherweise keine Versorgung zum Leistungsteil bei externer 24 V DC-Versorgung der Steuerkarte.

Bit 01, Frequenzumrichter bereit
Bit 01 = 1: Der Frequenzumrichter ist betriebsbereit, aber der Motorfreilaufbefehl ist über die Digitaleingänge oder über serielle Kommunikation aktiv.

Bit 02, Motorfreilaufstopp
Bit 02=0: Der Frequenzumrichter gibt den Motor frei.
Bit 02 = 1: Der Frequenzumrichter startet den Motor mit einem Startbefehl.

Bit 03, Kein Fehler/keine Abschaltung
Bit 03=0: Es liegt kein Fehlerzustand des Frequenzumrichters vor.
Bit 03 = 1: Der Frequenzumrichter schaltet ab. Drücken Sie zur Wiederaufnahme [Reset].

Bit 04, Kein Fehler/Fehler (keine Abschaltung)
Bit 04=0: Es liegt kein Fehlerzustand des Frequenzumrichters vor.
Bit 04 = 1: Der Frequenzumrichter meldet einen Fehler, aber schaltet nicht ab.

Bit 05, Nicht verwendet
Bit 05 wird im Zustandswort nicht benutzt.

Bit 06, Kein Fehler/Abschaltsperre
Bit 06=0: Es liegt kein Fehlerzustand des Frequenzumrichters vor.
Bit 06 = 1: Der Frequenzumrichter ist abgeschaltet und blockiert.

Bit 07, Keine Warnung/Warnung
Bit 07=0: Es liegen keine Warnungen vor.
Bit 07 = 1: Eine Warnung liegt vor.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Bit 08, Drehzahl ≠ Sollwert/Drehzahl = Sollwert
Bit 08=0: Der Motor läuft, die aktuelle Drehzahl entspricht aber nicht dem voreingestellten Drehzahlsollwert. Dies kann beispielsweise der Fall sein, wenn die Drehzahl beim Starten/Stoppen ansteigt/sinkt.
Bit 08 = 1: Die Motordrehzahl entspricht dem voreingestellten Drehzahlsollwert.

Bit 09, Ort-Betrieb/Bussteuerung
Bit 09=0: [Stop/Reset] ist in der Bedieneinheit aktiv, oder *[2] Ort-Steuerung* in *Parameter 3-13 Reference Site* wurde ausgewählt. Der Frequenzumrichter wird entweder über Steuerklemmen oder per serieller Kommunikation gesteuert.
Bit 09 = 1 Der Frequenzumrichter kann über den Feldbus/die serielle Schnittstelle gesteuert werden.

Bit 10, Frequenzgrenze überschritten
Bit 10=0: Die Ausgangsfrequenz hat den Wert in *Parameter 4-11 Motor Speed Low Limit [RPM]* oder *Parameter 4-13 Motor Speed High Limit [RPM]* erreicht.
Bit 10 = 1: Die Ausgangsfrequenz ist innerhalb der festgelegten Grenzen.

Bit 11, Kein Betrieb/Betrieb
Bit 11=0: Der Motor läuft nicht.
Bit 11 = 1: Der Frequenzumrichter hat ein Startsignal, oder die Ausgangsfrequenz ist größer als 0 Hz.

Bit 12, FU OK/gestoppt, autom. Start
Bit 12=0: Es liegt keine vorübergehende Übertemperatur des Wechselrichters vor.
Bit 12 = 1: Der Wechselrichter wird wegen Übertemperatur angehalten, aber die Einheit wird nicht abgeschaltet und nimmt nach Beseitigung der Übertemperatur den Betrieb wieder auf.

Bit 13, Spannung OK/Grenze überschritten
Bit 13=0: Es liegen keine Spannungswarnungen vor.
Bit 13 = 1: Die Gleichspannung im Zwischenkreis des Frequenzumrichters ist zu niedrig oder zu hoch.

Bit 14, Drehmoment OK/Grenze überschritten
Bit 14=0: Der Motorstrom liegt unter der in *Parameter 4-18 Current Limit* gewählten Drehmomentgrenze.
Bit 14 = 1: Die Drehmomentgrenze in *Parameter 4-18 Current Limit* ist überschritten.

Bit 15, Timer OK/Grenze überschritten
Bit 15=0: Die Timer für thermischen Motorschutz und thermischen Schutz des Frequenzumrichters überschreiten nicht 100 %.
Bit 15 = 1: Einer der Timer überschreitet 100 %.

Wenn die Verbindung zwischen der Interbus-Option und dem Frequenzumrichter verloren geht oder ein internes Kommunikationsproblem auftritt, werden alle Bits im ZSW auf „0“ gesetzt.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

14.11.3 Bus (Drehzahl) Sollwert

Der Sollwert für die Drehzahl wird an den Frequenzumrichter als relativer Wert in % übermittelt. Der Wert wird in Form eines 16-Bit-Wortes übermittelt. In Ganzzahlen entspricht der Wert 16384 (4000 Hex) 100 %. Negative Werte werden über Zweier-Komplement formatiert. Die aktuelle Ausgangsfrequenz (HIW) wird auf gleiche Weise wie der Bussollwert skaliert.

