ENGINEERING TOMORROW

Projektierungshandbuch

VLT® Midi Drive Frequenzumrichter 280

www.danfoss.de/vlt

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung 5
1.1 Zweck des Projektierungshandbuchs 5
1.2 Zusätzliche Materialien 5
1.3 Definitionen 5
1.4 Dokument- und Softwareversion 8
1.5 Zulassungen und Zertifizierungen 8
1.6 Sicherheit 9

2 Produktübersicht 10
2.1 Baugrößenübersicht 10
2.2 Elektrische Installation 12
2.2.1 Motoranschluss 14
2.2.2 Netzanschluss 15
2.2.3 Steuerklemmentypen 16
2.2.4 Verdrahtung der Steuerklemmen 17
2.3 Regelungsstrukturen 17
2.3.1 Steuerungsmodi 17
2.3.2 Steuerverfahren 19
2.3.3 Regelungsstruktur in VVC+ 19
2.3.4 Interner Stromgrenzenregler in Betriebsart VVC+ 20
2.3.5 Hand-Steuerung (Hand On) und Fern-Betrieb (Auto On) 20
2.4 Sollwertverarbeitung 22
2.4.1 Sollwertgrenzen 23
2.4.2 Skalierung von Festsollwerten und Bussollwerten 24
2.4.3 Skalierung von Analog- und Pulssollwerten und Istwert 24
2.4.4 Totzone um Null 25
2.5 PID-Regelung 28
2.5.1 PID-Drehzahlregler 28
2.5.2 PID-Prozessregler 31
2.5.3 Relevante Parameter für die Prozessregelung 32
2.5.4 Beispiel für PID-Prozessregler 33
2.5.5 Optimierung des Prozessreglers 35
2.5.6 Ziegler-Nichols-Verfahren 36
2.6 EMV-Emission und Störfestigkeit 37
2.6.1 Allgemeine Aspekte von EMV-Emissionen 37
2.6.2 EMV-Emission 39
2.6.3 EMV-Immunität 40
2.7 Galvanische Trennung 42
2.8 Erdableitstrom 42

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

2.9 Bremsfunktionen 44
2.9.1 Mechanische Haltebremse 44
2.9.2 Dynamische Bremse 44
2.9.3 Auswahl des Bremswiderstands 44
2.10 Motorisolation 46
2.10.1 Sinusfilter 46
2.10.2 dU/dt-Filter 46
2.11 Smart Logic Controller 46
2.12 Extreme Betriebszustände 47
2.12.1 Thermischer Motorschutz 48

3 Anwendungsbeispiele 49
3.1 Einführung 49
3.1.1 Drehgeberverbindung 49
3.1.2 Drehgeberrichtung 49
3.1.3 Frequenzumrichtersystem mit Rückführung 49
3.2 Anwendungsbeispiele 50
3.2.1 AMA 50
3.2.2 Drehzahl 50
3.2.3 Start/Stopp 51
3.2.4 Externe Alarmquittierung 52
3.2.5 Motorthermistor 52
3.2.6 SLC 52

4 Safe Torque Off (STO) 54

5 RS485 Installation und Konfiguration 55
5.1 Einführung 55
5.1.1 Übersicht 55
5.1.2 Netzwerkverbindung 56
5.1.3 Hardware-Konfiguration 56
5.1.4 Parametereinstellungen für Modbus-Kommunikation 56
5.1.5 EMV-Schutzmaßnahmen 56
5.2 Frequenzumrichter-Protokoll 56
5.2.1 Übersicht 56
5.2.2 Frequenzumrichter mit Modbus RTU 57
5.3 Netzwerkkonfiguration 57
5.4 Aufbau der Telegrammblöcke für Frequenzumrichter-Protokoll 57
5.4.1 Inhalt eines Zeichens (Byte) 57
5.4.2 Telegrammaufbau 57
5.4.3 Telegrammlänge (LGE) 58

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

5.4.4 Frequenzumrichteradresse (ADR) 58
5.4.5 Datensteuerbyte (BCC) 58
5.4.6 Das Datenfeld 58
5.4.7 Das PKE-Feld 58
5.4.8 Parameternummer (PNU) 59
5.4.9 Index (IND) 59
5.4.10 Parameterwert (PWE) 59
5.4.11 Vom Frequenzumrichter unterstützte Datentypen 59
5.4.12 Umwandlung 60
5.4.13 Prozesswörter (PCD) 60
5.5 Beispiele 60
5.5.1 Schreiben eines Parameterwerts 60
5.5.2 Lesen eines Parameterwertes 60
5.6 Modbus RTU 61
5.6.1 Was der Anwender bereits wissen sollte 61
5.6.2 Übersicht 61
5.6.3 Frequenzumrichter mit Modbus RTU 61
5.7 Netzwerkkonfiguration 62
5.8 Aufbau der Modbus RTU-Telegrammblöcke 62
5.8.1 Einführung 62
5.8.2 Modbus RTU-Telegrammaufbau 62
5.8.3 Start-/Stoppfeld 62
5.8.4 Adressfeld 62
5.8.5 Funktionsfeld 63
5.8.6 Datenfeld 63
5.8.7 CRC-Prüffeld 63
5.8.8 Adressieren von Einzelregistern 63
5.8.9 Steuern des Frequenzumrichters 65
5.8.10 Von Modbus RTU unterstützte Funktionscodes 65
5.8.11 Modbus-Ausnahmecodes 65
5.9 Zugriff auf Parameter 66
5.9.1 Parameterverarbeitung 66
5.9.2 Datenspeicherung 66
5.9.3 IND (Index) 66
5.9.4 Textblöcke 66
5.9.5 Umrechnungsfaktor 66
5.9.6 Parameterwerte 66
5.10 Beispiele 67
5.10.1 Spulenzustand lesen (01 Hex) 67
5.10.2 Einzelne Spule erzwingen/schreiben (05 Hex) 67

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

5.10.3 Mehrere Spulen zwangsetzen/schreiben (0F Hex) 67
5.10.4 Halteregister lesen (03 Hex) 68
5.10.5 Voreingestelltes, einzelnes Register (06 Hex) 68
5.10.6 Voreingestellte multiple Register (10 Hex) 69
5.11 Danfoss Frequenzumrichter-Steuerprofil 69
5.11.1 Steuerwort gemäß Frequenzumrichter-Profil (8-10 Protokoll = FC-Profil) 69
5.11.2 Zustandswort gemäß FC-Profil (STW) 71
5.11.3 Bus-Drehzahlsollwert 72

6 Typencode und Auswahl 73
6.1 Typencode 73
6.2 Bestellnummern: Optionen, Zubehör und Ersatzteile 73
6.3 Bestellnummern: Bremswiderstände 74
6.3.1 Bestellnummern: Bremswiderstände 10 % 75
6.3.2 Bestellnummern: Bremswiderstände 40 % 77
6.4 Bestellnummern: Sinusfilter 78
6.5 Bestellnummern: dU/dt-Filter 79
6.6 Bestellnummern: Externe EMV-Filter 79

7 Technische Daten 82
7.1 Elektrische Daten 82
7.2 Netzversorgung 84
7.3 Motorausgang und Motordaten 85
7.4 Umgebungsbedingungen 85
7.5 Kabelspezifikationen 86
7.6 Steuereingang/-ausgang und Steuerdaten 86
7.7 Anzugsdrehmomente für Anschlüsse 89
7.8 Sicherungen und Trennschalter 89
7.9 Wirkungsgrad 90
7.10 Störgeräusche 91
7.11 dU/dt-Bedingungen 91
7.12 Besondere Betriebsbedingungen 92
7.12.1 Manuelle Leistungsreduzierung 92
7.12.2 Automatische Leistungsreduzierung 95
7.13 Baugrößen, Nennleistungen und Abmessungen 95

Index 98

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

1 Einführung

1.1 Zweck des Projektierungshandbuchs

Dieses Projektierungshandbuch ist für Projektingenieure und Anlagenbauer, Planungsberater sowie Anwendungs- und Produktspezialisten bestimmt. Es enthält technische Informationen zu den Möglichkeiten und Funktionen des Frequenzumrichters zur Integration in Steuerungs- und Überwachungssysteme für Motoren. Detaillierte Informationen bezüglich Betrieb, Anforderungen und Empfehlungen für die Systemintegration sind ebenfalls enthalten. Zudem enthält das Handbuch Informationen zur Eingangsleistung, dem Ausgang für die Motorsteuerung und Umgebungsbedingungen zum Betrieb des Frequenzumrichters.

Ebenfalls enthalten sind:

- Sicherheitsmerkmale.
- Überwachung der Fehlerbedingung.
- Berichtsfunktionen zur Betriebsbereitschaft
- Serielle Kommunikationsfunktionen.
- Programmierbare Optionen und Merkmale.

Projektierungsdetails wie Standortanforderungen, Kabel, Sicherungen, Steuerkabel, Größe und Gewicht von Geräten und weitere kritische Informationen, die zur Planung der Systemintegration erforderlich sind, können Sie dem Handbuch ebenfalls entnehmen.

Die Verfügbarkeit aller detaillierten Produktinformationen in der Projektierungsphase ist für die Entwicklung einer ausgereiften Anlage mit optimaler Funktionalität und Effizienz sehr hilfreich.

VLT® ist eine eingetragene Marke.

1.2 Zusätzliche Materialien

Es stehen weitere Materialien bereit, die Ihnen helfen, die Bedienung und Programmierung des Frequenzumrichters zu verstehen:

- VLT® Midi Drive FC 280 *Bedienungsanleitung*, enthält Informationen zu Installation, Inbetriebnahme, Anwendung und Wartung des Frequenzumrichters.
- Das VLT® Midi Drive FC 280 *Programmierhandbuch* enthält Informationen über die Programmierung und vollständige Parameterbeschreibungen.

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

1.3 Definitionen

1.3.1 Frequenzumrichter

Motorfreilauf
Die Motorwelle dreht im Motorfreilauf. Kein Drehmoment am Motor.

$I_{VLT,MAX}$
Maximaler Ausgangsstrom.

$I_{VLT,N}$
Vom Frequenzumrichter gelieferter Ausgangsnennstrom.

$U_{VLT,MAX}$
Maximale Ausgangsspannung.

1.3.2 Eingang

Steuerbefehle
Sie können den angeschlossenen Motor über das LCP und die Digitaleingänge starten und stoppen.
Die Funktionen sind in zwei Gruppen unterteilt.

Funktionen in Gruppe 1 haben eine höhere Priorität als Funktionen in Gruppe 2.

Gruppe 1	Präziser Stopp, Freilauf- und Resetstopp, präziser Stopp und Freilaufstopp, Schnellstopp, DC-Bremse, Stopp und [AUS].
Gruppe 2	Start, Puls-Start, Reversierung, Start + Reversierung, Festdrehzahl JOG und Ausgangsfrequenz speichern.

Tabelle 1.1 Funktionsgruppen

1.3.3 Motor

Motor läuft
An der Antriebswelle erzeugtes Drehmoment und Drehzahl von 0 UPM bis zur maximalen Drehzahl des Motors.

f_{JOG}
Motorfrequenz bei aktivierter Funktion Festdrehzahl JOG (über Digitalklemmen oder Bus).

f_M
Motorfrequenz.

f_{MAX}
Maximale Motorfrequenz.

f_{MIN}
Minimale Motorfrequenz.

$f_{M,N}$
Motornennfrequenz (Typenschilddaten).

I_M
Motorstrom (Istwert).

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

$I_{M,N}$
Motornennstrom (Typenschilddaten).

$n_{M,N}$
Motornenndrehzahl (Typenschilddaten).

n_s
Synchrone Motordrehzahl.

$$n_s = \frac{2 \times Parameter\ 1\text{–}23 \times 60\ s}{Parameter\ 1\text{–}39}$$

n_{slip}
Motorschlupf.

$P_{M,N}$
Motornennleistung (Typenschilddaten in kW oder HP).

$T_{M,N}$
Nenndrehmoment (Motor).

U_M
Momentanspannung des Motors.

$U_{M,N}$
Motornennspannung (Typenschilddaten).

Losbrechmoment

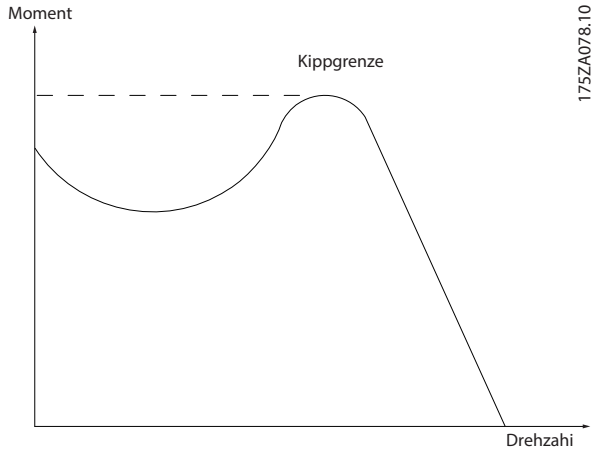


Abbildung 1.1 Losbrechmoment

η_{VLT}
Der Wirkungsgrad des Frequenzumrichters ist definiert als das Verhältnis zwischen Leistungsabgabe und Leistungsaufnahme.

Einschaltsperrbefehl
Ein Startdeaktivierungsbefehl, der zu den Steuerbefehlen in Gruppe 1 gehört. Nähere Angaben finden Sie unter *Tabelle 1.1*.

Stoppbefehl
Ein Stoppbefehl, der zu den Steuerbefehlen in Gruppe 1 gehört. Nähere Angaben finden Sie unter *Tabelle 1.1*.

1.3.4 Sollwerteinstellung

Analogsollwert
Ein Sollwertsignal an den Analogeingängen 53 oder 54 (Spannung oder Strom).

Binärsollwert
Ein über die serielle Kommunikationsschnittstelle übertragenes Signal.

Festsollwert
Ein definierter Festsollwert, einstellbar zwischen -100 % und +100 % des Sollwertbereichs. Sie können bis zu 8 Festsollwerte über die Digitaleingänge auswählen. Sie können bis zu 4 Festsollwerte über den Bus auswählen.

Pulssollwert
Ein an die Digitaleingänge übertragenes Pulsfrequenzsignal (Klemme 29 oder 33).

Ref_{MAX}
Bestimmt das Verhältnis zwischen dem Sollwerteingang bei 100 % des Gesamtskalenwerts (in der Regel 10 V, 20 mA) und dem resultierenden Sollwert. Der in *Parameter 3-03 Maximaler Sollwert* eingestellte maximale Sollwert.

Ref_{MIN}
Bestimmt das Verhältnis zwischen dem Sollwerteingang bei 0 % (normalerweise 0 V, 0 mA, 4 mA) und dem resultierenden Sollwert. Der in *Parameter 3-02 Minimaler Sollwert* eingestellte minimale Sollwert.

1.3.5 Verschiedenes

Analogeingänge
Die Analogeingänge können verschiedene Funktionen des Frequenzumrichters steuern.

Es gibt zwei Arten von Analogeingängen:
- Eingangsstrom: 0–20 mA und 4–20 mA.
- Spannungseingang: 0–10 V DC.

Analogausgang
Die Analogausgänge können ein Signal von 0-20 mA oder 4-20 mA ausgeben.

Automatische Motoranpassung, AMA
Die AMA ist ein Testalgorithmus, der die elektrischen Parameter des angeschlossenen Motors im Stillstand misst.

Bremswiderstand
Der Bremswiderstand kann die bei generatorischer Bremsung erzeugte Bremsleistung aufnehmen. Während generatorischer Bremsung erhöht sich die Zwischenkreisspannung. Ein Bremschopper stellt sicher, dass die generatorische Energie an den Bremswiderstand übertragen wird.

Konstantmoment (CT)-Kennlinie
Konstantmomentkennlinie; wird für Anwendungen wie Förderbänder, Verdrängungspumpen und Kräne eingesetzt.

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Digitaleingänge
Die Digitaleingänge können verschiedene Funktionen des Frequenzumrichters steuern.

Digitalausgänge
Der Frequenzumrichter verfügt über zwei programmierbare Ausgänge, die ein 24 V-DC-Signal (max. 40 mA) liefern können.

DSP
Digitaler Signalprozessor.

ETR
Das elektronische Thermorelais ist eine Berechnung der thermischen Belastung auf Grundlage der aktuellen Belastung und Zeit. Damit lässt sich die Motortemperatur schätzen.

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

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.

LCP
Das LCP Bedienteil dient zum Steuern und Programmieren des Frequenzumrichters. Das LCP ist abnehmbar. Mithilfe des optionalen Einbausatzes können Sie die Bedieneinheit bis zu 3 m (9,8 ft) vom Frequenzumrichter entfernt an einer Schaltschranktür anbringen.

LCP 101
Das numerische Bedienteil dient zum Steuern und Programmieren des Frequenzumrichters. Das Display ist numerisch und die Bedieneinheit dient der Anzeige von Prozesswerten. Das LCP 101 verfügt über Funktionen zum Speichern und Kopieren.

LCP 102
Das grafische Bedienteil dient zum Steuern und Programmieren des Frequenzumrichters. Das Display ist grafisch und die Bedieneinheit dient der Anzeige von Prozesswerten. Das LCP 102 verfügt über Funktionen zum Speichern und Kopieren.

lsb
Steht für „Least Significant Bit“, bei binärer Codierung das Bit mit der niedrigsten Wertigkeit.

msb
Steht für „Most Significant Bit“; bei binärer Codierung das Bit mit der höchsten Wertigkeit.

MCM
Steht für Mille Circular Mil; eine amerikanische Maßeinheit für den Leitungsquerschnitt. 1 MCM = 0,5067 mm^2.

Online-/Offline-Parameter
Änderungen der Online-Parameter werden sofort nach Änderung des Datenwertes aktiviert. Drücken Sie [OK], um die Änderungen der Offline-Parameter zu aktivieren.

PID-Prozess
Der PID-Regler sorgt durch eine Anpassung der Ausgangsfrequenz an die wechselnde Last für eine Aufrechterhaltung von Drehzahl, Druck und Temperatur.

PCD
Process Control Data (Prozessregelungsdaten).

PFC
Korrektur Leistungsfaktor.

Aus- und Einschaltzyklus
Schalten Sie die Netzversorgung aus, bis das Display (LCP) dunkel ist. Schalten Sie die Spannungsversorgung anschließend wieder ein.

Leistungsfaktor
Der Leistungsfaktor ist das Verhältnis zwischen I_1 und I_{eff}.

$$Leistungs-\ faktor\ =\ \frac{\sqrt{3}\ x\ U\ x\ I_1\ cos\phi 1}{\sqrt{3}\ x\ U\ x\ I_{EFF}}$$

Für FC 280 Frequenzumrichter ist $cos\phi 1$ = 1, deshalb:

$$Leistungs-\ faktor\ =\ \frac{I1\ x\ cos\phi 1}{I_{EFF}}\ =\ \frac{I_1}{I_{EFF}}$$

Der Leistungsfaktor gibt an, wie stark ein Frequenzumrichter die Netzversorgung belastet.
Je niedriger der Leistungsfaktor, desto höher der I_{eff} bei gleicher kW-Leistung.

$$I_{EFF}\ =\ \sqrt{I_1^2\ +\ I_5^2\ +I_7^2\ +\ ..\ +\ I_n^2}$$

Darüber hinaus weist ein hoher Leistungsfaktor darauf hin, dass der Oberschwingungsstrom sehr niedrig ist.
Die eingebauten DC-Spulen (T2/T4) und PFC (S2) erzeugen einen hohen Leistungsfaktor und reduzieren dadurch die Netzbelastung.

Pulseingang/Inkrementalgeber
Ein externer digitaler Impulsgeber für Istwertinformationen über die Motordrehzahl. Der Drehgeber kommt in Anwendungen zum Einsatz, bei denen eine große Genauigkeit bei der Drehzahlregelung erforderlich ist.

Fehlerstromschutzschalter
Fehlerstromschutzschalter.

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.

SFAVM
Akronym für den Schaltmodus „Statorfluss-orientierte asynchrone Vektormodulation“.

Schlupfausgleich
Der Frequenzumrichter gleicht den belastungsabhängigen Motorschlupf aus, indem er unter Berücksichtigung des Motorersatzschaltbildes und der gemessenen Motorlast die

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Ausgangsfrequenz anpasst (nahezu konstante Motordrehzahl).

Smart Logic Control (SLC)
Die SLC ist eine Folge benutzerdefinierter Aktionen, die ausgeführt werden, wenn der Smart Logic Controller die zugeordneten benutzerdefinierter Ereignisse als „wahr" ermittelt (*Parametergruppe 13-** Smart Logic Control*).

STW (ZSW)
Zustandswort

THD
Total Harmonic Distortion ist die gesamte Spannungsverzerrung, die sich aus der Addition der einzelnen Oberschwingungen ergibt.

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

Abschaltung
Die Abschaltung ist ein Zustand, der in Fehlersituationen eintritt. Beispiele für Fehlersituationen:

- Der Frequenzumrichter ist einer Überspannung ausgesetzt.
- Der Frequenzumrichter schützt den Motor, den Prozess oder die Installation.

Der Neustart wird verzögert, bis die Fehlerursache behoben wurde und der Alarmzustand über die [Reset]-Taste am LCP quittiert wird. In einigen Fällen erfolgt das Quittieren automatisch (durch vorherige Programmierung). Sie dürfen die Abschaltung nicht zu Zwecken der Personensicherheit verwenden.

Abschaltblockierung
Die Abschaltblockierung ist ein Zustand, der in Fehlersituationen eintritt, in denen der Frequenzumrichter aus Sicherheitsgründen abschaltet und ein manueller Eingriff erforderlich ist. Beispiel: Ein Kurzschluss am Ausgang löst Abschaltblockierung aus. Sie können eine Abschaltblockierung nur durch Unterbrechen der Netzversorgung, Beheben der Fehlerursache und erneuten Anschluss des Frequenzumrichters aufheben. Der Neustart wird verzögert, bis der Fehlerzustand über die [Reset]-Taste am LCP quittiert wird. In einigen Fällen erfolgt die Aufhebung automatisch (durch vorherige Programmierung). Sie dürfen die Abschaltblockierung nicht zu Zwecken der Personensicherheit verwenden.

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

VVC+
Im Vergleich zur herkömmlichen U/f-Steuerung bietet Voltage Vector Control (VVC+) eine verbesserte Dynamik und Stabilität der Motordrehzahl in Bezug auf Änderungen des Last-Drehmoments.

60° AVM
Siehe den Schaltmodus 60° asynchrone Vektormodulation.

1.4 Dokument- und Softwareversion

Dieses Handbuch wird regelmäßig geprüft und aktualisiert. Alle Verbesserungsvorschläge sind willkommen. *Tabelle 1.2* zeigt die Dokumentenversion und die entsprechende Softwareversion an.

Ausgabe	Anmerkungen	Software-version
MG07B3	Weitere Informationen zu POWERLINK und Softwareaktualisierung.	1.3

Tabelle 1.2 Dokument- und Softwareversion

1.5 Zulassungen und Zertifizierungen

Frequenzumrichter werden in Übereinstimmung mit den in diesem Abschnitt beschriebenen Richtlinien konstruiert.

1.5.1 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:

- Die Niederspannungsrichtlinie.
- Die EMV-Richtlinie.
- Die Maschinenrichtlinie (für Geräte mit integrierter Sicherheitsfunktion).

Die CE-Kennzeichnung soll für einen freien Handel zwischen der EG und Mitgliedsstaaten der EFTA (Europäische Freihandelsassoziation) innerhalb der EWE technische Barrieren beseitigen. Über die Qualität eines Produkts sagt die CE-Kennzeichnung nichts aus. Auch gibt sie keinen Aufschluss zu technischen Spezifikationen.

1.5.2 Niederspannungsrichtlinie

Frequenzumrichter werden als elektronische Komponenten klassifiziert und müssen in Übereinstimmung mit der Niederspannungsrichtlinie die CE-Kennzeichnung tragen. Die Richtlinie gilt für alle elektrischen Geräte in den Spannungsbereichen 50–1000 V AC und 75–1500 V DC.

Die Richtlinie schreibt vor, dass aufgrund der Konstruktion der Betriebsmittel bei einer ordnungsmäßigen Installation und Wartung sowie einer bestimmungsgemäßen Verwendung die Sicherheit von Menschen und Nutztieren sowie die Erhaltung von Sachwerten gewährleistet sind. Danfoss CE-Kennzeichnungen sind mit der Niederspan-

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

nungsrichtlinie konform und Danfoss liefert auf Wunsch eine Konformitätserklärung.

1.5.3 EMV-Richtlinie

Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) bedeutet, dass elektromagnetische Störungen zwischen Geräten deren Leistung nicht beeinträchtigt. Die grundlegende Schutzanforderung der EMV-Richtlinie 2014/30/EU gibt vor, dass Betriebsmittel, die elektromagnetische Störungen verursachen oder deren Betrieb durch diese Störungen beeinträchtigt werden kann, bei einer ordnungsmäßigen Installation und Wartung sowie einer bestimmungsgemäßen Verwendung so ausgelegt sein müssen, dass ihre erreichten elektromagnetischen Störungen begrenzt sind und die Betriebsmittel eine bestimmte Störfestigkeit aufweisen.

Ein Frequenzumrichter kann als Stand-alone-Gerät oder als Teil einer komplexeren Anlage eingesetzt werden. In jedem dieser Fälle müssen die Gehäuse mit der CE-Kennzeichnung versehen sein. Anlagen müssen nicht über eine CE-Kennzeichnung verfügen, jedoch den grundlegenden Schutzanforderungen der EMV-Richtlinie entsprechen.

1.5.4 UL-Konformität

UL-gelistet

Abbildung 1.2 UL

Angewendete Normen und Konformität für STO

Zur Verwendung der Funktion „Safe Torque Off“ an den Klemmen 37 und 38 müssen Sie alle Sicherheitsbestimmungen in einschlägigen Gesetzen, Vorschriften und Richtlinien erfüllen. Die integrierte STO-Funktion erfüllt folgende Normen:

- IEC/EN 61508:2010, SIL2
- IEC/EN 61800-5-2:2007, SIL2
- IEC/EN 62061:2015, SILCL von SIL2
- EN ISO 13849-1:2015, Kategorie 3 PL d

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.

1.6 Sicherheit

Frequenzumrichter enthalten Hochspannungskomponenten und können bei unsachgemäßer Handhabung tödliche Verletzungen verursachen. Nur qualifiziertes Fachpersonal darf das Gerät installieren oder bedienen. Reparaturarbeiten dürfen erst erfolgen, wenn der Frequenzumrichter vom Netz getrennt und der festgelegte Zeitraum für die Entladung gespeicherter elektrischer Energie verstrichen ist.

Weitere Informationen entnehmen Sie dem Produkthandbuch, das dem Gerät bei Lieferung beiliegt und online verfügbar ist unter:

- Entladezeit.
- Detaillierte Sicherheitshinweise und Warnungen.

Für einen sicheren Betrieb des Frequenzumrichters ist die strikte Befolgung von Sicherheitsmaßnahmen und -hinweisen unbedingt erforderlich.

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

2 Produktübersicht

2

2.1 Baugrößenübersicht

Die Baugröße hängt von der Leistung ab. Informationen zu den Abmessungen finden Sie in *Kapitel 7.13 Baugrößen, Nennleistungen und Abmessungen*.

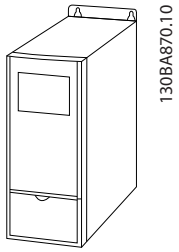
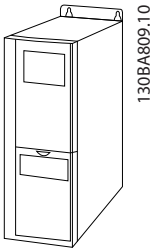
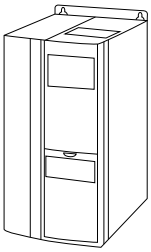
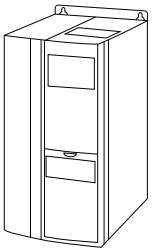
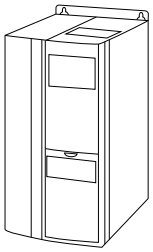
Baugröße	K1	K2	K3	K4	K5
	 130BA870.10	 130BA809.10	 130BA810.10	 130BA810.10	 130BA810.10
Gehäuse-schutzart[1)]	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20
Leistungs-bereich [kW (HP)] 3-phasig 380–480 V	0,37–2,2 (0,5–3,0)	3,0–5,5 (5,0–7,5)	7,5 (10)	11–15 (15–20)	18,5–22 (25–30)
Leistungs-bereich [kW (HP)] 3-phasig 200–240 V	0,37–1,5 (0,5–2,0)	2,2 (3,0)	3,7 (5,0)	–	–
Leistungs-bereich [kW (HP)] , einphasig 200–240 V	0,37–1,5 (0,5–2,0)	2,2 (3,0)	–	–	–

Tabelle 2.1 Baugrößen

1) IP21 ist für einige Varianten des VLT® Midi Drive FC 280 erhältlich. Durch die Montage der IP21-Bausatzoptionen können Sie alle Leistungsgrößen zu IP21 aufrüsten.

Die Baugröße ist im gesamten Handbuch ein Indikator, da sich die Verfahren und Komponenten der Frequenzumrichter je nach physischer Größe unterscheiden.

Suchen Sie die Baugröße mithilfe der folgenden Schritte:

1. Entnehmen Sie dem Typencode auf dem Typenschild die folgenden Informationen. Siehe *Abbildung 2.1*.
   - 1a Produktgruppe und Frequenzumrichterserie (Zeichen 1–6), zum Beispiel FC 280.
   - 1b Nennleistung (Zeichen 7-10), zum Beispiel PK37.
   - 1c Nennspannung (Phasen und Netzspannung) (Zeichen 11–12), zum Beispiel T4.
2. Entnehmen Sie *Tabelle 2.2* die Nennleistung und Nennspannung, und schlagen Sie die Baugröße von FC 280 nach.

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

130BF709.10

1	Produktgruppe und Frequenzumrichterserie
2	Nennleistung
3	Nennspannung (Phasen und Netzspannung)

Abbildung 2.1 Verwendung des Typenschilds zum Suchen der Baugröße

Nennleistung in Typenschild	Leistung [kW (HP)]	Nennspannung in Typenschild	Phasen und Netzspannung	Baugröße	Frequenzum-richter
PK37	0,37 (0,5)	T4	Dreiphasig 380-480 V	K1	K1T4
PK55	0,55 (0,75)				
PK75	0,75 (1,0)				
P1K1	1,1 (1,5)				
P1K5	1,5 (2,0)				
P2K2	2,2 (3,0)				
P3K0	3 (4,0)			K2	K2T4
P4K0	4 (5,0)				
P5K5	5,5 (7,5)				
P7K5	7,5 (10)			K3	K3T4
P11K	11 (15)			K4	K4T4
P15K	15 (20)				
P18K	18,5 (25)			K5	K5T4
P22K	22 (30)				
PK37	0,37 (0,5)	T2	Dreiphasig 200-240 V	K1	K1T2
PK55	0,55 (0,75)				
PK75	0,75 (1,0)				
P1K1	1,1 (1,5)				
P1K5	1,5 (2,0)				
P2K2	2,2 (3,0)			K2	K2T2
P3K7	3,7 (5,0)			K3	K3T2
PK37	0,37 (0,5)	S2	Einphasig 200-240 V	K1	K1S2
PK55	0,55 (0,75)				
PK75	0,75 (1,0)				
P1K1	1,1 (1,5)				
P1K5	1,5 (2,0)				
P2K2	2,2 (3,0)			K2	K2S2

Tabelle 2.2 Baugröße von FC 280

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

2.2 Elektrische Installation

2

Dieser Abschnitt enthält eine Beschreibung zum Anschluss des Frequenzumrichters.

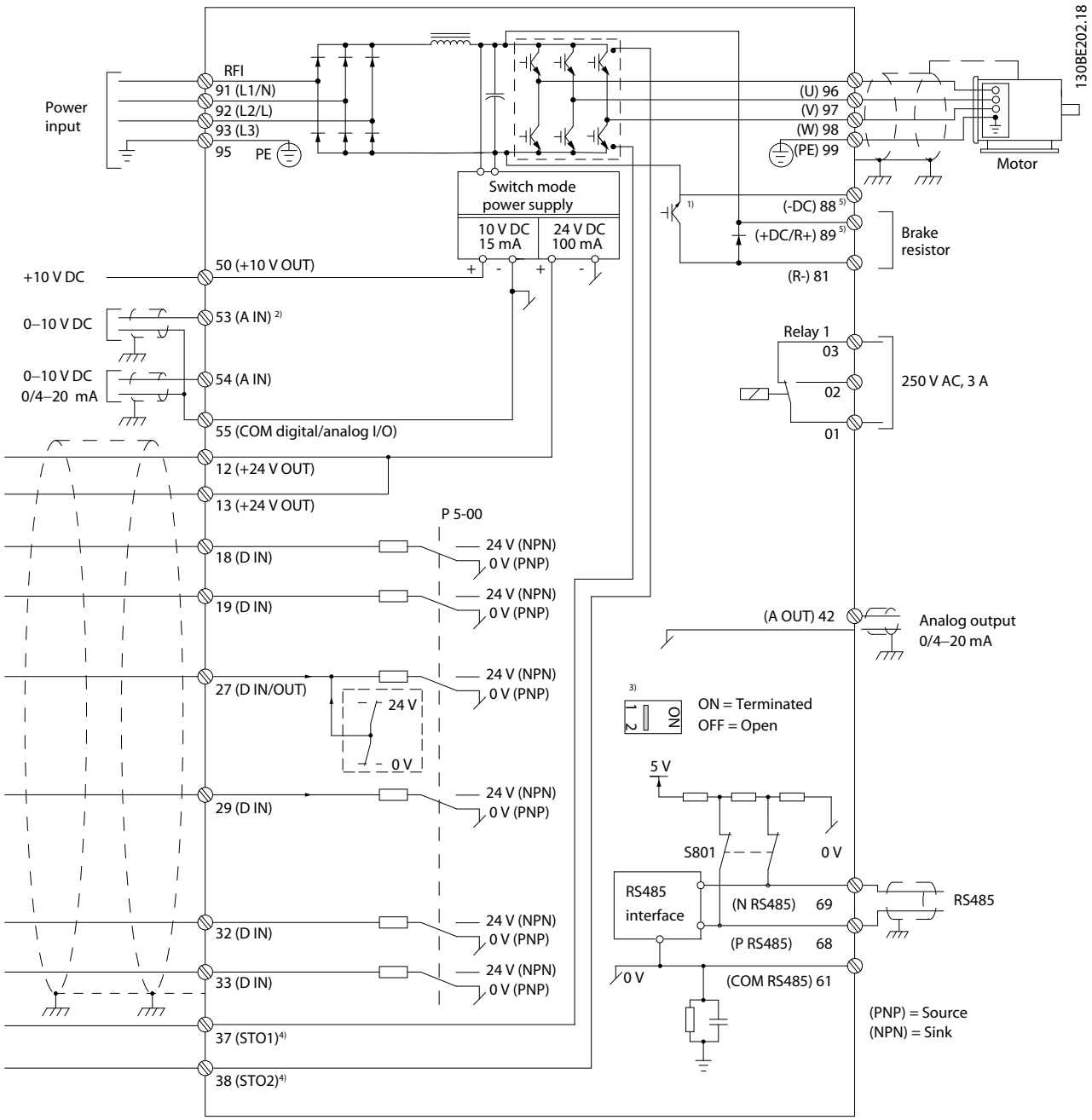


Abbildung 2.2 Anschlussdiagramm des Grundgeräts

A = analog, D = digital

1) Der integrierte Bremschopper ist nur für 3-phasige Einheiten erhältlich.

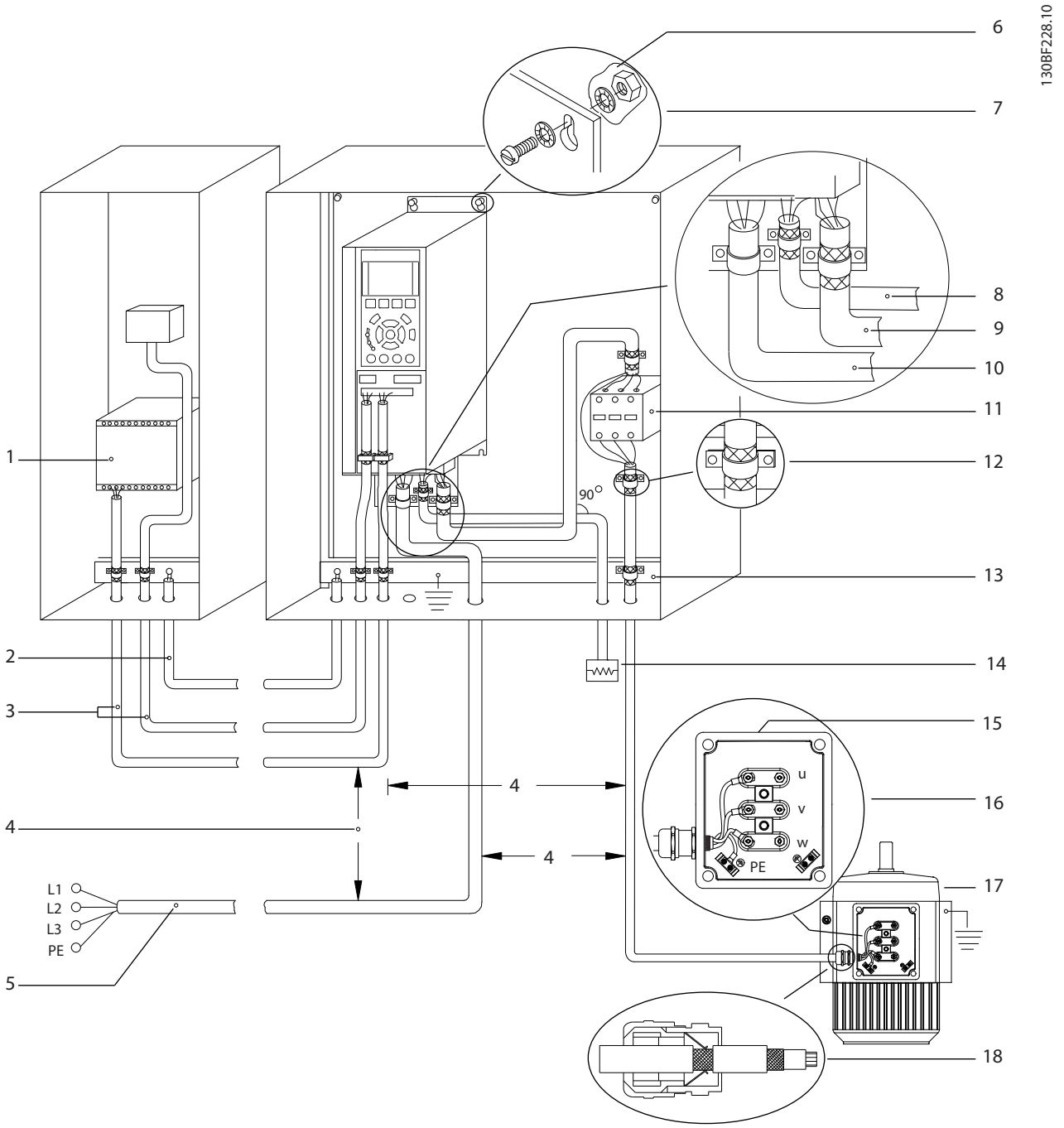
2) Sie können Klemme 53 auch als Digitaleingang verwenden.

3) Sie können den Schalter S801 (DC-Bus-Zwischenkreisklemmen) verwenden, um für die serielle RS485-Schnittstelle (Klemmen 68 und 69) die integrierten Busabschlusswiderstände zu aktivieren.

4) Kapitel 4 Safe Torque Off (STO) zeigt die richtige STO-Verdrahtung.

5) Der S2-Frequenzumrichter (Single-Phase 200–240 V) unterstützt nicht Zwischenkreiskopplungsanwendungen.

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.



1	SPS	10	Netzkabel (ungeschirmt)
2	Minimum 16 mm^2 (6 AWG) Ausgleichskabel	11	Ausgangsschütz usw.
3	Steuerleitungen	12	Kabelisolierung, abisoliert
4	Mindestens 200 mm (656 ft) 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 2.3 Typische elektrische Verbindung

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

2

2.2.1 Motoranschluss

⚠WARNUNG

INDUZIERTE SPANNUNG!

Induzierte Spannung durch nebeneinander verlegte Motorkabel kann 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 getrennt.**
- **Verwenden Sie abgeschirmte Kabel.**

- Befolgen Sie bezüglich der Kabelquerschnitte örtliche und nationale Vorschriften. Maximale Kabelquerschnitte siehe *Kapitel 7.1 Elektrische Daten*.
- Befolgen Sie die Anforderungen des Motorherstellers an die Motorkabel.
- Kabeleinführungen für Motorkabel oder Bodenplatten mit Durchführungen sind am Unterteil von Frequenzumrichtern mit Schutzart IP21 (NEMA Typ 1) vorgesehen.
- Schließen Sie kein Anlass- oder Polwechselgerät (z. B. Dahlander-Motor oder Asynchron-Schleifringläufermotor) zwischen Frequenzumrichter und Motor an.

Vorgehensweise

1. Isolieren Sie einen Abschnitt der äußeren Kabelisolierung ab. Empfohlene Länge beträgt 10–15 mm.
2. Positionieren Sie das abisolierte Kabel unter der Kabelschelle, um eine mechanische Befestigung und elektrischen Kontakt zwischen Kabelschirm und Erde herzustellen.
3. Schließen Sie das Erdungskabel gemäß den Erdungsanweisungen im *Kapitel Erdung* der VLT® Midi DriveFC 280 Bedienungsleitung an die nächstgelegene Erdungsklemme an. Siehe *Abbildung 2.4*.
4. Schließen Sie die 3 Phasen des Motorkabels an die Klemmen 96 (U), 97 (V) und 98 (W) an (siehe *Abbildung 2.4*).
5. Ziehen Sie die Klemmen gemäß den Anzugsdrehmomenten in *Kapitel 7.7 Anzugsdrehmomente für Anschlüsse* an.