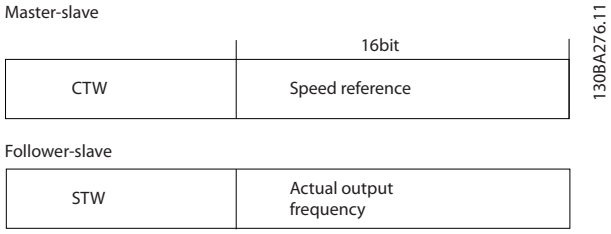


Abbildung 14.18 Bus (Drehzahl) Sollwert

Der Sollwert und HIW werden gemäß in *Abbildung 14.19* skaliert.

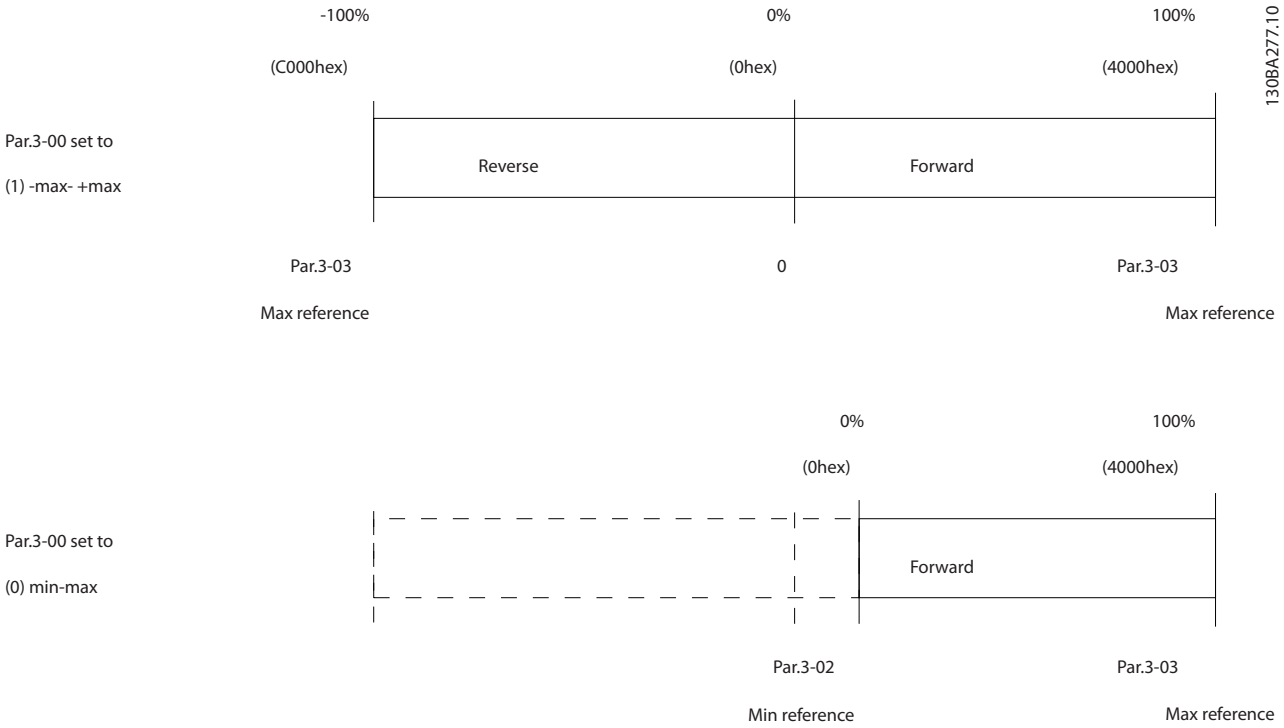


Abbildung 14.19 Sollwert und HIW

14

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

14.11.4 Steuerwort gemäß PROFIdrive-Profil (CTW)

Das Steuerwort dient zum Senden von Befehlen vom Master an einen Follower.

Bit	Bit=0	Bit = 1
00	OFF 1	ON 1
01	OFF 2	ON 2
02	OFF 3	ON 3
03	Motorfreilauf	Kein Motorfreilauf
04	Schnellstopp	Rampe
05	Pulsausgang halten	Rampe verwenden
06	Rampenstopp	Start
07	Ohne Funktion	Reset
08	Festdrehzahl JOG 1 AUS	Festdrehzahl JOG 1 EIN
09	Festdrehzahl JOG 2 AUS	Festdrehzahl JOG 2 EIN
10	Daten ungültig	Daten gültig
11	Ohne Funktion	Frequenzkorrektur Ab
12	Ohne Funktion	Frequenzkorrektur Auf
13	Parametersatz	(lsb)
14	Parametersatz	(msb)
15	Ohne Funktion	Rückwärts

Tabelle 14.22 Bitwerte für Steuerwort, PROFIdrive-Profil

Erläuterung der Steuerbits

Bit 00, AUS 1/EIN 1
Normale Rampenstopps mit den Rampenzeiten der tatsächlich ausgewählten Rampe.
Bit 00=0 führt zum Stopp und Aktivierung des Ausgangsrelais 1 oder 2 wenn die Ausgangsfrequenz 0 Hz beträgt und wenn Sie *[31] Relais 123* in *Parameter 5-40 Function Relay* ausgewählt haben.
Wenn Bit 00=1, befindet sich der Frequenzumrichter in Zustand 1: Einschalten gesperrt.

Bit 01, AUS 2/EIN 2
Motorfreilaufstopp
Wenn Bit 01=0, wird Motorfreilauf und die Aktivierung von Ausgangsrelais 1 oder 2 durchgeführt, wenn die Ausgangsfrequenz 0 Hz beträgt und wenn Sie *[31] Relay 123* in *Parameter 5-40 Function Relay* ausgewählt haben.
Wenn Bit 01=1, befindet sich der Frequenzumrichter in Zustand 1: Einschalten gesperrt. Siehe hierzu *Tabelle 14.23*, am Ende dieses Abschnitts.

Bit 02, AUS 3/EIN 3
Schnellstopp unter Verwendung der Rampenzeit von *Parameter 3-81 Quick Stop Ramp Time*.
Wenn Bit 02 = 0, wird ein Schnellstopp und die Aktivierung von Ausgangsrelais 1 oder 2 durchgeführt, wenn die Ausgangsfrequenz 0 Hz beträgt und wenn Sie *[31] Relais 123* in *Parameter 5-40 Function Relay* ausgewählt haben.
Wenn Bit 02=1, befindet sich der Frequenzumrichter in Zustand 1: Einschalten gesperrt.

Bit 03, Motorfreilauf/Kein Motorfreilauf
Motorfreilaufstopp Bit 03=0 führt zu einem Stopp.
Wenn Bit 03 = 1 ist, kann der Frequenzumrichter starten, wenn die anderen Startbedingungen erfüllt sind.

HINWEIS

Die Auswahl in *Parameter 8-50 Coasting Select* legt fest, wie Bit 03 mit der entsprechenden Funktion der Digitaleingänge verknüpft ist.

Bit 04, Schnellstopp/Rampe
Schnellstopp unter Verwendung der Rampenzeit von *Parameter 3-81 Quick Stop Ramp Time*.
Wenn Bit 04 = 0 ist, wird ein Schnellstopp durchgeführt.
Wenn Bit 04 = 1 ist, kann der Frequenzumrichter starten, wenn die anderen Startbedingungen erfüllt sind.

HINWEIS

Die Auswahl in *Parameter 8-51 Quick Stop Select* legt fest, wie Bit 04 mit der entsprechenden Funktion der Digitaleingänge verknüpft ist.

Bit 05, Pulsausgang halten/Rampe verwenden
Wenn Bit 05 =0 ist, wird die aktuelle Ausgangsfrequenz beibehalten, auch wenn der Sollwert geändert wird.
Wenn Bit 05 = 1 ist, kann der Frequenzumrichter wieder seine Regelung ausführen; der Betrieb erfolgt gemäß dem jeweiligen Sollwert; der Betrieb wird gemäß dem entsprechenden Sollwert ausgeführt.

Bit 06, Rampe Stopp/Start
Normaler Rampenstopp unter Verwendung der Rampenzeiten der tatsächlichen Rampe (wie gewählt). Zudem wird Ausgangsrelais 01 oder 04 aktiviert, wenn die Ausgangsfrequenz 0 Hz beträgt und wenn *[31] Relais* 123 in *Parameter 5-40 Function Relay* ausgewählt wurde.
Bit 06 = 0 führt zu einem Stopp.
Wenn Bit 06=1 ist, kann der Frequenzumrichter starten, wenn die anderen Startbedingungen erfüllt sind.

HINWEIS

Die Auswahl in *Parameter 8-53 Start Select* legt fest, wie Bit 06 mit der entsprechenden Funktion der Digitaleingänge verknüpft ist.

Bit 07, Keine Funktion/Reset
Reset nach einem Abschalten.
Bestätigt das Ereignis im Fehlerpuffer.
Wenn Bit 07 = 0 ist, wird kein Reset durchgeführt.
Bei einem Flankenwechsel von Bit 07 auf „1“ wird nach dem Ausschalten ein Reset durchgeführt.

Bit 08, Festdrehzahl JOG 1 AUS/EIN
Aktivierung die vorprogrammierte Drehzahl in *Parameter 8-90 Bus Jog 1 Speed*. JOG 1 ist nur möglich, wenn Bit 04=„0“ und Bit 00–03=„1“.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Bit 09, Festdrehzahl JOG 2 AUS/EIN
Aktivierung der vorprogrammierten Drehzahl in *Parameter 8-91 Bus Jog 2 Speed*. JOG 2 ist nur möglich, wenn Bit 04=„0“ und Bit 00–03=„1“.

Bit 10, Daten nicht gültig/Daten gültig
Teilt dem Frequenzumrichter mit, ob das Steuerwort benutzt oder ignoriert werden soll.
Bit 10 = 0 führt dazu, dass das Steuerwort ignoriert wird.
Bit 10=1 führt dazu, dass das Steuerwort verwendet wird.
Diese Funktion ist relevant, weil das Telegramm unabhängig vom Telegrammtyp stets das Steuerwort enthält. Sie können also das Steuerwort deaktivieren, wenn es beim Aktualisieren oder Lesen von Parametern nicht benutzt werden soll.

Bit 11, Keine Funktion/Frequenzkorrektur ab
Reduziert den Sollwert um den in *Parameter 3-12 Catch up/ slow Down Value* gegebenen Betrag.
Wenn Bit 11 = 0, wird keine Änderung des Sollwerts durchgeführt. Wenn Bitt 11 = 1, wird der Sollwert herabgesetzt.

Bit 12, Keine Funktion/Frequenzkorrektur Auf
Erhöht den Drehzahl-Sollwert um den in *Parameter 3-12 Catch up/slow Down Value* angegebenen Betrag.
Wenn Bit 12 = 0, wird keine Änderung des Sollwerts durchgeführt.
Wenn Bit 12 = 1, wird der Sollwert erhöht.
Wenn sowohl Verlangsamen als auch Beschleunigen aktiviert sind (Bit 11 und 12=1), hat das Verlangsamen Priorität, und der Drehzahl-Sollwert wird verringert.