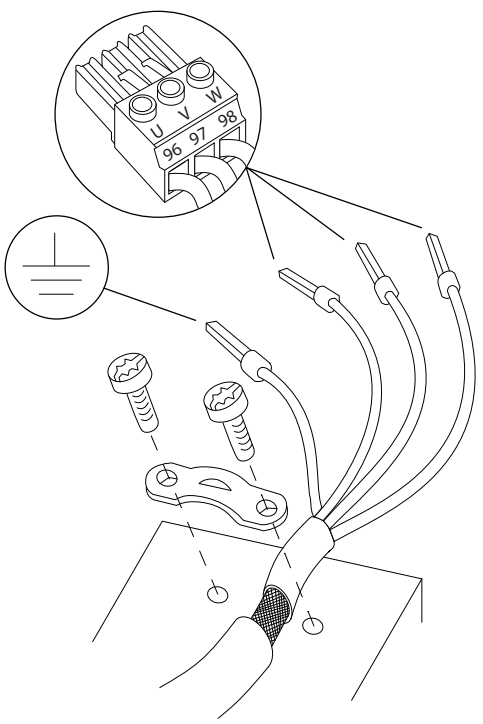


Abbildung 2.4 Motoranschluss

Die Netz-, Motor- und Erdanschlüsse für 1-phasige und 3-phasige Frequenzumrichter sind jeweils in *Abbildung 2.5*, *Abbildung 2.6* und *Abbildung 2.7* aufgeführt. Die jeweiligen Konfigurationen ändern sich je nach Gerätetypen und optionaler Ausrüstung.

HINWEIS

Bei Motoren ohne Phasentrennpapier oder eine geeignete Isolation, welche für den Betrieb an einem Zwischenkreisumrichter benötigt wird, müssen Sie einen Sinusfilter am Ausgang des Frequenzumrichters vorsehen.

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

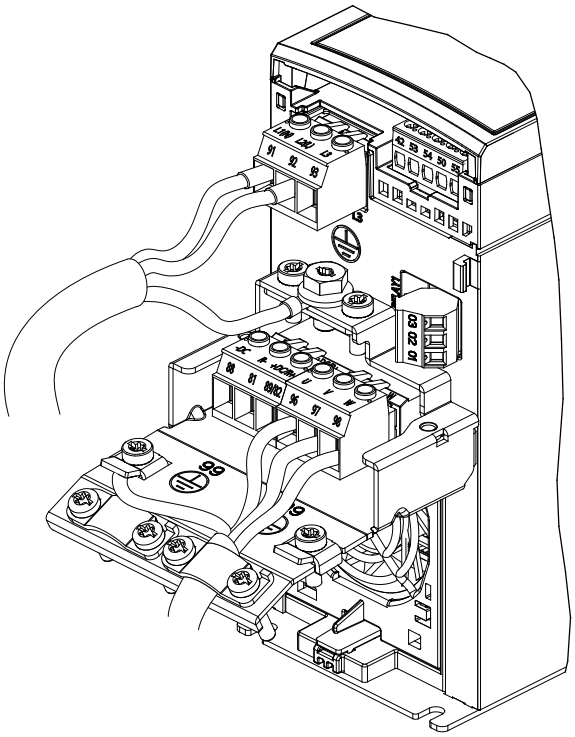


Abbildung 2.5 Netz-, Motor- und Erdanschluss für 1-phasige Einheiten (K1, K2)

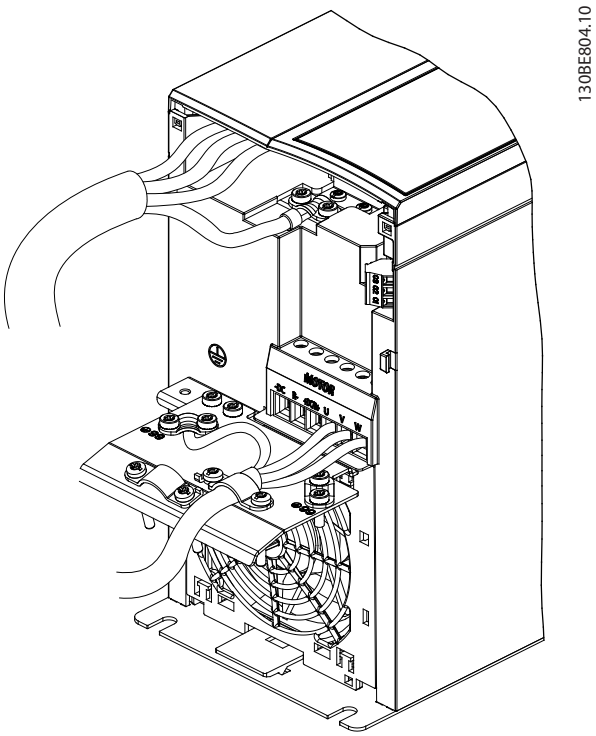


Abbildung 2.7 Netz-, Motor- und Erdanschluss für 3-phasige Einheiten (K4, K5)

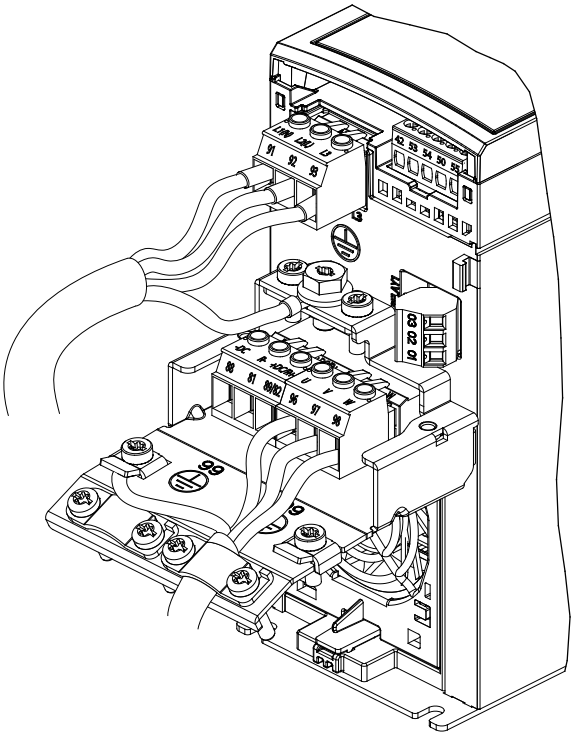


Abbildung 2.6 Netz-, Motor- und Erdanschluss für 3-phasige Einheiten (K1, K2, K3)

2.2.2 Netzanschluss

- Wählen Sie die Querschnitte der Kabel anhand des Eingangsstroms des Frequenzumrichters. Angaben zum maximalen Kabelquerschnitt finden Sie in *Kapitel 7.1 Elektrische Daten*.
- Befolgen Sie bezüglich der Kabelquerschnitte örtliche und nationale Vorschriften.

Vorgehensweise

1. Schließen Sie die Netzkabel an die Klemmen N und L für 1-phasige Einheiten (siehe *Abbildung 2.5*) oder an die Klemmen L1, L2 und L3 für 3-phasige Einheiten (siehe *Abbildung 2.6* und *Abbildung 2.7*) an.
2. Schließen Sie je nach Konfiguration der Geräte die Eingangsleistung an die Netzeingangsklemmen oder den Netztrennschalter an.
3. Erden Sie das Kabel gemäß den Erdungsanweisungen im *Kapitel Erdung* der VLT® Midi DriveFC 280 *Bedienungsleitung*.
4. Versorgt ein IT-Netz, eine potenzialfreie Dreieckschaltung oder ein TT/TN-S-Netz mit geerdetem Zweig (geerdete Dreieckschaltung) den Frequenzumrichter, so stellen Sie sicher, dass die Schraube des EMV-Filters entfernt wird. Durch das Entfernen der Schraube des EMV-Filters verhindern Sie Schäden am Zwischenkreis und

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

verringern die Erdungskapazität gemäß IEC 61800-3 (siehe *Abbildung 7.13*, die Schraube des EMV-Filters befindet sich an der Seite des Frequenzumrichters).

2.2.3 Steuerklemmentypen

Abbildung 2.8 zeigt die steckbaren Anschlüsse des Frequenzumrichters. *Tabelle 2.3* und *Tabelle 2.4* fasst Klemmenfunktionen und Werkseinstellungen zusammen.

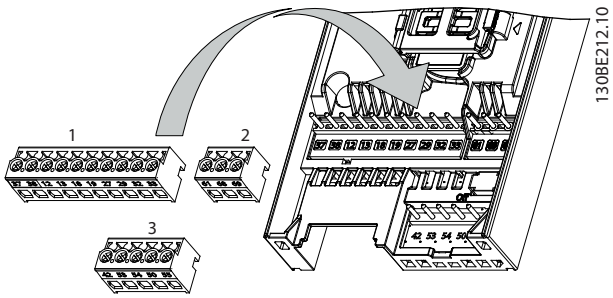


Abbildung 2.8 Anordnung der Steuerklemmen

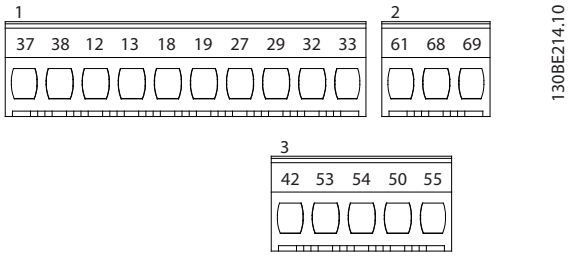


Abbildung 2.9 Klemmennummern

Nähere Angaben zu Klemmenspezifikationen finden Sie in *Kapitel 7.6 Steuereingang/-ausgang und Steuerdaten* .

Anschluss	Parameter	Werkseinstellung	Beschreibung
Digital-E/A, Puls-E/A, Drehgeber			
12, 13	–	+24 V DC	24-V-DC-Versorgungsspannung. Maximaler Ausgangsstrom von 100 mA für alle 24-V-Lasten.
18	*Parameter 5-10 Klemme 18 Digitaleingang*	*[8] Start*	Digitaleingänge.
19	*Parameter 5-11 Klemme 19 Digitaleingang*	*[10] Reversierung*	
27	*Parameter 5-01 Klemme 27 Funktion Parameter 5-12 Klemme 27 Digitaleingang Parameter 5-30 Klemme 27 Digitalausgang*	*Digitaleingang [2] Motorfreilauf (inv.) Digitalausgang [0] Ohne Funktion*	Lässt sich als Digitaleingang, Digitalausgang oder Pulsausgang wählen. Die Werkseinstellung ist Digitaleingang.
29	*Parameter 5-13 Klemme 29 Digitaleingang*	*[14] Festdrehzahl JOG*	Digitaleingang.
32	*Parameter 5-14 Klemme 32 Digitaleingang*	*[0] Ohne Funktion*	Digitaleingang, 24-V-Drehgeber. Sie können Klemme 33 als Pulseingang verwenden.
33	*Parameter 5-15 Klemme 33 Digitaleingang*	*[0] Ohne Funktion*	
37, 38	–	STO	Funktionale Sicherheitseingänge.
Analogeingänge/-ausgänge			
42	*Parameter 6-91 Klemme 42 Analogausgang*	*[0] Ohne Funktion*	Programmierbarer Analogausgang. Das Analogsignal liefert 0 .. 20 mA oder 4 .. 20 mA bei maximal 500 Ω. Sie können die Klemmen auch als Digitalausgänge konfigurieren.
50	–	+10 V DC	10-V-DC-Versorgungsspannung am Analogausgang. Maximal 15 mA, in der Regel für Potenziometer oder Thermistor verwendet.
53	*Parametergruppe 6-1* Analogeingang 53*	–	Analogeingang. Nur die Einstellung Spannung wird unterstützt. Sie können diesen auch als Digitaleingang verwenden.
54	*Parametergruppe 6-2* Analogeingang 54*	–	Analogeingang. Programmierbar für Spannung oder Strom.

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Anschluss	Parameter	Werksein-stellung	Beschreibung
55	–	–	Bezugspotential für Digital- und Analogeingänge.

Tabelle 2.3 Klemmenbeschreibung – Digitaleingänge/-ausgänge, Analogeingänge/-ausgänge

Anschluss	Parameter	Werksein-stellung	Beschreibung
Serielle Kommunikation			
61	–	–	Integrierter RC-Filter für Kabelabschirmung. Dient NUR zum Anschluss der Abschirmung bei EMV-Problemen.
68 (+)	*Parameter-gruppe 8-3* Ser. FC-Schnittst.*	–	RS485-Schnitt-stelle. Ein Schalter auf der Steuerkarte dient zum Zuschalten des Abschlusswi-derstands.
69 (-)	*Parameter-gruppe 8-3* Ser. FC-Schnittst.*	–	
Relais			
01, 02, 03	*Parameter 5-40 Relaisfunktion*	*[1] Steuer. bereit*	Wechselkontakt-Relaisausgang. Diese Relais befinden sich je nach Konfiguration und Größe des Frequenzum-richters an verschiedenen Positionen. Verwendbar für Wechsel- oder Gleichspannung sowie ohmsche oder induktive Lasten.

Tabelle 2.4 Klemmenbeschreibungen – Serielle Schnittstelle

2.2.4 Verdrahtung der Steuerklemmen

Steuerklemmenanschlüsse am Frequenzumrichter sind steckbar und ermöglichen so eine einfache Installation (siehe *Abbildung 2.8*).

Details zur STO-Verdrahtung siehe *Kapitel 4 Safe Torque Off (STO)*.

HINWEIS

Halten Sie Steuerleitungen möglichst kurz und verlegen Sie diese separat von den Leistungskabeln, um Störungen möglichst gering zu halten.

1. Lösen Sie die Schrauben für die Klemmen.
2. Führen Sie die abisolierten Steuerleitungen in die Steckplätze ein.
3. Ziehen Sie die Schrauben für die Klemmen fest.
4. Stellen Sie sicher, dass der Kontakt fest hergestellt ist. Lose Steuerkabel können zu Fehlern oder einem Betrieb führen, der nicht die optimale Leistung erbringt.

Steuerleitungsquerschnitte finden Sie unter *Kapitel 7.5 Kabelspezifikationen* und typische Beispiele für den Anschluss der Steuerleitungen unter *Kapitel 3 Anwendungsbeispiele*.

2.3 Regelungsstrukturen

Ein Frequenzumrichter richtet die Netzwechselspannung in Gleichspannung gleich. Der Wechselrichter wandelt dann die Gleichspannung in eine Wechselspannung mit variabler Amplitude und Frequenz um.

Spannung/Strom und Frequenz am Motorausgang sind somit variabel, was eine stufenlose Drehzahlregelung von herkömmlichen Dreiphasen-Asynchronmotoren und Permanentmagnet-Synchronmotoren ermöglicht.

2.3.1 Steuerungsmodi

Der Frequenzumrichter regelt die Drehzahl oder das Drehmoment an der Motorwelle. Der Frequenzumrichter regelt außerdem den Prozess für einige Anwendungen, die die Prozessdaten als Soll- oder Istwert verwenden (z. B. Temperatur und Druck). Einstellung von *Parameter 1-00 Configuration Mode* bestimmt die Art der Regelung.

Drehzahlregelung

Es gibt zwei Arten der Drehzahlregelung:

- Drehzahlregelung ohne Istwertrückführung vom Motor (ohne Geber).
- Drehzahlregelung mit Istwertrückführung mit PID-Regelcharakteristik. Eine optimierte Drehzahlregelung mit Istwertrückführung arbeitet mit einer wesentlich höheren Genauigkeit als eine ohne Istwertrückführung.

Wählen Sie aus, welcher Eingang zur Rückführung des PID-Drehzahlistwerts in *Parameter 7-00 Speed PID Feedback Source* verwendet werden soll.

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Drehmomentregelung

Die Drehmomentregelung kommt in Anwendungen zum Einsatz, in denen das Drehmoment an der Motorwelle in der Anwendung zur Zugkraftregelung dient. Wählen Sie *[2] Drehmoment mit Rückführung* oder *[4] Drehmoment ohne Rückführung* in *Parameter 1-00 Configuration Mode*. 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 wichtig für optimale Leistung sind.

- VVC+-Betrieb mit Rückführung. Diese Funktion können Sie bei Anwendungen mit niedrigen bis mittleren Dynamikanforderungen verwenden. Sie bietet in allen vier Quadranten und bei allen Motordrehzahlen eine ausgezeichnete Leistung. Das Drehzahlistwertsignal ist obligatorisch. Stellen Sie sicher, dass die Drehgeberauflösung mindestens 1024 PPR beträgt und das Abschirmkabel des Drehgebers ordnungsgemäß geerdet ist, weil die Genauigkeit des Drehzahlistwertsignals wichtig ist. Stellen Sie *Parameter 7-06 Speed PID Lowpass Filter Time* auf das beste Drehzahlistwertsignal ein.
- VVC+-Betrieb ohne Rückführung. Die Funktion wird in mechanisch robusten Anwendungen verwendet, die Genauigkeit ist jedoch begrenzt. Die Drehmomentregelung ohne Rückführung funktioniert in beide Richtungen. Das Drehmoment wird anhand der internen Strommessung des Frequenzumrichters berechnet.

Drehzahl-/Drehmomentsollwert

Der Sollwert für dieses Regelverhalten kann entweder ein einzelner Sollwert oder die Summe verschiedener Sollwerte einschließlich relativ skalierter Sollwerte sein. Die Sollwertverarbeitung wird ausführlich in *Kapitel 2.4 Sollwertverarbeitung* erläutert.

Prozessregelung

Es gibt zwei Arten der Prozessregelung:

- Die Prozessregelung mit Rückführung ist ein grundlegender PID-Prozessregler.
- Die erweiterte PID-Drehzahlregelung ohne Rückführung erweitert die Funktion des grundlegenden PID-Prozessreglers durch Hinzufügen weiterer Funktionen. Beispielsweise Vorsteuerung, Befestigung, Sollwert/Istwert-Filter und Verstärkungsskalierung.

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

2.3.2 Steuerverfahren

Der VLT® Midi Drive FC 280 ist ein Frequenzumrichter für Anwendungen mit einfachen bis mittleren Anforderungen an Dynamik und Genauigkeit. Das Steuerverfahren basiert auf VVC+.

FC 280 Frequenzumrichter können Asynchronmotoren und Permanentmagnet-Synchronmotoren bis 22 kW (30 hp) steuern.

Das Strommessprinzip in FC 280 Frequenzumrichtern basiert auf der Strommessung durch einen Widerstand im Zwischenkreis. Erdschlussschutz und Kurzschlussverhalten werden durch denselben Widerstand realisiert.

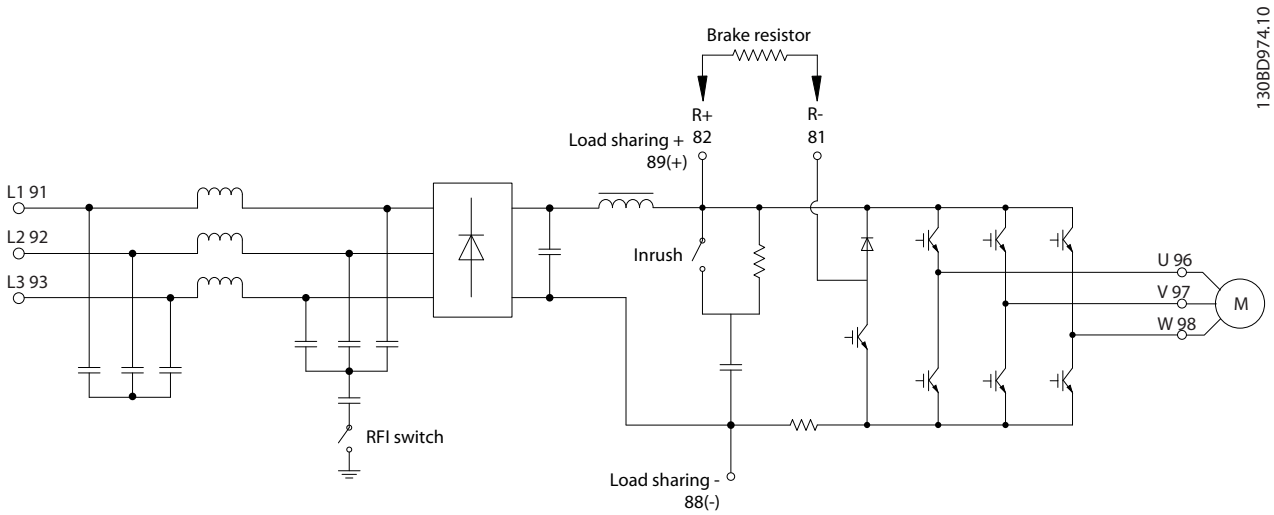


Abbildung 2.10 Steuerschaltbild

2.3.3 Regelungsstruktur in VVC+

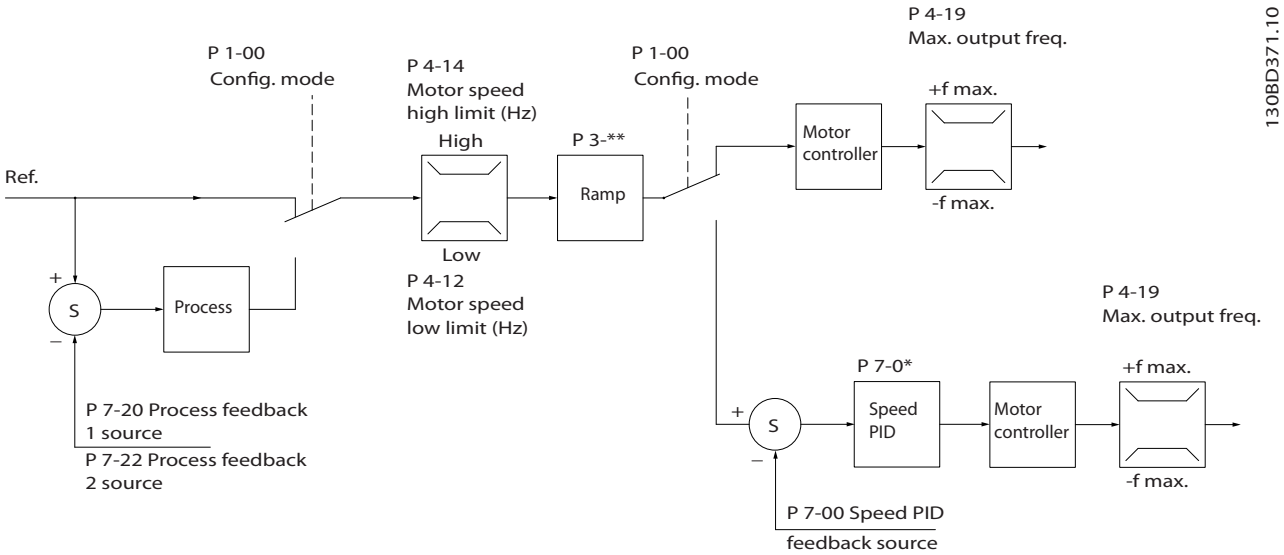


Abbildung 2.11 Regelungsstruktur in VVC+-Konfigurationen mit und ohne Rückführung

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

In der in *Abbildung 2.11* gezeigten Konfiguration ist *Parameter 1-01 Motor Control Principle* auf *[1] VVC+* eingestellt und *Parameter 1-00 Configuration Mode* auf *[0] Ohne Rückführung*. Der resultierende Sollwert aus dem Sollwertsystem 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.

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 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*.

2.3.4 Interner Stromgrenzenregler in Betriebsart VVC+

Der Frequenzumrichter ist mit einem integrierten Stromgrenzenregler ausgestattet. Diese Funktion wird aktiviert, wenn der Motorstrom und somit das Drehmoment die in *Parameter 4-16 Torque Limit Motor Mode*, *Parameter 4-17 Torque Limit Generator Mode* und *Parameter 4-18 Current Limit* eingestellten Drehmomentgrenzen überschreitet.
Wenn der Frequenzumrichter während des Motorbetriebs oder im generatorischen Betrieb die Stromgrenze erreicht, versucht der Frequenzumrichter schnellstmöglich, die eingestellten Drehmomentgrenzen wieder zu unterschreiten, ohne die Kontrolle über den Motor zu verlieren.

2.3.5 Hand-Steuerung (Hand On) und Fern-Betrieb (Auto On)

Sie können den Frequenzumrichter manuell über das Bedienteil vor Ort (grafisches oder numerisches LCP) oder aus der Ferne über Analog-/Digitaleingänge oder Feldbus betreiben.
Starten und stoppen Sie den Frequenzumrichter über das LCP mit den Tasten [Hand On] und [Reset]. Die Inbetriebnahme erfolgt über folgende Parameter:

- *Parameter 0-40 [Hand On]-LCP Taste*.
- *Parameter 0-44 [Off/Reset]-LCP Taste*.
- *Parameter 0-42 [Auto On]-LCP Taste*.

Quittieren Sie Alarme mithilfe der [Reset]-Taste oder über einen Digitaleingang, wenn die Klemme auf *Reset* programmiert wird.

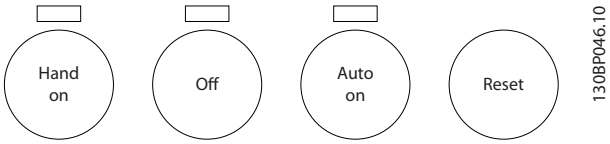


Abbildung 2.12 LCP 102-Steuertasten

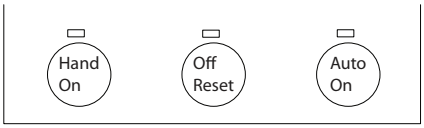


Abbildung 2.13 LCP 101-Steuertasten

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Der Ortsollwert versetzt das Regelverfahren in eine Regelung ohne Rückführung, die unabhängig von den Einstellungen in *Parameter 1-00 Regelverfahren* ist.

Der Ortsollwert wird beim Ausschalten des Frequenzumrichters wiederhergestellt.

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

2.4 Sollwertverarbeitung

2

Ortsollwert

Der Ortsollwert ist aktiv, wenn der Frequenzumrichter mit aktiver [Hand on]-Taste betrieben wird. Stellen Sie den Sollwert über [▲]/[▼] und [◄/[►] ein.

Fernsollwert

Abbildung 2.14 zeigt das Sollwertsystem zur Berechnung des Fernsollwerts.

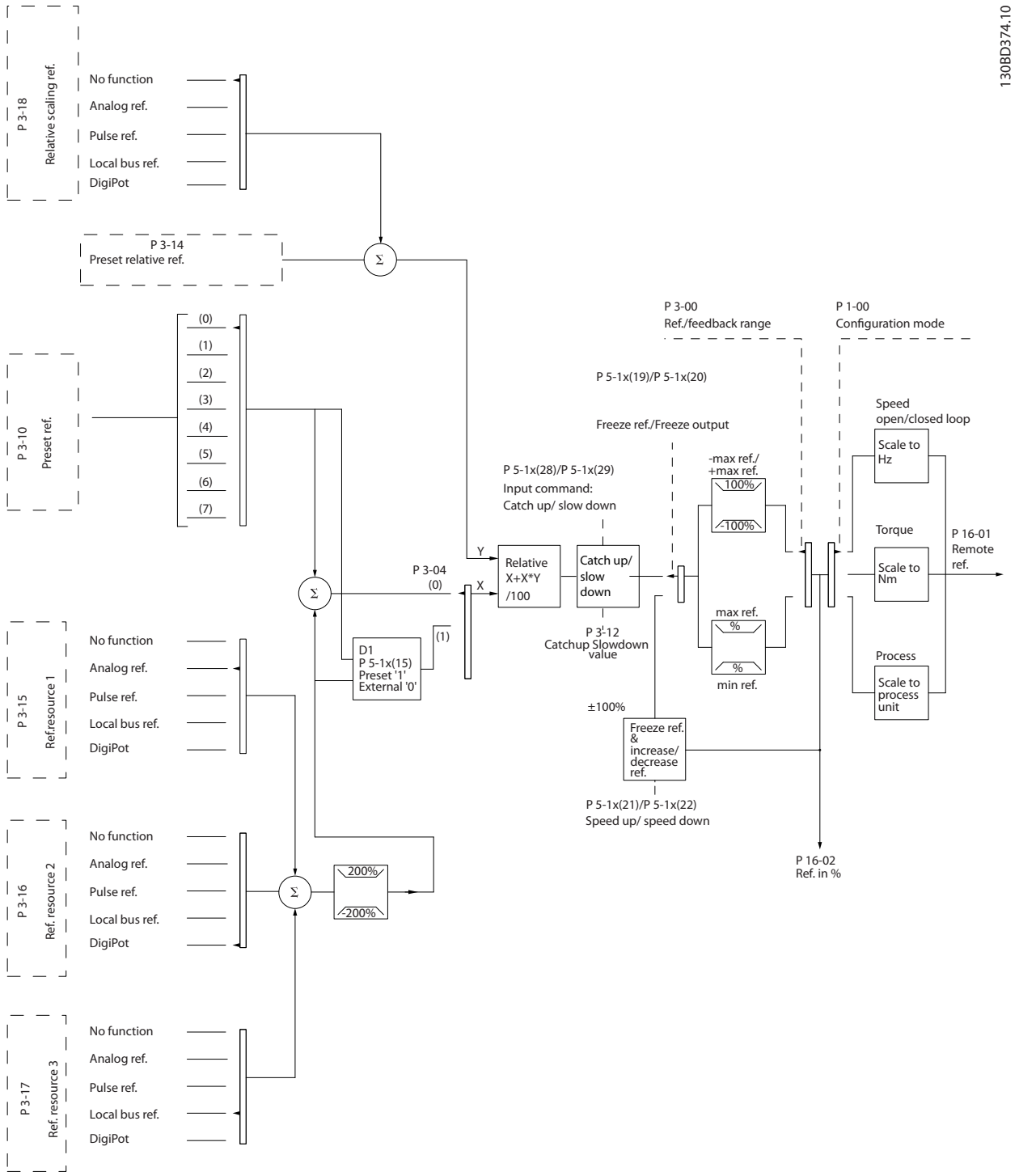


Abbildung 2.14 Fernsollwert

Der Fernsollwert wird bei jedem Abtastintervall berechnet und besteht anfänglich aus 2 Arten von Sollwerteingängen:

1. X (der externe Sollwert): Eine Summe (siehe *Parameter 3-04 Reference Function*) von bis zu vier extern ausgewählten Sollwerten, bestehend aus einer beliebigen Kombination (bestimmt durch die Einstellung von *Parameter 3-15 Reference 1 Source*, *Parameter 3-16 Reference 2 Source* und *Parameter 3-17 Reference 3 Source*) eines Festsollwerts (*Parameter 3-10 Preset Reference*), variabler Analogsollwerte, variabler digitaler Pulssollwerte und verschiedener Feldbussollwerte in einer beliebigen Einheit, in welcher der Frequenzumrichter die Überwachungsfunktion übernimmt ([Hz], [UPM], [Nm] usw.).
2. Y (der relative Sollwert): Eine Summe eines Festsollwerts (*Parameter 3-14 Preset Relative Reference*) und eines variablen Analogsollwerts (*Parameter 3-18 Relative Scaling Reference Resource*) in [%].

Die 2 Arten von Sollwerteingängen werden in folgender Formel kombiniert:
Fernsollwert = X+X*Y/100 %.
Wenn der relative Sollwert nicht verwendet wird, müssen Sie *Parameter 3-18 Relative Scaling Reference Resource* auf *[0] Deaktiviert* und *Parameter 3-14 Preset Relative Reference* auf 0 % einstellen. Die Digitaleingänge des Frequenzumrichters können die Funktion „Frequenzkorrektur Auf/Ab“ und die Funktion „Sollwert speichern“ aktivieren. Die Funktionen und Parameter werden im VLT® Midi DriveFC 280 *Programmierhandbuch* beschrieben.
Die Skalierung von Analogsollwerten wird in den *Parametergruppen 6-1* Analogeingang 53* und *6-2* Analogeingang 54* und die Skalierung digitaler Pulssollwerte in *Parametergruppe 5-5* Pulseingänge* beschrieben.
Sollwertgrenzen und -bereiche stellen Sie in *Parametergruppe 3-0* Sollwertgrenzen* ein.

2.4.1 Sollwertgrenzen

Parameter 3-00 Sollwertbereich, *Parameter 3-02 Minimaler Sollwert* und *Parameter 3-03 Maximaler Sollwert* definieren zusammen den zulässigen Bereich der Summe aller Sollwerte. Die Summe aller Sollwerte wird bei Bedarf begrenzt. Die Beziehung zwischen dem resultierenden Sollwert (nach der Befestigung) und der Summe aller Sollwerte wird in *Abbildung 2.15* und *Abbildung 2.16* gezeigt.

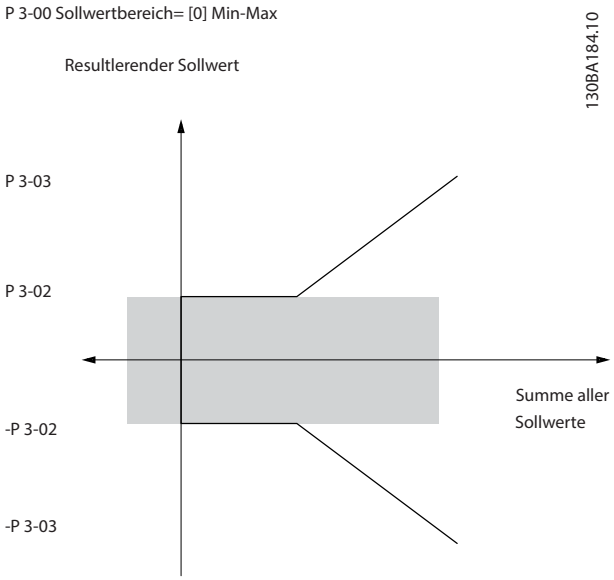


Abbildung 2.15 Die Summe aller Sollwerte, wenn Sie den Sollwertbereich auf 0 setzen

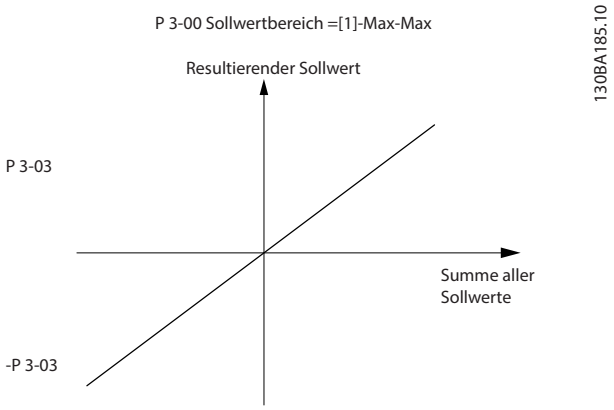


Abbildung 2.16 Die Summe aller Sollwerte, wenn Sie den Sollwertbereich auf 1 setzen

Sie können den Wert von *Parameter 3-02 Minimaler Sollwert* nicht unter 0 einstellen, sofern *Parameter 1-00 Regelverfahren* nicht auf *[3] PID-Regler* eingestellt ist. In diesem Fall ergibt sich das Verhältnis zwischen dem resultierenden Sollwert (nach der Befestigung) und der Summe aller Sollwerte wie in *Abbildung 2.17* gezeigt.

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

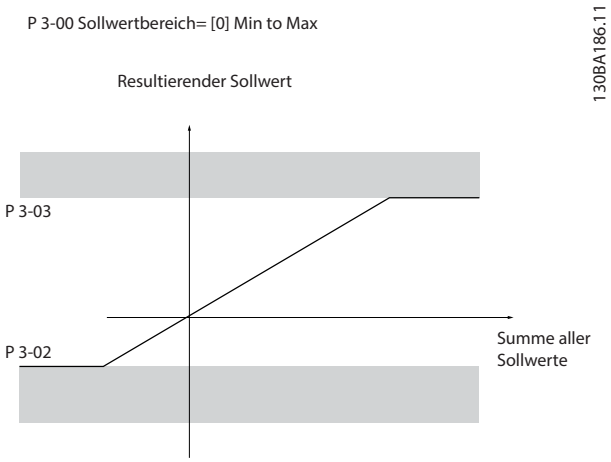


Abbildung 2.17 Die Summe aller Sollwerte, wenn Sie den minimalen Sollwert auf einen negativen Wert setzen

2.4.2 Skalierung von Festsollwerten und Bussollwerten

Festsollwerte werden gemäß den folgenden Regeln skaliert:

- Wenn *Parameter 3-00 Reference Range [0] Min. bis Max*. ist, entspricht ein Sollwert von 0 % dem Wert 0 [Einheit], wobei eine beliebige Einheit (UPM, m/s, bar usw.) zulässig ist, und ein Sollwert von 100 % entspricht dem Maximum (abs. *Parameter 3-03 Maximum Reference*), abs (*Parameter 3-02 Minimaler Sollwert*)).
- Wenn *Parameter 3-00 Reference Range [1] -Max–+Max ist*, entspricht ein Sollwert von 0 % dem Wert 0 [Einheit] und ein Sollwert von 100 % dem maximalen Sollwert.

Bussollwerte werden gemäß den folgenden Regeln skaliert:

- Wenn *Parameter 3-00 Reference Range [0] Min–Max* ist, entspricht ein Sollwert von 0 % dem minimalen Sollwert und ein Sollwert von 100% dem maximalen Sollwert.
- Wenn *Parameter 3-00 Reference Range [1] Min–+Max* ist, entspricht ein Sollwert von -100 % dem negativen maximalen Sollwert und ein Sollwert von 100% dem maximalen Sollwert.

2.4.3 Skalierung von Analog- und Pulssollwerten und Istwert

Soll- und Istwerte werden auf gleiche Weise von Analog- und Pulseingängen skaliert. Der einzige Unterschied ist, dass Sollwerte, die über oder unter den angegebenen Endpunkten liegen (in *Abbildung 2.18* P1 und P2), eingegrenzt werden, während dies bei Istwerten nicht der Fall ist.

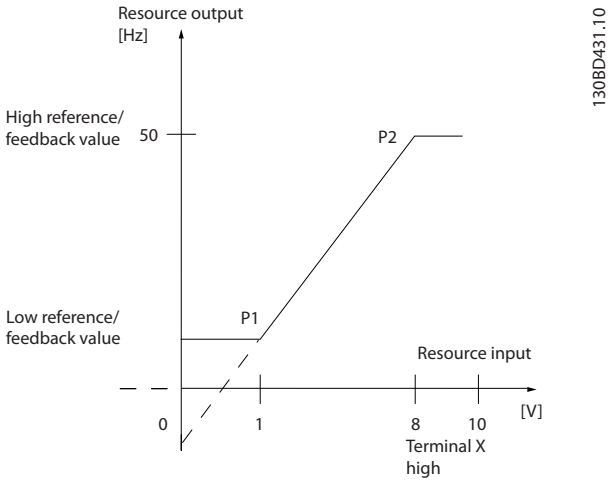


Abbildung 2.18 Minimale und maximale Endpunkte

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Die Endpunkte P1 und P2 werden in Abhängigkeit vom Eingang in *Tabelle 2.5* definiert.

Eingang	**Analog 53 Spannungsmodus**	**Analog 54 Spannungsmodus**	**Analog 54 Strommodus**	**Pulseingang 29**	**Pulseingang 33**
P1 = (Minimaler Eingangswert, minimaler Sollwert)					
Minimaler Sollwert	*Parameter 6-14 Klemme 53 Skal. Min.-Soll/Istwert*	*Parameter 6-24 Klemme 54 Skal. Min.-Soll/Istwert*	*Parameter 6-24 Klemme 54 Skal. Min.-Soll/Istwert*	*Parameter 5-52 Klemme 29 Min. Soll-/Istwert*	*Parameter 5-57 Klemme 33 Min. Soll-/Istwert*
Minimaler Eingangswert	*Parameter 6-10 Klemme 53 Skal. Min.Spannung* [V]	*Parameter 6-20 Klemme 54 Skal. Min.Spannung* [V]	*Parameter 6-22 Klemme 54 Skal. Min.Strom* [mA]	*Parameter 5-50 Klemme 29 Min. Frequenz* [Hz]	*Parameter 5-55 Klemme 33 Min. Frequenz* [Hz]
P2=(Minimaler Eingangswert, maximaler Sollwert)					
Maximaler Sollwert	*Parameter 6-15 Klemme 53 Skal. Max.-Soll/Istwert*	*Parameter 6-25 Klemme 54 Skal. Max.-Soll/Istwert*	*Parameter 6-25 Klemme 54 Skal. Max.-Soll/Istwert*	*Parameter 5-53 Klemme 29 Max. Soll-/Istwert*	*Parameter 5-58 Klemme 33 Max. Soll-/Istwert*
Maximaler Eingangswert	*Parameter 6-11 Klemme 53 Skal. Max.Spannung* [V]	*Parameter 6-21 Klemme 54 Skal. Max.Spannung* [V]	*Parameter 6-23 Klemme 54 Skal. Max.Strom* [mA]	*Parameter 5-51 Klemme 29 Max. Frequenz* [Hz]	*Parameter 5-56 Klemme 33 Max. Frequenz* [Hz]

Tabelle 2.5 Endpunkte P1 und P2

2.4.4 Totzone um Null

In einigen Fällen sollte der Sollwert (gelegentlich auch der Istwert) eine Totzone um Null haben, um sicherzustellen, dass die Maschine gestoppt wird, wenn der Sollwert nahe Null liegt.

Nehmen Sie die folgenden Einstellungen vor, um die Totzone zu aktivieren und ihren Umfang zu definieren:

- Setzen Sie den minimalen Sollwert (siehe *Tabelle 2.5* für relevante Parameter) oder den maximalen Sollwert auf 0. Mit anderen Worten:P1 oder P2 muss auf der X-Achse in *Abbildung 2.19* liegen.
- Stellen Sie sicher, dass sich beide Punkte im selben Quadranten befinden.

P1 oder P2 definiert die Größe der Totzone, wie dies in *Abbildung 2.19* gezeigt wird.