Bits 13/14, Satzanwahl
Auswahl zwischen den 4 Parametersätzen gemäß *Tabelle 14.23*.

Die Funktion ist nur dann möglich, wenn *[9] Externe Anwahl* in *Parameter 0-10 Active Set-up* ausgewählt ist. Die Auswahl in *Parameter 8-55 Set-up Select* legt fest, wie Bit 13 und 14 mit der entsprechenden Funktion der Digitaleingänge verknüpft sind. Ein Umschalten zwischen den Parametersätzen bei laufendem Motor ist nur möglich, wenn diese in *Parameter 0-12 This Set-up Linked to* verknüpft wurden.

Parametersatz	Bit 13	Bit 14
1	0	0
2	1	0
3	0	1
4	1	1

Tabelle 14.23 Bits 13/14 Parametersatz-Optionen

Bit 15, Keine Funktion/Reversierung
Bit 15=0 verursacht keine Reversierung.
Bit 15 = 1 verursacht Reversierung.
Bemerkung: In der Werkseinstellung ist Reversierung in *Parameter 8-54 Reversing Select* auf *[0] Digitaleingang* eingestellt.

HINWEIS

Bit 15 verursacht nur eine Reversierung, wenn Folgendes ausgewählt ist:

- **Serielle Kommunikation**
- **Bus oder Klemme**
- **Bus und Klemme**

14.11.5 Zustandswort gemäß PROFIdrive-Profil (STW)

Das Zustandswort informiert ein Master-Gerät über den Status eines Followers.

Bit	Bit=0	Bit = 1
00	Steuerung nicht bereit	Steuer. bereit
01	FU nicht bereit	Bereit
02	Motorfreilauf	Aktivieren
03	Kein Fehler	Abschaltung
04	OFF 2	ON 2
05	OFF 3	ON 3
06	Start möglich	Start nicht möglich
07	Keine Warnung	Warnung
08	Drehzahl≠Sollwert	Drehzahl = Sollwert
09	Ortbetrieb	Bussteuerung
10	Außerhalb Frequenzgrenze	Frequenzgrenze OK
11	Ohne Funktion	In Betrieb
12	FU OK	Gestoppt, Auto Start
13	Spannung OK	Spannung überschritten
14	Moment OK	Moment überschritten
15	Timer OK	Timer überschritten

Tabelle 14.24 Bitwerte für Zustandswort, PROFIdrive-Profil

Erläuterung der Zustandsbits

Bit 00, Steuerung nicht bereit/bereit
Wenn Bit 00 = 0, ist Bit 00, 01 oder 02 des Steuerworts 0 (AUS 1, AUS 2 oder AUS 3) – andernfalls wird der Frequenzumrichter ausgeschaltet (Abschaltung).
Wenn Bit 00 = 1, ist die Frequenzumrichtersteuerung bereit, es gibt jedoch möglicherweise keine Spannungsversorgung für die vorhandene Einheit (im Fall einer externen 24 V DC-Versorgung des Steuerungssystems).

Bit 01, VLT nicht bereit/bereit
Gleiche Bedeutung wie Bit 00, es liegt jedoch eine Stromversorgung der Leistungseinheit vor. Der Frequenzumrichter ist bereit, wenn er die erforderlichen Startsignale empfängt.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Bit 02, Motorfreilauf/aktivieren
Wenn Bit 02=0, ist Bit 00, 01 oder 02 des Steuerworts 0 (AUS 1, AUS 2, AUS 3 oder Motorfreilauf) – andernfalls wird der Frequenzumrichter ausgeschaltet (Abschaltung).
When Bit 02=1, ist Bit 00, 01 oder 02 des Steuerworts 1; der Frequenzumrichter wird nicht abgeschaltet.

Bit 03, Kein Fehler/keine Abschaltung
Wenn Bit 03 = 0, liegt keine Fehlerbedingung für den Frequenzumrichter vor.
Wenn Bit 03 = 1, wurde der Frequenzumrichter abgeschaltet und kann erst nach einem Reset wieder starten.

Bit 04, EIN 2/AUS 2
Wenn Bit 01 des Steuerworts gleich 0 ist, dann ist Bit 04=0.
Wenn Bit 01 des Steuerworts gleich 1 ist, dann ist Bit 04=1.

Bit 05, EIN 3/AUS 3
Wenn Bit 02 des Steuerworts gleich 0 ist, dann ist Bit 05=0.
Wenn Bit 02 des Steuerworts gleich 1 ist, dann ist Bit 05=1.

Bit 06, Start möglich/Start nicht möglich
Wenn in *Parameter 8-10 Control Profile [1] PROFIdrive* ausgewählt wurde, ist Bit 06 „1“ nach einer Abschaltungsbestätigung, nach der Aktivierung von AUS2 oder AUS3, und nach dem Einschalten der Netzspannung. Start nicht möglich wird zurückgesetzt, wenn Bit 00 des Steuer worts auf „0“ gesetzt wird und Bit 01, 02 und 10 „1“ gesetzt werden.

Bit 07, Keine Warnung/Warnung
Bit 07 = 0 bedeutet, dass keine Warnungen vorliegen.
Bit 07 = 1 bedeutet, dass eine Warnung vorliegt.

Bit 08, Drehzahl ≠ Sollwert/Drehzahl = Sollwert
Wenn Bit 08 = 0, weicht die aktuelle Motordrehzahl vom eingerichteten Drehzahlsollwert ab. Dies kann beispielsweise der Fall sein, wenn die Drehzahl beim Starten/Stoppen durch Rampe auf/ab geändert wird.
Wenn Bit 08 = 1, entspricht die aktuelle Motordrehzahl dem eingerichteten Drehzahlsollwert.

Bit 09, Ort-Betrieb/Bussteuerung
Bit 09=0 zeigt an, dass der Frequenzumrichter mit der [Stop]-Taste am LCP gestoppt wurde oder dass *[0] Umschalt. Hand/Auto* oder *[2] Ort* in *Parameter 3-13 Reference Site* ausgewählt wurden.
Wenn Bit 09 = 1, kann der Frequenzumrichter über die serielle Schnittstelle gesteuert werden.

Bit 10, Frequenzgrenze überschritten/Frequenzgrenze OK
Wenn Bit 10 = 0, befindet sich die Ausgangsfrequenz außerhalb der in *Parameter 4-52 Warning Speed Low* und *Parameter 4-53 Warning Speed High* festgelegten Grenzen.
Wenn Bit 10 = 1, liegt die Ausgangsfrequenz innerhalb der angegebenen Grenzwerte.

Bit 11, Kein Betrieb/Betrieb
Wenn Bit 11 = 0, dreht sich der Motor nicht.
Wenn Bit 11 = 1, so hat der Frequenzumrichter ein Startsignal, oder die Ausgangsfrequenz liegt über 0 Hz.

Bit 12, Frequenzumrichter OK/gestoppt, Auto Start
Wenn Bit 12 = 0, ist derzeit keine Überlast im Wechselrichter vorhanden.
Wenn Bit 12 = 1, wurde der Wechselrichter aufgrund von Überlastung gestoppt. Allerdings wurde der Frequenzumrichter nicht ausgeschaltet (Alarm) und startet erneut, sobald die Überlastung beendet ist.

Bit 13, Spannung OK/Spannung überschritten
Wenn Bit 13 = 0, liegt die Spannung des Frequenzumrichters innerhalb der festgelegten Grenzwerte.
Wenn Bit 13 = 1, ist die Gleichspannung im Zwischenkreis des Frequenzumrichters zu hoch oder zu niedrig.

Bit 14, Drehmoment OK/Drehmoment überschritten
Wenn Bit 14 = 0, liegt das Motordrehmoment unterhalb des in *Parameter 4-16 Torque Limit Motor Mode* und *Parameter 4-17 Torque Limit Generator Mode* gewählten Grenzwerts.
Wenn Bit 14 = 1, wird der in *Parameter 4-16 Torque Limit Motor Mode* oder *Parameter 4-17 Torque Limit Generator Mode* gewählte Grenzwert überschritten.

Bit 15, Timer OK/Timer überschritten
Wenn Bit 15 = 0, haben die Timer für thermischen Motorschutz und thermischen Schutz des Frequenzumrichters 100 % nicht überschritten.
Wenn Bit 15 = 1, so hat einer der Timer 100 % überschritten.

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Index

A

Abgestrahlte Störaussendung ... 196

Abkürzungen ... 232

Ableitstrom ... 6, 191

Abmessungen
- Baugröße E1 ... 70
- Baugröße E2 ... 78
- Baugröße F1 ... 86
- Baugröße F10 ... 133
- Baugröße F11 ... 139
- Baugröße F12 ... 147
- Baugröße F13 ... 153
- Baugröße F2 ... 93
- Baugröße F3 ... 100
- Baugröße F4 ... 112
- Baugröße F8 ... 123
- Baugröße F9 ... 127
- Tabelle ... 13, 14

Abschaltung
- Definition ... 233
- Punkte für 380–480-V-Frequenzumrichter ... 51
- Punkte für 525–690-V-Frequenzumrichter ... 57

Abschirmung
- Kabel ... 172, 174
- Netz ... 7
- Verdrillte Enden ... 199

AC-Bremse ... 42

Adern ... 168
- Siehe auch *Kabel*

Aktiver Sollwert ... 207

Alarmquittierung ... 217

Analog
- Anschlusskonfiguration für Drehzahlsollwert ... 215
- Ausgangsspezifikationen ... 65
- Ein-/Ausgangsbeschreibungen und Werkseinstellungen ... 178
- Eingangsspezifikationen ... 64

Anschlussdiagramm
- Frequenzumrichter ... 169
- Stromanschlüsse ... 170
- Typische Anwendungsbeispiele ... 215

Anschlussplan
- Feste Pumpe mit variabler Drehzahl ... 221
- Führungspumpen-Wechsel ... 222
- Kaskadenregler ... 220

Anstiegzeit ... 194

Arbeitszyklus
- Berechnung ... 189
- Definition ... 232

ATEX-Überwachung ... 24, 163

Ausgang
- Schalter ... 21
- Schütz ... 193, 201
- Spezifikationen ... 65

Außenabmessungen (Abbildungen) ... 70

Auto on ... 206

Automatische Energieoptimierung (AEO) ... 22

Automatische Motoranpassung (AMA)
- Anschlusskonfiguration ... 215
- Übersicht ... 23

Automatische Taktfrequenzmodulation ... 22

B

Bandbreitenverwaltung ... 41

Baugröße E1
- Außenabmessungen ... 70
- Bodenplatte zur Kabeleinführung ... 71
- Klemmenabmessungen ... 72

Baugröße E2
- Außenabmessungen ... 78
- Bodenplatte zur Kabeleinführung ... 79
- Klemmenabmessungen ... 79