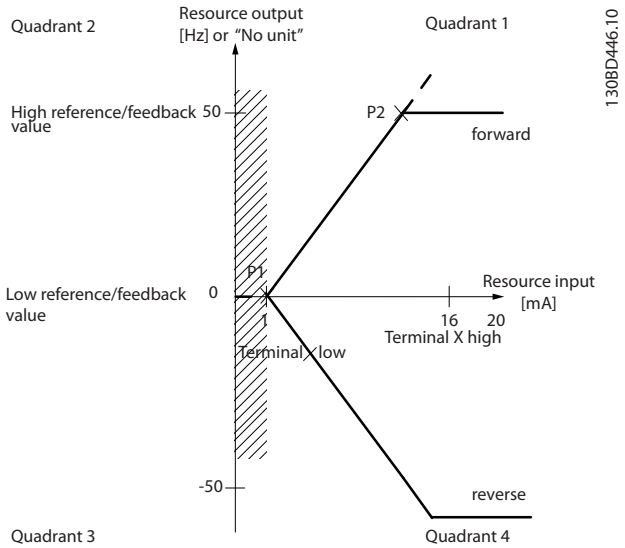


Abbildung 2.19 Größe der Totzone

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

2

Fall 1: Positiver Sollwert mit Totzone, Digitaleingang zum Triggern der Reversierung, Teil I

Abbildung 2.20 zeigt die Wirkung der Min.-Max.-Begrenzungen an einem Sollwerteingang.

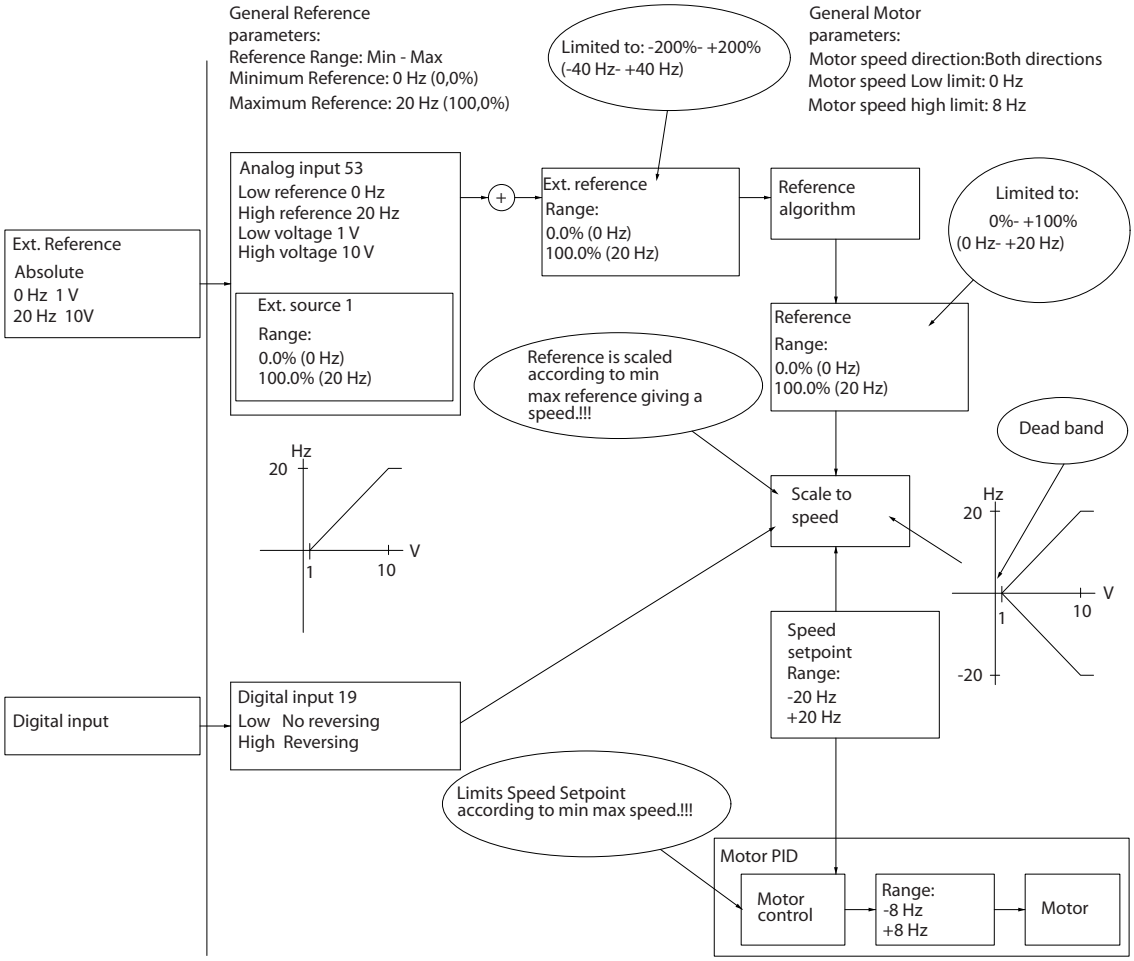


Abbildung 2.20 Beschränkung des Sollwerteingangs innerhalb von Minimum und Maximum

Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Fall 2: Positiver Sollwert mit Totzone, Digitaleingang zum Triggern der Reversierung, Teil II

Abbildung 2.21 zeigt, wie der Sollwerteingang mit Werten, die außerhalb der Grenzen für -Max und +Max liegen, die Unter- und Obergrenzen der Eingänge begrenzt, bevor der externe Sollwert addiert wird. Außerdem sehen Sie, wie der externe Sollwert durch den Sollwertalgorithmus an -Max bis +Max begrenzt wird.

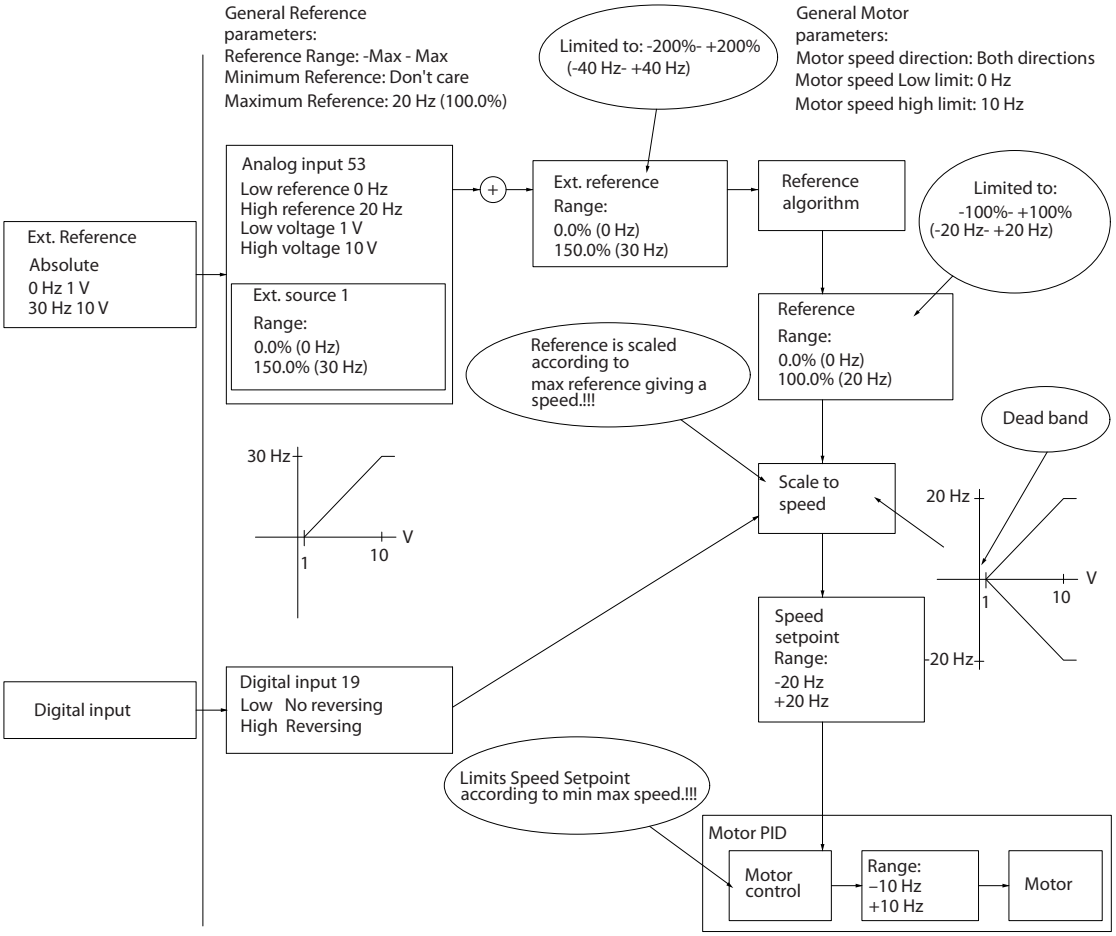


Abbildung 2.21 Beschränkung des Sollwerteingangs außerhalb von Minimum - und Maximum +

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

2.5 PID-Regelung

2

2.5.1 PID-Drehzahlregler

Parameter 1-00 Regelverfahren	*Parameter 1-01 Steuerprinzip*	
	U/f	**VVC+**
[1] Mit Drehgeber	Nicht verfügbar[1)]	Aktiv

Tabelle 2.6 Steuerkonfigurationen, aktive Drehzahlregelung

1) Nicht verfügbar bedeutet, dass der Modus nicht verfügbar ist.

Parameter	**Funktionsbeschreibung**	
Parameter 7-00 Drehgeberrückführung	Legt den Eingang fest, von der der PID-Drehzahlregler den Istwert erhält.	
Parameter 7-02 Speed PID Proportional Gain	Je höher der Wert, desto schneller die Regelung. Ein zu hoher Wert kann jedoch zu Schwingungen führen.	
Parameter 7-03 Drehzahlregler I-Zeit	Eliminiert eine Abweichung von der stationären Drehzahl. Niedrigere Werte stehen für eine schnellere Reaktion. Ein zu niedriger Wert kann jedoch zu Schwingungen führen.	
Parameter 7-04 Drehzahlregler D-Zeit	Liefert Zuwachs proportional zur Veränderungsrate des Istwerts. Die Einstellung 0 deaktiviert den Differentiator.	
Parameter 7-05 Drehzahlregler D-Verstärk./ Grenze	Kommt es in einer Anwendung zu sehr schnellen Änderungen des Soll- oder Istwertes, so kann der Differentiator rasch zum Überschwingen neigen. Er reagiert auf Änderungen der Regelabweichung. Je schneller sich die Regelabweichung ändert, desto höher fällt auch die Differentiationsverstärkung aus. Sie können die Differentiationsverstärkung daher begrenzen, so dass sowohl eine angemessene Differentiationszeit bei langsamen Änderungen als auch eine angemessene Verstärkung bei schnellen Änderungen eingestellt werden kann.	
Parameter 7-06 Drehzahlregler Tiefpassfilterzeit	Ein Tiefpassfilter, der Schwingungen auf dem Istwertsignal dämpft und die stationäre Leistung verbessert. Bei einer zu langen Filterzeit nimmt jedoch die dynamische Leistung des PID-Drehzahlreglers ab. Einstellungen von *Parameter 7-06 Speed PID Lowpass Filter Time* aus der Praxis anhand der Anzahl von Impulsen pro Umdrehung am Drehgeber (PPR):	
	Drehgeber-PPR	***Parameter 7-06 Drehzahlregler Tiefpassfilterzeit***
	512	10 ms
	1024	5 ms
	2048	2 ms
	4096	1 ms

Tabelle 2.7 Parameter für Drehzahlregelung

Beispiel zur Programmierung der Drehzahlregelung

In diesem Beispiel wird der PID-Drehzahlregler verwendet, um eine konstante Motordrehzahl trotz veränderlicher Motorlast aufrecht zu erhalten. Die erforderliche Motordrehzahl wird über ein Potenziometer eingestellt, das mit Klemme 53 verbunden ist. Der Drehzahlbereich liegt zwischen 0 und 1500 U/min, was 0 bis 10 V über das Potenziometer entspricht. Ein mit Klemme 18 verbundener Schalter regelt das Starten und das Stoppen. Der PID-Drehzahlregler überwacht die aktuelle Drehzahl des Motors mit Hilfe eines 24 V/HTL-Inkrementalgebers als Istwertgeber. Der Istwertgeber (1024 Impulse pro Umdrehung) ist mit den Klemmen 32 und 33 verbunden. Der Pulsfrequenzbereich an den Klemmen 32 und 33 beträgt 4 Hz–32 kHz.

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

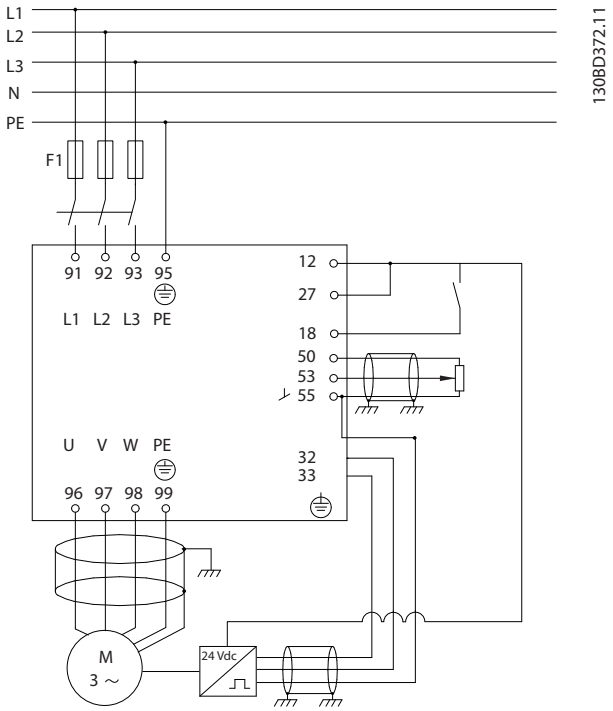


Abbildung 2.22 Programmierung der Drehzahlregelung

Befolgen Sie die Schritte in *Tabelle 2.8*, um die Drehzahlregelung zu programmieren (siehe Erläuterung der Einstellungen im *Programmierhandbuch*)

In *Tabelle 2.8* wird davon ausgegangen, dass für alle anderen Parameter und Schalter die Werkseinstellung verwendet wird.

Funktion	Parameternummer	Einstellung
1) Stellen Sie sicher, dass der Motor einwandfrei läuft. Gehen Sie wie folgt vor:		
Stellen Sie die Motorparameter mithilfe der Daten auf dem Typenschild ein.	*Parametergruppe 1-2* Motordaten*	Siehe Motor-Typenschild.
Eine AMA durchführen.	*Parameter 1-29 Automatic Motor Adaption (AMA)*	*[1] Komplette AMA*
2) Prüfen Sie, ob der Motor läuft und der Drehgeber ordnungsgemäß angeschlossen ist. Gehen Sie wie folgt vor:		
Drücken Sie [Hand On]. Prüfen Sie, ob der Motor läuft und in welche Drehrichtung er sich dreht (nachfolgend positive Richtung genannt).		Stellen Sie einen positiven Sollwert ein.
3) Stellen Sie sicher, dass die Grenzwerte des Frequenzumrichters auf sichere Werte eingestellt sind:		
Stellen Sie zulässige Grenzwerte für die Sollwerte ein.	*Parameter 3-02 Minimum Reference*	0
	Parameter 3-03 Maximum Reference	50
Stellen Sie sicher, dass die Rampeneinstellungen innerhalb des Leistungsbereichs des Frequenzumrichters liegen und zulässigen Spezifikationen für den Anwendungsbetrieb entsprechen.	*Parameter 3-41 Ramp 1 Ramp Up Time*	Werkseinstellung
	Parameter 3-42 Ramp 1 Ramp Down Time	Werkseinstellung
Stellen Sie zulässige Grenzwerte für die Motordrehzahl und -frequenz ein.	*Parameter 4-12 Motor Speed Low Limit [Hz]*	0 Hz
	Parameter 4-14 Motor Speed High Limit [Hz]	50 Hz
	Parameter 4-19 Max Output Frequency	60 Hz
4) Konfigurieren Sie die Drehzahlregelung und wählen Sie das Motorsteuerprinzip:		

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Aktivierung der Drehzahlregelung	*Parameter 1-00 Configuration Mode*	*[1] Mit Drehgeber*
Auswahl des Motorsteuerprinzips	*Parameter 1-01 Motor Control Principle*	*[1] VVC+*
5) Konfigurieren und skalieren Sie den Sollwert für die Drehzahlregelung:		
Stellen Sie Analogeingang 53 als Sollwertquelle ein.	*Parameter 3-15 Reference 1 Source*	Nicht notwendig (Werkseinstellung)
Skalieren Sie den Analogeingang 53 0 Hz (0 V) bis 50 Hz (10 V)	*Parametergruppe 6-1* Analogeingang 1*	Nicht notwendig (Werkseinstellung)
6) Konfigurieren Sie das Signal des 24V/HTL-Drehgebers als Istwert für die Motorsteuerung und die Drehzahlregelung:		
Stellen Sie Digitaleingang 32 und 33 als Drehgebereingänge ein.	*Parameter 5-14 Terminal 32 Digital Input*	*[82] Drehgebereingang B*
	Parameter 5-15 Terminal 33 Digital Input	*[83] Drehgebereingang A*
Wählen Sie Klemme 32/33 als PID-Drehzahlrückführung.	*Parameter 7-00 Speed PID Feedback Source*	*[1] 24-V-Drehgeber*
7) Stellen Sie die Parameter für die PID-Drehzahlregelung ein:		
Verwenden Sie ggf. die Einstellungsanweisungen oder stellen Sie manuell ein.	*Parametergruppe 7-0*PID Drehzahlregler*	
8) Beenden:		
Speichern Sie die Parametereinstellung im LCP.	*Parameter 0-50 LCP-Kopie*	*[1] Speichern in LCP*

Tabelle 2.8 Programmierreihenfolge für den PID-Drehzahlregler

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

2.5.2 PID-Prozessregler

Mit dem PID-Prozessregler lassen sich Anwendungsparameter steuern, die mit einem Sensor messbar sind (Druck, Temperatur, Fluss) und vom angeschlossenen Motor über eine Pumpe, einen Lüfter oder ein anderes angeschlossenes Gerät beeinflusst werden können.

Tabelle 2.9 zeigt die Konfigurationen, bei denen die Prozessregelung möglich ist. Lesen Sie *Kapitel 2.3 Regelungsstrukturen*, um zu sehen, wo die Drehzahlregelung aktiviert ist.

Parameter 1-00 Configuration Mode	***Parameter 1-01 Motor Control Principle***	
	U/f	**VVC+**
[3] PID-Prozess	PID-Prozess	PID-Prozess

Tabelle 2.9 Steuerungskonfiguration

HINWEIS

Die PID-Prozessregelung funktioniert mit der Standard-Parametereinstellung, Sie sollten diese jedoch zur Optimierung der Anwendungssteuerung anpassen.

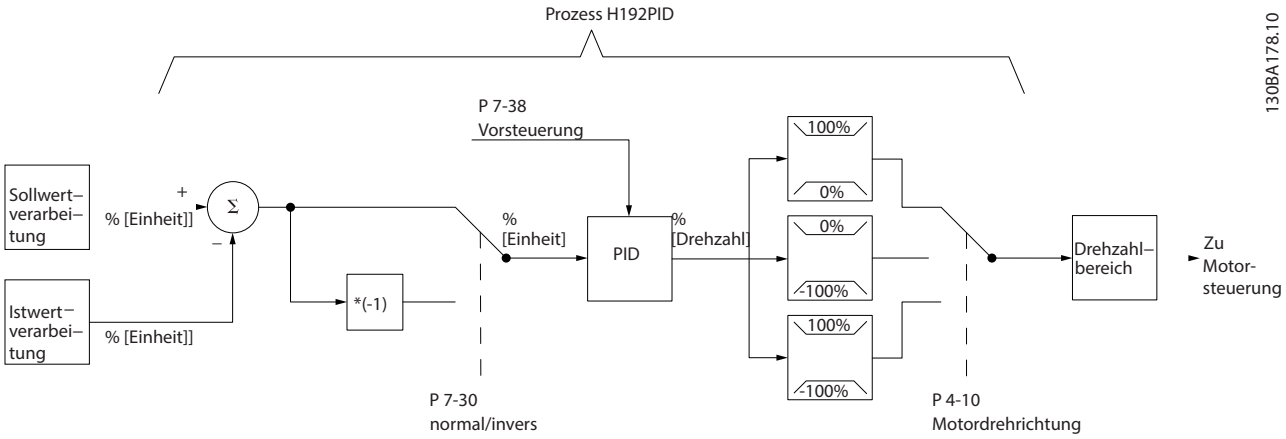


Abbildung 2.23 Diagramm für PID-Prozessregler

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

2

2.5.3 Relevante Parameter für die Prozessregelung

Parameter	Funktionsbeschreibung
Parameter 7-20 Process CL Feedback 1 Resource	Legt den Eingang (Analog oder Puls) fest, von dem die PID-Prozessregelung den Istwert erhält.
Parameter 7-22 Process CL Feedback 2 Resource	Gegebenenfalls: Legt fest, ob (und von woher) die PID-Prozessregelung ein zusätzliches Istwertsignal erhält. Wenn Sie einen weiteren Istwertanschluss ausgewählt haben, werden die beiden Istwertsignale vor der Verwendung im PID-Prozessregler addiert.
Parameter 7-30 Process PID Normal/ Inverse Control	Im Betriebsmodus *[0] Normal* reagiert die Prozessregelung mit einer Erhöhung der Motordrehzahl, wenn der Istwert den Sollwert unterschreitet. Im Betriebsmodus *[1] Invers* reagiert die Prozessregelung mit einer abnehmenden Motordrehzahl.
Parameter 7-31 Process PID Anti Windup	Die Anti-Windup-Funktion bewirkt, dass im Falle des Erreichens einer Frequenz- oder Drehmomentgrenze der Integrator auf eine Verstärkung eingestellt wird, die der aktuellen Frequenz entspricht. So vermeiden Sie, dass bei einer Abweichung, die mit einer Drehzahl-änderung nicht auszugleichen wäre, weiter integriert wird. Drücken Sie *[0] Off*, um diese Funktion zu deaktivieren.
Parameter 7-32 Process PID Start Speed	In einigen Anwendungen kann das Erreichen der gewünschten Drehzahl bzw. des Sollwerts lange dauern. Bei solchen Anwendungen kann es von Vorteil sein, eine Motorfrequenz festzulegen, auf die der Frequenzumrichter den Motor ungeregelt hochfahren soll, bevor die Prozessregelung aktiviert wird. Stellen Sie durch Festlegen eines Startwerts für den PID-Prozess in *Parameter 7-32 Process PID Start Speed* eine feste Motordrehzahl ein.
Parameter 7-33 Process PID Proportional Gain	Je höher der Wert, desto schneller die Regelung. Ein zu hoher Wert kann jedoch zu Schwingungen führen.
Parameter 7-34 Process PID Integral Time	Eliminiert eine Abweichung von der stationären Drehzahl. Je niedriger der Wert, desto schneller die Reaktion. Ein zu niedriger Wert kann jedoch zu Schwingungen führen.
Parameter 7-35 Process PID Differentiation Time	Liefert Verstärkung proportional zur Veränderungsrate des Istwerts. Die Einstellung 0 deaktiviert den Differentiator.
Parameter 7-36 Process PID Diff. Gain Limit	Kommt es in einer Anwendung zu sehr schnellen Änderungen des Soll- oder Istwertes, so kann der Differentiator rasch zum Überschwingen neigen. Er reagiert auf Änderungen der Regelabweichung. Je schneller sich die Regelabweichung ändert, desto höher fällt auch die Differentiationsverstärkung aus. Sie können die Differentiationsverstärkung daher begrenzen, um eine angemessene Differentiationszeit für langsame Änderungen einzustellen.
Parameter 7-38 Process PID Feed Forward Factor	In Anwendungen mit einer ausgeglichenen und in etwa linearen Beziehung zwischen dem Sollwert und der dafür erforderlichen Motordrehzahl können Sie die dynamische Leistung des PID-Prozessreglers mit Hilfe des Vorsteuerungsfaktors steigern.
• *Parameter 5-54 Pulse Filter Time Constant #29* (Puls Kl. 29) • *Parameter 5-59 Pulse Filter Time Constant #33* (Puls Kl. 33) • *Parameter 6-16 Terminal 53 Filter Time Constant* (Analog Klemme 53) • *Parameter 6-26 Terminal 54 Filter Time Constant* (Analog Kl. 54)	Sofern beim Istwertsignal Rippelströme bzw. -spannungen auftreten, können Sie diese mit Hilfe eines Tiefpassfilters dämpfen. Die Pulsfilterzeitkonstante ist ein Ausdruck für eine Drehzahlgrenze der Rippel, die beim Istwertsignal auftreten. Beispiel: Ist das Tiefpassfilter auf 0,1 s eingestellt, so ist die Eckfrequenz 10 RAD/s, (Kehrwert von 0,1), was (10/(2 x π)) = 1,6 Hz entspricht. Dies führt dazu, dass das Filter alle Ströme/Spannungen herausfiltert, die um mehr als 1,6 Schwingungen pro Sekunde schwanken. Es wird also nur ein Istwertsignal geregelt, das mit einer Frequenz (Drehzahl) von unter 1,6 Hz schwankt. Das Tiefpassfilter verbessert die stationäre Leistung, bei einer zu langen Filterzeit nimmt jedoch die dynamische Leistung des PID-Prozessreglers ab.

Tabelle 2.10 Parameter der Prozessregelung

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

2.5.4 Beispiel für PID-Prozessregler

Abbildung 2.24 ist ein Beispiel für den PID-Prozessregler in einer Lüftungsanlage:

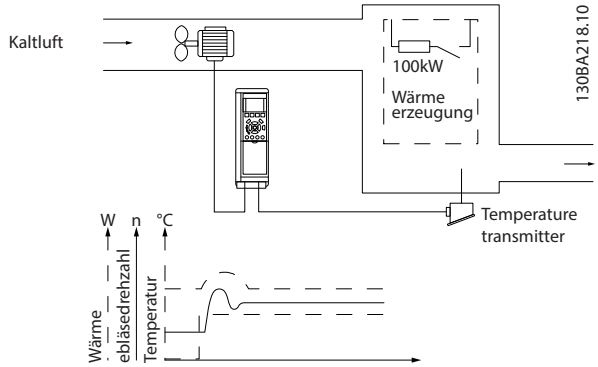


Abbildung 2.24 PID-Prozessregler in einer Lüftungsanlage

In einer Lüftungsanlage können Sie mit Hilfe eines 0- bis 10-V-Potenziometers die Temperatur zwischen -5 und +35 °C einstellen. Mit Hilfe der Prozessregelung halten Sie die Temperatur konstant.

Dabei wird mit steigender Temperatur auch die Drehzahl des Gebläses erhöht, um einen stärkeren Luftstrom zu erzeugen. Sinkt die Temperatur, verringert sich die Drehzahl. Der Transmitter wird als Temperatursensor mit einem Funktionsbereich von -10 bis +40 °C, 4-20 mA, verwendet.

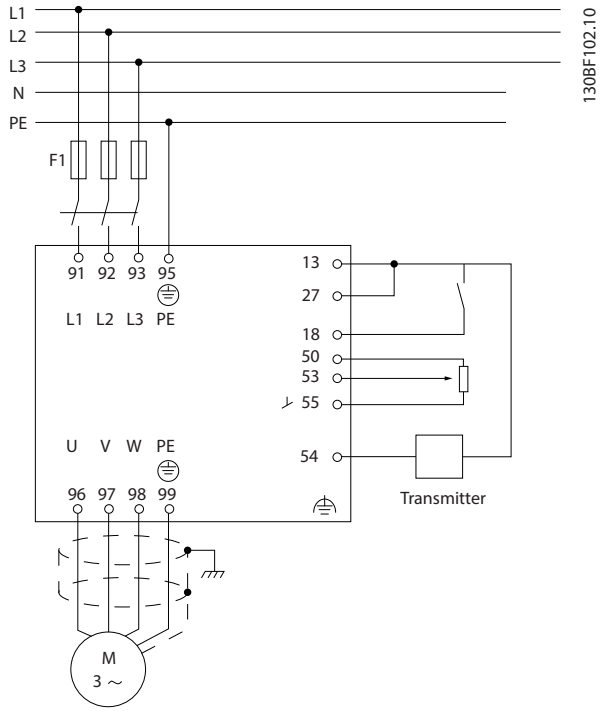


Abbildung 2.25 Zweileiter-Transmitter

1. Start/Stopp über Schalter an Klemme 18.
2. Temperatursollwert über Potenziometer (-5 bis 35 °C, 0 bis 10 V DC) an Klemme 53.
3. Temperaturistwert über Transmitter (-10 bis 40 °C, 4 bis 20 mA) an Klemme 54.

Funktion	**Parameternummer**	**Einstellung**
Initialisieren Sie den Frequenzumrichter	*Parameter 14-22 Betriebsart*	*[2] Initialisierung* - Aus- und Einschaltzyklus des Frequenzumrichters durchführen - Reset drücken
1) Einstellen der Motorparameter:		
Stellen Sie die Motorparameter anhand der Typenschilddaten ein.	*Parametergruppe 1-2* Motordaten*	Siehe Motor-Typenschild.
Führen Sie eine komplette AMA aus.	*Parameter 1-29 Autom. Motoranpassung*	*[1] Aktivieren Sie eine komplette AMA.*
2) Prüfen Sie, ob der Motor in der richtigen Richtung läuft. Bei Anschluss des Motors an einen Frequenzumrichter mit einfacher Phasenreihenfolge wie U-U, V-V oder W-W dreht sich die Motorwelle bei Sicht auf das Wellenende im Rechtslauf.		
Drücken Sie [Hand On]. Prüfen Sie die Wellendrehrichtung, indem Sie einen manuellen Sollwert anlegen.		

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Funktion	Parame-ternummer	Einstellung
Falls sich der Motor in die falsche Richtung dreht: 1. Ändern Sie die Motordrehrichtung in *Parameter 4-10 Motor Speed Direction*. 2. Schalten Sie das Netz aus und warten Sie auf das Entladen der Zwischenkreisspannung. 3. Drehen Sie 2 Motorphasen.	*Parameter 4-10 Motor Drehrichtung*	Wählen Sie die richtige Drehrichtung der Motorwelle.
Stellen Sie das Regelverfahren ein.	*Parameter 1-00 Regelverfahren*	*[3] Prozess.*
3) Konfigurieren Sie den Sollwert, d. h. den Bereich der Sollwertverarbeitung. Stellen Sie die Skalierung des Analogeingangs in *Parametergruppe 6-** Analoge Ein-/Ausg.* ein.		
Stellen Sie Soll-/Istwert-Einheiten ein. Stellen Sie den min. Sollwert ein (10 °C): Stellen Sie den maximalen Sollwert ein (80 °C): Wird der Einstellwert durch einen Festwert (Arrayparameter) bestimmt, setzen Sie andere Sollwertquellen auf *[0] Deaktiviert*.	*Parameter 3-01 Reference/ Feedback Unit* *Parameter 3-02 Minimum Reference* *Parameter 3-03 Maximum Reference* *Parameter 3-10 Preset Reference*	*[60]* ℃ Displayeinheit. -5 °C °. 35 °C. *[0] 35 %.* $Sollw. = \frac{Par..3-10_{(0)}}{100} \times ((Par..3-03) - (par..3-02)) = 24,5° C$ *Parameter 3-14 Relativer Festsollwert* bis *Parameter 3-18 Relativ. Skalierungssollw. Ressource [0] = Keine Funktion.*
4) Stellen Sie Grenzen für den Frequenzumrichter ein:		
Stellen Sie die Rampenzeiten auf einen ungefähren Wert von 20 s ein.	*Parameter 3-41 Ramp 1 Ramp Up Time* *Parameter 3-42 Ramp 1 Ramp Down Time*	20 s 20 s
Stellen Sie die min. Drehzahlgrenzen ein. Stellen Sie die maximale Motordrehzahlgrenze ein. Stellen Sie die maximale Ausgangsfrequenz ein.	*Parameter 4-12 Motor Speed Low Limit [Hz]* *Parameter 4-14 Motor Speed High Limit [Hz]* *Parameter 4-19 Max Output Frequency*	10 Hz 50 Hz 60 Hz
Stellen Sie *Parameter 6-19 Terminal 53 mode* und *Parameter 6-29 Terminal 54 mode* auf Spannung oder Strom ein.		
5) Skalieren Sie die für Sollwert und Istwert verwendeten Analogeingänge:		

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Funktion	Parame-ternummer	Einstellung
Stellen Sie Klemme 53 Skal. Min. Spannung ein. Stellen Sie Klemme 53 Skal. Max.-Spannung ein. Stellen Sie Klemme 54 Skal. Min.-Istwert ein. Stellen Sie Klemme 54 Skal. Max.-Istwert ein. Legen Sie den Istwertanschluss fest.	*Parameter 6-10 Terminal 53 Low Voltage* *Parameter 6-11 Terminal 53 High Voltage* *Parameter 6-24 Terminal 54 Low Ref./Feedb. Value* *Parameter 6-25 Terminal 54 High Ref./ Feedb. Value* *Parameter 7-20 Process CL Feedback 1 Resource*	0 V 10 V -5 °C 35 °C *[2]* Analogeingang *54*
6) Grundlegende PID-Einstellungen:		
PID-Prozess normal/invers	*Parameter 7-30 Process PID Normal/ Inverse Control*	*[0] Normal*
PID-Prozess Anti-Windup.	*Parameter 7-31 Process PID Anti Windup*	*[1] Ein*
PID-Prozess Reglerstartdrehzahl.	*Parameter 7-32 PID-Prozess Reglerstart bei*	300 UPM
LCP-Kopie.	*Parameter 0-50 LCP-Kopie*	*[1] Speichern in LCP*

Tabelle 2.11 Beispiel für Konfiguration des PID-Prozessreglers

2.5.5 Optimierung des Prozessreglers

Nach Konfiguration der Grundeinstellungen gemäß *Kapitel 2.5.5 Programmierreihenfolge* optimieren Sie Proportionalverstärkung, Integrationszeit und Differentiationszeit (*Parameter 7-33 Process PID Proportional Gain*, *Parameter 7-34 Process PID Integral Time* und *Parameter 7-35 Process PID Differentiation Time*). Bei den meisten Prozessen gehen Sie wie folgt vor:

1. Starten Sie den Motor.
2. Stellen Sie *Parameter 7-33 Process PID Proportional Gain* auf 0,3 und erhöhen Sie den Wert anschließend, bis das Istwertsignal gleichmäßig zu schwingen beginnt. Verringern Sie den Wert, bis das Istwertsignal stabilisiert ist. Senken Sie die Proportionalverstärkung um 40-60 %.
3. Stellen Sie *Parameter 7-34 Process PID Integral Time* auf 20 s ein und setzen Sie den Wert anschließend herab, bis das Istwertsignal gleichmäßig zu schwingen beginnt. Erhöhen Sie die Integrationszeit, bis sich das Istwertsignal stabilisiert, gefolgt von einer Erhöhung um 15-50 %.
4. Verwenden Sie *Parameter 7-35 Process PID Differentiation Time* nur bei schnellen Systemen (Differentiationszeit). Der typische Wert ist das Vierfache der eingestellten Integrationszeit. Verwenden Sie den Differentiator nur dann, wenn Proportionalverstärkung und Integrationszeit optimal eingestellt sind. Stellen Sie sicher, dass Schwingungen des Istwertsignals durch den Tiefpassfilter ausreichend gedämpft werden.

HINWEIS

Bei Bedarf können Sie Start/Stopp mehrfach aktivieren, um eine konstante Schwankung des Istwertsignals zu erzielen.

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

2

2.5.6 Ziegler-Nichols-Verfahren

Zum Einstellen der PID-Regler des Frequenzumrichters empfiehlt Danfoss das Ziegler-Nichols-Verfahren.

HINWEIS

Verwenden Sie das Ziegler-Nichols-Verfahren nicht für Anwendungen, die durch die Schwingungen von nicht vollkommen stabilen Steuerungseinstellungen Schaden nehmen können.

Die Kriterien zum Einstellen der Parameter basieren auf der Auswertung des Systems an der Stabilitätsgrenze anstelle der Ermittlung einer Schrittreaktion. Erhöhen Sie die Proportionalverstärkung, bis Sie eine kontinuierliche Schwingung (gemessen am Istwert) beobachten, d. h., bis das System annähernd stabil ist. Die entsprechende Verstärkung *(K_u)* wird als kritische Verstärkung bezeichnet, bei der die Schwingung erreicht wird. Die Schwingperiode *(P_u)* (als kritische Periodendauer bezeichnet) legen Sie gemäß *Abbildung 2.26* fest. Messen sollten Sie sie, wenn die Amplitude der Schwingung klein ist.

1. Wählen Sie nur eine proportionale Steuerung, d. h., die Integrationszeit wird auf den maximalen Wert eingestellt, während die Differentiationszeit auf Null gesetzt wird.
2. Erhöhen Sie den Wert der Proportionalverstärkung, bis der Punkt der Instabilität (kontinuierliche Schwingungen) und somit der kritische Verstärkungswert K_u erreicht ist.
3. Messen Sie den Schwingungszeitraum, um die kritische Zeitkonstante P_u zu erhalten.
4. Berechnen Sie anhand *Tabelle 2.12* die erforderlichen PID-Reglerparameter.

Der Prozessoperator kann die abschließende Einstellung der Steuerung wiederholt durchführen, um eine zufriedenstellende Steuerung zu erzielen.

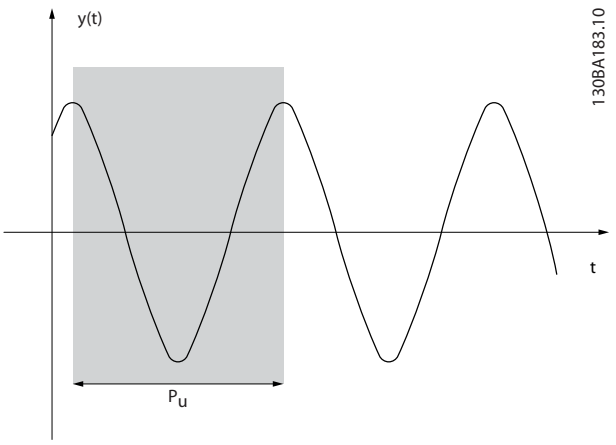


Abbildung 2.26 Annähernd stabiles System

Regelungstyp	Proportional-verstärkung	Integrati-onszeit	Differentiati-onszeit
PI-Regelung	0,45 x K_u	0,833 x P_u	–
Exakte PID-Regelung	0,6 x K_u	0,5 x P_u	0,125 x P_u
Geringe PID-Übersteuerung	0,33 x K_u	0,5 x P_u	0,33 x P_u

Tabelle 2.12 Ziegler-Nichols-Verfahren für Regler

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

2.6 EMV-Emission und Störfestigkeit

2.6.1 Allgemeine Aspekte von EMV-Emissionen

Schalttransienten sind leitungsgeführt im Frequenzbereich von 150 kHz bis 30 MHz. Feldgebundene Störungen des Frequenzumrichtersystems im Frequenzbereich von 30 MHz bis 1 GHz werden durch den Frequenzumrichter, das Motorkabel und den Motor erzeugt.
Durch kapazitive Ströme des Motorkabels, in Verbindung mit hohem dU/dt der Motorspannung, werden Ableitströme erzeugt.
Die Verwendung eines abgeschirmten Motorkabels erhöht den Ableitstrom (siehe *Abbildung 2.27*), da abgeschirmte Kabel eine höhere Kapazität zu Erde haben als nicht abgeschirmte Kabel. Wird der Ableitstrom nicht gefiltert, verursacht dies in der Netzzuleitung größere Störungen im Funkfrequenzbereich unterhalb von etwa 5 MHz. Der Ableitstrom (I_1) kann über die Abschirmung (I_3) direkt zurück zum Gerät fließen. Es verbleibt dann nur ein kleines elektromagnetisches Feld (I_4) vom abgeschirmten Motorkabel.

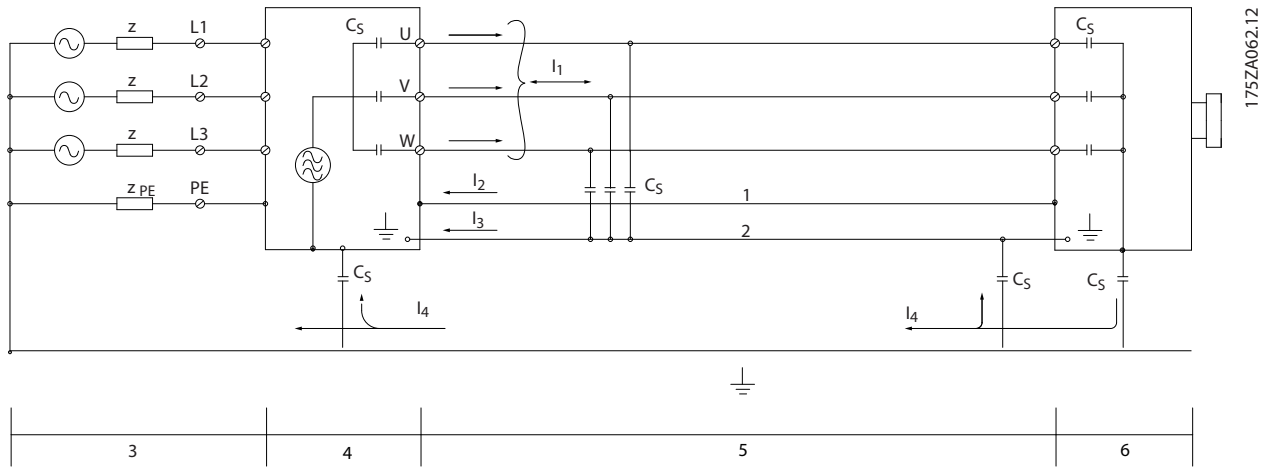
Die Abschirmung verringert zwar die abgestrahlte Störung, erhöht jedoch die Niederfrequenzstörungen am Netz. Schließen Sie den Motorkabelschirm an die Gehäuse von Frequenzumrichter und Motor an. Dies geschieht am besten durch die Verwendung von integrierten Schirmbügeln; verdrillte Abschirmungsenden (Pigtails) sind zu vermeiden. Die Schirmbügel erhöhen die Abschirmungsimpedanz bei höheren Frequenzen, wodurch der Abschirmungseffekt reduziert und der Ableitstrom erhöht wird (I_4).
Verbinden Sie die Abschirmung an beiden Enden mit dem Gehäuse, wenn ein abgeschirmtes Kabel für Folgendes verwendet wird:

- Feldbus
- Netzwerk
- Relais
- Steuerleitung
- Signalschnittstelle
- Bremse

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

2

In einigen Situationen ist zum Vermeiden von Stromschleifen jedoch eine Unterbrechung der Abschirmung notwendig.



1	Erdkabel
2	Abschirmung
3	Netzversorgung
4	Frequenzumrichter
5	Abgeschirmtes Motorkabel
6	Motor

Abbildung 2.27 EMV-Emission

Wenn der Anschluss der Abschirmung über eine Montageplatte für den Frequenzumrichter vorgesehen ist, muss diese Montageplatte aus Metall gefertigt sein, da die Ableitströme zum Gerät zurückgeführt werden müssen. Durch die Montageschrauben muss stets ein guter elektrischer Kontakt von der Montageplatte zur Gehäusemasse des Frequenzumrichters gewährleistet sein.

Beim Einsatz ungeschirmter Leitungen werden einige Emissionsanforderungen nicht erfüllt. Die immunitätsbezogenen Anforderungen werden jedoch erfüllt.

Um das Störungsniveau des gesamten Systems (Frequenzwandler und Installation) so weit wie möglich zu reduzieren, ist es wichtig, dass Sie die Motor- und etwaige Anschlusskabel für Bremsen so kurz wie möglich halten. Sie dürfen Steuer- und Buskabel nicht gemeinsam mit Anschlusskabeln für Netz, Motor und Bremse verlegen. Funkstörungen von mehr als 50 MHz (in der Luft) werden insbesondere von der Regelelektronik erzeugt.

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

2.6.2 EMV-Emission

Die Testergebnisse in *Tabelle 2.13* wurden unter Verwendung eines Systems mit Frequenzumrichter (mit Montageplatte), Motor und abgeschirmten Motorkabeln erzielt.

Filtertyp (intern)	Versorgungsspannung/Nennleistung			Klasse A2/EN 55011		Klasse A1/EN 55011		Klasse B/EN 55011	
	3x380–480 V	3x200–240 V	1x200–240 V	Leitungs-geführt	Abgestrahlt	Leitungs-geführt	Abgestrahlt	Leitungs-geführt	Abgestrahlt
A2-Filter	0,37–22 kW (0,5–30 HP)	–	–	25 m (82 ft)	Ja[1)]	–	–	–	–
	–	0,37–4 kW (0,5–5,4 HP)	–	25 m (82 ft)	Ja[1)]	–	–	–	–
	–	–	0,37–2,2 kW (0,5–3 HP)	–	–	–	–	–	–
A1-Filter	0,37–7,5 kW (0,5–10 HP)	–	–	25 m (82 ft)	Ja[1)]	25 m (82 ft)	Ja	–	–
	11–22 kW (15–30 HP)	–	–	50 m (164 ft)	Ja[1)]	50 m (164 ft)	Ja	–	–
	–	–	0,37–2,2 kW (0,5–3 HP)	40 m (131 ft)	Ja[1)]	40 m (131 ft)	Ja	15 m (49,2 ft)	–
A2-Filter EMV-Schraube entfernt[2)]	0,37–22 kW (0,5–30 HP)	–	–	–	–	–	–	–	–
	–	0,37–4 kW (0,5–5,4 HP)	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	0,37–2,2 kW (0,5–3 HP)	–	–	–	–	–	–
A1-Filter EMV-Schraube entfernt[2)]	0,37–7,5 kW (0,5–10 HP)	–	–	5 m (16,4 ft)	Ja[1)]	–	–	–	–
	11–22 kW (15–30 HP)	–	–	5 m (16,4 ft)	Ja[1)]	–	–	–	–
	–	–	0,37–2,2 kW (0,5–3 HP)	5 m (16,4 ft)	Ja[1)]	–	–	–	–

Tabelle 2.13 EMV-Emission (Filtertyp: intern)

1) Frequenzbereich von 150 kHz bis 30 MHz ist nicht zwischen IEC/EN 61800-3 und EN 55011 harmonisiert und nach den Vorschriften nicht zwingend eingeschlossen.

2) Geringer Erdableitstrom Kompatibel mit Fehlerstromschutz/IT-Netzbetrieb

Die Testergebnisse in *Tabelle 2.14* wurden unter Verwendung eines Systems mit Frequenzumrichter (mit Montageplatte), Motor und abgeschirmten Motorkabeln erzielt. 3-phasige 380–480 V-Frequenzumrichter müssen über einen internen A1-Filter verfügen.

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Filtertyp (extern)	Versorgungsspannung/Nennleistung			Klasse A2/EN 55011		Klasse A1/EN 55011		Klasse B/EN 55011	
	3x380–480 V	3x200–240 V	1x200–240 V	Leitungs-geführt	Abgestrahlt	Leitungs-geführt	Abgestrahlt	Leitungs-geführt	Abgestrahlt
EMV-Filter	0,37–22 kW (0,5–30 HP)	–	–	100 m (328 ft)	Ja[1)]	100 m (328 ft)	Ja	25 m (82 ft)	–
	–	0,37–4 kW (0,5–5,4 HP)	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	0,37–2,2 kW (0,5–3 HP)	100 m (328 ft)	Ja[1)]	100 m (328 ft)	Ja	40 m (131 ft)	–
dU/dt-Filter	0,37–7,5 kW (0,5–10 HP)	–	–	–	–	–	–	–	–
	11–22 kW (15–30 HP)	–	–	150 m (492 ft)	Ja[1)]	40 m (131 ft)	Ja	–	–
	–	0,37–4 kW (0,5–5,4 HP)	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	0,37–2,2 kW (0,5–3 HP)	–	–	–	–	–	–
Sinusfilter	0,37–7,5 kW (0,5–10 HP)	–	–	50 m (164 ft)	Ja[1)]	50 m (164 ft)	Ja	–	–
	11–15 kW (15–20 HP)	–	–	150 m (492 ft)	Ja[1)]	50 m (164 ft)	Ja	–	–
	18,5–22 kW (25–30 HP)	–	–	150 m (492 ft)	Ja[1)]	100 m (328 ft)	Ja	–	–
	–	0,37–4 kW (0,5–5,4 HP)	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	0,37–2,2 kW (0,5–3 HP)	50 m (164 ft)	Ja[1)]	50 m (164 ft)	Ja	–	–
EMV-Filter + Sinusfilter	0,37–15 kW (0,5–20 HP)	–	–	150 m (492 ft)	Ja[1)]	100 m (328 ft)	Ja	–	–
	18,5–22 kW (25–30 HP)	–	–	–	–	–	–	–	–
	–	0,37–4 kW (0,5–5,4 HP)	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	0,37–2,2 kW (0,5–3 HP)	150 m (492 ft)	Ja[1)]	100 m (328 ft)	Ja	–	–

Tabelle 2.14 EMV-Emission (Filtertyp: extern)

1) Frequenzbereich von 150 kHz bis 30 MHz ist nicht zwischen IEC/EN 61800-3 und EN 55011 harmonisiert und nach den Vorschriften nicht zwingend eingeschlossen.

2.6.3 EMV-Immunität

Der VLT® Midi Drive FC 280 erfüllt die Anforderungen für Industriebereiche, die höher als in Wohn- oder Bürobereichen sind. Daher erfüllt der FC 280 auch die niedrigeren Anforderungen für Wohn- und Bürobereiche mit einem großen Sicherheitsspielraum.

Zur Dokumentation der Störfestigkeit gegenüber elektrischen Störungen/Schalttransienten wurden die nachfolgenden Störfestigkeitstests auf einem System mit folgenden Bestandteilen durchgeführt:

- Frequenzumrichter (ggf. mit Optionen).
- Abgeschirmte Steuerleitung.
- Steuerkasten mit Potenziometer, Motorkabel und Motor.

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Die Prüfungen wurden nach den folgenden Fachgrundnormen durchgeführt:

- **EN 61000-4-2 (IEC 61000-4-2) Elektrostatische Entladung (ESD)**: Simulation elektrostatischer Entladung von Personen.
- **EN 61000-4-3 (IEC 61000-4-3) Immunität gegen abgestrahlte Störungen**: 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, z. B. durch Blitzschlag in nahe gelegenen Anlagen.
- **EN 61000-4-6 (IEC 61000-4-6) Leitungsgeführte Störgrößen:** Simulation der Auswirkung von Funksendegeräten, die an Verbindungskabel angeschlossen sind.

FC 280 erfüllt den Standard IEC 61800-3. Nähere Angaben finden Sie in *Tabelle 2.15*.

Spannungsbereich: 380–480 V					
Produktnorm	**61800-3**				
Test	**ESD**	**Immunität gegen abgestrahlte Störungen**	**Impulskette**	**Stoßspannungstransienten**	**Immunität gegen leitungsgeführte Störungen**
Abnahmekriterium	**B**	**B**	**B**	**A**	**A**
Netzkabel	–	–	2 kV CN	2 kV/2 Ω Differenzbetrieb 2 kV/12 Ω CM (Common Mode)	10 V_{eff}
Motorkabel	–	–	4 kV CCC (Capacitive Clamp Coupling)	–	10 V_{eff}
Anschlusskabel für Bremse	–	–	4 kV CCC (Capacitive Clamp Coupling)	–	10 V_{eff}
Zwischenkreiskop-plungskabel	–	–	4 kV CCC (Capacitive Clamp Coupling)	–	10 V_{eff}
Relaiskabel	–	–	4 kV CCC (Capacitive Clamp Coupling)	–	10 V_{eff}
Steuerleitung	–	–	Länge >2 m (6.6 ft) 1 kV CCC (Capacitive Clamp Coupling)	Ungeschirmt: 1 kV/42 Ω CM (Common Mode)	10 V_{eff}
Standard/Feldbuskabel	–	–	Länge >2 m (6.6 ft) 1 kV CCC (Capacitive Clamp Coupling)	Ungeschirmt: 1 kV/42 Ω CM (Common Mode)	10 V_{eff}
LCP-Kabel	–	–	Länge >2 m (6.6 ft) 1 kV CCC (Capacitive Clamp Coupling)	–	10 V_{eff}
Gehäuse	4 kV CD 8 kV AD	10 V/m	–	–	–
Definitionen					
CD: Kontaktentladung (Contact Discharge) AD: Luftentladung (Air Discharge)		DM: Differenzbetrieb CM (Common Mode): Gleichtakt		CN: Direkte Zuführung über Kopplungsnetz CCC (Capacitive Clamp Coupling): Zuführung über kapazitive Dämpfungskopplung	

Tabelle 2.15 EMV-Immunität

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

2

2.7 Galvanische Trennung

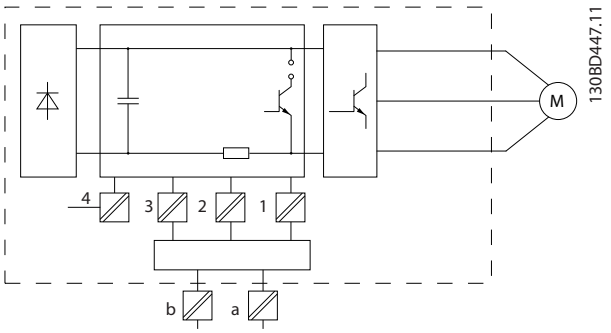
PELV bietet Schutz durch Kleinspannung. Ein Schutz gegen elektrischen Schlag gilt als gewährleistet, wenn die Stromversorgung vom Typ PELV (Schutzkleinspannung – Protective Extra Low Voltage) ist und die Installation gemäß den örtlichen bzw. nationalen Vorschriften für PELV-Versorgungen ausgeführt wurde.

Alle Steuerklemmen und die Relaisklemmen 01–03 sind mit PELV (Schutzkleinspannung – Protective extra low voltage) konform. Dies gilt nicht für den geerdeten Dreieck-Zweig über 400 V.

Sie erreichen die galvanische (sichere) Trennung, indem Sie die Anforderungen für höhere Isolierung erfüllen und die entsprechenden Kriech-Luftabstände beachten. Diese Anforderungen sind in der Norm EN 61800-5-1 beschrieben.

Die Bauteile, die die elektrische Trennung wie in *Abbildung 2.28* gezeigt bilden, erfüllen ebenfalls die Anforderungen für höhere Isolierung und der entsprechenden Tests gemäß Beschreibung in EN 61800-5-1.
Die galvanische PELV-Trennung ist an 3 Punkten vorhanden (siehe *Abbildung 2.28*):

Um den PELV-Schutzgrad beizubehalten, müssen alle steuerklemmenseitig angeschlossenen Geräte den PELV-Anforderungen entsprechen, d. h. Thermistoren müssen beispielsweise verstärkt/zweifach isoliert sein.



1	Stromversorgung (SMPS) für Steuerkassette
2	Kommunikation zwischen Leistungskarte und Steuerkassette
3	Isolierung zwischen STO-Eingängen und IGBT-Stromkreis
4	Bedarfsgerechtes Relais

Abbildung 2.28 Galvanische Trennung

Eine funktionale galvanische Trennung (a und b auf *Abbildung 2.28*) ist für die optionale externe 24 V-Versorgung und für die RS485-Standardbusschnittstelle vorgesehen.

⚠WARNUNG

Achten Sie vor dem Berühren elektrischer Bauteile darauf, dass andere Spannungseingänge, wie z. B. Zwischenkreiskopplung (Zusammenschalten eines Gleichspannungszwischenkreises) sowie der Motoranschluss beim kinetischen Speicher, ausgeschaltet sind. Halten Sie die im *Kapitel Sicherheit* in der *VLT® Midi Drive FC 280* Bedienungsanleitung angegebene Entladezeit ein. Das Nichtbeachten der Empfehlungen kann zu schweren Verletzungen oder zum Tod führen.

2.8 Erdableitstrom

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 Frequenzumrichtertechnik nutzt hohe Schaltfrequenzen bei gleichzeitig hoher Leistung. Das Schalten erzeugt einen Ableitstrom in der Erdverbindung. Ein Fehlerstrom im Frequenzumrichter an den Ausgangsleistungsklemmen kann eine Gleichstromkomponente enthalten, die die Filterkondensatoren laden und einen transienten Erdstrom verursachen kann.
Der Ableitstrom gegen Erde setzt sich aus verschiedenen Faktoren zusammen und hängt von verschiedenen Systemkonfigurationen ab, wie EMV-Filter, abgeschirmte Motorleitungen und Leistung des Frequenzumrichters.

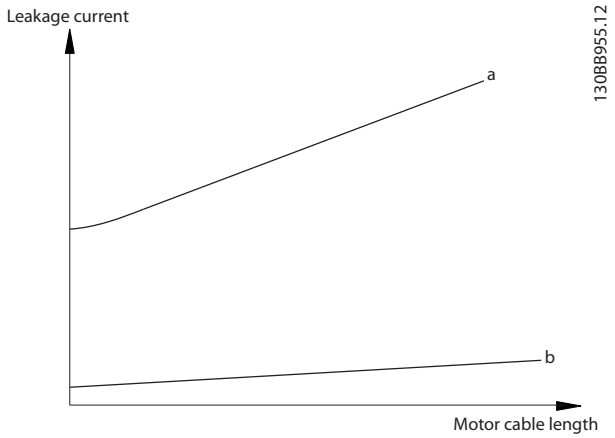


Abbildung 2.29 Einfluss von Kabellänge und Leistungsgröße auf Ableitstrom, P_a>P_b

Der Ableitstrom hängt ebenfalls von der Netzverzerrung ab.

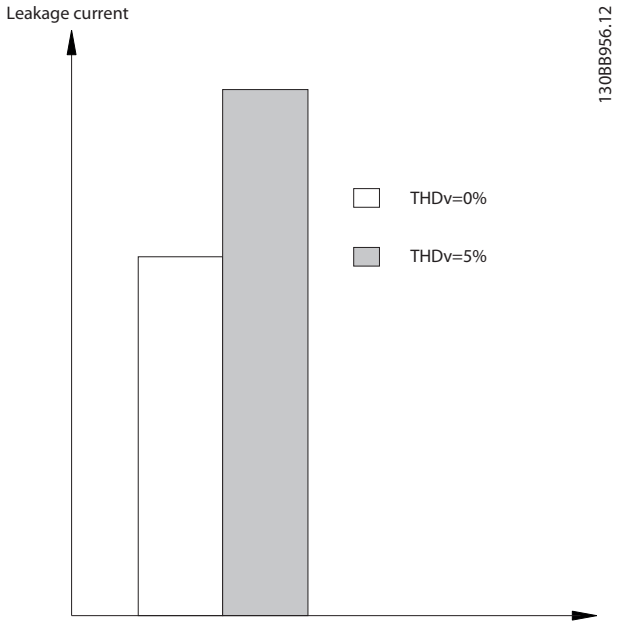


Abbildung 2.30 Einfluss der Netzverzerrung auf den Ableitstrom

HINWEIS

Hoher Ableitstrom kann zu einer Abschaltung der Fehlerstromschutzschalter führen. Entfernen Sie zur Vermeidung dieses Problems die EMV-Schraube, wenn ein Filter geladen wird.

EN 61800-5-1 (Produktnorm für Elektrische Leistungsantriebssysteme mit einstellbarer Drehzahl) stellt besondere Anforderungen, wenn der Erdableitstrom 3,5 mA übersteigt. Die Erdverbindung muss auf eine der folgenden Arten verstärkt werden:

- Erdverbindung (Klemme 95) mit einem Leitungsquerschnitt von mindestens 10 mm^2
- Zwei getrennt verlegte Erdungskabel, die die vorgeschriebenen Maße einhalten

Weitere Informationen finden Sie in EN/IEC61800-5-1.

Fehlerstromschutzschalter

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

- Verwenden Sie RCD mit Einschaltverzögerung, um Fehler durch transiente Erdströme zu vermeiden.
- Verwenden Sie Fehlerstromschutzschalter mit Einschaltverzögerung, um Fehler durch transiente Erdströme zu vermeiden.
- Bemessen Sie Fehlerstromschutzschalter in Bezug auf Systemkonfiguration und Umgebungsbedingungen.

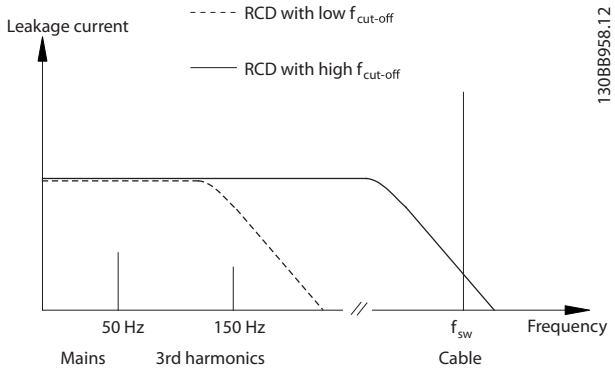


Abbildung 2.31 Hauptbeiträge zum Ableitstrom

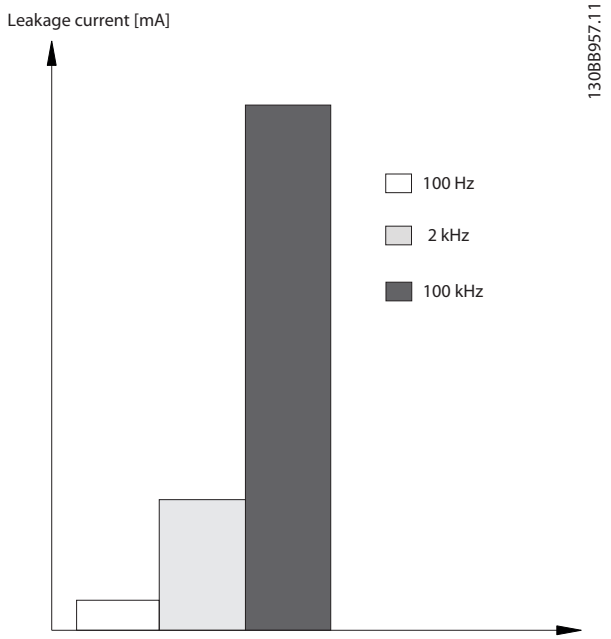


Abbildung 2.32 Einfluss der Trennfrequenz des Fehlerstromschutzschalters auf das, auf was reagiert wird/was gemessen wird

Nähere Angaben finden Sie im *Anwendungshinweis zum Fehlerstromschutzschalter*.

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

2

2.9 Bremsfunktionen

2.9.1 Mechanische Haltebremse

Eine direkt an der Motorwelle befestigte mechanische Haltebremse führt in der Regel eine statische Bremsung durch.

HINWEIS

Wenn die Haltebremse zur Sicherheitskette gehört, ist eine sichere Steuerung einer mechanischen Bremse über einen Frequenzumrichter nicht möglich. Nehmen Sie in die Gesamtinstallation eine Redundanzschaltung für die Bremsansteuerung auf.

2.9.2 Dynamische Bremse

Dynamisches Bremsen durch:

- Bremswiderstand: Ein Brems-IGBT leitet die Bremsenergie vom Motor an den angeschlossenen Bremswiderstand (*Parameter 2-10 Brake Function = [1] Bremswiderstand*) und verhindert so, dass die Überspannung einen bestimmten Grenzwert überschreitet.
  Stellen Sie den Schwellenwert in *Parameter 2-14 Brake voltage reduce* mit einem 70-V-Bereich für 3x380–480 V ein.
- AC-Bremse: Durch Ändern der Verlustbedingungen im Motor wird die Bremsenergie im Motor verteilt. Sie dürfen die AC-Bremsfunktion nicht in Anwendungen mit einer hohen Ein-/Ausschaltfrequenz verwenden, da dies zu einer Überhitzung des Motors führen würde (*Parameter 2-10 Brake Function = [2] AC-Bremse*).
- DC-Bremse: Ein übermodulierter Gleichstrom verstärkt den Wechselstrom und funktioniert als Wirbelstrombremse (*Parameter 2-02 DC Braking Time*≠ 0 s).

2.9.3 Auswahl des Bremswiderstands

Wenn erhöhte Anforderungen mit generatorischem Bremsen bewältigt werden sollen, ist ein Bremswiderstand erforderlich. Durch die Verwendung eines Bremswiderstands wird gewährleistet, dass die Wärme in diesen Bremswiderstand und nicht in den Frequenzumrichter abgeführt wird. Weitere Informationen finden Sie im *Projektierungshandbuch VLT® Bremswiderstand MCE 101*.

Ist der Betrag der kinetischen Energie, die in jedem Bremszeitraum zum Widerstand übertragen wird, unbekannt, berechnen Sie die durchschnittliche Leistung auf Basis von Zykluszeit und Bremszeit, was als Aussetzbetrieb bezeichnet wird. Der Arbeitszyklus für Aussetzbetrieb des Widerstandes gibt den Arbeitszyklus an, für den der Widerstand ausgelegt ist. *Abbildung 2.33* zeigt einen typischen Bremszyklus.

Sie können den Arbeitszyklus für Aussetzbetrieb des Widerstands wie folgt berechnen:

Arbeitszyklus = t_b/T

t_b ist die Bremsdauer in Sekunden.
T = Zykluszeit in Sekunden.

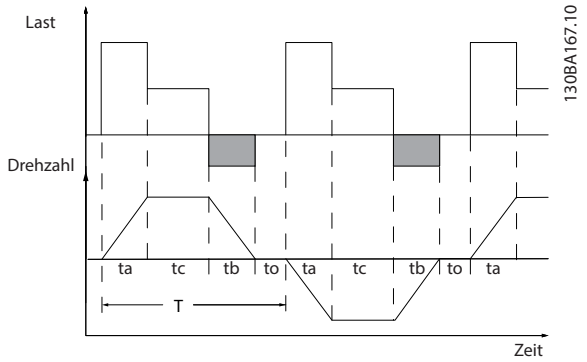


Abbildung 2.33 Typischer Bremszyklus

Leistungsbereich: **0,37–22 kW 3x380–480 V** **0,37–3,7 kW 3x200–240 V**	
Zykluszeit [s]	120
Bremsarbeitszyklus bei 100 % Drehmoment	Dauerlast
Bremsarbeitszyklus bei Übermoment (150/160%)	40%

Tabelle 2.16 Bremsung bei hohem Überlastmoment

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

HINWEIS

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

Die maximal zulässige Last am Bremswiderstand wird als Spitzenleistung bei einem gegebenen Arbeitszyklus für Aussetzbetrieb ausgedrückt und wird berechnet als:

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Berechnung des Bremswiderstands

$$R_{br}\,[\Omega] = \frac{U^2_{dc,br}\,x\,0.83}{P_{Höchstwert}}$$

wobei

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

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

Größe	Bremse aktiv $U_{dc,br}$	Warnung vor Abschaltung	Cutout (Abschaltung)
FC 280 3x380–480 V	770 V	800 V	800 V
FC 280 3x200–240 V	390 V	410 V	410 V

Tabelle 2.17 Schwellenwert des Bremswiderstands

Den Schwellenwert können Sie in *Parameter 2-14 Brake voltage reduce* mit einem 70-V-Bereich einstellen.

HINWEIS

Je mehr der Wert reduziert wird, desto schneller erfolgt die Reaktion auf eine generatorische Überlast. Sie sollten dies nur verwenden, wenn Überspannungsprobleme in der Zwischenkreisspannung auftreten.

HINWEIS

Achten Sie darauf, dass der Bremswiderstand für eine Spitzenspannung von 410 V oder 800 V zugelassen ist.

Danfoss empfiehlt die Berechnung des Bremswiderstands R_{rec} gemäß der folgenden Formel. Die empfohlenen Bremswiderstände gewährleisten, dass der Frequenzumrichter mit dem maximal verfügbaren Bremsmoment (M_{br}(%)) von 160 % bremst.

$$R_{rec}\,[\Omega] = \frac{U^2_{dc}\,x\,100x\,0{,}83}{P_{motor}\,x\,M_{br\,(\%)}\,x\eta_{VLT}\,x\,\eta_{motor}}$$

η_{Motor} beträgt in der Regel 0,80 (≤7,5 kW (10 hp)); 0,85 (11–22 kW)
η_{VLT} beträgt in der Regel 0,97

Beim FC 280 wird R_{rec} bei einem Bremsmoment von 160 % wie folgt ausgedrückt:

$$480V : R_{rec} = \frac{396349}{P_{motor}}\,[\Omega]\ ^{1)}$$

$$480V : R_{rec} = \frac{397903}{P_{motor}}\,[\Omega]\ ^{2)}$$

1) Bei Frequenzumrichtern ≤ 7,5 kW Wellenleistung.
2) Bei Frequenzumrichtern mit 11-22 kW Wellenleistung.

HINWEIS

Der Widerstand des Bremswiderstands sollte den von Danfoss empfohlenen Wert nicht überschreiten. Bei Bremswiderständen mit höherem Ohmwert wird möglicherweise nicht mehr das maximale Bremsmoment von 160 % erzielt, weil der Frequenzumrichter während der Bremsung möglicherweise mit DC-Überspannung abschaltet.
Der Widerstand sollte größer als R_{min} sein.

HINWEIS

Bei einem Kurzschluss im Bremstransistor können Sie einen eventuellen Leistungsverlust im Bremswiderstand durch Unterbrechung der Netzversorgung zum Frequenzumrichter (Netzschalter, Schütz) verhindern. Der Frequenzumrichter kann den Schütz regeln.

HINWEIS

Berühren Sie den Bremswiderstand nicht, da er während des Bremsens heiß werden kann. Zur Vermeidung jeglicher Brandgefahr müssen Sie den Bremswiderstand in einer sicheren Umgebung platzieren.

2.9.4 Steuerung mit Bremsfunktion

Die Bremse ist gegen einen Kurzschluss des Bremswiderstands geschützt. Der Bremstransistor wird auf eine Kurzschlussbedingung hin überwacht. Den Schutz des Bremswiderstands vor einer Überlastung aufgrund einer Frequenzumrichterstörung kann ein Relais/ein Digitalausgang übernehmen.
Außerdem ermöglicht die Bremse eine Anzeige 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.

HINWEIS

Überwachen der Bremsleistung ist keine Sicherheitsfunktion. Um ein Überschreiten der zulässigen Bremsleistung zu verhindern, ist ein Thermoschalter erforderlich. Der Bremswiderstandskreis ist nicht gegen Erdableitstrom geschützt.

Sie können Überspannungssteuerung (OVC) (ohne Bremswiderstand) als alternative Bremsfunktion in *Parameter 2-17 Over-voltage Control* wählen. Diese Funktion ist für alle Geräte aktiv. Sie stellt sicher, dass bei Anstieg der Zwischenkreisspannung eine Abschaltung verhindert werden kann. Dies erfolgt durch Anheben der Ausgangsfrequenz zur Begrenzung der Zwischenkreisspannung. Es ist eine nützliche Funktion, z. B. wenn die Rampe-ab-Zeit zu kurz ist, um ein Abschalten des Frequenzumrichters zu

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

vermeiden. In dieser Situation wird jedoch die Rampe-Ab-Zeit automatisch verlängert.

HINWEIS

Sie können OVC aktivieren, wenn Sie einen PM-Motor betreiben (wenn *Parameter 1-10 Motor Construction* auf *[1] PM, Vollpol SPM* eingestellt ist).

2.10 Motorisolation

Motoren mit moderner Konstruktion, die für die Verwendung mit Frequenzumrichtern bestimmt sind, haben einen höheren Isolationsgrad, durch den sich die neue Generation der hocheffizienten IGBTs mit hohem dU/dt auszeichnet. Zur Nachrüstung in alten Motoren müssen Sie die Motorisolation überprüfen oder eine Dämpfung mit einem dU/dt-Filter bzw. falls erforderlich mit einem Sinusfilter durchführen.

2.10.1 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 verringert die Rampe-Auf Zeit der Spannung, die Spitzenlastspannung U_{PEAK} und den Rippel-Strom ΔI zum Motor. Das heißt, dass Strom und Spannung beinahe sinusförmig werden. Folglich reduzieren sich die akustischen Motorgeräusche auf ein Minimum.

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

2.10.2 dU/dt-Filter

Danfoss bietet dU/dt-Filter an. 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 besonders bei kurzen Motorkabeln von Bedeutung.

Im Vergleich zu Sinusfiltern (siehe *Kapitel 2.10.1 Sinusfilter*) haben die dU/dt-Filter eine Trennfrequenz über der Taktfrequenz.

2.11 Smart Logic Controller

Die Smart Logic Control (SLC) ist eine Folge benutzerdefinierter Aktionen (siehe *Parameter 13-52 SL-Controller Aktion* [x]), die ausgeführt werden, wenn das zugehörige Ereignis (siehe *Parameter 13-51 SL-Controller Ereignis* [x]) als wahr ermittelt wird.
Die Bedingung für ein Ereignis kann ein bestimmter Status sein oder wenn der Ausgang einer Logikregel oder eines Vergleicher-Funktion wahr wird. Dies führt zu einer zugehörigen Aktion, wie in *Abbildung 2.34* gezeigt.

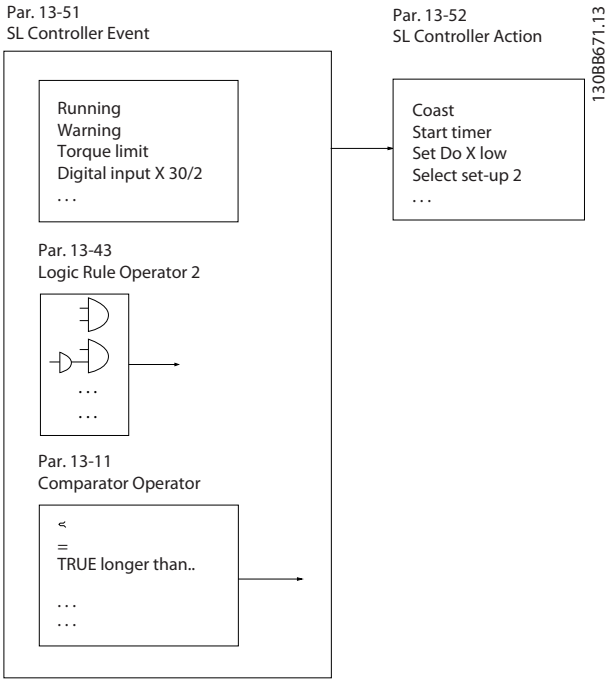


Abbildung 2.34 Zugehörige Aktion

Ereignisse und Aktionen sind jeweils nummeriert und paarweise verknüpft (Zustände). Wenn also Ereignis [0] erfüllt ist (d. h. WAHR ist), wird die Aktion [0] ausgeführt. Danach werden die Bedingungen von Ereignis [1] ausgewertet, und wenn wahr, wird Aktion [1] ausgeführt usw. 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, wird bei jedem Abtastintervall Ereignis [0] (und zwar nur Ereignis [0]) ausgewertet. Nur wenn Ereignis [0] als WAHR bewertet wird, führt der SLC Aktion [0] aus und beginnt, Ereignis [1] auszuwerten. Es ist möglich, zwischen 1 und 20 Ereignisse und Aktionen zu programmieren. Wenn das letzte Ereignis/die letzte Aktion durchgeführt wurde, startet die Sequenz ausgehend von Ereignis [0]/ Aktion [0] erneut. *Abbildung 2.35* zeigt ein Beispiel mit drei Ereignissen/Aktionen:

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

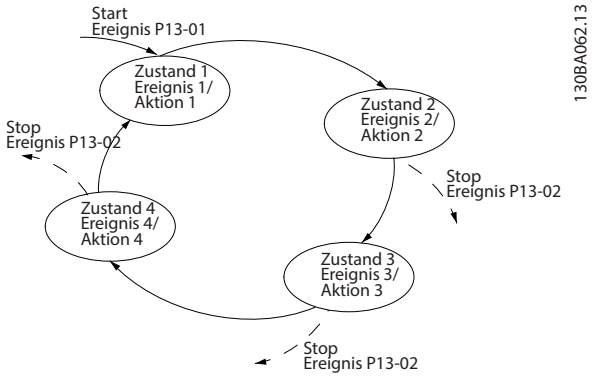


Abbildung 2.35 Sequenz mit 3 Ereignissen/Aktionen

Vergleicher

Vergleicher dienen zum Vergleichen von stetigen Variablen (z. B. Ausgangsfrequenz, Ausgangsstrom, Analogeingang) mit voreingestellten Festwerten.

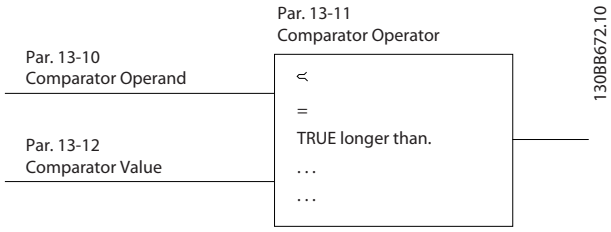


Abbildung 2.36 Vergleicher

Logikregeln

Es ist möglich, 3 bool'sche Eingänge (wahr/falsch) von Timern, Vergleichern, Digitaleingängen, Statusbits und Ereignissen über „und", „oder" und „nicht" miteinander zu verknüpfen.

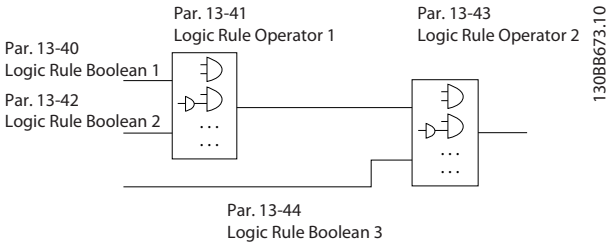


Abbildung 2.37 Logikregeln

2.12 Extreme Betriebszustände

Kurzschluss (Motorphase – Phase)

Der Frequenzumrichter ist durch seine Strommessung in jeder der 3 Motorphasen oder im DC-Zwischenkreis gegen Kurzschlüsse geschützt. Ein Kurzschluss zwischen zwei Ausgangsphasen bewirkt einen Überstrom im Frequenzumrichter. Jedoch wird jeder Frequenzumrichter einzeln abgeschaltet, sobald sein jeweiliger Kurzschlussstrom den zulässigen Wert (*Alarm 16 Abschaltblockierung*) überschreitet.

Schalten am Ausgang

Das Schalten am Ausgang zwischen Motor und Frequenzumrichter ist uneingeschränkt zulässig und beschädigt den Frequenzumrichter nicht, kann jedoch zur Anzeige von Fehlermeldungen führen. Es können allerdings Fehlermeldungen auftreten.

Vom Motor erzeugte Überspannung

Die Spannung im Zwischenkreis erhöht sich beim generatorischen Betrieb des Motors. Dies geschieht in folgenden Fällen:

- Die Last treibt den Motor an (bei konstanter Ausgangsfrequenz des Frequenzumrichters),
- Während der Verzögerung (Rampe Ab) ist die Reibung bei hohem Trägheitsmoment niedrig und die Rampe-Ab-Zeit zu kurz, um die Energie als Verlustleistung im Frequenzumrichter, Motor oder in der Anlage abzugeben.
- Eine falsche Einstellung beim Schlupfausgleich kann eine höhere Zwischenkreisspannung hervorrufen.

Die Bedieneinheit versucht ggf. die Rampe zu kompensieren (*Parameter 2-17 Überspannungssteuerung*).
Der Frequenzumrichter wird nach Erreichen eines bestimmten Spannungsniveaus abgeschaltet, um die Transistoren und die Zwischenkreiskondensatoren zu schützen.
Zur Auswahl der Methode zur Regelung des Zwischenkreis-Spannungsniveaus siehe *Parameter 2-10 Bremsfunktion* und *Parameter 2-17 Überspannungssteuerung*.

Netzausfall

Während eines Netzausfalls läuft der Frequenzumrichter weiter, bis die Spannung des Zwischenkreises unter den minimalen Stopppegel abfällt. Dieser beträgt normalerweise:

- 314 V für 3x380–480 V.
- 202 V für 3x200–240 V.
- 225 V für 1x200–240 V.

Die Höhe der Netzspannung vor dem Ausfall und die aktuelle Motorbelastung bestimmen, wie lange der Wechselrichter im Freilauf ausläuft.

Statische Überlast im Modus VVC+

Wird der Frequenzumrichter überlastet, wird die Drehmomentgrenze in *Parameter 4-16 Torque Limit Motor Mode/ Parameter 4-17 Torque Limit Generator Mode* erreicht, und die Bedieneinheit reduziert die Ausgangsfrequenz, um so die Belastung zu reduzieren.
Bei extremer Überlastung kann jedoch ein Überstrom auftreten, der den Frequenzumrichter nach etwa 5-10 s zum Abschalten zwingt.

Sie können den Betrieb innerhalb der Momentgrenze in *Parameter 14-25 Trip Delay at Torque Limit* zeitlich begrenzen (0–60 s).

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

2.12.1 Thermischer Motorschutz

Zum Schutz der Anwendung vor schwerer Beschädigung bietet der VLT® Midi DriveFC 280 verschiedene spezielle Funktionen.

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* eingestellt. *Parameter 14-25 Trip Delay at Torque Limit* regelt die Zeit vor einer Abschaltung bei Drehmomentgrenzen-Warnung.

Stromgrenze
Parameter 4-18 Current Limit regelt die Stromgrenze und *Parameter 14-24 Trip Delay at Current Limit* regelt die Zeit vor einer Abschaltung bei Stromgrenzen-Warnung.

Minimale Drehzahlgrenze
Parameter 4-12 Motor Speed Low Limit [Hz] legt die minimale Ausgangsdrehzahl fest, die der Frequenzumrichter liefern kann.

Maximal Drehzahlgrenze
Parameter 4-14 Motor Speed High Limit [Hz] oder *Parameter 4-19 Max Output Frequency* legt die maximal Ausgangsdrehzahl fest, die der Frequenzumrichter liefern kann.

ETR (Elektronisches Thermorelais)
Die ETR-Funktion des Frequenzumrichters misst den aktuellen Strom, die aktuelle Drehzahl und Zeit zur Berechnung der Motortemperatur. Außerdem schützt die Funktion den Motor vor Überhitzung (Warnung oder Abschaltung). Ein externer Thermistoreingang ist ebenfalls verfügbar. Bei ETR handelt es sich um eine elektronische Funktion, die anhand interner Messungen ein Bimetallrelais simuliert. Die Kennlinie wird in *Abbildung 2.38* gezeigt.

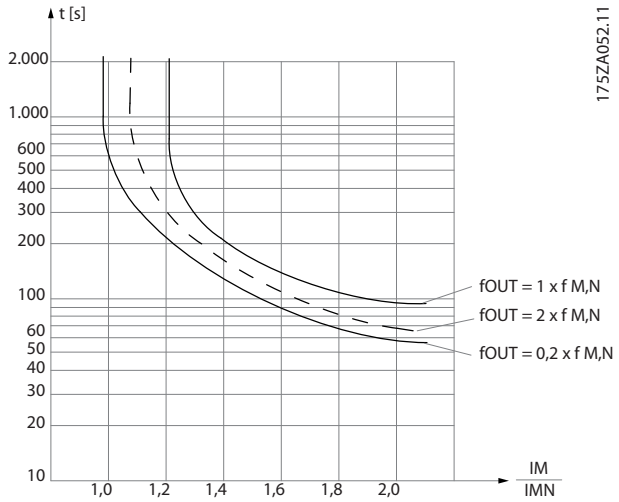


Abbildung 2.38 ETR

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.

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

3 Anwendungsbeispiele

3.1 Einführung

3.1.1 Drehgeberverbindung

Diese Anleitung soll die Konfiguration der Drehgeberverbindung mit dem Frequenzumrichter erleichtern. Vor der Konfiguration des Drehgebers werden die Grundeinstellungen für eine Drehzahlregelung mit Rückführung gezeigt.