Baugröße F1
- Außenabmessungen ... 86
- Bodenplatte zur Kabeleinführung ... 87
- Klemmenabmessungen ... 88

Baugröße F10
- Außenabmessungen ... 133
- Bodenplatte zur Kabeleinführung ... 134
- Klemmenabmessungen ... 135

Baugröße F11
- Außenabmessungen ... 139
- Bodenplatte zur Kabeleinführung ... 140
- Klemmenabmessungen ... 141

Baugröße F12
- Außenabmessungen ... 147
- Bodenplatte zur Kabeleinführung ... 148
- Klemmenabmessungen ... 149

Baugröße F13
- Außenabmessungen ... 153
- Bodenplatte zur Kabeleinführung ... 154
- Klemmenabmessungen ... 155

Baugröße F2
- Außenabmessungen ... 93
- Bodenplatte zur Kabeleinführung ... 94
- Klemmenabmessungen ... 95

Baugröße F3
- Außenabmessungen ... 100
- Bodenplatte zur Kabeleinführung ... 101
- Klemmenabmessungen ... 102

Baugröße F4
- Außenabmessungen ... 112
- Bodenplatte zur Kabeleinführung ... 113
- Klemmenabmessungen ... 114

Baugröße F8
- Außenabmessungen ... 123
- Bodenplatte zur Kabeleinführung ... 124
- Klemmenabmessungen ... 125

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Baugröße F9
Außenabmessungen 127
Bodenplatte zur Kabeleinführung 128
Klemmenabmessungen 129
Bedienungsanleitung 5
Benutzereingabe 206
Berechnungen
Arbeitszyklus des Widerstands 189
Bremsmoment 190
Bremswiderstand 190
Harmonic Software 205
Kurzschlussverhältnis 203
Skalierter Sollwert 207
THDi 202
Bestellformular Typencode 223
Betrieb mit niedriger Drehzahl 166
Bodenplatte zur Kabeleinführung 70
Bremsung
Dynamisches Bremsen 42
Grenzwerte 190
Steuerung mit Bremsfunktion 191
Verwendung als alternative Bremsfunktion 191
Bremswiderstand
Anschlussdiagramm 169
Auswahl von 189
Bestellung 230
Definition 232
Formel für Nennleistung 231
Klemmen 173
Projektierungshandbuch 5
Sicherheit 7, 191
Übersicht 47
Bremswiderstand 42

C

CE-Zeichen 8
CO2-Sensor 34
Cos φ-Kompensation 30
CSA/cUL-Zulassung 9

D

Dämpfer 33
DC-Bremse 42, 246
DeviceNet 45, 230
Digital
Ausgangsspezifikationen 65
Ein-/Ausgangsbeschreibungen und Werkseinstellungen 177
Eingangsspezifikationen 64
Drehmoment
Kennlinie 63
Steuerung/Regelung 212
Drehzahl
Anschlusskonfiguration für Drehzahlsollwert 218
Anschlusskonfigurationen für Drehzahl auf/Drehzahl ab 218
PID-Rückführung 212
Steuerung/Regelung 212
Dreieck 30
DU/dt 194

E

EAC-Markierung 9
Eingangsspezifikationen 64
Elektrische Installation 178
Elektronisch thermische Überlast 23
Elektronisches Thermorelais (ETR) 168
Emissionsanforderungen 197
EMV
Allgemeine Aspekte 195
Filter 199
Installation 201
Kompatibilität 199
Prüfergebnisse 196
Richtlinie 8
Schutzmaßnahmen zur RS485-Installation 234
Störungen 200
Verwendung eines Schalters mit IT-Netz 193
EMV-Störungen 22
Energie
Effizienzklasse 63
Ersparnis 27, 28, 29
Entladezeit 7
Erdung 23, 174, 192
Ersatzteile 230
Erweiterte Relais-Optionskarte 47
EtherNet/IP 46
EU-Ökodesignrichtlinie 9
Explosionsgefährdete Bereiche 163
Exportkontrollvorschriften 9
Externe Alarmquittierung Verkabelungskonfiguration 217

F

FC-Profil 245
Fehlerstromschutzschalter 191, 192
Feldbus 45, 175
Fernsollwert 207
Filter
Bestellung 230
DU/dt-Filter 48
EMV-Filter 199
Gleichtaktfilter 48
Oberschwingungsfilter 48
Sinusfilter 48, 172

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Formel
Ausgangsstrom 231
Frequenzumrichter-Wirkungsgrad 231
Nennleistung des Bremswiderstands 231
Stromgrenze 231
Fournier-Analyse 202
Frequenzausblendung 26
Frequenzumrichter
Abstandsanforderungen 164
Bestellung 223
Konfigurator 223
Nennleistungen 13, 14
Übersicht 13, 14
Funkstörungen 22

G

Galvanische Trennung 23, 65, 199
Gase 162
Gebäudeleitsystem (BMS) 29
Geber-
Definition 232
Gehäuseschutzart 10
Geschirmt 178
Gewerbeumgebung 197
Gleichrichter 206
Gleichspannungszwischenkreis
Beschreibung des Betriebs 206
Klemmen 172
Gleichtaktfilter 48

H

Hand on 206
Heben 161
Heizung
Anschlussdiagramm 169
Nutzung 162
Hilfspumpen 40
Hochspannungswarnung 6
Höhe 166

I

IGVs 33
Installation
Anforderungen 164
Elektrische 168
Qualifiziertes Personal 6
Installation in großer Höhenlage 200
Instandhaltung 163
Isolation 189
Istwert
Behandlung 209
Signal 212
Umwandlung 210
IT-Netz 193