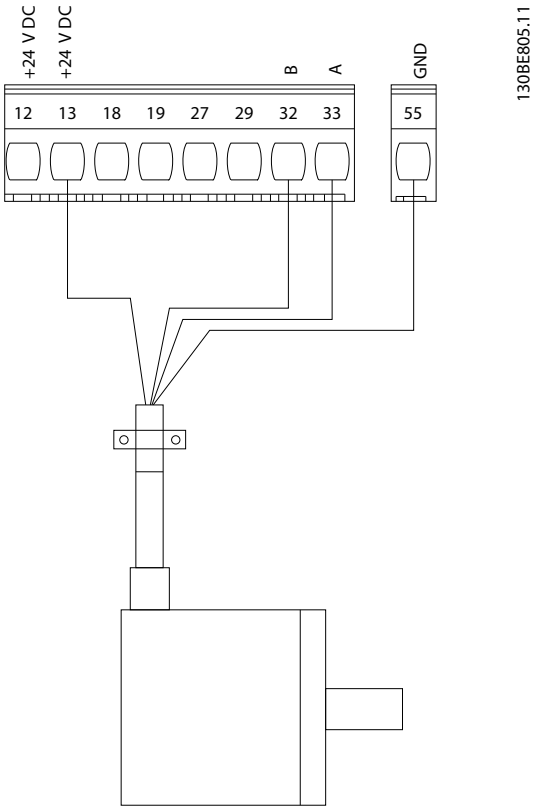


Abbildung 3.1 24-V-Drehgeber

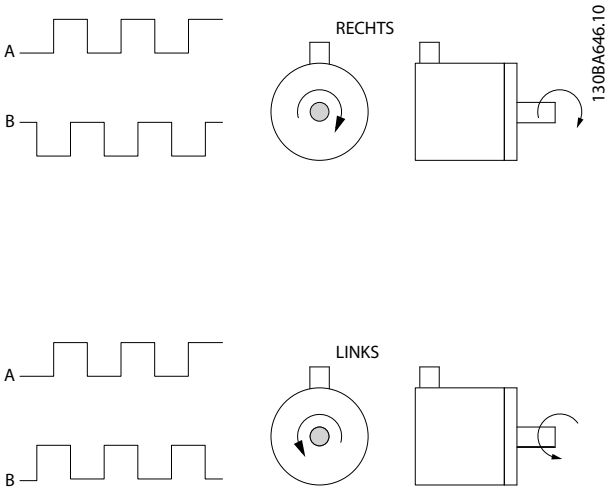


Abbildung 3.2 24-V-Inkrementalgeber, maximale Kabellänge 5 m

3.1.2 Drehgeberrichtung

Die Reihenfolge, in der die Pulse in den Frequenzumrichter eingehen, bestimmt die Drehrichtung des Drehgebers.
Rechtslauf bedeutet, dass der A-Kanal sich 90 elektrische Grad vor Kanal B befindet.
Linkslauf bedeutet, dass der B-Kanal sich 90 elektrische Grad vor Kanal A befindet.
Die Drehrichtung bezieht sich auf den Blick von vorne auf das Wellenende.

3.1.3 Frequenzumrichtersystem mit Rückführung

Ein Antriebssystem besteht üblicherweise aus mehr Elementen wie z. B.:

- Motor.
- Bremse (Getriebe, mechanische Bremse).
- Frequenzumrichter
- Drehgeber als Rückführung.
- Bremswiderstand für dynamische Bremse.
- Kupplung.
- Belastung

Anwendungen mit mechanischer Bremsansteuerung erfordern häufig auch einen Bremswiderstand für generatorisches Bremsen.

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

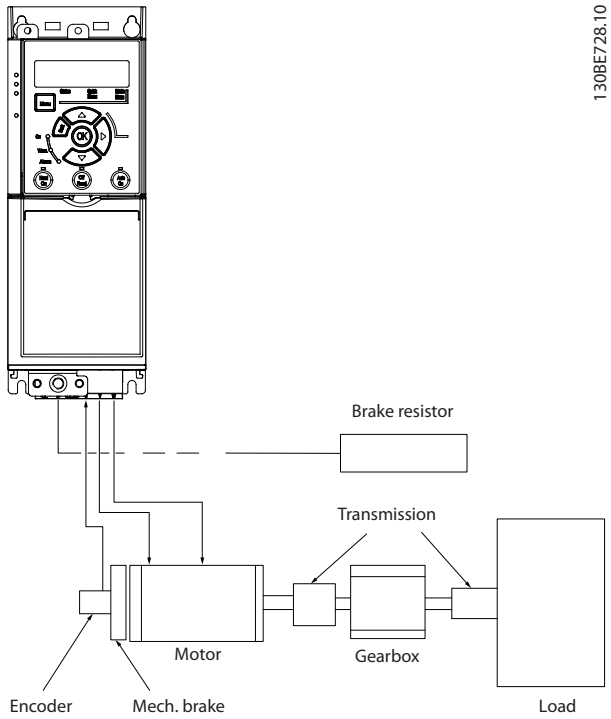
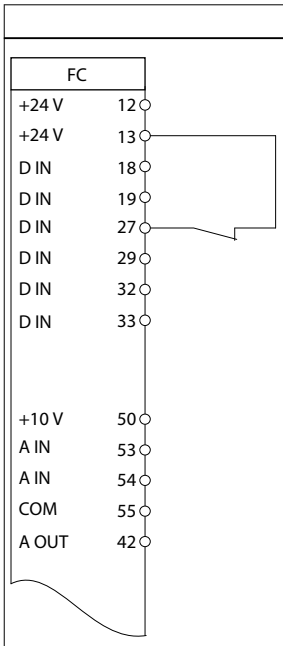


Abbildung 3.3 Basiseinstellung für Drehzahlregelung mit Istwertrückführung

3.2 Anwendungsbeispiele

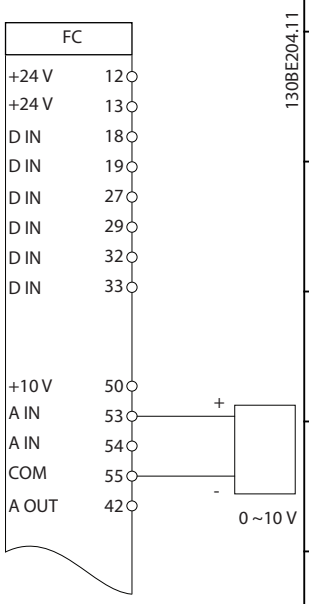
3.2.1 AMA



Parameter	
Funktion	**Einstellung**
Parameter 1-29 Autom. Motoran-passung	*[1] Komplette AMA*
Parameter 5-12 Klemme 27 Digitaleingang	**[2] Motorfreilauf invers*
* = Werkseinstellung	
Hinweise/Anmerkungen: Sie müssen *Parametergruppe 1-2* Motordaten* entsprechend den Motorspezifikationen einstellen. ***HINWEIS*** **Sind die Klemmen 13 und 27 nicht angeschlossen, stellen Sie *Parameter 5-12 Terminal 27 Digital Input* auf *[0] Ohne Funktion* ein.**	

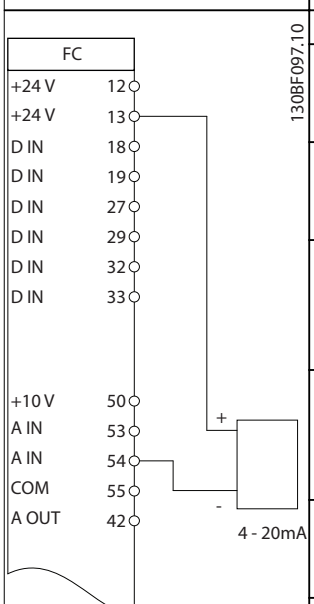
Tabelle 3.1 AMA mit angeschlossener Kl. 27

3.2.2 Drehzahl



Parameter	
Funktion	**Einstellung**
Parameter 6-10 Klemme 53 Skal. Min.Spannung	0,07 V*
Parameter 6-11 Klemme 53 Skal. Max.Spannung	10 V*
Parameter 6-14 Klemme 53 Skal. Min.-Soll/ Istwert	0
Parameter 6-15 Klemme 53 Skal. Max.-Soll/ Istwert	50
Parameter 6-19 Terminal 53 mode	*[1] Spannung*
* = Werkseinstellung	
Hinweise/Anmerkungen:	

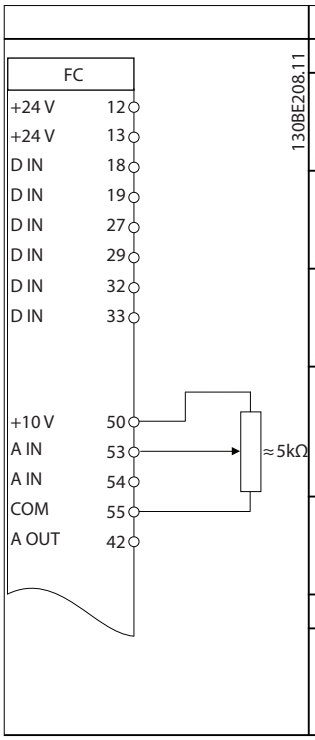
Tabelle 3.2 Analoger Drehzahlsollwert (Spannung)



Parameter	
Funktion	**Einstellung**
Parameter 6-22 Klemme 54 Skal. Min.Strom	4 mA*
Parameter 6-23 Klemme 54 Skal. Max.Strom	20 mA*
Parameter 6-24 Klemme 54 Skal. Min.-Soll/ Istwert	0
Parameter 6-25 Klemme 54 Skal. Max.-Soll/ Istwert	50
Parameter 6-29 Klemme 54 Funktion	*[0] Strom*
* = Werkseinstellung	
Hinweise/Anmerkungen:	

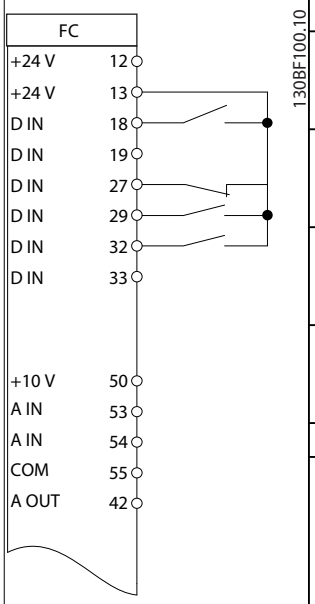
Tabelle 3.3 Analoger Drehzahlsollwert (Strom)

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.



	Parameter	
	Funktion	**Einstellung**
	Parameter 6-10 Klemme 53 Skal. Min.Spannung	0,07 V*
	Parameter 6-11 Klemme 53 Skal. Max.Spannung	10 V*
	Parameter 6-14 Klemme 53 Skal. Min.-Soll/Istwert	0
	Parameter 6-15 Klemme 53 Skal. Max.-Soll/ Istwert	50
	Parameter 6-19 Terminal 53 mode	*[1] Spannung*
	* = Werkseinstellung	
	Hinweise/Anmerkungen:	

Tabelle 3.4 Drehzahlsollwert (Verwendung eines manuellen Potenziometers)



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

Tabelle 3.5 Drehzahl auf/Drehzahl ab

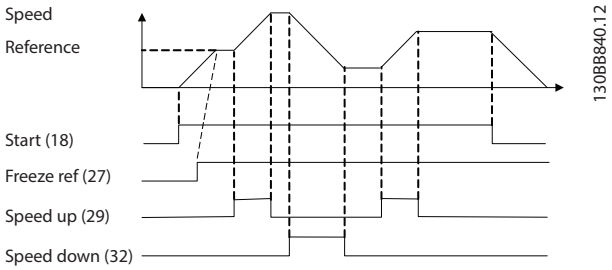
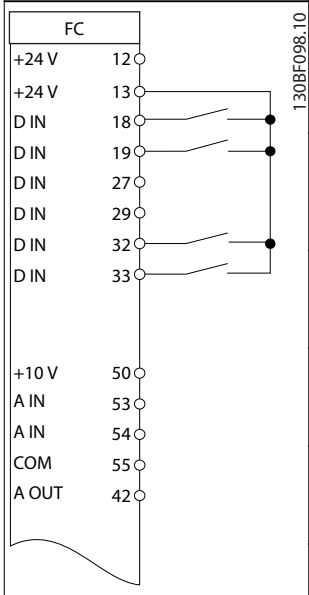


Abbildung 3.4 Drehzahl auf/Drehzahl ab

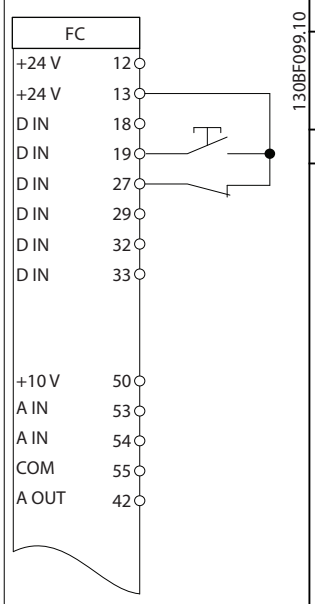
3.2.3 Start/Stopp



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

Tabelle 3.6 Start/Stopp mit Reversierung und 4 Festdrehzahlen

3.2.4 Externe Alarmquittierung



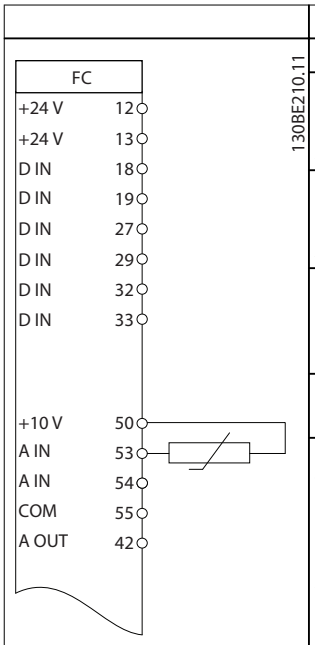
Parameter	
Funktion	**Einstellung**
Parameter 5-11 Klemme 19 Digitaleingang	*[1] Reset*
* = Werkseinstellung	
Hinweise/Anmerkungen:	

Tabelle 3.7 Externe Alarmquittierung

3.2.5 Motorthermistor

HINWEIS

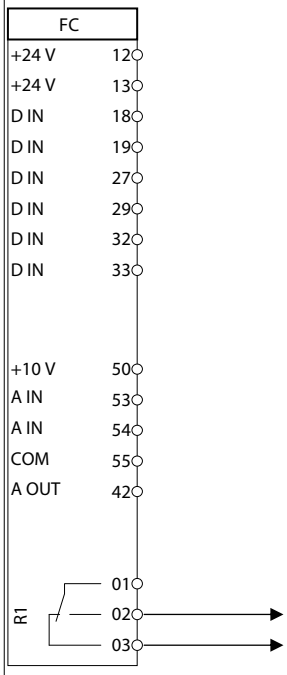
Um die PELV-Anforderungen zu erfüllen, müssen Sie Thermistoren verstärken oder zweifach isolieren.



Parameter	
Funktion	**Einstellung**
Parameter 1-90 Thermischer Motorschutz	*[2] Thermistor-Abschalt.*
Parameter 1-93 Thermistoran-schluss	*[1] Analog-eingang 53*
Parameter 6-19 Terminal 53 mode	*[1] Spannung*
* = Werkseinstellung	
Hinweise/Anmerkungen: Wenn nur eine Warnung erforderlich ist, müssen Sie *Parameter 1-90 Thermischer Motorschutz* auf *[1] Thermistor Warnung* programmieren.	

Tabelle 3.8 Motorthermistor

3.2.6 SLC



Parameter	
Funktion	**Einstellung**
Parameter 4-30 Drehgeberüber-wachung Funktion	*[1] Warnung*
Parameter 4-31 Drehgeber max. Fehlabweichung	50
Parameter 4-32 Drehgeber Timeout-Zeit	5 s
Parameter 7-00 Drehgeberrück-führung	*[1] 24V-Drehgeber*
Parameter 5-70 Kl. 32/33 Drehgeber Aufl. [Pulse/U]	1024*
Parameter 13-0 0 Smart Logic Controller	*[1] Ein*
Parameter 13-0 1 SL-Controller Start	*[19] Warnung*
Parameter 13-0 2 SL-Controller Stopp	*[44] [Reset]-Taste*
Parameter 13-1 0 Vergleicher-Operand	*[21] Nr. der Warnung*
Parameter 13-1 1 Vergleicher-Funktion	*[1] ≈*
Parameter 13-1 2 Vergleicher-Wert	61
Parameter 13-5 1 SL-Controller Ereignis	*[22] Vergleicher 0*
Parameter 13-5 2 SL-Controller Aktion	*[32] Digital-ausgang A-AUS*

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

	Parameter	
	Funktion	**Einstellung**
	Parameter 5-40 Relaisfunktion	*[80] SL-Digital-ausgang A*
	* = Werkseinstellung	
	Hinweise/Anmerkungen: Wenn der Grenzwert der Drehgeberüberwachung überschritten wird, gibt der Frequenzumrichter *Warnung 61, Istwertüberwachung* aus. Der SLC überwacht *Warnung 61, Istwertüberwachung*. Wird *Warnung 61, Istwertüber-wachung* wahr, wird Relais 1 ausgelöst. Externe Geräte können anzeigen, dass eine Wartung erforderlich ist. Wenn der Istwertfehler innerhalb von 5 s wieder unter diese Grenze fällt, läuft der Frequenzumrichter weiter, und die Warnung wird ausgeblendet. Relais 1 bleibt ausgelöst, bis Sie [Off/Reset] drücken.	

Tabelle 3.9 Verwendung von SLC zur Einstellung eines Relais

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

4 Safe Torque Off (STO)

Die Funktion „Safe Torque Off“ (STO) ist ein Bestandteil des sicherheitsbezogenen Steuerungssystems. Sie verhindert, dass der Frequenzumrichter das Drehfeld, das der Motor zum Drehen benötigt, erzeugt.

Die STO-Funktion ist für folgende Anforderungen ausgelegt und als dafür geeignet zugelassen:

- IEC/EN 61508: SIL2
- IEC/EN 61800-5-2: SIL2
- IEC/EN 62061: SILCL von SIL2
- EN ISO 13849-1: Kategorie 3 PL d

Wählen Sie die Komponenten aus und legen Sie sie im sicherheitsbezogenen Steuerungssystem richtig an, um die erforderliche Betriebssicherheitsstufe zu erreichen. Vor der Nutzung der Funktion „Safe Torque Off“ müssen Sie eine umfassende Risikoanalyse der Anlage durchführen. Dies dient dazu, zu ermitteln, ob die Funktion „Safe Torque Off“ und die Sicherheitsstufen des Frequenzumrichters für die Anlage und Anwendung angemessen und ausreichend sind.

Weitere Informationen zur Funktion Safe Torque Off (STO) finden Sie in *Kapitel 6 Safe Torque Off (STO)* in der *VLT® Midi Drive FC 280 Bedienungsanleitung*.

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

5 RS485 Installation und Konfiguration

5.1 Einführung

5.1.1 Übersicht

RS485 ist eine Zweileiter-Busschnittstelle, die mit einer busförmigen Netztopologie kompatibel ist. Sie können die Knoten als Bus oder über Übertragungskabel (Nahbuskabel) an eine gemeinsame Abnehmerleitung anschließen. Insgesamt können Sie 32 Teilnehmer (Knoten) an ein Netzwerksegment anschließen.
Netzwerksegmente sind durch Busverstärker (Repeater) unterteilt, siehe *Abbildung 5.1*.

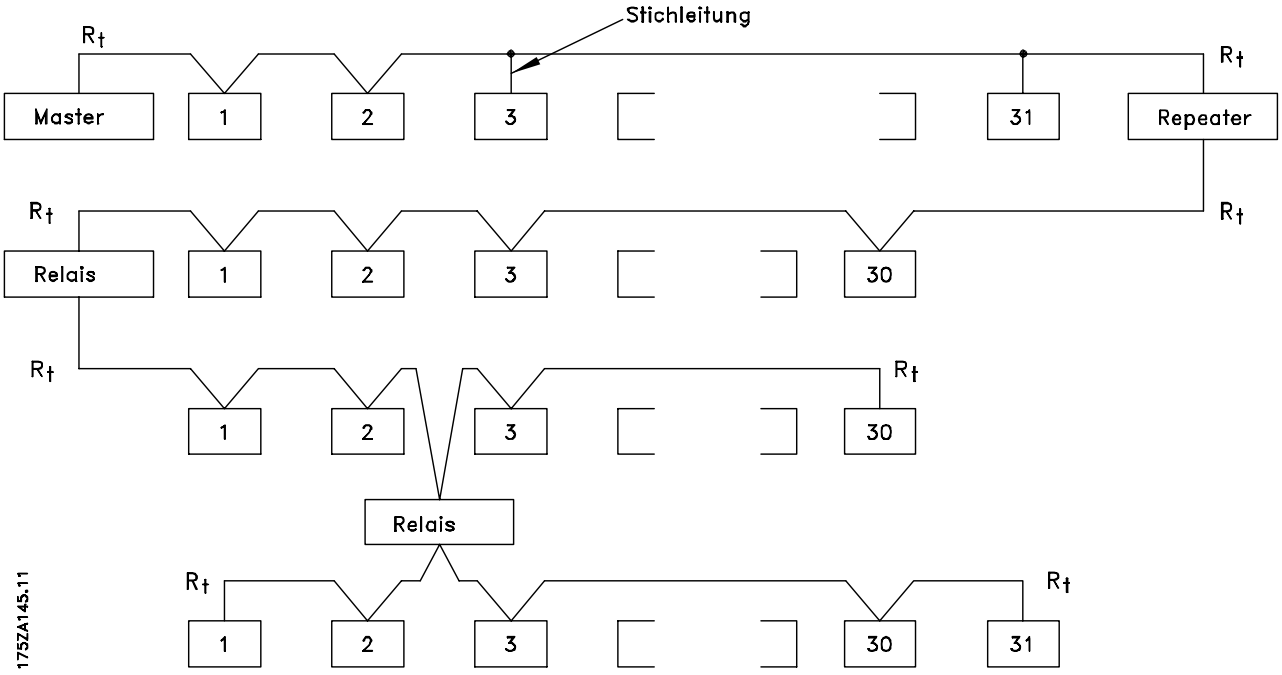


Abbildung 5.1 RS485-Busschnittstelle

HINWEIS

Jeder Repeater fungiert in dem Segment, in dem er installiert ist, als Teilnehmer. 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) des Frequenzumrichters oder mit einem polarisierten Widerstandsnetzwerk. Verwenden Sie stets ein STP-Kabel (Shielded Twisted Pair) für die Busverdrahtung, und beachten Sie 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 Netz den gleichen Kabeltyp verwenden. Verwenden Sie beim Anschluss eines Motors an den Frequenzumrichter immer ein abgeschirmtes Motorkabel.

Kabel	Abgeschirmtes verdrilltes Aderpaar (STP)
Impedanz [Ω]	120
Kabellänge [m]	Maximal 1200 (3937) (einschließlich Abzweigleitungen) Maximal 500 (1640) von Station zu Station

Tabelle 5.1 Kabelspezifikationen

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

5.1.2 Netzwerkverbindung

Verbinden Sie den Frequenzumrichter wie folgt mit dem RS-485-Netzwerk (siehe auch *Abbildung 5.2*):

1. Verbinden Sie die Signalleitungen mit Klemme 68 (P+) und Klemme 69 (N-) auf der Hauptsteuerkarte des Frequenzumrichters.
2. Verbinden Sie das Kabel mit den Kabelschellen.

HINWEIS

Zur Reduzierung von Störungen zwischen Leitern verwenden Sie abgeschirmte paarig verdrillte Kabel.

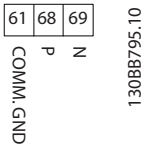


Abbildung 5.2 Netzwerkverbindung

5.1.3 Hardware-Konfiguration

Verwenden Sie zur Terminierung des RS485-Busses den Schalter für den Abschlusswiderstand an der Hauptsteuerkarte des Frequenzumrichters.

Die Werkseinstellung des Schalters ist AUS.

5.1.4 Parametereinstellungen für Modbus-Kommunikation

Parameter	Funktion
Parameter 8-30 FC-Protokoll	Dieser Parameter definiert das Anwendungsprotokoll für die RS485-Schnittstelle.
Parameter 8-31 Adresse	Dieser Parameter definiert die Teilnehmeradresse an der Schnittstelle. **HINWEIS** **Der Adressbereich hängt von der Protokollauswahl in *Parameter 8-30 FC-Protokoll* ab.**
Parameter 8-32 Baudrate	Dieser Parameter definiert die Baudrate des Frequenzumrichters an der Schnittstelle. **HINWEIS** **Die Standardbaudrate hängt von der Protokollauswahl in *Parameter 8-30 FC-Protokoll* ab.**
Parameter 8-33 Parität/Stoppbits	Dieser Parameter definiert die Parität der Schnittstelle und die Anzahl von Stoppbits. **HINWEIS** **Die Standardauswahl hängt von der Protokollauswahl in *Parameter 8-30 FC-Protokoll* ab.**
Parameter 8-35 FC-Antwortzeit Min.-Delay	Definiert die minimale Zeit, welche der Frequenzumrichter nach dem Empfang eines Frequenzumrichter-Telegramms wartet, bevor sein Antworttelegramm gesendet wird. Diese Funktion dient dem Umgehen von Modem-Umsteuerzeiten.
Parameter 8-36 FC-Antwortzeit Max.-Delay	Definiert eine maximale Zeitverzögerung zwischen dem Übertragen einer Abfrage und dem Empfang der Antwort.

Tabelle 5.2 Parametereinstellungen für Modbus-Kommunikation

5.1.5 EMV-Schutzmaßnahmen

Danfoss empfiehlt die folgenden EMV-Schutzmaßnahmen, um den störungsfreien Betrieb des RS-485-Netzwerks zu erreichen.

HINWEIS

Beachten Sie die einschlägigen nationalen und lokalen Vorschriften und Gesetze, zum Beispiel im Hinblick auf die Schutzerdung. Halten Sie das RS485-Kommunikationskabel von Motor- und Bremswiderstandskabeln fern, um das Einkoppeln von Hochfrequenzstörungen zwischen den Kabeln zu vermeiden. In der Regel ist ein Abstand von 200 mm ausreichend. Halten Sie den größtmöglichen Abstand zwischen den Kabeln ein, besonders wenn diese über weite Strecken parallel laufen. Lässt sich das Kreuzen der Kabel nicht vermeiden, muss das RS485-Kabel in einem Winkel von 90° über Motor- und Bremswiderstandskabel geführt werden.

5.2 Frequenzumrichter-Protokoll

5.2.1 Übersicht

Das Frequenzumrichter-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 Nachrichtenübertragung

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

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 RS-485 und nutzt damit die im Frequenzumrichter integrierte RS-485-Schnittstelle. Das Frequenzumrichter-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.

5.2.2 Frequenzumrichter mit Modbus RTU

Das Frequenzumrichter-Protokoll bietet Zugriff auf das Steuerwort und den Bussollwert des Frequenzumrichters.

Mit dem Steuerwort kann der Modbus-Master mehrere wichtige Funktionen des Frequenzumrichters steuern:

- Anlaufen.
- 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 der beiden in den Frequenzumrichter integrierten Relais.

Der Bussollwert wird in der Regel zur Drehzahlregelung verwendet. Es ist ebenfalls möglich, auf die Parameter zuzugreifen, ihre Werte zu lesen und, wo möglich, Werte an sie zu schreiben. Der Zugriff auf die Parameter bietet eine Reihe von Steuerungsoptionen wie die Regelung des Sollwerts des Frequenzumrichters, wenn sein interner PI-Regler verwendet wird.

5.3 Netzwerkkonfiguration

Um das FC-Protokoll für den Frequenzumrichter zu aktivieren, stellen Sie die folgenden Parameter ein.

Parameter	Einstellung
Parameter 8-30 FC-Protokoll	FC
Parameter 8-31 Adresse	1–126
Parameter 8-32 Baudrate	2400–115200
Parameter 8-33 Parität/Stoppbits	Gerade Parität, 1 Stoppbit (Werkseinstellung)

Tabelle 5.3 Parameter zum Aktivieren des Protokolls

5.4 Aufbau der Telegrammblöcke für Frequenzumrichter-Protokoll

5.4.1 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. eine gleiche Anzahl binärer Einsen in den 8 Datenbits und dem Paritätsbit zusammen). Ein Zeichen endet mit einem Stoppbit und besteht aus insgesamt 11 Bits.

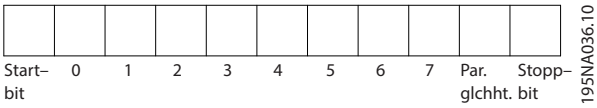


Abbildung 5.3 Inhalt eines Zeichens

5.4.2 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).

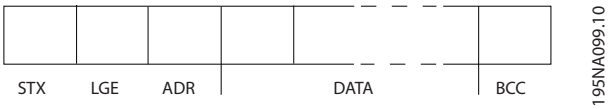


Abbildung 5.4 Telegrammaufbau

Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

5.4.3 Telegrammlänge (LGE)

Die Telegrammlänge ist die Anzahl der Datenbytes plus Adressbyte ADR und Datensteuerbyte BCC.

4 Datenbyte	LGE = 4 + 1 + 1 = 6 Byte
12 Datenbyte	LGE = 12 + 1 + 1 = 14 Byte
Text enthaltene Telegramme	10[1)]+n Byte

Tabelle 5.4 Länge des Telegramms

1) Die 10 steht für die festen Zeichen, während das n variabel ist (je nach Textlänge).

5

5.4.4 Frequenzumrichteradresse (ADR)

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.

5.4.5 Datensteuerbyte (BCC)

Die Prüfsumme wird als XOR-Funktion berechnet. Bevor das erste Byte im Telegramm empfangen wird, lautet die berechnete Prüfsumme 0.

5.4.6 Das 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)

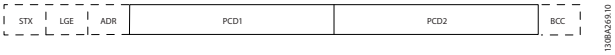


Abbildung 5.5 Prozessblock

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.

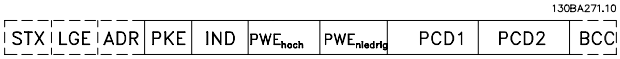


Abbildung 5.6 Parameterblock

Textblock
Der Textblock dient zum Lesen oder Schreiben von Texten über den Datenblock.

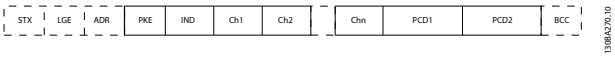


Abbildung 5.7 Textblock

5.4.7 Das PKE-Feld

Das PKE-Feld enthält zwei untergeordnete Felder:

- Parameterbefehle und Antworten (AK)
- Parameternummer (PNU)

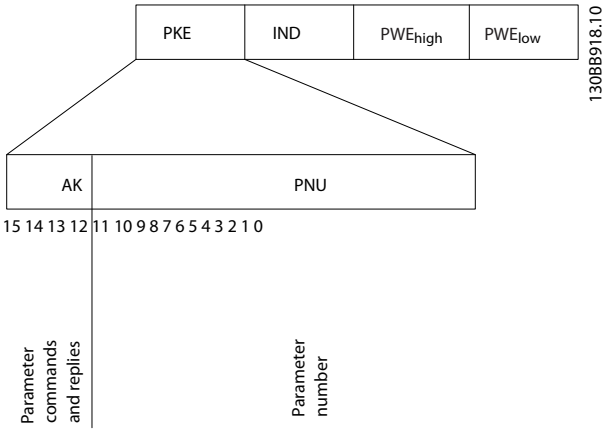


Abbildung 5.8 PKE-Feld

Die Bits Nr. 12–15 übertragen Parameterbefehle vom Master zum Follower und senden bearbeitete Follower-Antworten an den Master zurück.

Parameterbefehle Master⇒Follower				
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.

Tabelle 5.5 Parameterbefehle

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Antwort Follower⇒Master				
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 5.6 Antwort

Wenn der Befehl nicht ausgeführt werden kann, sendet der Follower die Antwort *0111 Befehl kann nicht ausgeführt werden* und gibt folgende Fehlermeldung in *Tabelle 5.7* aus.

Fehlercode	Frequenzumrichter-Spezifikation
0	Ungültige Parameternummer.
1	Parameter kann nicht geändert werden.
2	Obere oder untere Grenze überschritten.
3	Verstümmelter Subindex.
4	Kein Datenfeld.
5	Falscher Datentyp.
6	Unbenutzt.
7	Unbenutzt.
9	Beschreibungselement nicht verfügbar.
11	Kein Parameter-Schreibzugriff.
15	Kein Text verfügbar.
17	Nicht zutreffend im Betrieb.
18	Andere Fehler.
100	–
>100	–
130	Kein Buszugriff für diesen Parameter.
131	Schreiben in Werkseinstellung nicht möglich.
132	Kein LCP-Zugriff
252	Unbekannter Viewer.
253	Anforderung nicht unterstützt.
254	Unbekanntes Attribut.
255	Kein Fehler.

Tabelle 5.7 Follower-Bericht

5.4.8 Parameternummer (PNU)

Die Bits 0–11 dienen zur Übertragung der Parameternummern. Die Funktion des betreffenden Parameters ist der Parameterbeschreibung im VLT® Midi DriveFC 280 *Programmierhandbuch* zu entnehmen.

5.4.9 Index (IND)

Der Index wird mit der Parameternummer zum Lesen/Schreiben von Zugriffsparametern mit einem Index verwendet, z. B. *Parameter 15-30 Fehlerspeicher: Fehlercode*.

Der Index besteht aus zwei Bytes, einem Low Byte und einem High Byte.

Nur das Low Byte wird als Index verwendet.

5.4.10 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.

Antwortet der Follower auf eine Parameteranfrage (Lesebefehl), so wird der aktuelle Parameterwert im PWE-Block an den Master übertragen. Wenn ein Parameter mehrere Datenoptionen enthält, z. B. *Parameter 0-01 Sprache*, wird der Datenwert durch Eingabe des Werts in den PWE-Block gewählt. Über die serielle Kommunikationsschnittstelle können nur Parameter des Datentyps 9 (Textblock) gelesen werden.

Parameter 15-40 FC-Typ bis *Parameter 15-53 Leistungsteil Seriennummer* enthalten Datentyp 9.
Zum Beispiel können Sie in *Parameter 15-40 FC-Typ* 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.

5.4.11 Vom Frequenzumrichter 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

Tabelle 5.8 Datentypen

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

5.4.12 Umwandlung

Das *Programmierhandbuch* enthält die Beschreibungen von Attributen der einzelnen Parameter. Parameterwerte werden nur als ganze Zahlen übertragen. Umrechnungsfaktoren werden zur Übertragung von Dezimalwerten verwendet.

Parameter 4-12 Min. Frequenz [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.

Umrechnungsindex	Umrechnungsfaktor
74	3600
2	100
1	10
0	1
-1	0,1
-2	0,01
-3	0,001
-4	0,0001
-5	0,00001

Tabelle 5.9 Umwandlung

5.4.13 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 Ausgangsfrequenz

Tabelle 5.10 Prozesswörter (PCD)

5.5 Beispiele

5.5.1 Schreiben eines Parameterwerts

Ändern Sie *Parameter 4-14 Max Frequenz [Hz]* zu 100 Hz. Schreiben Sie die Daten in EEPROM.

PKE = E19E Hex - Ein Wort schreiben in *Parameter 4-14 Max Frequenz [Hz]*:

- IND = 0000 Hex.
- PWEHIGH = 0000 hex.
- PWELOW = 03E8 Hex.

Datenwert 1000, entspricht 100 Hz, siehe *Kapitel 5.4.12 Umwandlung*.

Das Telegramm sieht wie *Abbildung 5.9* aus.

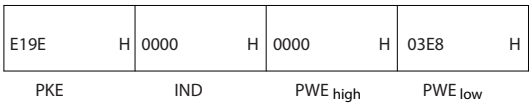


Abbildung 5.9 Telegramm

HINWEIS

***Parameter 4-14 Max Frequenz [Hz]* ist ein einzelnes Wort, und der in EEPROM zu schreibende Parameter lautet *E*. *Parameter 4-14 Max Frequenz [Hz]* ist 19E in hexadezimaler Schreibweise.**

Die Antwort des Follower an den Master ist in *Abbildung 5.10* zu sehen.

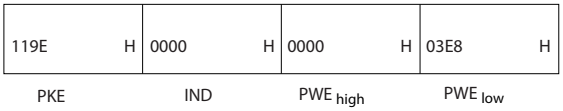


Abbildung 5.10 Antwort vom Master

5.5.2 Lesen eines Parameterwertes

Lesen Sie den Wert in *Parameter 3-41 Rampenzeit Auf 1*.

PKE = 1155 Hex - Parameterwert lesen in *Parameter 3-41 Rampenzeit Auf 1*:

- IND = 0000 Hex.
- PWE_{HIGH} = 0000 hex.
- PWE_{LOW} = 0000 Hex.

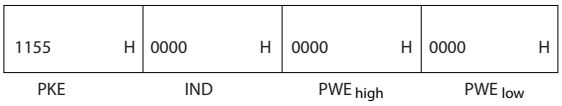


Abbildung 5.11 Telegramm

Lautet der Wert in *Parameter 3-41 Rampenzeit Auf 1* 10 s, lautet die Antwort des Follower an den Master wie in *Abbildung 5.12* zu sehen.

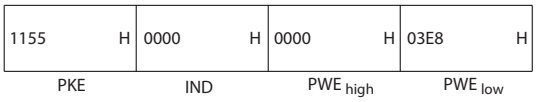


Abbildung 5.12 Antwort

Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

3E8 Hex entspricht 1000 im Dezimalformat. Der Umwandlungsindex für *Parameter 3-41 Rampenzeit Auf 1* beträgt -2, d. h. 0,01.
Parameter 3-41 Rampenzeit Auf 1 ist vom Typ *Unsigned 32* (Ohne Vorzeichen 32).

5.6 Modbus RTU

5.6.1 Was der Anwender bereits wissen sollte

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.

Das integrierte 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.

5.6.2 Übersicht

Ungeachtet der Art des physischen Kommunikationsnetzwerks wird in diesem Abschnitt der Vorgang beschrieben, den ein Regler beim Anfordern eines Zugriffs 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 Telegrammfelder.

Während der Kommunikation über ein Modbus RTU-Netzwerk nimmt das Protokoll Folgendes vor:

- Bestimmt, wie jeder Regler seine Geräteadresse lernt.
- Erkennt ein an ihn adressiertes Telegramm.
- Bestimmt die Art der auszuführenden Aktionen.
- Auslesen von Daten oder anderen Informationen aus dem Telegramm.

Wenn eine Antwort erforderlich ist, erstellt der Regler das Antworttelegramm und sendet es.
Regler kommunizieren mithilfe einer Master/Follower-Technik, bei der nur der Master Transaktionen (so genannte Abfragen) einleiten kann. Die 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 ein Broadcast-Telegramm an alle Follower einleiten.
Follower senden auf Anfragen, die direkt an sie gerichtet sind, eine Antwort. Bei Broadcast-Anfragen vom Master werden keine Antworten zurückgesendet.

Das Modbus RTU-Protokoll erstellt das Format für die Abfrage des Masters, indem es folgende Informationen bereitstellt:

- Die Geräte- (oder Broadcast-) Adresse.
- Einen Funktionscode, der die angeforderte Aktion definiert.
- Alle zu sendenden Daten.
- Ein Fehlerprüffeld.

Das Antworttelegramm 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 des Telegramms ein Fehler auftritt oder der Follower die angeforderte Maßnahme nicht durchführen kann, erstellt und sendet der Follower eine Fehlermeldung. Oder es tritt ein Timeout auf.

5.6.3 Frequenzumrichter 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:

- Anlaufen.
- Verschiedene Stopps:
  - Freilaufstopp.
  - Schnellstopp.
  - DC-Bremsstopp.
  - Normaler Stopp (Rampenstopp).
- Reset nach Fehlerabschaltung.
- Betrieb mit verschiedenen Festdrehzahlen.
- Start mit Reversierung.
- Änderung des aktiven Parametersatzes.
- Steuerung des in den Frequenzumrichter integrierten Relais.

Der Bussollwert wird in der Regel zur Drehzahlregelung verwendet. Es ist ebenfalls möglich, auf die Parameter zuzugreifen, ihre Werte zu lesen und, wo möglich, Werte an sie zu schreiben. Der Zugriff auf die Parameter bietet eine Reihe von Steuerungsoptionen wie die Regelung des Sollwerts des Frequenzumrichters, wenn sein interner PI-Regler verwendet wird.

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

5.7 Netzwerkkonfiguration

Um den Modbus RTU auf dem Frequenzumrichter zu aktivieren, müssen Sie folgende Parameter einstellen:

Parameter	Einstellung
Parameter 8-30 FC-Protokoll	Modbus RTU
Parameter 8-31 Adresse	1–247
Parameter 8-32 Baudrate	2400–115200
Parameter 8-33 Parität/Stoppbits	Gerade Parität, 1 Stoppbit (Werkseinstellung)

Tabelle 5.11 Netzwerkkonfiguration

5.8 Aufbau der Modbus RTU-Telegrammblöcke

5.8.1 Einführung

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 in *Tabelle 5.12* dargestellt.

Startbit	Datenbyte								Stopp/ Parität	Stopp

Tabelle 5.12 Format jedes Byte

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	Zyklische Redundanz-Prüfung (CRC).

Tabelle 5.13 Byte-Details

5.8.2 Modbus RTU-Telegrammaufbau

Ein Modbus RTU-Telegramm wird vom sendenden Gerät in einen Block gepackt, der einen bekannten Anfangs- und Endpunkt besitzt. Dadurch ist es dem empfangenden Gerät möglich, am Anfang des Telegramms zu beginnen, den Adressenabschnitt zu lesen, festzustellen, welches Gerät adressiert ist (oder alle Geräte, im Fall eines Broadcast-Telegramms) und festzustellen, wann das Telegramm beendet ist. Unvollständige Telegramme 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-Telegramme mit Adresse 0 sind Broadcast-Telegramme. Auf Broadcast-Telegramme ist keine Antwort erlaubt. Ein typischer Telegrammblock wird in *Tabelle 5.14* gezeigt.

Start	Adresse	Funktion	Daten	CRC-Prüfung	End
T1-T2-T3-T4	8 Bit	8 Bit	N x 8 Bit	16 Bit	T1-T2-T3-T4

Tabelle 5.14 Typischer Modbus RTU-Telegrammaufbau

5.8.3 Start-/Stoppfeld

Telegramme beginnen mit einer Sendepause von mindestens 3,5 Zeichen pro Zeiteinheit. Die Sendepause wird als Vielfaches der Zeichenintervalle mit der Baudrate implementiert, mit der im Netzwerk die Datenübertragung stattfindet (in der Abbildung als Start T1-T2-T3-T4 angegeben). Das erste übertragene Feld ist die Geräte-adresse. Nach dem letzten übertragenen Intervall markiert ein identisches Intervall von mindestens 3,5 Zeichen pro Zeiteinheit das Ende des Telegramms. Nach diesem Intervall kann ein neues Telegramm beginnen.

Übertragen Sie den gesamten Telegrammblock als kontinuierlichen Datenstrom. 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 eines neuen Telegramms 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 für die kombinierten Telegramme nicht gültig ist.

5.8.4 Adressfeld

Das Adressfeld eines Telegrammblocks 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 Followers 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

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Antwort ein, um den Master zu informieren, welches der Follower-Geräte antwortet.

5.8.5 Funktionsfeld

Das Feld für den Funktionscode eines Telegrammblocks 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. Dieser Code informiert den Master über die Art des Fehlers oder den Grund der Ausnahme. Siehe auch *Kapitel 5.8.10 Von Modbus RTU unterstützte Funktionscodes* und *Kapitel 5.8.11 Modbus-Ausnahmecodes*.

5.8.6 Datenfeld

Das Datenfeld setzt sich aus Sätzen von je 2 hexadezimalen Zeichen im Bereich von 00 bis FF (hexadezimal) zusammen. Diese Ziffern bestehen aus einem RTU-Zeichen. Das von einem Master- an ein Followergerät gesendete Telegrammdatenfeld enthält zusätzliche Informationen, die der Follower für eine entsprechende Funktion verwenden muss.

Die Informationen können folgende Punkte enthalten:

- Spulen- oder Registeradressen.
- Menge der zu behandelnden Informationen.
- Anzahl der tatsächlichen Datenbytes im Feld.

5.8.7 CRC-Prüffeld

Telegramme enthalten ein Fehlerprüffeld, das auf der zyklischen Redundanzprüfung (CRC) basiert. Das CRC-Feld prüft den Inhalt des gesamten Telegramms. Die Prüfung wird in jedem Fall durchgeführt, unabhängig vom Paritätsprüfverfahren für die einzelnen Zeichen des Telegramms. Der CRC-Wert wird vom sendenden Gerät errechnet und als letztes Feld an das Telegramm angehängt. Das empfangende Gerät führt während des Erhalts des Telegramms eine Neuberechnung der CRC durch und vergleicht den errechneten Wert mit dem tatsächlichen Wert im CRC-Feld. Zwei ungleiche Werte führen zu einem Bus-Timeout. Das CRC-Feld enthält einen 16-Bit-Binärwert, der in Form von zwei 8-Bit-Bytes implementiert wird. Nach der Fehlerprüfung wird das niederwertige Byte im Feld zuerst angehängt und anschließend das höherwertige Byte. Das höherwertige CRC-Byte ist das letzte im Rahmen des Telegramms übertragene Byte.

5.8.8 Adressieren von Einzelregistern

Im Modbus-Protokoll sind alle Daten in Einzelregistern (Spulen) und Halteregistern organisiert. Spulen halten ein einzelnes Bit, während Halteregister ein 2-Byte-Wort halten (d. h. 16 Bits). Alle Datenadressen in Modbus-Telegrammen werden als Null 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 des Telegramms 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 5.16*).	Master → Follower
17–32	Drehzahl- oder Sollwertbereich des Frequenzumrichters 0x0–0xFFFF (-200 % ... ~200 %).	Master → Follower
33–48	Zustandswort des Frequenzumrichters (siehe *Tabelle 5.17*).	Follower → Master
49–64	Regelung ohne Rückführung: Frequenzumrichter-Ausgangsfrequenz. Regelung mit Rückführung: Istwertsignal des Frequenzumrichters.	Follower → Master
65	Parameterschreibsteuerung (Master → Follower).	Master → Follower
	0 = Parameteränderungen werden zum RAM des Frequenzumrichters geschrieben.	
	1 = Parameteränderungen werden zum RAM und EEPROM des Frequenzumrichters geschrieben.	
66–65536	Reserviert.	–

Tabelle 5.15 Einzelregister

Spule	0	1
01	Festsollwert lsb	
02	Festsollwert 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	Einrichtung lsb	
15	–	
16	Keine Reversierung	Reversierung

Tabelle 5.16 Frequenzumrichter-Steuerwort (FC-Profil)

Spule	0	1
33	Steuerung nicht bereit	Steuer. bereit
34	Frequenzumrichter nicht bereit	Frequenzumrichter bereit
35	Freilaufstopp	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 Frequenz-bereich	In Freq.-Bereich
44	Gestoppt	In Betrieb
45	Unbenutzt	Unbenutzt
46	Keine Spannungswarnung	Spannungswarnung
47	Nicht in Stromgrenze	Stromgrenze
48	Keine Übertemperatur-warnung	Übertemperaturwarnung

Tabelle 5.17 Frequenzumrichter-Zustandswort (FC-Profil)

Busadresse	Busregister[1)]	PLC-Register	Inhalt	Zugriff	Beschreibung
0	1	40001	Reserviert	–	Reserviert für ältere Frequenzumrichter vom Typ VLT® 5000 und VLT® 2800.
1	2	40002	Reserviert	–	Reserviert für ältere Frequenzumrichter vom Typ VLT® 5000 und VLT® 2800.
2	3	40003	Reserviert	–	Reserviert für ältere Frequenzumrichter vom Typ VLT® 5000 und VLT® 2800.
3	4	40004	Frei	–	–
4	5	40005	Frei	–	–
5	6	40006	Modbus-Konfiguration	Lesen/Schreiben	Nur TCP. Reserviert für Modbus-TCP (*Parameter 12-28 Datenwerte speichern* und *Parameter 12-29 EEPROM speichern* - z. B. gespeichert in EEPROM).
6	7	40007	Letzter Fehlercode	Nur Lesen	Fehlercode von der Parameterdatenbank erhalten, siehe WHAT 38295 für Details
7	8	40008	Letztes Fehlerregister	Nur Lesen	Adresse des Registers, bei dem der letzte Fehler aufgetreten ist, siehe WHAT 38296 für Details.
8	9	40009	Indexzeiger	Lesen/Schreiben	Sub-Index von dem Parameter, auf den zugegriffen werden muss. Siehe WHAT 38297 für Details.
9	10	40010	*Parameter 0-01 Sprache*	Parameterzugriffsab-hängig	*Parameter 0-01 Sprache* (Modbusregister = 10 Parameternummer) 20 Bytes Platz reserviert für Parameter in Modbus Map
19	20	40020	*Parameter 0-02 Hz/UPM Umschaltung*	Parameterzugriffsab-hängig	*Parameter 0-02 Hz/UPM Umschaltung* 20 Bytes Platz reserviert für Parameter in Modbus Map
29	30	40030	*Parameter 0-03 Länder-einstellungen*	Parameterzugriffsab-hängig	*Parameter 0-03 Ländereinstellungen* 20 Bytes Platz reserviert für Parameter in Modbus Map

Tabelle 5.18 Adresse/Register

1) Ein ins Modbus RTU-Telegramm geschriebener Wert muss 1 oder kleiner als die Registernummer sein. Lesen Sie z. B. Modbus Register 1, indem Sie den Wert 0 in das Telegramm schreiben.

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

5.8.9 Steuern des Frequenzumrichters

In diesem Abschnitt werden Codes zur Verwendung in der Funktion und den Datenfeldern eines Modbus RTU-Telegramms erläutert.

5.8.10 Von Modbus RTU unterstützte Funktionscodes

Modbus RTU unterstützt die aufgeführten Funktionscodes im Funktionsfeld eines Telegramms:

Funktion	Funktionscode (Hex)
Spulen lesen (Read coils)	1
Halteregister lesen (Read holding registers)	3
Einzelspule schreiben (Write single coil)	5
Einzelregister schreiben (Write single register)	6
Mehrere Spulen schreiben (Write multiple coils)	F
Mehrere Register schreiben (Write multiple registers)	10
Komm.-Ereigniszähler abrufen (Get comm. event counter)	B
Follower-ID melden (Report Follower ID)	11

Tabelle 5.19 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	Follower-Fehlernummer ausgeben (Return Follower error count).
		14	Anzahl Follower-Telegramme ausgeben (Return Follower message count).

Tabelle 5.20 Funktionscodes

5.8.11 Modbus-Ausnahmecodes

Für eine umfassende Erläuterung des Aufbaus einer Ausnahmecode-Antwort siehe *Kapitel 5.8.5 Funktionsfeld*.

Code	Name	Bedeutung
1	Unzulässige Funktion	Der in der Anfrage empfangene Funktionscode ist keine zulässige Aktion für den Server (oder Follower). Es 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.

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Code	Name	Bedeutung
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). Dies zeigt einen Fehler in der Struktur des Rests einer komplexen Anforderung an, z. B. dass die implizierte Länge falsch ist. Es bedeutet jedoch 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 5.21 Modbus-Ausnahmecodes

5.9 Zugriff auf Parameter

5.9.1 Parameterverarbeitung

Die PNU (Parameternummer) wird aus der Registeradresse übersetzt, die in dem Modbus-Lese- oder Schreibtelegramm enthalten ist. Die Parameternummer wird als (10 x Parameternummer) D*ezimal* für Modbus übersetzt.

Beispiele

Messwert *Parameter 3-12 Frequenzkorrektur Auf/Ab* (16 Bit): Das Halteregister 3120 enthält den Wert der Parameter. Ein Wert von 1352 (Dezimal) bedeutet, dass der Parameter auf 12,52 % eingestellt ist.

Messwert *Parameter 3-14 Relativer Festsollwert* (32 Bit): Die Halteregister 3410 und 3411 enthalten die Parameterwerte. Ein Wert von 11300 (*Dezimal*) bedeutet, dass der Parameter auf 1113,00 eingestellt ist.

Weitere Informationen zu den Parametern, zur Größe und zum Umrechnungsindex finden Sie im VLT® Midi DriveFC 280 *Programmierhandbuch*.

5.9.2 Datenspeicherung

Die Spule 65 (dezimal) bestimmt, ob an den Frequenzumrichter geschriebene Daten im EEPROM und RAM (Spule 65 = 1) oder nur im RAM (Spule 65 = 0) gespeichert werden.

5.9.3 IND (Index)

Einige Parameter im Frequenzumrichter sind Arrayparameter, z. B. *Parameter 3-10 Festsollwert*. Da der Modbus keine Arrays in Halteregistern unterstützt, hat der Frequenzumrichter das Halteregister 9 als Zeiger zum Array reserviert. Stellen Sie das Halteregister 9 ein, bevor ein Arrayparameter ausgelesen oder geschrieben wird. Wenn Sie das Halteregister auf den Wert 2 einstellen, werden alle Lese-/Schreibevorgänge zu Arrayparametern mit 2 indiziert.

5.9.4 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.

5.9.5 Umrechnungsfaktor

Ein Parameterwert kann nur als ganze Zahl übertragen werden. Verwenden Sie zur Übertragung von Dezimalzahlen einen Umrechnungsfaktor.

5.9.6 Parameterwerte

Standarddatentypen

Standarddatentypen sind int 16, int 32, uint 8, uint 16 und uint 32. 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).

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

5.10 Beispiele

Die folgenden Beispiele veranschaulichen die verschiedenen Modbus RTU-Befehle.

5.10.1 Spulenzustand lesen (01 Hex)

Beschreibung
Mit dieser Funktion wird der EIN/AUS-Zustand einzelner Ausgänge (Spulen) im Frequenzumrichter ausgelesen. Broadcast wird für Lesevorgänge nie unterstützt.

Abfrage
Das Abfragetelegramm legt die Startspule und die Anzahl der zu lesenden Spulen an. Spulenadressen beginnen bei 0, d. h. Spule 33 wird als 32 adressiert.

Beispiel für eine Abfrage zum Lesen der Spulen 33 bis 48 (Zustandswort) vom Follower-Gerät 01.

Feldname	Beispiel (Hex)
Follower-Adresse	01 (Frequenzumrichteradresse)
Funktion	01 (Spulen lesen)
Startadresse HI	00
Startadresse LO	20 (32 Dezimalstellen) Spule 33
Anzahl der Punkte HI	00
Anzahl der Punkte LO	10 (16 Dezimale)
Fehlerprüfung (CRC)	–

Tabelle 5.22 Abfrage

Antwort
Der Spulenzustand im Antworttelegramm wird als eine Spule pro Bit des Datenfelds gepackt. Der Zustand wird angegeben als: 1 = ON; 0 = OFF. Das LSB des ersten Datenbytes enthält die Spule, an die die Anfrage gerichtet war. Die anderen Spulen folgen in Richtung des hochwertigen Endes des Bytes, und vom niedrigen zum hohen Wert in darauffolgenden Bytes.
Wenn die zurückgemeldete Spulenanzahl kein Vielfaches von 8 ist, werden die verbleibenden Bits im letzten Datenbyte mit Nullen aufgefüllt (in Richtung des hochwertigen Byte-Endes). Im Feld für die Bytezahl wird die Anzahl der vollständigen Datenbyte festgelegt.

Feldname	Beispiel (Hex)
Follower-Adresse	01 (Frequenzumrichteradresse)
Funktion	01 (Spulen lesen)
Bytezahl	02 (2 Datenbytes)
Daten (Spulen 40–33)	07
Daten (Spulen 48–41)	06 (STW = 0607 Hex)
Fehlerprüfung (CRC)	–

Tabelle 5.23 Antwort

HINWEIS

Spulen und Register werden explizit mit einem Offset von -1 im Modbus adressiert.
Beispielsweise wird Spule 33 als Spule 32 adressiert.

5.10.2 Einzelne Spule erzwingen/schreiben (05 Hex)

Beschreibung
Diese Funktion erzwingt den Spulenzustand EIN oder AUS. Bei einem Broadcast erzwingt diese Funktion die gleichen Ausgangsreferenzen in allen zugehörigen Followern.

Abfrage
Das Abfragetelegramm definiert das Erzwingen von Spule 65 (Parameter-Schreibsteuerung). Spulenadressen beginnen bei 0, d. h. Spule 65 wird als 64 adressiert. Setzdaten = 00 00 Hex (AUS) oder FF 00 Hex (EIN).

Feldname	Beispiel (Hex)
Follower-Adresse	01 (Frequenzumrichteradresse)
Funktion	05 (einzelne Spule schreiben)
Spulenadresse HI	00
Spulenadresse LO	40 (64 dezimal) Spule 65
Befehlskonstante HI	FF
Befehlskonstante LO	00 (FF 00 = EIN)
Fehlerprüfung (CRC)	–

Tabelle 5.24 Abfrage

Antwort
Die normale Reaktion ist ein Echo der Abfrage, das nach dem Erzwingen des Spulenstatus zurückgegeben wird.

Feldname	Beispiel (Hex)
Follower-Adresse	01
Funktion	05
Befehlskonstante HI	FF
Befehlskonstante LO	00
Anzahl Spulen HI	00
Anzahl Spulen LO	01
Fehlerprüfung (CRC)	–

Tabelle 5.25 Antwort

5.10.3 Mehrere Spulen zwangsetzen/schreiben (0F Hex)

Beschreibung
Mit dieser Funktion wird für alle Spulen in einer Folge von Spulen der Zustand EIN oder AUS erzwungen. Bei einem Broadcast erzwingt diese Funktion die gleichen Ausgangsreferenzen in allen zugehörigen Followern.

Abfrage
Das Abfrage-Telegramm gibt ein Zwangsetzen der Spulen 17 bis 32 (Drehzahlsollwert) an.

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

HINWEIS

Spulenadressen beginnen bei 0, d. h. Spule 17 wird als 16 adressiert.

Feldname	Beispiel (Hex)
Follower-Adresse	01 (Frequenzumrichteradresse)
Funktion	0F (Mehrere Spulen schreiben)
Spulenadresse HI	00
Spulenadresse LO	10 (Spulenadresse 17)
Anzahl Spulen HI	00
Anzahl Spulen LO	10 (16 Spulen)
Bytezahl	02
Daten erzwingen HI (Spulen 8–1)	20
Daten erzwingen LO (Spulen 16–9)	00 (Sollwert = 2000 Hex)
Fehlerprüfung (CRC)	–

Tabelle 5.26 Abfrage

Antwort

Die normale Antwort gibt die Follower-Adresse, den Funktionscode, die Startadresse und die Anzahl belegter Ausgänge zurück.

Feldname	Beispiel (Hex)
Follower-Adresse	01 (Frequenzumrichteradresse)
Funktion	0F (Mehrere Spulen schreiben)
Spulenadresse HI	00
Spulenadresse LO	10 (Spulenadresse 17)
Anzahl Spulen HI	00
Anzahl Spulen LO	10 (16 Spulen)
Fehlerprüfung (CRC)	–

Tabelle 5.27 Antwort

5.10.4 Halteregister lesen (03 Hex)

Beschreibung

Mithilfe dieser Funktion werden die Inhalte der Halteregister im Follower gelesen.

Abfrage

Das Abfragetelegramm legt das Startregister und die Anzahl der zu lesenden Register fest. Registeradressen beginnen bei 0, d. h. die Register 1–4 werden als 0–3 adressiert.

Beispiel: *Parameter 3-03 Maximaler Sollwert* lesen, Register 03030.

Feldname	Beispiel (Hex)
Follower-Adresse	01
Funktion	03 (Halteregister lesen)
Startadresse HI	0B (Registeradresse 3029)
Startadresse LO	D5 (Registeradresse 3029)
Anzahl der Punkte HI	00
Anzahl der Punkte LO	02 – (*Parameter 3-03 Maximaler Sollwert* ist 32 Bit lang, d. h. 2 Register)
Fehlerprüfung (CRC)	–

Tabelle 5.28 Abfrage

Antwort

Die Registerdaten im Antworttelegramm werden als zwei Byte pro Register gepackt, wobei die binären Inhalte in jedem Byte korrekt ausgerichtet sind. In jedem Register enthält das erste Byte die hohen Bits, und das zweite Byte enthält die niedrigen Bits.

Beispiel: Hex 000088B8=35,000=35 Hz.

Feldname	Beispiel (Hex)
Follower-Adresse	01
Funktion	03
Bytezahl	04
Daten HI (Register 3030)	00
Daten LO (Register 3030)	16
Daten HI (Register 3031)	E3
Daten LO (Register 3031)	60
Fehlerprüfung (CRC)	–

Tabelle 5.29 Antwort

5.10.5 Voreingestelltes, einzelnes Register (06 Hex)

Beschreibung

Mithilfe dieser Funktion wird ein Wert in einem einzigen Halteregister voreingestellt.

Abfrage

Das Abfragetelegramm definiert die Registerreferenz für die Voreinstellung. Registeradressen beginnen bei null, d. h., Register 1 wird als 0 adressiert.

Beispiel: Schreiben in *Parameter 1-00 Regelverfahren*, Register 1000.

Feldname	Beispiel (Hex)
Follower-Adresse	01
Funktion	06
Registeradresse HI	03 (Registeradresse 999)
Registeradresse LO	E7 (Registeradresse 999)
Voreinstellungsdaten HI	00
Voreinstellungsdaten LO	01
Fehlerprüfung (CRC)	–

Tabelle 5.30 Abfrage

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Antwort
Die normale Reaktion ist ein Echo der Abfrage, das nach der Weitergabe des Registerinhalts zurückgegeben wird.

Feldname	Beispiel (Hex)
Follower-Adresse	01
Funktion	06
Registeradresse HI	03
Registeradresse LO	E7
Voreinstellungsdaten HI	00
Voreinstellungsdaten LO	01
Fehlerprüfung (CRC)	–

Tabelle 5.31 Antwort

5.10.6 Voreingestellte multiple Register (10 Hex)

Beschreibung
Mithilfe dieser Funktion werden Werte in einer Sequenz von Halteregistern voreingestellt.

Abfrage
Das Abfragetelegramm definiert die Registerreferenz für die Voreinstellung. Registeradressen beginnen bei null, d. h., Register 1 wird als 0 adressiert. Beispiel einer Abfrage zur Voreinstellung von zwei Registern (Parameter *Parameter 1-24 Motornennstrom* auf 738 (7,38 A) einstellen):

Feldname	Beispiel (Hex)
Follower-Adresse	01
Funktion	10
Startadresse HI	04
Startadresse LO	07
Anzahl Register HI	00
Anzahl Register LO	02
Bytezahl	04
Schreiben von Daten HI (Register 4: 1049)	00
Schreiben von Daten LO (Register 4: 1049)	00
Schreiben von Daten HI (Register 4: 1050)	02
Schreiben von Daten LO (Register 4: 1050)	E2
Fehlerprüfung (CRC)	–

Tabelle 5.32 Abfrage

Antwort
Die normale Antwort gibt die Follower-Adresse, den Funktionscode, die Startadresse und die Anzahl der voreingestellten Register zurück.

Feldname	Beispiel (Hex)
Follower-Adresse	01
Funktion	10
Startadresse HI	04
Startadresse LO	19
Anzahl Register HI	00
Anzahl Register LO	02
Fehlerprüfung (CRC)	–

Tabelle 5.33 Antwort

5.11 Danfoss Frequenzumrichter-Steuerprofil

5.11.1 Steuerwort gemäß Frequenzumrichter-Profil (8-10 Protokoll = FC-Profil)

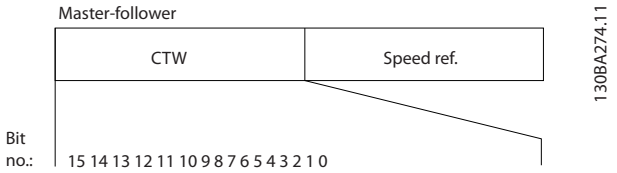


Abbildung 5.13 Steuerwort gemäß FC-Profil

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	Relais 01 geöffnet	Relais 01 aktiv
12	Relais 02 geöffnet	Relais 02 aktiv
13	Parametersatz	(lsb)
15	Ohne Funktion	Rückwärts

Tabelle 5.34 Steuerwort gemäß FC-Profil

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 Festsollwert* gemäß *Tabelle 5.35* finden.

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Programmierter Sollwert	Parameter	Bit 01	Bit 00
1	*Parameter 3-10 Festsollwert* [0]	0	0
2	*Parameter 3-10 Festsollwert* [1]	0	1
3	*Parameter 3-10 Festsollwert* [2]	1	0
4	*Parameter 3-10 Festsollwert* [3]	1	1

Tabelle 5.35 Steuerbits

HINWEIS

Definieren Sie in *Parameter 8-56 Festsollwertanwahl*, wie Bit 00/01 mit der entsprechenden Funktion an den Digitaleingängen verknüpft ist.

5

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-Bremsstrom* und *Parameter 2-02 DC-Bremszeit* ein.
Bit 02 = 1: Bewirkt Rampe.

Bit 03, Motorfreilauf
Bit 03 = 0: Der Frequenzumrichter lässt den Motor austrudeln (Ausgangstransistoren werden „abgeschaltet").
Bit 03 = 1: Der Frequenzumrichter startet den Motor, wenn die anderen Startbedingungen erfüllt sind.

Definieren Sie in *Parameter 8-50 Motorfreilauf*, wie Bit 03 mit der entsprechenden Funktion an den Digitaleingängen verknüpft ist.

Bit 04, Schnellstopp
Bit 04 = 0: Führt eine Rampe ab der Motordrehzahl bis zum Stopp durch (eingestellt in *Parameter 3-81 Rampenzeit Schnellstopp*).

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 Klemme 18 Digitaleingang* bis *Parameter 5-13 Klemme 29 Digitaleingang*), programmiert für *[21] Drehzahl auf* und *[22] Drehzahl ab*, ändern.

HINWEIS

Ist Ausgangsfrequenz speichern aktiv, können Sie den Frequenzumrichter nur durch Auswahl der folgenden Bits stoppen:

- **Bit 03 Freilaufstopp**
- **Bit 02 DC-Bremse.**
- **Digitaleingang programmiert für *[5] DC-Bremse invers*, *[2] Motorfreilauf invers* oder *[3] Mot.freil./Res.inv* (*Parameter 5-10 Klemme 18 Digitaleingang* bis *Parameter 5-13 Klemme 29 Digitaleingang*).**

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: Erlaubt dem Frequenzumrichter, den Motor zu starten, wenn die anderen Startbedingungen erfüllt sind.

In *Parameter 8-53 Start* definieren Sie, wie Bit 06 Rampenstart/-stopp 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 Vorderflanke des Signals aktiviert, d. h. beim Wechsel von Logik „0" zu Logik „1".

Bit 08, Jog
Bit 08 = 1: *Parameter 3-11 Festdrehzahl Jog [Hz]* bestimmt die Ausgangsfrequenz.

Bit 09, Auswahl von Rampe 1/2
Bit 09 = 0: Rampe 1 ist aktiv (*Parameter 3-41 Rampenzeit Auf 1* bis *Parameter 3-42 Rampenzeit Ab 1*).
Bit 09 = 1: Rampe 2 (*Parameter 3-51 Rampenzeit Auf 2* bis *Parameter 3-52 Rampenzeit Ab 2*) 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. Deaktivieren Sie das Steuerwort, wenn dieses beim Aktualisieren oder Lesen von Parametern nicht benötigt wird.

Bit 11, Relais 01
Bit 11 = 0: Relais nicht aktiviert.
Bit 11 = 1: Relais 01 ist aktiviert, vorausgesetzt in *Parameter 5-40 Relaisfunktion* wurde *[36] Steuerwort Bit 11* gewählt.

Bit 12, Relais 02
Bit 12 = 0: Relais 02 ist nicht aktiviert.
Bit 12 = 1: Relais 02 ist aktiviert, vorausgesetzt in *Parameter 5-40 Relaisfunktion* wurde *[37] Steuerwort Bit 12* gewählt.

Bit 13, Konfigurationsauswahl
Verwenden Sie Bit 13 zur Auswahl der beiden Menüeinrichtungen gemäß *Tabelle 5.36*.

Parametersatz	Bit 13
1	0
2	1

Tabelle 5.36 Menüeinrichtungen

Die Funktion ist nur möglich, wenn *[9] Externe Anwahl* in *Parameter 0-10 Aktiver Satz* gewählt ist.

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Verwenden Sie *Parameter 8-55 Satzanwahl*, um zu definieren, wie Bit 13 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 Reversierung* auf Digital eingestellt. Bit 15 bewirkt eine Reversierung nur dann, wenn eine serielle Kommunikation, *[2] ODER-Logik* oder *[3] UND-Logik* ausgewählt ist.

5.11.2 Zustandswort gemäß FC-Profil (STW)

Setzen Sie *Parameter 8-30 FC-Protokoll* auf *[0] FC-Profil*.

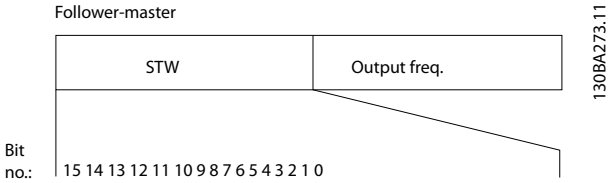


Abbildung 5.14 Zustandswort

Bit	Bit=0	Bit = 1
00	Steuerung nicht bereit	Steuer. bereit
01	Frequenzumrichter nicht bereit	Frequenzumrichter 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	Frequenzumrichter OK	Gestoppt, Auto Start
13	Spannung OK	Spannung überschritten
14	Moment OK	Moment überschritten
15	Timer OK	Timer überschritten

Tabelle 5.37 entsprechend dem Zustandswort gemäß FC-Profil

Erläuterung der Zustandsbits

Bit 00, Steuerung nicht bereit/bereit
Bit 00 = 0: Der Frequenzumrichter schaltet ab.
Bit 00 = 1: Die Frequenzumrichter-Regler sind bereit, aber die Leistungskomponente empfängt nicht notwendigerweise eine Stromversorgung (im Falle einer externen 24-V-Versorgung der Regler).

Bit 01, Frequenzumrichter bereit
Bit 01=0: Der Frequenzumrichter ist nicht betriebsbereit.

Bit 01 = 1: Der Frequenzumrichter ist betriebsbereit.

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.

Bit 08, Drehzahl Sollwert/Drehzahl = Sollwert
Bit 08 = 0: Der Motor läuft, die aktuelle Drehzahl entspricht aber nicht dem voreingestellten Drehzahlsollwert. Dies kann bei der Rampe auf/ab während des Starts/Stopps der Fall sein.
Bit 08 = 1: Die Motordrehzahl entspricht dem voreingestellten Drehzahlsollwert.

Bit 09, Ort-Betrieb/Bussteuerung
Bit 09 = 0: [Off/Reset] ist in der Bedieneinheit aktiv, oder *[2] Ort-Steuerung* in *Parameter 3-13 Sollwertvorgabe* wurde ausgewählt. Es ist nicht möglich, den Frequenzumrichter über die serielle Schnittstelle zu steuern.
Bit 09 = 1: Sie können den Frequenzumrichter über den Feldbus/die serielle Schnittstelle steuern.

Bit 10, Frequenzgrenze überschritten
Bit 10 = 0: Die Ausgangsfrequenz hat den Wert in *Parameter 4-12 Min. Frequenz [Hz]* oder *Parameter 4-14 Max Frequenz [Hz]* 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 ohne Freilauf.

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Bit 12, Frequenzumrichter OK/gestoppt, Auto Start
Bit 12 = 0: Der Frequenzumrichter hat keine temporäre Übertemperatur.
Bit 12 = 1: Der Frequenzumrichter 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 Stromgrenze.
Bit 14 = 1: Die in *Parameter 4-18 Current Limit* eingestellte Motorstromgrenze 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 %.

5

5.11.3 Bus-Drehzahlsollwert

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.

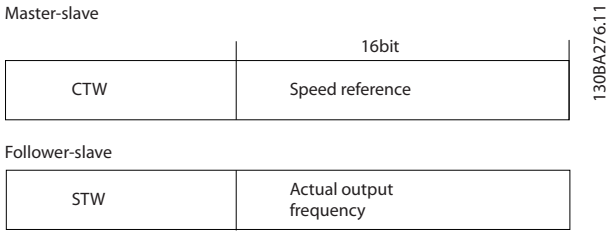


Abbildung 5.15 Aktuelle Ausgangsfrequenz (HIW)

Der Sollwert und HIW werden wie folgt skaliert:

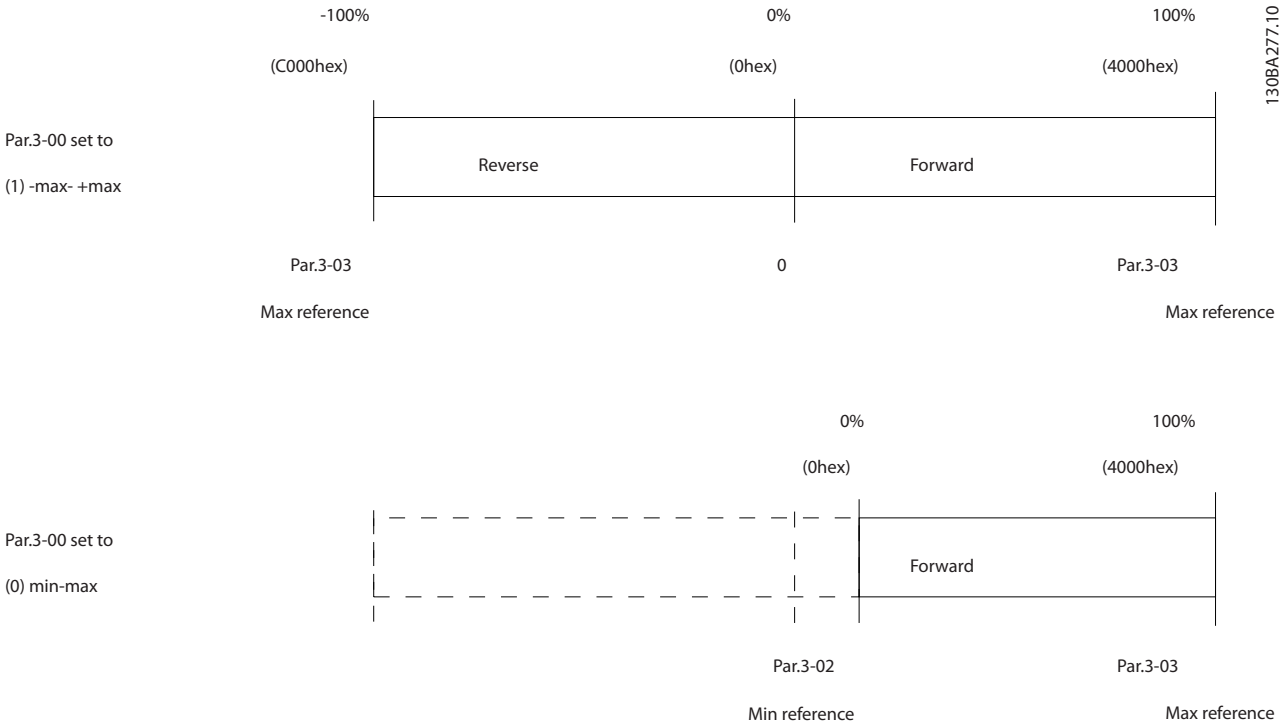


Abbildung 5.16 Sollwert und HIW

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

6 Typencode und Auswahl

6.1 Typencode

Der Typencode ist eine Zeichenkette zur Beschreibung der Frequenzumrichterkonfiguration,siehe *Abbildung 6.1*.

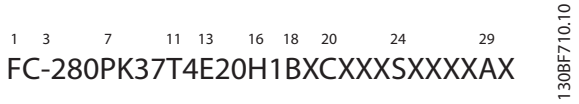


Abbildung 6.1 Typencode

Die in *Tabelle 6.1* angezeigten Zahlen beziehen sich auch die Buchstaben-/Zifferposition im Typencode-String, gelesen von links nach rechts.

Produktgruppen	1–2
Frequenzumrichter-Serie	4–6
Nennleistung	7–10
Phasen	11
Netzspannung	12
Gehäuse	13–15
EMV-Filter	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

Tabelle 6.1 Typencode-Zeichenpositionen

Sie können mit dem webbasierten Antriebskonfigurator den geeigneten Frequenzumrichter für Ihre Anwendung zusammenstellen und erhalten dann den entsprechenden Typencode. Der Antriebskonfigurator erzeugt automatisch eine 8-stellige Bestellnummer, mit der Sie den Frequenzumrichter über eine Vertriebsniederlassung vor Ort bestellen können.
Außerdem können Sie eine Projektliste mit mehreren Produkten aufstellen und an ihren Danfoss-Verkaufsingenieur senden.

Der Antriebskonfigurator ist auf der globalen Internetseite zu finden: *vltconfig.danfoss.com*.

6.2 Bestellnummern: Optionen, Zubehör und Ersatzteile

Optionen und Zubehör	Bestellnummer
VLT® Memory Module MCM 102	132B0359
VLT® Memory Module Programmer MCM 101[1)]	134B0792
VLT® Control Panel LCP 21 (Numerisch)	132B0254
VLT® Control Panel LCP 102 (Grafisch)	130B1107
Grafischer Bedieneinheitadapter	132B0281
VLT® Control Panel LCP (Blindabdeckung)	132B0262
Umbausatz IP21/Typ 1, K1	132B0335
Umbausatz IP21/Typ 1, K2	132B0336
Umbausatz IP21/Typ 1, K3	132B0337
Umbausatz IP21/Typ 1, K4	132B0338
Umbausatz IP21/Typ 1, K5	132B0339
Adapterplatte, VLT® 2800 Größe A	132B0363
Adapterplatte, VLT® 2800 Größe B	132B0364
Adapterplatte, VLT® 2800 Größe C	132B0365
Adapterplatte, VLT® 2800 Größe D	132B0366
VLT® 24 V DC-Versorgung MCB 106[1)]	132B0368
Fern-Einbausatz für LCP mit 3-m-Kabel (10 ft)	132B0102
LCP-Einbausatz ohne LCP	130B1117

Tabelle 6.2 Bestellnummern für Optionen und Zubehör

1) Erhältlich ab Mitte 2017.

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Ersatzteile	Bestellnummer
Beutel mit Zubehör, FC 280 Stecker	132B0350
Lüfter 50x20 IP21 PWM	132B0351
Lüfter 60x20 IP21 PWM	132B0352
Lüfter 70x20 IP21 PWM	132B0353
Lüfter 92x38 IP21 PWM	132B0371
Lüfter 120x38 IP21 PWM	132B0372
Klemmenabdeckung Baugröße K1	132B0354
Klemmenabdeckung Baugröße K2	132B0355
Klemmenabdeckung Baugröße K3	132B0356
Klemmenabdeckung Baugröße K4	132B0357
Klemmenabdeckung Baugröße K5	132B0358
Buskabel-Abschirmset, FC 280	132B0369
Abschirmset, Leistungs-I/O, K1	132B0373
Abschirmset, Leistungs-I/O, K2/K3	132B0374
Abschirmset, Leistungs-I/O, K4/K5	132B0375
VLT® Cassette control - Standard	132B0345
VLT® Cassette control - CANopen	132B0346
VLT® Cassette control - PROFIBUS	132B0347
VLT® Cassette control - PROFINET	132B0348
VLT® Cassette control - EtherNet/IP	132B0349
VLT® Steuerkassette - POWERLINK	132B0378

Tabelle 6.3 Bestellnummern für Ersatzteile

6.3 Bestellnummern: Bremswiderstände

Danfoss bietet eine große Auswahl an unterschiedlichen Bremswiderständen, die speziell auf unsere Frequenzumrichter abgestimmt sind. Informationen zur Dimensionierung der Bremswiderstände finden Sie im Abschnitt *Kapitel 2.9.4 Steuerung mit Bremsfunktion*. Dieser Abschnitt listet die Bestellnummern für die Bremswiderstände auf. Der Widerstand des Bremswiderstands nach Bestellnummer ist ggf. größer als R_{rec}. In diesem Fall kann das tatsächliche Bremsmoment kleiner als das maximal verfügbare Bremsmoment des Frequenzumrichters sein.

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

6.3.1 Bestellnummern: Bremswiderstände 10 %

Nennleistung	$P_{m\ (HO)}$	R_{min}	$R_{br.\ nom}$	R_{rec}	$P_{br\ avg}$	Bestell-nummer	Periode	Leitungs-querschnitt[1)]	Thermisches Relais	Maximales Bremsmoment mit Widerstand
3-phasig 380–480 V (T4)	[kW (HP)]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[kW (HP)]	175Uxxxx	[s]	[mm² (AWG)]	[A]	[%]
PK37	0,37 (0,5)	890	1041,98	989	0,030 (0,040)	3000	120	1,5 (16)	0,3	139
PK55	0,55 (0,75)	593	693,79	659	0,045 (0,060)	3001	120	1,5 (16)	0,4	131
PK75	0,75 (1,0)	434	508,78	483	0,061 (0,080)	3002	120	1,5 (16)	0,4	129
P1K1	1,1 (1,5)	288	338,05	321	0,092 (0,120)	3004	120	1,5 (16)	0,5	132
P1K5	1,5 (2,0)	208	244,41	232	0,128 (0,172)	3007	120	1,5 (16)	0,8	145
P2K2	2,2 (3,0)	139	163,95	155	0,190 (0,255)	3008	120	1,5 (16)	0,9	131
P3K0	3 (4,0)	100	118,86	112	0,262 (0,351)	3300	120	1,5 (16)	1,3	131
P4K0	4 (5,0)	74	87,93	83	0,354 (0,475)	3335	120	1,5 (16)	1,9	128
P5K5	5,5 (7,5)	54	63,33	60	0,492 (0,666)	3336	120	1,5 (16)	2,5	127
P7K5	7,5 (10)	38	46,05	43	0,677 (0,894)	3337	120	1,5 (16)	3,3	132
P11K	11 (15)	27	32,99	31	0,945 (1,267)	3338	120	1,5 (16)	5,2	130
P15K	15 (20)	19	24,02	22	1,297 (1,739)	3339	120	1,5 (16)	6,7	129
P18K	18,5 (25)	16	19,36	18	1,610 (2,158)	3340	120	1,5 (16)	8,3	132
P22K	22 (30)	16	18,00	17	1,923 (2,578)	3357	120	1,5 (16)	10,1	128

Tabelle 6.4 FC 280 - Netz: 3-phasig 380–480 V (T4), 10 % Arbeitszyklus

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Nennleistung	$P_{m\ (HO)}$	R_{min}	$R_{br.\ nom}$	R_{rec}	$P_{br\ avg}$	Bestell-nummer	Periode	Leitungs-querschnitt[1)]	Thermisches Relais	Maximales Bremsmoment mit Widerstand
3-phasig 200–240 V (T2)	[kW (HP)]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[kW (HP)]	175Uxxxx	[s]	[mm² (AWG)]	[A]	[%]
PK37	0,37 (0,5)	225	263,22	250	0,030 (0,040)	3006	120	1,5 (16)	0,6	140
PK55	0,55 (0,75)	151	176,90	168	0,045 (0,060)	3011	120	1,5 (16)	0,7	142
PK75	0,75 (1,0)	110	129,92	123	0,062 (0,083)	3016	120	1,5 (16)	0,8	143
P1K1	1,1 (1,5)	73	86,77	82	0,092 (0,120)	3021	120	1,5 (16)	0,9	139
P1K5	1,5 (2,0)	53	62,70	59	0,128 (0,172)	3026	120	1,5 (16)	1,6	143
P2K2	2,2 (3,0)	35	42,06	39	0,190 (0,255)	3031	120	1,5 (16)	1,9	140
P3K7	3,7 (5,0)	20	24,47	23	0,327 (0,439)	3326	120	1,5 (16)	3,5	145

Tabelle 6.5 FC 280 - Netz: 3-phasig 200–240 V (T2), 10 % Arbeitszyklus

1) Befolgen Sie stets die nationalen und lokalen Vorschriften zum Leitungsquerschnitt und zur Umgebungstemperatur.