K

Kabel
Abschirmung 172, 200
Bremse 173
Maximale Kabelanzahl und -querschnitt pro Phase 51, 57
Motorkabel 186
Öffnung 70
Potenzialausgleich 175
Spezifikationen 51, 57, 64
Steuerung/Regelung 174
Stromanschlüsse 170
Typ und Nennwerte 168
Verlegung 175
Kabelschelle 174
Kanalkühlung 164
Kaskadenregler
Anschlussplan 220
Kinetischer Speicher 25
Klemmen
Abmessungen für Baugröße E1 72
Abmessungen für Baugröße E2 79
Abmessungen für Baugröße F1 88
Abmessungen für Baugröße F10 135
Abmessungen für Baugröße F11 141
Abmessungen für Baugröße F12 149
Abmessungen für Baugröße F13 155
Abmessungen für Baugröße F2 95
Abmessungen für Baugröße F3 102
Abmessungen für Baugröße F4 114
Abmessungen für Baugröße F8 125
Abmessungen für Baugröße F9 129
Analogeingang/-ausgang 178
Bremswiderstand 173
Digitaleingang/-ausgang 177
Klemme 37 177
Relaisklemmen 178
RS485 177
Serielle Kommunikation 177
Steuerungsbeschreibungen und Werkseinstellungen 176
Zwischenkreiskopplung 173
Kondensation 162
Kondensatorlagerung 161
Kondenswasserpumpen 37
Konformität
Mit ADN 7
Richtlinien 8
Konstanter Luftvolumenstrom 34
Konstant-Luftvolumenstromsystem 34
Konventionen 5

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Kühlkörper
Erforderlicher Luftdurchsatz 164
Reinigung 163
Übertemperatur-Abschaltung 51, 57

Kühlung
Anforderungen 164
Kühlturmgebläse 35
Luftdurchsatz der Baugröße 164
Staubwarnung 163
Übersicht zur Rückwand Kühlluftführung 164

Kurzschluss
Berechnung des Verhältnisses 203
Bremsung 42, 190
Definition 233
SCCR-Nennwert 181
Schutzart 20, 180

L

Lagerung 161

Leistung
Anschlüsse 170
Faktor 232
Nennwerte 12, 51, 57
Verluste 51, 57

Leistungsreduzierung
Automatische Funktion 21
Betrieb mit niedriger Drehzahl 166
Externe Kanäle 165
Höhe 166
Hohe Taktfrequenz 22
Spezifikationen 64, 164
Tabellen 167
Übersicht und Ursachen 165

Leitungsgeführte Störaussendung 196

Losbrechmoment 232

Lüfter
Erforderlicher Luftdurchsatz 164
Externe Versorgung 173
Temperaturgeregelte Lüfter 22

Luftfeuchtigkeit 162

Luftzirkulation
Erforderlich 164
Externe Kanäle 165
Gehäuse 68, 69
Rückseitiger Kühlkanal 68, 69

M

Maschinenrichtlinie 9

Messwandler 177

Modbus
Option 46
RTU-Meldungsfunktionscodes 244
Telegrammstruktur 241
Übersicht zu RTU 239

Modulation 22, 231, 232

Montagekonfigurationen 164

Motor
Ableitstrom 191
Anschlussdiagramm 169
Ausgangsspezifikationen 63
Drehung 187
Erkennung fehlender Phasen 21
Ex-d 47
Ex-e 24
Isolation 189
Kabel 172, 186, 191
Losbrechmoment 232
Parallelschaltung 187
Reduzierung von Lagerströmen 189
Thermischer Schutz 23, 187
Thermistor-Verkabelungskonfiguration 219
Typenschild 25
Vollständiges Drehmoment 26
Zündschutzart 163

Motorfangschaltung 25

Motorfreilauf 246

N

Nachrüstsätze
Beschreibungen 229
Bestellnummern 229
Gehäuseverfügbarkeit 19

NEMA-Schutzart 10

Netz
Abschirmung 7
Ausfall 25
Schütz 186
Schwankungen 22
Spezifikationen 63
Trennschalter 185

Netzwerkverbindung 233

Niederspannung
Richtlinie 8

O

Oberschwingungen
Definition des Leistungsfaktors 232
EN-Standards 203
Filter 48
IEC-Standards 203
Reduzierung 205
Übersicht 202

Optionen
Bestellung 48, 227, 230
Feldbus 45
Funktionserweiterungen 46
Gehäuseverfügbarkeit 13, 14
Motion Control 47
Relaiskarten 47
Sicherungen 180

Ö

Örtliche Drehzahlbestimmung 38

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

P

PC-Verbindung 174
PELV 23, 65, 199
Personal Computer 174
PID
Regler 23, 209, 213
Steuerung/Regelung 30
Potenziometer 177, 218
Primärpumpen 38
PROFIBUS 45, 230
PROFINET 45
Programmierhandbuch 5
Proportionalitätsgesetze 28
Protokollübersicht 234
Prozessregelung 212
PTC-Thermistorkarte 47
Puls
Anschlusskonfiguration für Start/Stopp 216
Eingangsspezifikationen 65
Pumpe
Kondensator 37
Primär 38
Sekundär 40
Wirkungsgrad 41
Zuschalten 41

Q

Qualifiziertes Personal 6

R

RCM-Kennzeichnung 9
Regelmäßiges Formieren 161
Regelung mit Rückführung 210, 212
Regelung ohne Rückführung 210, 211
Relais
ADN-konforme Installation 7
Erweiterte Relaiskartenoption 47
Karte 47
Klemmen 178
Option 47
Spezifikationen 66
Resonanzdämpfung 22
Rotor 21
RS485
Anschlussdiagramm 169
Installation 233
Klemmen 177
Parameterwerte 245
Übersicht 233
Verkabelungskonfiguration 219
Rückspeisefähig
Klemmen 92, 99, 111, 122, 224
Übersicht 44
Verfügbarkeit 13, 14
Rückwandkühlung 164

S

Safe Torque Off
Anschlussdiagramm 169
Anschlusskonfiguration 216
Bedienungsanleitung 5
Einhaltung von Maschinenrichtlinien 8
Klemmenanordnung 177
Übersicht 27
Schalter
A53 und A54 64, 177
Trennschalter 49
Schlupfausgleich 232
Schutz des Abzweigkreises 180
Schutzart 10
Schutzart
Bremsfunktion 20
Kurzschluss 20
Nennwert 10
Netzspannungsasymmetrie 21
Schutzart 13, 14
Therm. Motorschutz 23
Überlast 21
Überspannung 20
Überstrom 168
Sensoreingangsoption 47
Serielle Kommunikation 177
Sicherheit
Handbuch 6, 168
Sicherungen
Abgesicherte 30-A-Klemme 183
Konformität 180
Leistung/Halbleiter 180
Lüfter 182
Manueller Motorsteller 182
Netz 183
Netzschütz 186
Netztrennschalter 185
Optionen 180
Pilz-Relais 183
Spezifikationen für 380–480 V 51
Spezifikationen für 525–690 V 57
Steuertransformator 183
Überspannungsschutzwarnung 168
Zur Verwendung mit Stromanschlüssen 170
Zusatz- 182
Sinusfilter 48, 172
Skalierter Sollwert 207
Smart Logic Control
Anschlusskonfiguration 0 , 221
Übersicht 26
Softstarter 30

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Software-Versionen ... 230

Sollwert
- Aktiver Sollwert ... 207
- Drehzahleingang ... 215, 216
- Fernsollwert ... 207
- Fernsollwert- ... 207

Spannungsasymmetrie ... 21

Sprachpakete ... 223

SPS ... 175

Start/Stopp-Anschlusskonfiguration ... 216, 217

Steuerkarte
- RS485-Spezifikationen ... 65
- Spezifikationen ... 67
- Übertemperatur-Abschaltung ... 51, 57

Steuerklemmen ... 176

Steuerleitungen ... 174, 178

Steuerung/Regelung
- Arten der ... 212
- Beschreibung des Betriebs ... 206
- Charakteristik ... 67
- Strukturen ... 210

STO ... 5
- Siehe auch *Safe Torque Off*

Störfestigkeitsanforderungen ... 198

Störgeräusche ... 194

Strom
- Ableitstrom ... 191, 192
- Ausgangsnennstrom ... 231
- Formel für Stromgrenze ... 231
- Grundstrom ... 202
- Interner Stromgrenzenregler ... 214
- Oberschwingungsstrom ... 202
- Reduzierung am Motor ... 189
- Transienter Erd- ... 192
- Verzerrung ... 203

T

Taktfrequenz
- Leistungsreduzierung ... 21
- Sinusfilter ... 48, 172
- Stromanschlüsse ... 172
- Verwendung mit Fehlerstromschutzschaltern ... 192

Telegrammlänge (LGE) ... 235

Temperatur ... 162

Thermistor
- Anschlusskonfiguration ... 219
- Definition ... 233
- Kabelführung ... 175
- Klemmenanordnung ... 177

Transformator
- Anschluss ... 173
- Wirkung von Oberschwingungen ... 202

Trennschalter ... 180, 184, 192

Türabstand ... 70

TÜV-Zertifikat ... 9

Typencode ... 223

Ü

Überlast
- Elektronisch thermische Überlast ... 23
- Grenzwerte ... 21
- Komplikationen durch Oberschwingungen ... 202

Überspannung
- Alternative Bremsfunktion ... 191
- Bremsung ... 47
- Schutzart ... 20

Überspannungsschutz ... 168

Übertemperatur ... 233

U

UKrSEPRO-Zertifikat ... 9

UL
- Schutzart ... 10
- Zulassungsmarkierung ... 9

Umgebung ... 63, 162

Umgebungsbedingungen
- Spezifikationen ... 63
- Übersicht ... 162

Universal-E/A-Modul ... 46

UPM ... 28

USB-Spezifikationen ... 67

V

Variabler Luftvolumenstrom ... 33

Verdrillte Abschirmungsenden ... 199

Verknüpfungspunkt ... 202

Vorheizung ... 26

VVC+ ... 213, 214

VVS ... 33

W

Warnungen ... 7, 168

Wechselrichter ... 206

Wiederanlauf ... 25

Wirkungsgrad
- AMA verwenden ... 23
- Berechnung ... 193
- Formel für den Frequenzumrichter-Wirkungsgrad ... 231
- Spezifikationen ... 51, 57

Wohnbereich ... 197

Z

Zentrale VVS-Systeme ... 33

Zertifizierung von Schiffsanwendungen ... 9

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Zwischenkreiskopplung
Anschlussdiagramm..... 169
Klemmen..... 44, 173
Kurzschlussschutz..... 20
Übersicht..... 43
Warnung..... 6

 Danfoss A/S © 11/2017 Alle Rechte vorbehalten.

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