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

6.3.2 Bestellnummern: Bremswiderstände 40 %

Nennleistung	$P_{m\ (HO)}$	R_{min}	$R_{br.\ nom}$	R_{rec}	$P_{br\ avg}$	Bestell-nummer	Periode	Leitungs-querschnitt[1)]	Thermisches Relais	Maximales Bremsmoment mit Widerstand
3-phasig 380–480 V (T4)	[kW (HP)]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[kW (HP)]	175Uxxxx	[s]	[mm²]	[A]	[%]
PK37	0,37 (0,5)	890	1041,98	989	0,127 (0,170)	3101	120	1,5 (16)	0,4	139
PK55	0,55 (0,75)	593	693,79	659	0,191 (0,256)	3308	120	1,5 (16)	0,5	131
PK75	0,75 (1,0)	434	508,78	483	0,260 (0,349)	3309	120	1,5 (16)	0,7	129
P1K1	1,1 (1,5)	288	338,05	321	0,391 (0,524)	3310	120	1,5 (16)	1	132
P1K5	1,5 (2,0)	208	244,41	232	0,541 (0,725)	3311	120	1,5 (16)	1,4	145
P2K2	2,2 (3,0)	139	163,95	155	0,807 (1,082)	3312	120	1,5 (16)	2,1	131
P3K0	3 (4,0)	100	118,86	112	1,113 (1,491)	3313	120	1,5 (16)	2,7	131
P4K0	4 (5,0)	74	87,93	83	1,504 (2,016)	3314	120	1,5 (16)	3,7	128
P5K5	5,5 (7,5)	54	63,33	60	2,088 (2,799)	3315	120	1,5 (16)	5	127
P7K5	7,5 (10)	38	46,05	43	2,872 (3,850)	3316	120	1,5 (16)	7,1	132
P11K	11 (15)	27	32,99	31	4,226 (5,665)	3236	120	2,5 (14)	11,5	130
P15K	15 (20)	19	24,02	22	5,804 (7,780)	3237	120	2,5 (14)	14,7	129
P18K	18,5 (25)	16	19,36	18	7,201 (9,653)	3238	120	4 (12)	19	132
P22K	22 (30)	16	18,00	17	8,604 (11,534)	3203	120	4 (12)	23	128

Tabelle 6.6 FC 280 - Netz: 3-phasig 380–480 V (T4), 40 % Arbeitszyklus

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Nennleistung	$P_{m\ (HO)}$	R_{min}	$R_{br.\ nom}$	R_{rec}	$P_{br\ avg}$	Bestell-nummer	Periode	Leitungs-querschnitt[1)]	Thermisches Relais	Maximales Bremsmoment mit Widerstand
3-phasig 200–240 V (T2)	[kW (HP)]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[kW (HP)]	175Uxxxx	[s]	[mm² (AWG)]	[A]	[%]
PK37	0,37 (0,5)	225	263,22	250	0,129 (0,173)	3096	120	1,5 (16)	0,8	140
PK55	0,55 (0,75)	151	176,90	168	0,192 (0,257)	3008	120	1,5 (16)	0,9	142
PK75	0,75 (1,0)	110	129,92	123	0,261 (0,350)	3300	120	1,5 (16)	1,3	143
P1K1	1,1 (1,5)	73	86,77	82	0,391 (0,524)	3301	120	1,5 (16)	2	139
P1K5	1,5 (2,0)	53	62,70	59	0,541 (0,725)	3302	120	1,5 (16)	2,7	143
P2K2	2,2 (3,0)	35	42,06	39	0,807 (1,082)	3303	120	1,5 (16)	4,2	140
P3K7	3,7 (5,0)	20	24,47	23	1,386 (1,859)	3305	120	1,5 (16)	6,8	145

Tabelle 6.7 FC 280 - Netz: 3-phasig 200–240 V (T2), 40 % Arbeitszyklus

1) Befolgen Sie stets die nationalen und lokalen Vorschriften zum Leitungsquerschnitt und zur Umgebungstemperatur.

6.4 Bestellnummern: Sinusfilter

Leistungs- und Stromdaten des Frequenzumrichters						Filternennstrom			Taktfrequenz[1)]	Bestellnummer	
[kW (HP)]	[A]	[kW (HP)]	[A]	[kW (HP)]	[A]	[A]	[A]	[A]	[kHz]	–	–
200–240 V		200–240 V		200–240 V		50 Hz	60 Hz	100 Hz	–	IP00	IP20
–	–	0,37 (0,5)	1,2	0,37 (0,5)	1,1	2,5	2,5	2	6	130B2404	130B2439
–	–	0,55 (0,75)	1,7	0,55 (0,75)	1,6						
0,37 (0,5)	2,2	0,75 (1)	2,2	0,75 (1)	2,1						
–	–	1,1 (1,5)	3	1,1 (1,5)	2,8	4,5	4	3,5	6	130B2406	130B2441
0,55 (0,75)	3,2	1,5 (2)	3,7	1,5 (2)	3,4						
0,75 (1)	4,2	2,2 (3)	5,3	2,2 (3)	4,8	8	7,5	5,5	6	130B2408	130B2443
1,1 (1,5)	6	3 (4)	7,2	3 (4)	6,3						
1,5 (2)	6,8	–	–	–	–						
–	–	4 (5,5)	9	4 (5,5)	8,2	10	9,5	7,5	6	130B2409	130B2444
2,2 (3)	9,6	5,5 (7,5)	12	5,5 (7,5)	11	17	16	13	6	130B2411	130B2446
3,7 (5)	15,2	7,5 (10)	15,5	7,5 (10)	14						
–	–	11 (15)	23	11 (15)	21	24	23	18	5	130B2412	130B2447
–	–	15 (20)	31	15 (20)	27	38	36	28,5	5	130B2413	130B2448
–	–	18,5 (25)	37	18,5 (25)	34						
–	–	22 (30)	42,5	22 (30)	40	48	45,5	36	5	130B2281	130B2307

Tabelle 6.8 Sinusfilter für Frequenzumrichter mit 380-480 V

1) Die Taktfrequenz kann aufgrund der Ausgangsdrehzahl (geringer als 60 % der normalen Drehzahl), Überlast oder Übertemperatur auf 3 kHz reduziert werden. Der Kunde kann die Änderung des Geräuschs vom Filter bemerken.

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Die empfohlenen Parametereinstellungen für den Betrieb mit Sinusfilter sind wie folgt:

- Stellen Sie *[1] Sinusfilter* in *Parameter 14-55 Ausgangsfilter* ein.
- Stellen Sie die Werte für die jeweiligen Filter in *Parameter 14-01 Taktfrequenz* ein. Wenn *[1] Sinusfilter* in *Parameter 14-55 Ausgangsfilter* eingestellt ist, werden die Optionen, die in *Parameter 14-01 Taktfrequenz* geringer als 5 kHz sind, automatisch entfernt.

6.5 Bestellnummern: dU/dt-Filter

Leistungs- und Stromdaten des Frequenzumrichters				Filternennstrom		Bestellnummer		
380-440 V		441-480 V		380@ 60 Hz 200–400/440 @ 50 Hz	460/480 @ 60 Hz 500/525 @ 50 Hz	IP00	IP20	IP54
[kW (HP)]	[A]	[kW (HP)]	[A]	[A]	[A]	–	–	–
11 (15)	23	11 (15)	21	44	40	130B2835	130B2836	130B2837
15 (20)	31	15 (20)	27					
18,5 (25)	37	18,5 (25)	34					
22 (30)	42,5	22 (30)	40					

Tabelle 6.9 dU/dt-Filter für Frequenzumrichter mit 380-480 V

6.6 Bestellnummern: Externe EMV-Filter

Für K1S2 und K2S2 mit in *Tabelle 6.10* aufgelisteten externen EMV-Filtern ist eine maximale Länge der abgeschirmten Kabel von 100 m (328 ft) gemäß EN/IEC 61800-3 C2 (EN 55011 A1) oder 40 m (131,2 ft) gemäß EN/IEC 61800-3 C1 (EN 55011 B) möglich.

Für K1T4, K2T4 und K3T4 mit in *Tabelle 6.10* aufgelisteten externen EMV-Filtern ist eine maximale Länge der abgeschirmten Kabel von 100 m (328 ft) gemäß EN/IEC 61800-3 C2 (EN 55011 A1) oder 25 m (82 ft) gemäß EN/IEC 61800-3 C1 (EN 55011 B) möglich.

EMV-Filter – Bestellnummer	134B5466	134B5467	134B5463	134B5464	134B5465
Frequenzumrichter – Baugröße	K1S2	K2S2	K1T4	K2T4	K3T4
Abmessungen A [mm (in)]	250 (9,8)	312,5 (12,3)	250 (9,8)	312,5 (12,3)	
Abmessungen a1 [mm (in)]	234 (9,2)	303 (11,9)	234 (9,2)	303 (11,9)	
Abmessungen a2 [mm (in)]	19,5 (0,77)	21,3 (0,84)	19,5 (0,77)	21,3 (0,84)	
Abmessungen am [mm (in)]	198 (7,8)	260 (10,2)	198 (7,8)	260 (10,2)	
Abmessungen B [mm (in)]	75 (2,95)	90 (3,54)	75 (2,95)	90 (3,54)	115 (4,53)
Abmessungen b1 [mm (in)]	55 (2,17)	70 (2,76)	55 (2,17)	70 (2,76)	90 (3,54)
Abmessungen bm [mm (in)]	60 (2,36)	70 (2,76)	60 (2,36)	70 (2,76)	90 (3,54)
Abmessungen C [mm (in)]	50 (1,97)				
Abmessungen c1 [mm (in)]	22,7 (0,89)				
Abmessungen D1 [mm (in)]	Ø5,3 (Ø0,21)				
Abmessungen Dm [mm (in)]	M4	M5	M4	M5	
Abmessungen e1 [mm (in)]	6,5 (0,26)	5 (0,20)	6,5 (0,26)	5 (0,20)	
Abmessungen f1 [mm (in)]	10 (0,39)				12,5 (0,49)
Abmessungen fm [mm (in)]	7,5 (0,30)	10 (0,39)	7,5 (0,30)	10 (0,39)	12,5 (0,49)
Befestigungsschrauben für EMV-Filter	M5				
Befestigungsschrauben für Frequenzumrichter	M4	M5	M4	M5	
Gewicht [kg (lb)]	1,10 (2,43)	1,50 (3,31)	1,20 (2,65)	1,90 (4,19)	2,10 (4,63)

Tabelle 6.10 Details des EMV-Filters für K1–K3

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

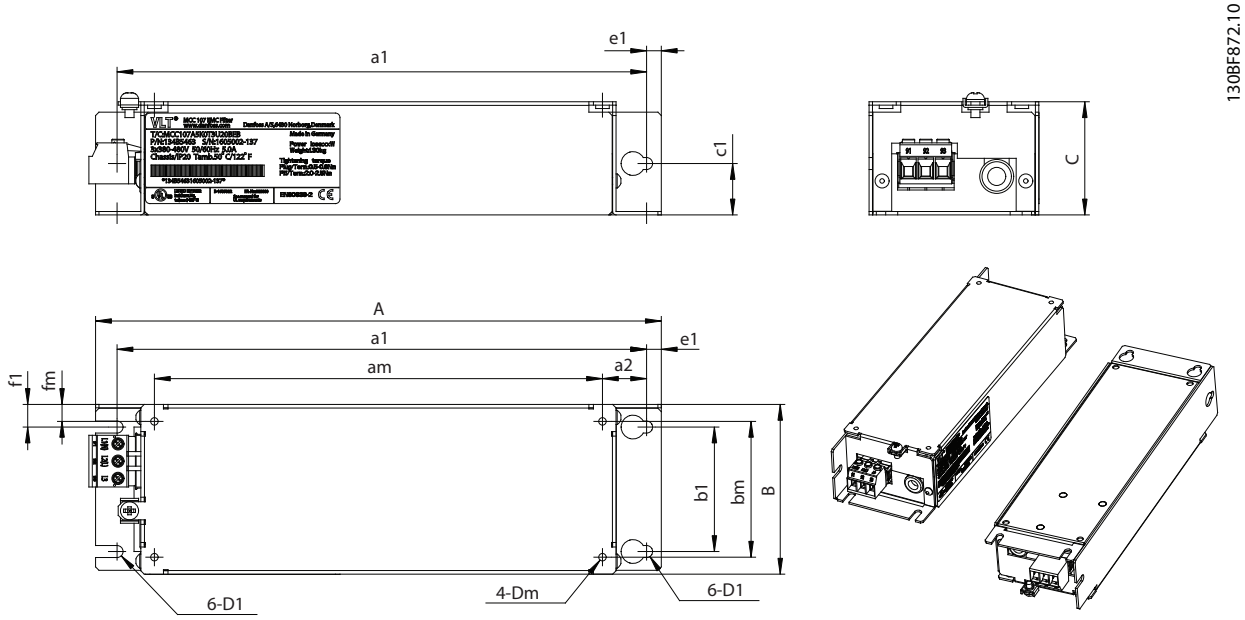


Abbildung 6.2 Abmessungen des EMV-Filters für K1–K3

Für K4T4 und K5T4 mit in *Tabelle 6.11* aufgelisteten externen EMV-Filtern ist eine maximale Länge der abgeschirmten Kabel von 100 m (328 ft) gemäß EN/IEC 61800-3 C2 (EN 55011 A1) oder 25 m (82 ft) gemäß EN/IEC 61800-3 C1 (EN 55011 B) möglich.

Leistung [kW (HP)] Größe 380-480 V	Typ	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L1	Drehmoment [Nm (in-lb)]	Gewicht [kg (lb)]	-Bestellnummer
11–15 (15–20)	FN3258-30-47	270	50	85	240	255	30	5,4	1	10,6	M5	25	40	1,9–2,2 (16,8–19,5)	1,2 (2,6)	132B0246
18,5–22 (25–30)	FN3258-42-47	310	50	85	280	295	30	5,4	1	10,6	M5	25	40	1,9–2,2 (16,8–19,5)	1,4 (3,1)	132B0247

Tabelle 6.11 Details des EMV-Filters für K4–K5

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

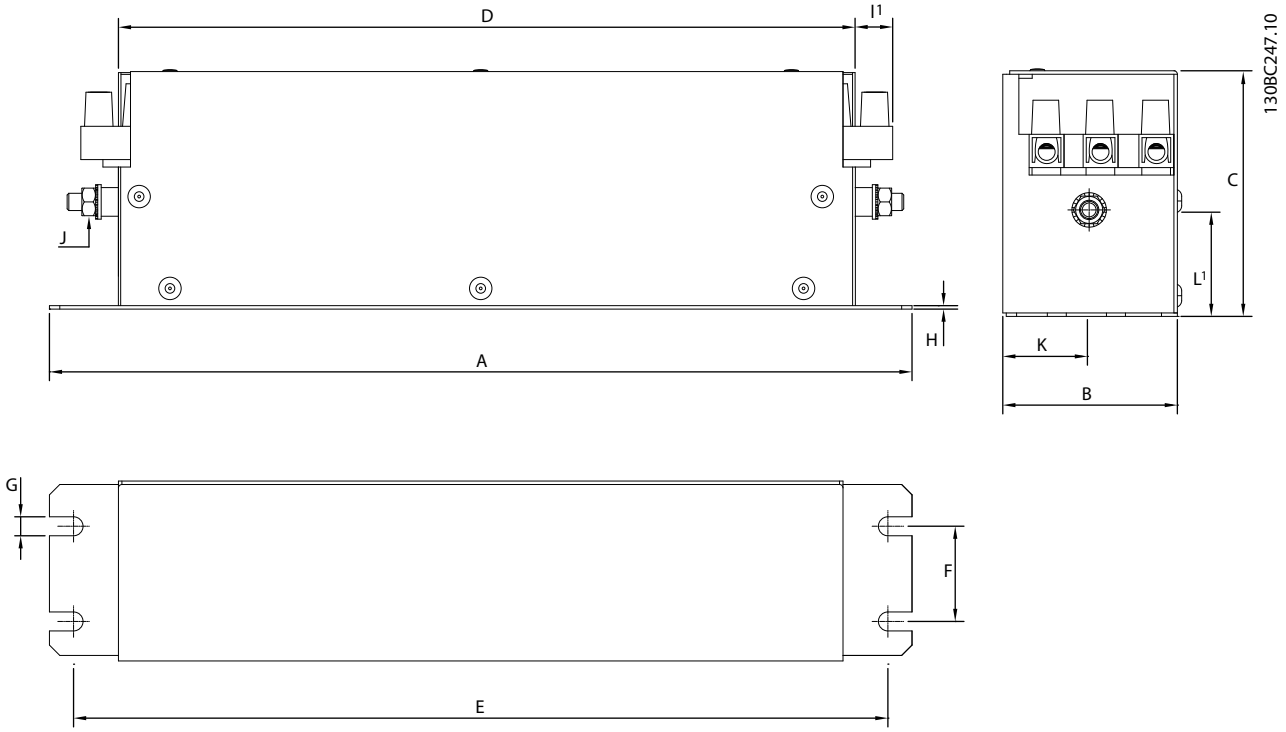


Abbildung 6.3 Abmessungen des EMV-Filters für K4–K5

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

7 Technische Daten

7.1 Elektrische Daten

Frequenzumrichter **Typische Wellenleistung [kW (HP)]**	**PK37** **0,37** **(0,5)**	**PK55** **0,55** **(0,75)**	**PK75** **0,75** **(1,0)**	**P1K1** **1,1** **(1,5)**	**P1K5** **1,5** **(2,0)**	**P2K2** **2,2** **(3,0)**	**P3K0** **3,0** **(4,0)**
Schutzart der Baugröße IP20 (optional IP21/Typ 1)	K1	K1	K1	K1	K1	K1	K2
Ausgangsstrom							
Wellenleistung [kW]	0,37	0,55	0,75	1,1	1,5	2,2	3
Dauerbetrieb (3 x 380–440 V) [A]	1,2	1,7	2,2	3	3,7	5,3	7,2
Dauerbetrieb (3 x 441–480 V) [A]	1,1	1,6	2,1	2,8	3,4	4,8	6,3
Überlast (60 s) [A]	1,9	2,7	3,5	4,8	5,9	8,5	11,5
Dauerbetrieb kVA (400 V AC) [kVA]	0,9	1,2	1,5	2,1	2,6	3,7	5,0
Dauerbetrieb kVA (480 V AC) [kVA]	0,9	1,3	1,7	2,5	2,8	4,0	5,2
Max. Eingangsstrom							
Dauerbetrieb (3 x 380–440 V) [A]	1,2	1,6	2,1	2,6	3,5	4,7	6,3
Dauerbetrieb (3 x 441–480 V) [A]	1,0	1,2	1,8	2,0	2,9	3,9	4,3
Überlast (60 s) [A]	1,9	2,6	3,4	4,2	5,6	7,5	10,1
Weitere Spezifikationen							
Maximaler Leitungsquerschnitt (Netz, Motor, Bremse und Zwischenkreiskopplung) [mm^2 (AWG)]	4 (12)						
Typische Verlustleistung bei maximaler Nennlast [W][1)]	20,9	25,2	30	40	52,9	74	94,8
Gewicht, Schutzart IP20 [kg (lb)]	2,3 (5,1)	2,3 (5,1)	2,3 (5,1)	2,3 (5,1)	2,3 (5,1)	2,5 (5,5)	3,6 (7,9)
Gewicht, Schutzart IP21 [kg (lb)]	4,0 (8,8)	4,0 (8,8)	4,0 (8,8)	4,0 (8,8)	4,0 (8,8)	4,0 (8,8)	5,5 (12,1)
Wirkungsgrad [%][2)]	96,0	96,6	96,8	97,2	97,0	97,5	98,0

Tabelle 7.1 Netzversorgung 3 x 380–480 V AC

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Frequenzumrichter Typische Wellenleistung [kW (HP)]	P4K0 4 (5,4)	P5K5 5,5 (7,5)	P7K5 7,5 (10)	P11K 11 (15)	P15K 15 (20)	P18K 18,5 (25)	P22K 22 (30)
Schutzart der Baugröße IP20 (optional IP21/Typ 1)	K2	K2	K3	K4	K4	K5	K5
Ausgangsstrom							
Wellenleistung	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22
Dauerbetrieb (3 x 380–440 V) [A]	9	12	15,5	23	31	37	42,5
Dauerbetrieb (3 x 441–480 V) [A]	8,2	11	14	21	27	34	40
Überlast (60 s) [A]	14,4	19,2	24,8	34,5	46,5	55,5	63,8
Dauerbetrieb kVA (400 V AC) [kVA]	6,2	8,3	10,7	15,9	21,5	25,6	29,5
Dauerbetrieb kVA (480 V AC) [kVA]	6,8	9,1	11,6	17,5	22,4	28,3	33,3
Max. Eingangsstrom							
Dauerbetrieb (3 x 380–440 V) [A]	8,3	11,2	15,1	22,1	29,9	35,2	41,5
Dauerbetrieb (3 x 441–480 V) [A]	6,8	9,4	12,6	18,4	24,7	29,3	34,6
Überlast (60 s) [A]	13,3	17,9	24,2	33,2	44,9	52,8	62,3
Weitere Spezifikationen							
Maximaler Leitungsquerschnitt (Netz, Motor, Bremse und Zwischenkreiskopplung) [mm^2 (AWG)]	4 (12)			16 (6)			
Typische Verlustleistung bei maximaler Nennlast [W][1)]	115,5	157,5	192,8	289,5	393,4	402,8	467,5
Gewicht, Schutzart IP20 [kg (lb)]	3,6 (7,9)	3,6 (7,9)	4,1 (9,0)	9,4 (20,7)	9,5 (20,9)	12,3 (27,1)	12,5 (27,6)
Gewicht, Schutzart IP21 [kg (lb)]	5,5 (12,1)	5,5 (12,1)	6,5 (14,3)	10,5 (23,1)	10,5 (23,1)	14,0 (30,9)	14,0 (30,9)
Wirkungsgrad [%][2)]	98,0	97,8	97,7	98,0	98,1	98,0	98,0

Tabelle 7.2 Netzversorgung 3 x 380–480 V AC

Frequenzumrichter Typische Wellenleistung [kW (HP)]	PK37 0,37 (0,5)	PK55 0,55 (0,75)	PK75 0,75 (1,0)	P1K1 1,1 (1,5)	P1K5 1,5 (2,0)	P2K2 2,2 (3,0)	P3K7 3,7 (5,0)
Schutzart der Baugröße IP20 (optional IP21/Typ 1)	K1	K1	K1	K1	K1	K2	K3
Ausgangsstrom							
Dauerbetrieb (3 x 200-240 V) [A]	2,2	3,2	4,2	6	6,8	9,6	15,2
Überlast (60 s) [A]	3,5	5,1	6,7	9,6	10,9	15,4	24,3
Dauerbetrieb kVA (230 V AC) [kVA]	0,9	1,3	1,7	2,4	2,7	3,8	6,1
Max. Eingangsstrom							
Dauerbetrieb (3 x 200-240 V) [A]	1,8	2,7	3,4	4,7	6,3	8,8	14,3
Überlast (60 s) [A]	2,9	4,3	5,4	7,5	10,1	14,1	22,9
Weitere Spezifikationen							
Maximaler Leitungsquerschnitt (Netz, Motor, Bremse und Zwischenkreiskopplung) [mm^2 (AWG)]	4 (12)						
Typische Verlustleistung bei maximaler Nennlast [W][1)]	29,4	38,5	51,1	60,7	76,1	96,1	147,5
Gewicht, Schutzart IP20 [kg (lb)]	2,3 (5,1)	2,3 (5,1)	2,3 (5,1)	2,3 (5,1)	2,3 (5,1)	2,5 (5,5)	3,6 (7,9)
Gewicht, Schutzart IP21 [kg (lb)]	4,0 (8,8)	4,0 (8,8)	4,0 (8,8)	4,0 (8,8)	4,0 (8,8)	5,5 (12,1)	6,5 (14,3)
Wirkungsgrad [%][2)]	96,4	96,6	96,3	96,6	96,5	96,7	96,7

Tabelle 7.3 Netzversorgung 3 x 200-240 V AC

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Frequenzumrichter Typische Wellenleistung [kW (HP)]	PK37 0,37 (0,5)	PK55 0,55 (0,74)	PK75 0,75 (1,0)	P1K1 1,1 (1,5)	P1K5 1,5 (2,0)	P2K2 2,2 (3,0)
Schutzart der Baugröße IP20 (optional IP21/Typ 1)	K1	K1	K1	K1	K1	K2
Ausgangsstrom						
Dauerbetrieb (3 x 200-240 V) [A]	2,2	3,2	4,2	6	6,8	9,6
Überlast (60 s) [A]	3,5	5,1	6,7	9,6	10,9	15,4
Dauerbetrieb kVA (230 V AC) [kVA]	0,9	1,3	1,7	2,4	2,7	3,8
Max. Eingangsstrom						
Dauerbetrieb (1 x 200-240 V) [A]	2,9	4,4	5,5	7,7	10,4	14,4
Überlast (60 s) [A]	4,6	7,0	8,8	12,3	16,6	23,0
Weitere Spezifikationen						
Maximaler Leitungsquerschnitt (Netz und Motor) [mm² (AWG)]	4 (12)					
Typische Verlustleistung bei maximaler Nennlast [W][1)]	37,7	46,2	56,2	76,8	97,5	121,6
Gewicht, Schutzart IP20 [kg (lb)]	2,3 (5,1)	2,3 (5,1)	2,3 (5,1)	2,3 (5,1)	2,3 (5,1)	2,5 (5,5)
Gewicht, Schutzart IP21 [kg (lb)]	4,0 (8,8)	4,0 (8,8)	4,0 (8,8)	4,0 (8,8)	4,0 (8,8)	5,5 (12,1)
Wirkungsgrad [%][2)]	94,4	95,1	95,1	95,3	95,0	95,4

Tabelle 7.4 Netzversorgung 1x200-240 V AC

1) Die typische Verlustleistung gilt für Nennlastbedingungen und sollte innerhalb von ±15 % liegen (Toleranz bezieht sich auf variierende Spannungs- und Kabelbedingungen).
Werte basieren auf einem typischen Motorwirkungsgrad (Übergang IE2/IE3). Motoren mit niedrigerem Wirkungsgrad tragen ebenfalls zur Verlustleistung im Frequenzumrichter bei, und Motoren mit hohem Wirkungsgrad reduzieren die Verlustleistung.
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. Weitere Optionen und Anschlusslasten können die Verluste um bis zu 30 W erhöhen (typisch sind allerdings nur 4 W zusätzlich, bei einer vollständig belasteten Steuerkarte bzw. einem vollständig belasteten Feldbus).
Verlustleistungsdaten gemäß EN 50598-2 finden Sie unter www.danfoss.com/vltenergyefficiency.
2) Gemessen mit 50 m (164 ft) abgeschirmten Motorkabeln bei Nennlast und Nennfrequenz. Die Energieeffizienzklasse finden Sie unter Kapitel 7.4 Umgebungsbedingungen. Informationen zu Teillastverlusten siehe www.danfoss.com/vltenergyefficiency.

7.2 Netzversorgung

Netzversorgung (L1/N, L2/L, L3)	
Versorgungsklemmen	(L1/N, L2/L, L3)
Versorgungsspannung	380–480 V: -15 % (-25 %)[1)] bis +10 %
Versorgungsspannung	200–240 V: -15 % (-25 %)[1)] bis +10 %

1) Der Frequenzumrichter kann bei einer Eingangsspannung von -25 % mit reduzierter Leistung laufen. Die maximale Ausgangsleistung des Frequenzumrichters beträgt 75 % bei einer Eingangsspannung von -25 % bzw. 85 % bei einer Eingangsspannung von -15 %.
Bei einer Netzspannung von weniger als 10 % unterhalb der niedrigsten Versorgungsnennspannung des Frequenzumrichters wird kein volles Drehmoment erreicht.

Netzfrequenz	50/60 Hz ±5 %
Maximale kurzzeitige Asymmetrie zwischen Netzphasen	3,0 % der Versorgungsnennspannung
Wirkleistungsfaktor (λ)	≥0,9 bei Nennlast
Verschiebungs-Leistungsfaktor (cos ϕ)	Nahe 1 (>0,98)
Schalten am Netzeingang (L1/N, L2/L, L3) (Anzahl der Netz-Einschaltungen) ≤7,5 kW (10 HP)	max. 2 x/Min.
Schalten am Netzeingang (L1/N, L2/L, L3) (Anzahl der Netz-Einschaltungen) 11-22 kW (15–30 HP)	max. 1 x/Min.

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

7.3 Motorausgang und Motordaten

Motorausgang (U, V, W)	
Ausgangsspannung	0–100 % der Versorgungsspannung
Ausgangsfrequenz	0–500 Hz
Ausgangsfrequenz bei VVC+-Betrieb	0–200 Hz
Schalten am Ausgang	Unbegrenzt
Rampenzeit	0,01–3600 s

Drehmomentkennlinie	
Startmoment (konstantes Drehmoment)	maximal 160 %/60 s[1)]
Überlastmoment (konstantes Drehmoment)	maximal 160 %/60 s[1)]
Anlaufstrom	maximal 200 %/1 s
Drehmomentanstiegzeit in VVC+-Modus (unabhängig von f_{sw})	Maximal 50 ms

1) Prozentwert bezieht sich auf das Nenndrehmoment. Bei Frequenzumrichtern mit einem Leistungsbereich von 11–22 kW (15–30 hp) beträgt dieser 150 %.

7.4 Umgebungsbedingungen

Umgebungsbedingungen	
IP-Klasse	IP20 (optional IP21/NEMA Typ 1)
Vibrationstest, alle Baugrößen	1,14 g
Luftfeuchtigkeit	5–95 % (IEC 721-3-3; Klasse 3K3 (nicht kondensierend) bei Betrieb
Umgebungstemperatur (bei Schaltmodus DPWM)	
- mit Leistungsreduzierung	Maximal 55 °C (131 °F)[1)2)3)]
- bei vollem konstanten Ausgangsstrom	Maximal 45 °C (113 °F)[4)]
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 (3280 ft)
Max. Höhe über dem Meeresspiegel mit Leistungsreduzierung	3000 m (9243 ft)
EMV-Normen, Störaussendung	EN 61800-3, EN 61000-3-2, EN 61000-3-3, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12, EN 61000-6-3/4, EN 55011, IEC 61800-3
EMV-Normen, Störfestigkeit	EN 61800-3, EN 61000-6-1/2, EN 61000-4-2, EN 61000-4-3 EN 61000-4-4, EN 61000-4-5, EN 61000-4-6, EN 61326-3-1
Energieeffizienzklasse[5)]	IE2

1) Siehe Kapitel 7.12 Besondere Betriebsbedingungen für:

- *Leistungsreduzierung aufgrund von hoher Umgebungstemperatur*
- *Leistungsreduzierung aufgrund von niedrigem Luftdruck*

2) Um bei der PROFIBUS-, PROFINET-, EtherNet/IP- und POWERLINK-Variante von VLT® Midi Drive FC 280 die Steuerkarte vor Überhitzung zu schützen, vermeiden Sie die volle digitale/analoge I/O-Last bei einer Umgebungstemperatur von mehr als 45 °C (113 °F).
3) Die Umgebungstemperatur für K1S2 mit Leistungsreduzierung beträgt maximal 50 °C (122 °F).
4) Die Umgebungstemperatur für K1S2 bei vollem konstantem Ausgangsstrom beträgt maximal 40 °C (104 °F).
5) Bestimmt gemäß EN 50598-2 bei:

- *Nennlast*
- *90 % der Nennfrequenz*
- *Taktfrequenz-Werkseinstellung.*
- *Schaltmodus-Werkseinstellung*
- *Offener Typ: Umgebungslufttemperatur 45 °C (113 °F).*
- *Typ 1 (NEMA-Satz): Umgebungstemperatur 45 °C (113 °F).*

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

7.5 Kabelspezifikationen

Kabellängen[1)]	
Maximale Motorkabellänge, mit Abschirmung	50 m (164 ft)
Maximale Motorkabellänge, ohne Abschirmung	75 m (246 ft)
Maximaler Querschnitt für Steuerklemmen, flexibler/starrer Draht	2,5 mm^2/14 AWG
Mindestquerschnitt für Steuerklemmen	0,55 mm^2/30 AWG
Maximale STO-Eingangskabellänge, ungeschirmt	20 m (66 ft)

1) Leistungskabelquerschnitte, siehe Tabelle 7.1, Tabelle 7.2, Tabelle 7.3 und Tabelle 7.4.
Bei Konformität mit EN 55011 1A und EN 55011 1B müssen Sie das Motorkabel in bestimmten Fällen kürzen. Nähere Angaben finden Sie unter Kapitel 2.6.2 EMV-Emission.

7.6 Steuereingang/-ausgang und Steuerdaten

Digitaleingänge	
Klemme Nr.	18, 19, 27[1)], 29, 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
Pulsfrequenzbereich	4–32 kHz
(Arbeitszyklus) minimale Pulsbreite	4,5 ms
Eingangswiderstand, R_i	Ca. 4 kΩ

1) Sie können die Klemme 27 auch als Ausgang programmieren.

STO-Eingänge	
Klemme Nr.	37, 38
Spannungsniveau	0–30 V DC
Spannungsniveau, niedrig	<1,8 V DC
Spannungsniveau, hoch	> 20 V DC
Maximale Spannung am Eingang	30 V DC
Minimaler Eingangsstrom (pro Testpunkt)	6 mA

Analogeingänge	
Anzahl der Analogeingänge	2
Klemme Nr.	53[1)], 54
Betriebsarten	Spannung oder Strom
Betriebsartwahl	Software
Spannungsniveau	0–10 V
Eingangswiderstand, Ri	Ca. 10 kΩ
Höchstspannung	-15 V bis +20 V
Strombereich	0/4 bis 20 Ma (skalierbar)
Eingangswiderstand, Ri	ca. 200 Ω
Maximaler Strom	30 mA
Auflösung der Analogeingänge	11 Bit
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.
1) Klemme 53 unterstützt nur die Einstellung Spannung, und Sie können diese auch als Digitaleingang verwenden.

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

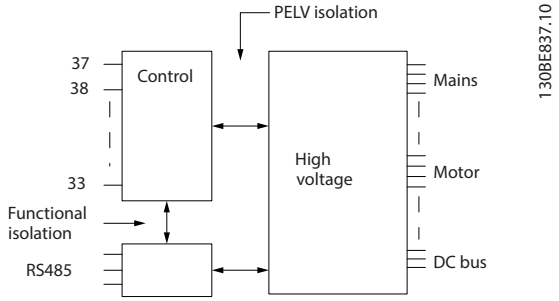


Abbildung 7.1 Galvanische Trennung

HINWEIS

GROSSE HÖHENLAGE

Bei Höhenlagen über 2000 m über NN ziehen Sie bitte die Danfoss-Hotline bezüglich PELV zurate.

Pulseingänge	
Programmierbare Pulseingänge	2
Klemmennummer Puls	29, 33
Maximale Frequenz an Klemme 29, 33	32 kHz (Gegentakt)
Maximale Frequenz an Klemme 29, 33	5 kHz (offener Kollektor)
Minimale Frequenz an Klemme 29, 33	4 Hz
Spannungsniveau	Siehe Abschnitt zu Digitaleingängen
Maximale Spannung am Eingang	28 V DC
Eingangswiderstand, R_i	Ca. 4 kΩ
Pulseingangsgenauigkeit	Maximale Abweichung: 0,1 % der Gesamtskala

Digitalausgänge	
Programmierbare Digital-/Pulsausgänge	1
Klemme Nr.	27[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	4 Hz
Max. Ausgangsfrequenz am Pulsausgang	32 kHz
Genauigkeit am Pulsausgang	Maximale Abweichung: 0,1 % der Gesamtskala
Auflösung am Pulsausgang	10 Bit

1) Sie können die Klemme 27 auch als Eingang programmieren.

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

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	10 Bit

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

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Steuerkarte, 24 V DC-Ausgang	
Klemme Nr.	12, 13
Maximale Last	100 mA

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

Steuerkarte, +10-V-DC-Ausgang	
Klemme Nr.	50
Ausgangsspannung	10,5 V ±0,5 V
Maximale Last	15 mA

Die 10-V-DC-Versorgung ist von der Versorgungsspannung (PELV) und anderen Hochspannungsklemmen galvanisch 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-Schnittstelle ist von der Versorgungsspannung (PELV, Schutzkleinspannung – Protective extra low voltage) galvanisch getrennt.

7

Steuerkarte, serielle USB-Schnittstelle	
USB-Standard	1,1 (Full Speed)
USB-Buchse	USB-Stecker Typ B

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-Erdanschluss ist nicht galvanisch vom Schutzleiter getrennt. Benutzen Sie nur einen isolierten Laptop als PC-Verbindung zum USB-Anschluss am Frequenzumrichter.

Relaisausgang	
Programmierbare Relaisausgänge	1
Relais 01	01–03 (NC/(Öffner), 01–02 (NO/Schließer)
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (AC-1)[1] auf 01-02 (NO/Schließer) (ohmsche Last)	250 V AC, 3 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (AC-15)[1] auf 01-02 (NO/Schließer) (induktive Last bei bei cosφ 0,4)	250 V AC, 0,2 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (DC-1)[1] auf 01-02 (NO/Schließer) (ohmsche Last)	30 V DC, 2 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (DC-13)[1] auf 01-02 (NO/Schließer) (induktive Last)	24 V DC, 0,1 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (AC-1)[1] auf 01-03 (NC/Öffner) (ohmsche Last)	250 V AC, 3 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (AC-15)[1] auf 01-03 (NC/Öffner) (induktive Last bei cosφ 0,4)	250 V AC, 0,2 A
Maximaler Belastungsstrom der Klemme (DC-1)[1] auf 01-03 (NC/Öffner) (ohmsche Last)	30 V DC, 2 A
Minimaler Belastungsstrom der Klemme an 01-03 (NC/Öffner), 01-02 (NO/Schließer)	24 V DC 10 mA, 24 V AC 20 mA

1) IEC 60947 Teil 4 und 5
Die Relaiskontakte sind durch verstärkte Isolierung vom Rest der Schaltung galvanisch getrennt.

Steuerkartenleistung	
Abtastintervall	1 ms

Steuerungseigenschaften	
Auflösung der Ausgangsfrequenz bei 0-500 Hz	±0,003 Hz
System-Reaktionszeit (Klemmen 18, 19, 27, 29, 32 und 33)	≤2 ms
Drehzahlregelbereich (ohne Rückführung)	1:100 der Synchrondrehzahl
Drehzahlgenauigkeit (ohne Rückführung)	±0,5 % der Nenndrehzahl
Drehzahlgenauigkeit (mit Rückführung)	±0,1 % der Nenndrehzahl

Alle Angaben zu Steuerungseigenschaften basieren auf einem vierpoligen Asynchronmotor.

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

7.7 Anzugsdrehmomente für Anschlüsse

Stellen Sie sicher, dass Sie beim Festziehen aller elektrischen Verbindungen die korrekten Anzugsdrehmomente verwenden. Ein zu geringes oder zu hohes Anzugsdrehmoment führt zu Problemen an den elektrischen Anschlüssen. Verwenden Sie einen Drehmomentschlüssel, um das richtige Drehmoment zu erzielen. Empfohlener Steckplatzschraubendrehertyp: SZS 0,6 x 3,5 mm.

Baugröße	Leistung [kW (HP)]	Drehmoment [Nm (in-lb)]						
		Netz	Motor	Gleichstrom-anschluss	Bremse	Masse	Steuerung/ Regelung	Relais
K1	0,37–2,2 (0,5–3,0)	0,8 (7,1)	0,8 (7,1)	0,8 (7,1)	0,8 (7,1)	1,6 (14,2)	0,4 (3,5)	0,5 (4,4)
K2	3,0–5,5 (4,0–7,5)	0,8 (7,1)	0,8 (7,1)	0,8 (7,1)	0,8 (7,1)	1,6 (14,2)	0,4 (3,5)	0,5 (4,4)
K3	7,5 (10)	0,8 (7,1)	0,8 (7,1)	0,8 (7,1)	0,8 (7,1)	1,6 (14,2)	0,4 (3,5)	0,5 (4,4)
K4	11–15 (15–20)	1,2 (10,6)	1,2 (10,6)	1,2 (10,6)	1,2 (10,6)	1,6 (14,2)	0,4 (3,5)	0,5 (4,4)
K5	18,5–22 (25–30)	1,2 (10,6)	1,2 (10,6)	1,2 (10,6)	1,2 (10,6)	1,6 (14,2)	0,4 (3,5)	0,5 (4,4)

Tabelle 7.5 Anzugsdrehmomente

7

7.8 Sicherungen und Trennschalter

Verwenden Sie versorgungsseitig Sicherungen und/oder Trennschalter als Schutz vor Personen- und Sachschäden für den Fall einer Bauteilstörung im Inneren des Frequenzumrichters (erster Fehler).

Schutz des Abzweigkreises
Sie müssen alle Abzweigkreise in Installationen (einschließlich Schaltanlagen und Maschinen) in Übereinstimmung mit nationalen/internationalen Vorschriften mit einem Kurzschluss- und Überstromschutz versehen.

HINWEIS

Integrierter elektronischer Kurzschlussschutz bietet keinen Schutz des Abzweigkreises. Sorgt für Schutz des Abzweigkreises gemäß den nationalen und lokalen Richtlinien und Vorschriften.

Tabelle 7.6 enthält eine Auflistung der empfohlenen getesteten Sicherungen.

⚠VORSICHT

GEFAHR VON PERSONENSCHÄDEN UND SACHSCHÄDEN

Im Falle einer Fehlfunktion kann das Nichtbeachten dieser Empfehlungen zu Gefahren für den Bediener und Schäden am Frequenzumrichter und anderen Geräten führen.

- **Wählen Sie Sicherungen anhand der Empfehlungen aus. Auf diese Weise können Sie mögliche Schäden am Frequenzumrichter auf Schäden innerhalb des Geräts beschränken.**

HINWEIS

SACHSCHÄDEN

Die Verwendung von Sicherungen bzw. Trennschaltern ist zur Übereinstimmung mit IEC 60364 für CE zwingend erforderlich. Das Nichtbeachten der Schutzempfehlungen kann zu Schäden am Frequenzumrichter führen.

Danfoss empfiehlt die Verwendung von Sicherungen und Trennschaltern in *Tabelle 7.6*, um Konformität mit UL 508C oder IEC 61800-5-1 sicherzustellen. Verwenden Sie für Nicht-UL-Anwendungen Trennschalter für den Schutz einer Schaltung, die eine maximale Stromstärke von 50.000 A_{eff} (symmetrisch) bei einer Spannung von 240 V/400 V zulassen. Der Kurzschlussnennstrom für Frequenzumrichter (SCCR) ist beim Schutz durch T-Klasse-Sicherungen für die Verwendung in einer Schaltung mit mehr als 100.000 A_{eff}, 240 V/480 V geeignet.

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Baugröße		Leistung [kW (HP)]	Nicht-UL-Sicherung	Nicht-UL-Trennschalter (Eaton)	UL-Sicherung (Bussmann, Klasse T)
Dreiphasig 380-480 V	K1	0,37 (0,5)	gG-10	PKZM0-16	JJS-6
		0,55–0,75 (0,74–1,0)			
		1,1–1,5 (1,48–2,0)	gG-20		JJS-10
		2,2 (3,0)			JJS-15
	K2	3,0–5,5 (4,0–7,5)	gG-25	PKZM0-20	JJS-25
	K3	7,5 (10)		PKZM0-25	
	K4	11–15 (15–20)	gG-50	–	JJS-50
	K5	18,5–22 (25–30)	gG-80	–	JJS-80
Dreiphasig 200-240 V	K1	0,37 (0,5)	gG-10	PKZM0-16	JJN-6
		0,55 (0,74)	gG-20		JJN-10
		0,75 (1,0)			JJN-15
		1,1 (1,48)			JJN-20
		1,5 (2,0)			
	K2	2,2 (3,0)	gG-25	PKZM0-20	JJN-25
	K3	3,7 (5,0)		PKZM0-25	
Einphasig 200-240 V	K1	0,37 (0,5)	gG-10	PKZM0-16	JJN-6
		0,55 (0,74)	gG-20		JJN-10
		0,75 (1,0)			JJN-15
		1,1 (1,48)			JJN-20
		1,5 (2,0)			
	K2	2,2 (3,0)	gG-25	PKZM0-20	JJN-25

Tabelle 7.6 Sicherungen und Trennschalter

7

7.9 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. Diese Regel gilt auch dann, wenn der Motor 100 % des Wellennenndrehmoments oder, im Fall von Teillasten, nur 75 % liefert.

Das heißt auch, dass sich der Wirkungsgrad des Frequenzumrichters selbst dann nicht ändert; 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 eingestellte Taktfrequenz den Standardwert übersteigt. Der Wirkungsgrad nimmt auch leicht ab, wenn die Netzspannung 480 V beträgt oder das Motorkabel länger als 30 m ist.

Berechnung des Frequenzumrichter-Wirkungsgrads
Berechnen Sie den Wirkungsgrad des Frequenzumrichters bei unterschiedlichen Lasten auf Grundlage von *Abbildung 7.2*. Multiplizieren Sie den Faktor in *Abbildung 7.2* mit dem spezifischen Wirkungsgradfaktor, der in den Spezifikationstabellen in *Kapitel 7.1 Elektrische Daten* zu finden ist.

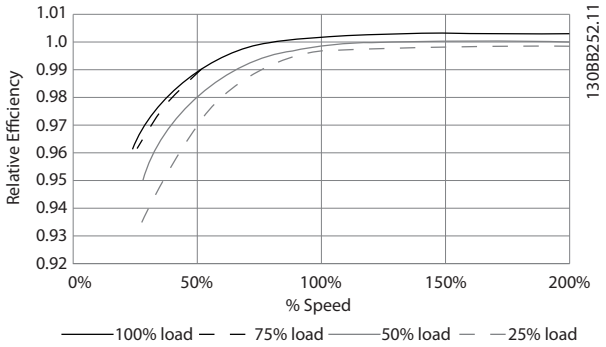


Abbildung 7.2 Typische Wirkungsgradkurven

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

Im Nenndrehmomentbereich von 75–100 % ist der Motorwirkungsgrad praktisch konstant, sowohl wenn dieser

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

vom Frequenzumrichter geregelt, als auch wenn er direkt am Netz betrieben wird.

Bei kleinen Motoren haben die U/f-Kennlinien nur einen minimalen Einfluss auf den Wirkungsgrad. Allerdings ergeben sich beachtliche Vorteile bei Motoren mit mindestens 11 kW (14,8 HP).

Im Allgemeinen hat die Taktfrequenz keinen Einfluss auf den Wirkungsgrad von kleinen Motoren. Bei Motoren mit mindestens 11 kW (14,8 hp) wird der Wirkungsgrad um 1–2 % erhöht, 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_{VLT}) mit dem Motorwirkungsgrad (η_{MOTOR}) multipliziert:
$\eta_{SYSTEM} = \eta_{VLT} \times \eta_{MOTOR}$

7.10 Störgeräusche

Störgeräusche von Frequenzumrichtern haben drei Ursachen:

- DC-Zwischenkreisdrosseln.
- Eingebaute Kühllüfter
- EMV-Filterdrossel.

Die typischen, im Abstand von 1 m zum Frequenzumrichter gemessenen Werte:

Baugröße [kW]	80 % Lüfterdrehzahl [dBA]	Volle Lüfterdrehzahl [dBA]	Hintergrundrauschen
K1 0,37–2,2 (0,5–3,0)	41,4	42,7	33
K2 3,0–5,5 (4,0–7,5)	50,3	54,3	32,9
K3 7,5 (10)	51	54,2	33
K4 11–15 (15–20)	59	61,1	32,9
K5 18,5–22 (25–30)	64,6	65,6	32,9

Tabelle 7.7 Typische Messwerte

7.11 dU/dt-Bedingungen

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

- Der Motorkabeltyp.
- Der Querschnitt des Motorkabels.
- Die Länge des Motorkabels.
- Egal, ob Motorkabel mit oder 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. Anstiegzeit und Spitzenspannung U_{PEAK} beeinflussen die Lebensdauer des Motors. Eine zu hohe Spitzenspannung schädigt Motoren ohne Phasentrennungspapier in den Wicklungen. Je länger das Motorkabel, desto höher sind Anstiegzeit und Spitzenspannung.

Das Schalten der IGBT-Transistoren verursacht eine Spitzenspannung an den Motorklemmen. Der VLT® Midi Drive FC 280 ist konform mit IEC 60034-25 im Hinblick auf Motoren, die für die Regelung durch Frequenzumrichter ausgelegt sind. Der FC 280 erfüllt ebenfalls IEC 60034-17 im Hinblick auf Normmotoren, die von Frequenzumrichtern geregelt werden.
Die folgenden dU/dt-Daten werden auf der Motorklemmenseite gemessen:

Kabellänge [m (ft)]	Netzspannung [V]	Anstiegzeit [µs]	U_{PEAK} [kV]	dU/dt [kV/µs]
5 (16,4)	400	0,0904	0,718	6,41
50 (164)	400	0,292	1,05	2,84
5 (16,4)	480	0,108	0,835	6,20
50 (164)	480	0,32	1,25	3,09

Tabelle 7.8 dU/dt-Daten für FC 280, 2,2 kW (3,0 HP), 3x380–480 V

Kabellänge [m (ft)]	Netzspannung [V]	Anstiegzeit [µs]	U_{PEAK} [kV]	dU/dt [kV/µs]
5 (16,4)	400	0,096	0,632	5,31
50 (164)	400	0,306	0,99	2,58
5 (16,4)	480	0,118	0,694	4,67
50 (164)	480	0,308	1,18	3,05

Tabelle 7.9 dU/dt-Daten für FC 280, 5,5 kW (7,5 HP), 3x380–480 V

Kabellänge [m (ft)]	Netzspannung [V]	Anstiegzeit [µs]	U_{PEAK} [kV]	dU/dt [kV/µs]
5 (16,4)	400	0,128	0,732	4,54
50 (164)	400	0,354	1,01	2,27
5 (16,4)	480	0,134	0,835	5,03
50 (164)	480	0,36	1,21	2,69

Tabelle 7.10 dU/dt-Daten für FC 280, 7,5 kW (10 HP), 3x380–480 V

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Kabellänge [m (ft)]	Netzspannung [V]	Anstiegzeit [µs]	U_{PEAK} [kV]	dU/dt [kV/µs]
5 (16,4)	400	0,26	0,84	2,57
50 (164)	400	0,738	1,07	1,15
5 (16,4)	480	0,334	0,99	2,36
50 (164)	480	0,692	1,25	1,44

Tabelle 7.11 dU/dt-Daten für FC 280, 15 kW (20 HP), 3x380–480 V

Kabellänge [m (ft)]	Netzspannung [V]	Anstiegzeit [µs]	U_{PEAK} [kV]	dU/dt [kV/µs]
5 (16,4)	400	0,258	0,652	2,01
50 (164)	400	0,38	1,03	2,15
5 (16,4)	480	0,258	0,752	2,34
50 (164)	480	0,4	1,23	2,42

Tabelle 7.12 dU/dt-Daten für FC 280, 22 kW (30 HP), 3x380–480 V

Kabellänge [m (ft)]	Netzspannung [V]	Anstiegzeit [µs]	U_{PEAK} [kV]	dU/dt [kV/µs]
5 (16,4)	240	0,0712	0,484	5,44
50 (164)	240	0,224	0,594	2,11

Tabelle 7.13 dU/dt-Daten für FC 280, 1,5 kW (2,0 HP), 3x200–240 V

Kabellänge [m (ft)]	Netzspannung [V]	Anstiegzeit [µs]	U_{PEAK} [kV]	dU/dt [kV/µs]
5 (16,4)	240	0,072	0,468	5,25
50 (164)	240	0,208	0,592	2,28

Tabelle 7.14 dU/dt-Daten für FC 280, 2,2 kW (3,0 HP), 3x200–240 V

Kabellänge [m (ft)]	Netzspannung [V]	Anstiegzeit [µs]	U_{PEAK} [kV]	dU/dt [kV/µs]
5 (16,4)	240	0,092	0,526	4,56
50 (164)	240	0,28	0,6	1,72

Tabelle 7.15 dU/dt-Daten für FC 280, 3,7 kW (5,0 HP), 3x200–240 V

Kabellänge [m (ft)]	Netzspannung [V]	Anstiegzeit [µs]	U_{PEAK} [kV]	dU/dt [kV/µs]
5 (16,4)	240	0,088	0,414	3,79
50 (164)	240	0,196	0,593	2,41

Tabelle 7.16 dU/dt-Daten für FC 280, 1,5 kW (2,0 HP), 1x200–240 V

Kabellänge [m (ft)]	Netzspannung [V]	Anstiegzeit [µs]	U_{PEAK} [kV]	dU/dt [kV/µs]
5 (16,4)	240	0,112	0,368	2,64
50 (164)	240	0,116	0,362	2,51

Tabelle 7.17 dU/dt-Daten für FC 280, 2,2 kW (3,0 HP), 1x200–240 V

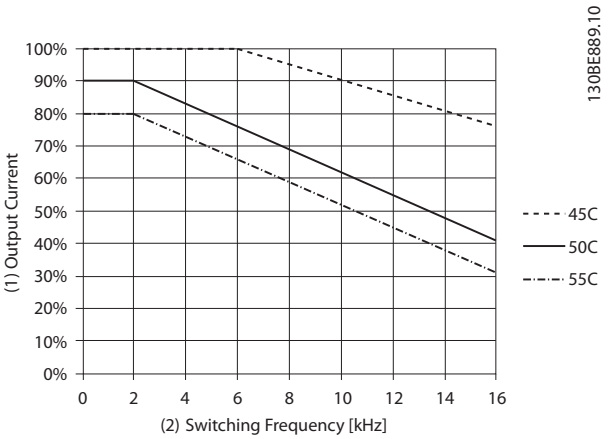
7.12 Besondere Betriebsbedingungen

Unter einigen besonderen Bedingungen, bei denen der Betrieb des Frequenzumrichters schwieriger ist, müssen Sie die Leistungsreduzierung berücksichtigen. Bei bestimmten Bedingungen muss die Leistungsreduzierung manuell erfolgen.
Unter anderen Bedingungen führt der Frequenzumrichter bei Bedarf automatisch eine Leistungsreduzierung durch. Die Leistungsreduzierung soll das Funktionieren in kritischen Situationen sicherstellen, in denen die Alternative eine Abschaltung sein könnte.

7.12.1 Manuelle Leistungsreduzierung

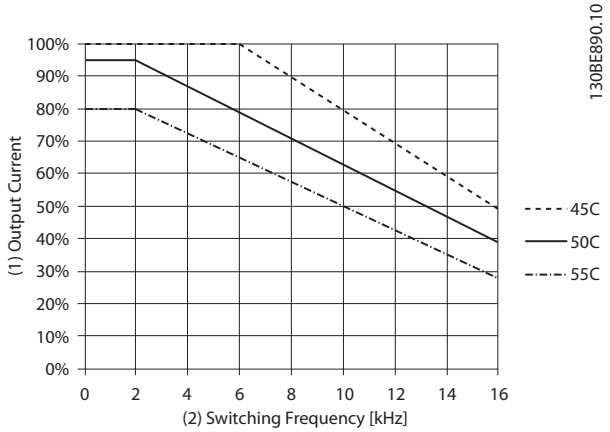
Manuelle Leistungsreduzierung müssen Sie in folgenden Fällen in Betracht ziehen:

- Luftdruck – für Installationen in Höhenlagen über 1000 m (3281 ft).
- Motordrehzahl – bei Dauerbetrieb mit niedriger Drehzahl in Anwendungen mit konstantem Drehmoment.
- Umgebungstemperatur – über 45 °C (113 °F), Einzelheiten finden Sie unter *Abbildung 7.3* bis *Abbildung 7.12*.



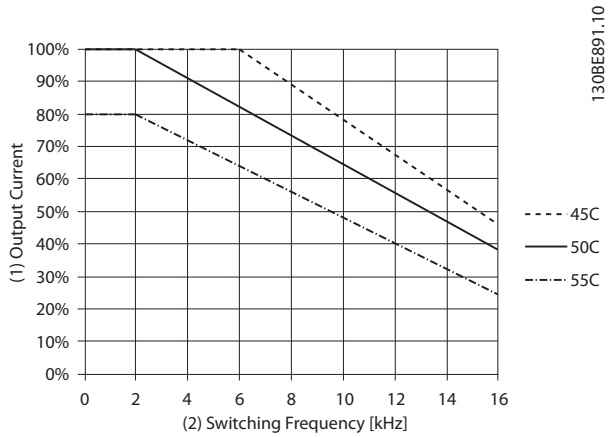
(1)	Ausgangsstrom
(2)	Taktfrequenz [kHz]

Abbildung 7.3 K1T4 Leistungsreduzierungskurve



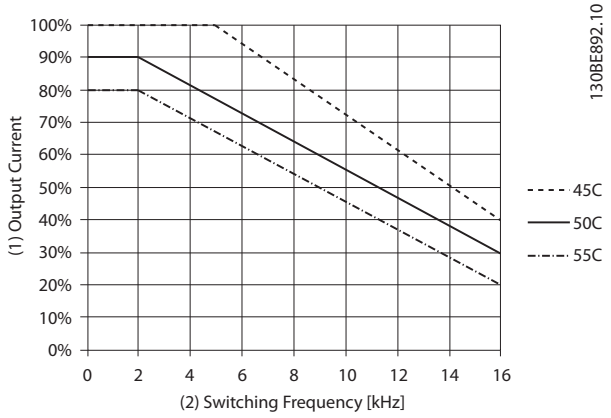
(1)	Ausgangsstrom
(2)	Taktfrequenz [kHz]

Abbildung 7.4 K2T4 Leistungsreduzierungskurve



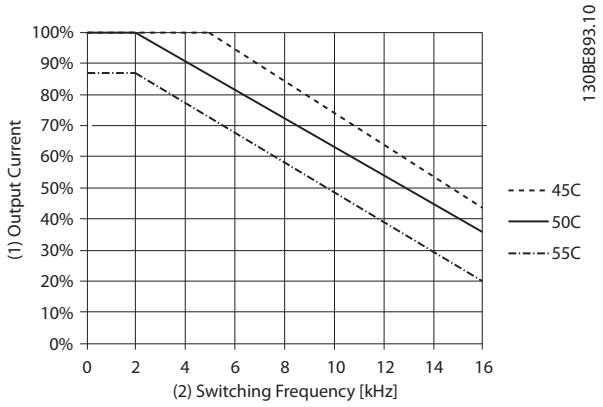
(1)	Ausgangsstrom
(2)	Taktfrequenz [kHz]

Abbildung 7.5 K3T4 Leistungsreduzierungskurve



(1)	Ausgangsstrom
(2)	Taktfrequenz [kHz]

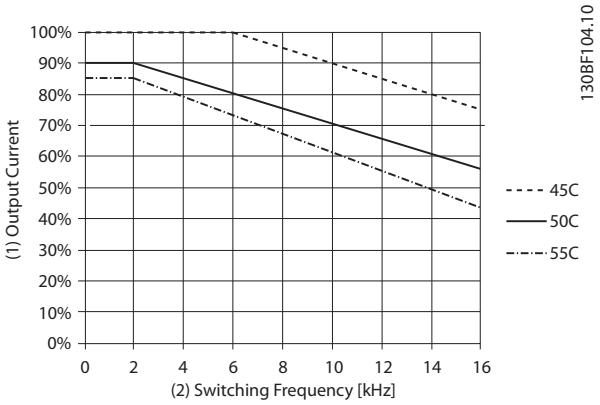
Abbildung 7.6 K4T4 Leistungsreduzierungskurve



(1)	Ausgangsstrom
(2)	Taktfrequenz [kHz]

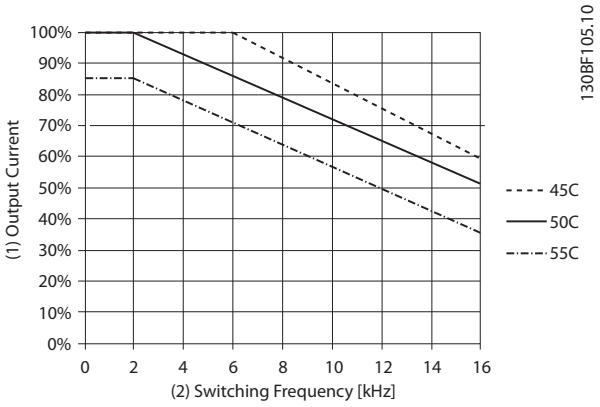
Abbildung 7.7 K5T4 Leistungsreduzierungskurve

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.



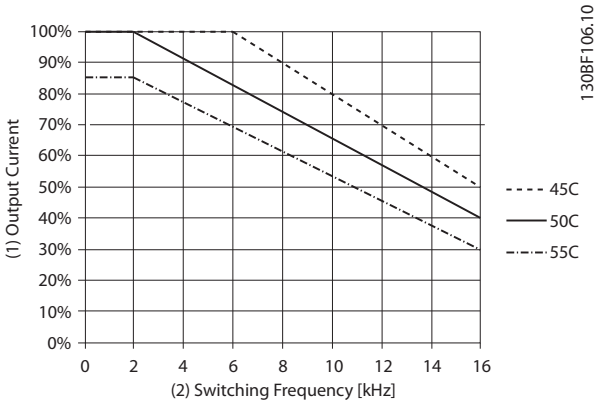
(1)	Ausgangsstrom
(2)	Taktfrequenz [kHz]

Abbildung 7.8 K1T2 Leistungsreduzierungskurve



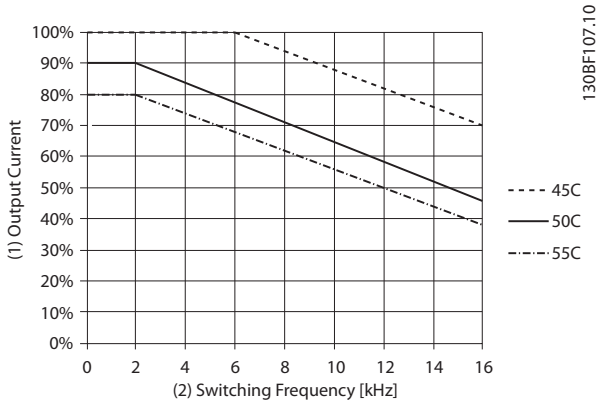
(1)	Ausgangsstrom
(2)	Taktfrequenz [kHz]

Abbildung 7.9 K2T2 Leistungsreduzierungskurve



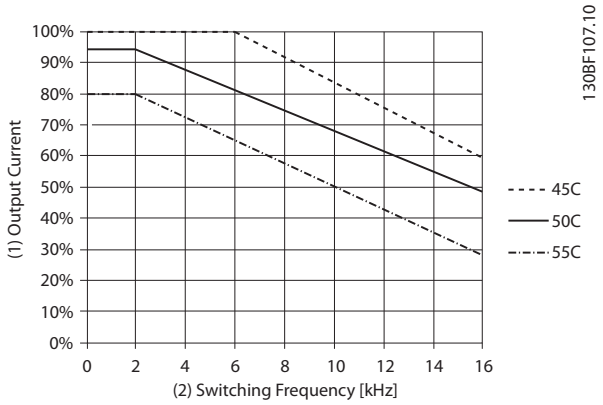
(1)	Ausgangsstrom
(2)	Taktfrequenz [kHz]

Abbildung 7.10 K3T2 Leistungsreduzierungskurve



(1)	Ausgangsstrom
(2)	Taktfrequenz [kHz]

Abbildung 7.11 K1S2 Leistungsreduzierungskurve



(1)	Ausgangsstrom
(2)	Taktfrequenz [kHz]

Abbildung 7.12 K2S2 Leistungsreduzierungskurve

HINWEIS

Die Nenntaktfrequenz beträgt 6 kHz für K1–K3, 5 kHz für K4–K5.

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

7.12.2 Automatische Leistungsreduzierung

Der Frequenzumrichter prüft beständig, ob die folgenden Parameter ein kritisches Niveau aufweisen:

- Kritisch erhöhte Temperatur am Kühlkörper.
- Hohe Motorbelastung.
- Niedrige Motordrehzahl.
- Schutzsignale (Überspannung/Unterspannung, Überstrom, Erdschluss und Kurzschluss) werden ausgelöst.

Als Reaktion auf einen kritischen Wert passt der Frequenzumrichter die Taktfrequenz an.

7.13 Baugrößen, Nennleistungen und Abmessungen

	Baugröße	**K1**						**K2**			**K3**	**K4**		**K5**	
Leistungsgröße [kW (HP)]	**1-phasig 200–240 V**	**0,37 (0,5)**	**0,55 (0,75)**	**0,75 (1,0)**	**1,1 (1,5)**	**1,5 (2,0)**		**2,2 (3,0)**			–	–		–	
	3-phasig 200–240 V	**0,37 (0,5)**	**0,55 (0,75)**	**0,75 (1,0)**	**1,1 (1,5)**	**1,5 (2,0)**		**2,2 (3,0)**			**3,7 (5,0)**	–		–	
	3-phasig 380–480 V	**0,37 (0,5)**	**0,55 (0,75)**	**0,75 (1,0)**	**1,1 (1,5)**	**1,5 (2,0)**	**2,2 (3,0)**	**3 (4,0)**	**4 (5,5)**	**5,5 (7,5)**	**7,5 (10)**	**11 (15)**	**15 (20)**	**18,5 (25)**	**22 (30)**
Abmessungen [mm (in)]	**FC 280 IP20**														
	Höhe A1	210 (8,3)						272,5 (10,7)			272,5 (10,7)	317,5 (12,5)		410 (16,1)	
	Höhe A2	278 (10,9)						340 (13,4)			341,5 (13,4)	379,5 (14,9)		474 (18,7)	
	Breite B	75 (3,0)						90 (3,5)			115 (4,5)	133 (5,2)		150 (5,9)	
	Tiefe C	168 (6,6)						168 (6,6)			168 (6,6)	245 (9,6)		245 (9,6)	
	FC 280 mit IP21/UL/Typ 1-Satz														
	Höhe A	338,5 (13,3)						395 (15,6)			395 (15,6)	425 (16,7)		520 (20,5)	
	Breite B	100 (3,9)						115 (4,5)			130 (5,1)	153 (6,0)		170 (6,7)	
	Tiefe C	183 (7,2)						183 (7,2)			183 (7,2)	260 (10,2)		260 (10,2)	
	FC 280 mit unterer Kabeleinführungsabdeckung (ohne obere Abdeckung)														
	Höhe A	294 (11,6)						356 (14)			357 (14,1)	391 (15,4)		486 (19,1)	
	Breite B	75 (3,0)						90 (3,5)			115 (4,5)	133 (5,2)		150 (5,9)	
	Tiefe C	168 (6,6)						168 (6,6)			168 (6,6)	245 (9,6)		245 (9,6)	
Gewicht [kg (lb)]	IP20	2,5 (5,5)						3,6 (7,9)			4,6 (10,1)	8,2 (18,1)		11,5 (25,4)	
	IP21	4,0 (8,8)						5,5 (12,1)			6,5 (14,3)	10,5 (23,1)		14,0 (30,9)	
Bohrungen [mm (in)]	a	198 (7,8)						260 (10,2)			260 (10,2)	297,5 (11,7)		390 (15,4)	
	b	60 (2,4)						70 (2,8)			90 (3,5)	105 (4,1)		120 (4,7)	
	c	5 (0,2)						6,4 (0,25)			6,5 (0,26)	8 (0,32)		7,8 (0,31)	
	d	9 (0,35)						11 (0,43)			11 (0,43)	12,4 (0,49)		12,6 (0,5)	
	e	4,5 (0,18)						5,5 (0,22)			5,5 (0,22)	6,8 (0,27)		7 (0,28)	
	f	7,3 (0,29)						8,1 (0,32)			9,2 (0,36)	11 (0,43)		11,2 (0,44)	

Tabelle 7.18 Baugrößen, Nennleistungen und Abmessungen

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

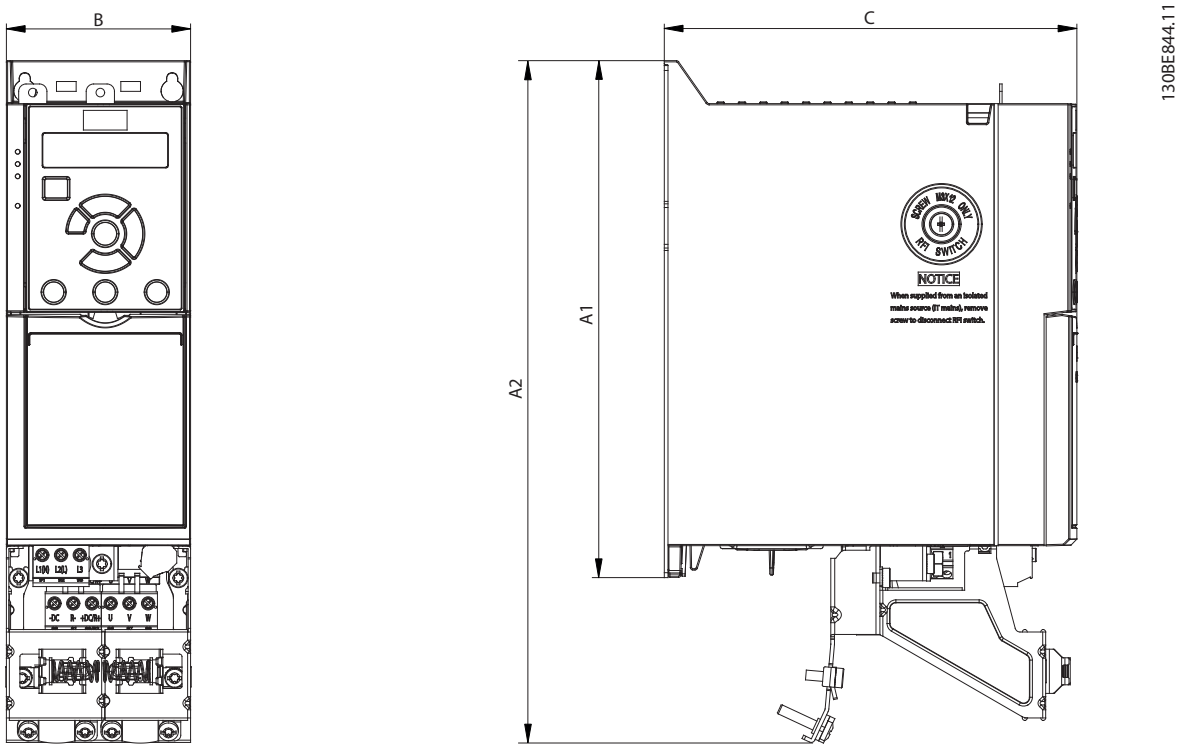


Abbildung 7.13 Standard mit Abschirmblech

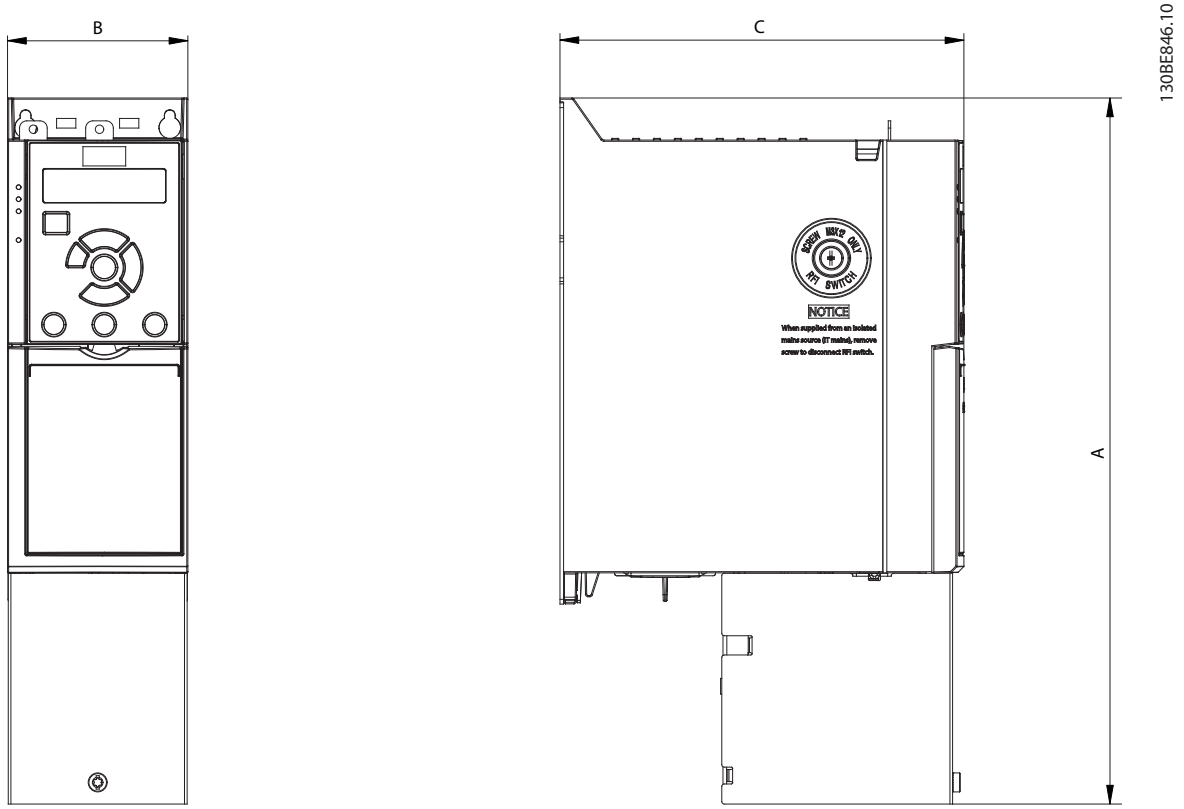


Abbildung 7.14 Standard mit unterer Kabeleinführungsabdeckung (ohne obere Abdeckung)

Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

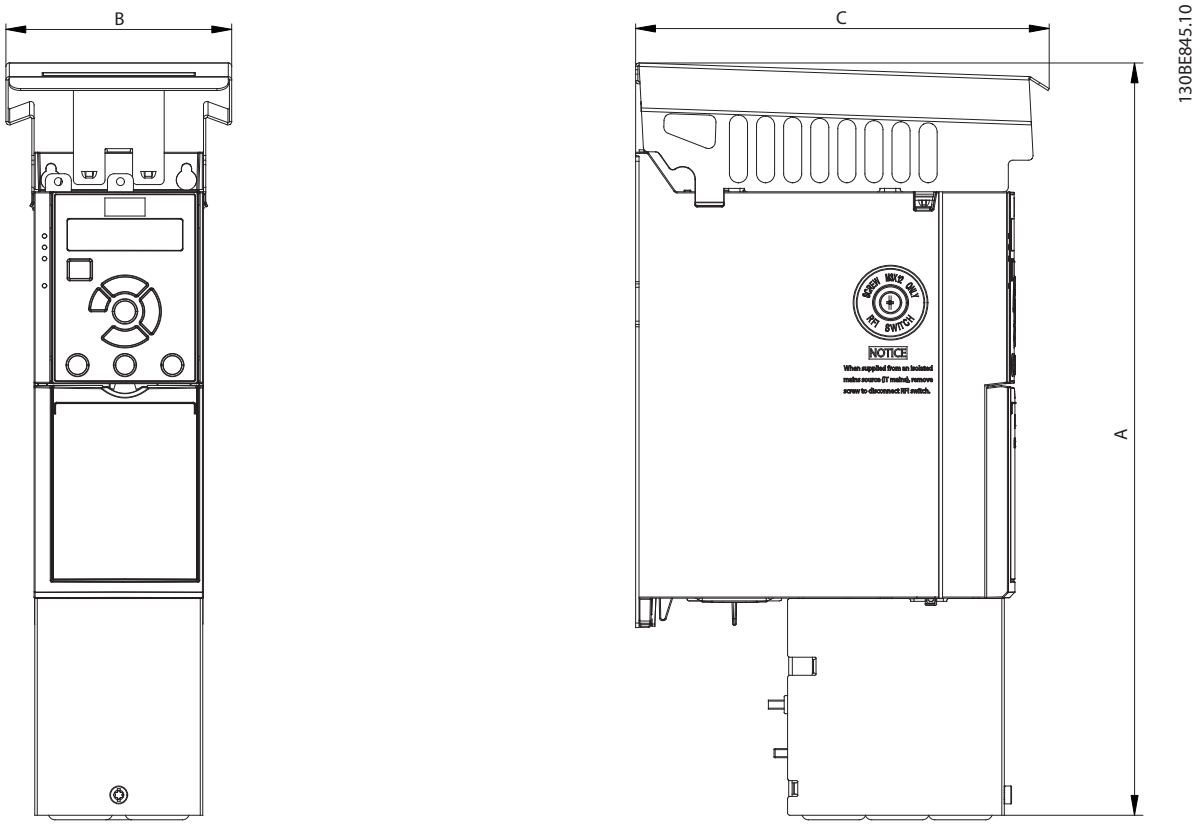


Abbildung 7.15 Standard mit IP21/UL/Typ 1-Satz

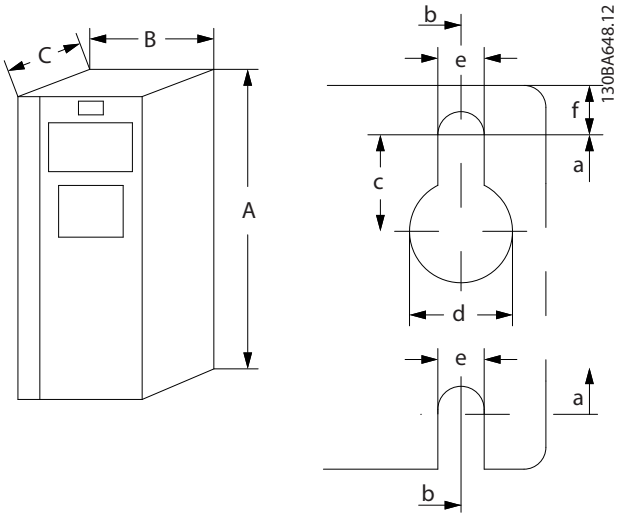


Abbildung 7.16 Bohrungen oben und unten

Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Index

A

Ableitstrom 42
Abschaltung 8
Alarm quittieren 20
AMA 6
AMA mit angeschlossener Kl. 27 50
Analoger Istwert 24
Analogsollwert 24
Anstiegzeit 91
Arbeitszyklus für Aussetzbetrieb 7
Aus- und Einschaltzyklus 7
Ausgänge
  Analogausgang 6, 87
  Digitalausgang 87
Ausgangsfrequenz halten 70
Ausgangsfrequenz speichern 5
Ausgangsstrom 87
Automatische Motoranpassung 6

B

Besondere Betriebsbedingungen 92
Bestellung
  DU/dt 79
  Sinusfilter 78
Bremsfunktion 45
Bremsleistung 6, 45
Bremswiderstand 6, 44, 74
Bussollwert 24

C

CE-Zeichen 8

D

Datentyp, unterstützt 59
DC-Bremse 70
Drehmomentregler
  Drehmomentkennlinie 85
  Drehmomentregelung 18
Drehzahlsollwert 50

E

Eingang
  Anschluss 15
  Leistung 15
  Strom 15
Eingänge
  Analogeingang 6, 86
  Digitaleingang 20, 86
  Pulseingang 87
Elektronisches Thermorelais 7
  Siehe auch *ETR*
EMV 85
EMV-Emission – Einführung 38
EMV-Filter 16
EMV-Immunitätsanforderungen 40
EMV-Prüfergebnis 39
EMV-Richtlinie 8
EMV-Schutzmaßnahmen 56
Energieeffizienz 82, 83, 84
Energieeffizienzklasse 85
Entladezeit 9
Erdung 14, 15
ETR 7, 48
  Siehe auch *Elektronisches Thermorelais*
Exportkontrollvorschriften 9
Extremer Betriebszustand 47

F

FC-Profil
  FC-Profil 69
Fehlerstromschutzschalter 7
Festdrehzahl JOG 5, 70
Festsollwert 24
Filter
  DU/dt- 46
  Sinus- 46
Frequenzkorrektur Auf/Ab 23
Frequenzumrichter-Profil
  Frequenzumrichter mit Modbus RTU 57
  Protokollübersicht 57
Funktionscode 65

G

Geerdete Dreieckschaltung 16

H

Halteregister lesen (03 Hex) 68
Hardware-Konfiguration 56

I

IEC 61800-3 16, 85
IND 59
Index (IND) 59
Interner Stromgrenzenregler in Betriebsart VVC+ 20

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

K

Kabel
Kabellänge 86
Kabelquerschnitt 14
Motorkabel 46
Klemmen-Anzugsdrehmoment 89
Konformität
UL-gelistet 9
Kurzschluss 47

L

LCP 5, 7, 20
LCP 101-Steuertaste 20
LCP 102-Steuertaste 20
Leistungsreduzierung 85
Losbrechmoment 6

M

Maschinenrichtlinie 8
Mechanische Haltebremse 44
Modbus RTU 61
Modbus RTU-Befehle 67
Modbus-Ausnahmecode 65
Modbus-Kommunikation 56
Motor
Kabel 14
Motorausgang 85
Motorphase 47
Motorspannung 91
Thermischer Motorschutz 48, 72
Vom Motor erzeugte Überspannung 47
Motorfreilauf 5, 70, 71
Motornenndrehzahl 6
Motornennstrom 6

N

Netz
Isoliertes Netz 16
Netzausfall 47
Netzversorgung (L1/N, L2/L, L3) 84
Versorgung 7
Versorgungsdaten 82
Versorgungsnetz 15
Netzeingang 15
Netzwerkkonfiguration 62
Netzwerkverbindung 56
Niederspannungsrichtlinie 8
Normen und Konformität für STO 9

P

Parameternummer (PNU) 59
PELV 52, 88
PELV, Schutzkleinspannung 42
PID-Drehzahl 17, 20
PID-Drehzahlregler 28
PID-Prozessregler 31
Potenzialfreie Dreieckschaltung 16
Pulsistwert 24
Pulssollwert 6, 24

Q

Qualifiziertes Personal 9
Querschnitt 86

R

Regelung ohne Rückführung 88
Regelungsstruktur
Regelung ohne Rückführung 21
Register 67
Relaisausgang 88
Richtlinie, EMV 8
Richtlinie, Maschinen 8
Richtlinie, Niederspannung 8
RS485
RS485 55, 57
RS485-Installation und -Konfiguration 55

S

Schalten
Taktfrequenz 46, 78
Schalten am Ausgang 47
Schlupfausgleich 7
Schutz des Abzweigkreises 89
Schutzart 42
Serielle Kommunikation
Serielle Kommunikation 6, 88
Serielle USB-Schnittstelle 88
Sicherheitsmaßnahmen 9
Sicherung 89
SIL2 9
SILCL von SIL2 9
Sollwert speichern 23
Sollwertgrenze 23
Spannungsniveau 86
Spule 67
Spule lesen 67

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

Statische Überlast im Modus VVC+ 47

Steuerkarte
+10-V-DC-Ausgang 88
Leistung 88
RS485 Serielle Schnittstelle 88
Serielle USB-Schnittstelle 88

Steuerung/Regelung
Kennlinie 88
Steuerwort 69
Verdrahtung 17

Störgeräusche 91

Strom
Rippel-Strom 46

Synchrone Motordrehzahl 6

T

Telegrammlänge (LGE) 58

Thermistor 8, 52

Totzone 25

Totzone um 0 25

Trägheitsmoment 47

Ü

Übersicht zu Modbus RTU 61

U

Umgebungsbedingung 85

V

Versorgungsspannung 87

VVC+ 8, 20

W

Wirkungsgrad 90

Z

Zusätzliche Materialien 5

Zustandswort 71

Zwischenkreis 47, 91

 Danfoss A/S © 05/2017 Alle Rechte vorbehalten.

 Danfoss A/S © 05/2017 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