ENGINEERING TOMORROW

Guia de Design
VLT® Midi Drive FC 280

vlt-drives.danfoss.com

Índice

1 Introdução 5
1.1 Objetivo do Guia de Design 5
1.2 Recursos adicionais 5
1.3 Definições 5
1.4 Documento e versão de software 8
1.5 Aprovações e certificações 8
1.6 Segurança 9

2 Visão Geral do Produto 10
2.1 Visão Geral do Tamanho do Gabinete Metálico 10
2.2 Instalação Elétrica 13
2.2.1 Conexão do Motor 15
2.2.2 Ligação da Rede Elétrica CA 16
2.2.3 Tipos de Terminal de Controle 17
2.2.4 Fiação para os Terminais de Controle 18
2.3 Estruturas de Controle 18
2.3.1 Modos de Controle 18
2.3.2 Princípio de controle 20
2.3.3 Estrutura de Controle em VVC+ 20
2.3.4 Controle de Corrente Interno no Modo VVC+ 21
2.3.5 Controles Local (Hand On - Manual Ligado) e Remoto (Auto On - Automático Ligado) 21
2.4 Tratamento da Referência 22
2.4.1 Limites de Ref. 23
2.4.2 Escala das Referências Predefinidas e das Referências de Bus 24
2.4.3 Escala de Referências de Pulso e Analógicas e Feedback 24
2.4.4 Banda Morta em Torno de Zero 25
2.5 Controle do PID 28
2.5.1 Controle do PID de Velocidade 28
2.5.2 Controle do PID de Processo 31
2.5.3 Parâmetros Relevantes do Controle de Processo 32
2.5.4 Exemplo de Controle do PID de Processo 33
2.5.5 Otimização do controlador de processo 35
2.5.6 Método de Sintonia de Ziegler Nichols 36
2.6 Emissão EMC e imunidade 36
2.6.1 Aspectos Gerais da Emissão EMC 36
2.6.2 Emissão EMC 38
2.6.3 Imunidade EMC 39
2.7 Isolação Galvânica 41

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

2.8 Corrente de fuga para o terra 41
2.9 Funções de Frenagem 42
2.9.1 Freio de Holding Mecânico 42
2.9.2 Frenagem Dinâmica 43
2.9.3 Seleção do Resistor do Freio 43
2.10 Isolação do Motor 44
2.10.1 Filtros de onda senoidal 45
2.10.2 Filtros dU/dt 45
2.11 Smart Logic Controller 45
2.12 Condições de Funcionamento Extremas 46
2.12.1 Proteção Térmica do Motor 46

3 Exemplos de Aplicações 48
3.1 Introdução 48
3.1.1 Conexão do Encoder 48
3.1.2 Sentido do encoder 48
3.1.3 Sistema de drive de malha fechada 48
3.2 Exemplos de aplicação 49
3.2.1 AMA 49
3.2.2 Velocidade 49
3.2.3 Partida/Parada 50
3.2.4 Reset do Alarme Externo 51
3.2.5 Termistor do motor 51
3.2.6 SLC 51

4 Safe Torque Off (STO) 52

5 Instalação e Setup da RS485 53
5.1 Introdução 53
5.1.1 Visão geral 53
5.1.2 Conexão de Rede 54
5.1.3 Configuração de Hardware 54
5.1.4 As configurações do parâmetro de Comunicação do Modbus 54
5.1.5 Cuidados com EMC 54
5.2 Protocolo Danfoss FC 54
5.2.1 Visão geral 54
5.2.2 FC com Modbus RTU 55
5.3 Configuração de Rede 55
5.4 Estrutura do Enquadramento de Mensagem do Protocolo Danfoss FC 55
5.4.1 Conteúdo de um Caractere (byte) 55
5.4.2 Estrutura do Telegrama 55

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

5.4.3 Comprimento do Telegrama (LGE) 55
5.4.4 Endereço (ADR) do conversor de frequência. 56
5.4.5 Byte de Controle dos Dados (BCC) 56
5.4.6 O Campo de Dados 56
5.4.7 O Campo PKE 56
5.4.8 Número do Parâmetro (PNU) 57
5.4.9 Índice (IND) 57
5.4.10 Valor do Parâmetro (PWE) 57
5.4.11 Tipos de Dados suportados pelo Conversor de Frequência 58
5.4.12 Conversão 58
5.4.13 Words do Processo (PCD) 58
5.5 Exemplos 58
5.5.1 Gravando um Valor de Parâmetro 58
5.5.2 Lendo um Valor de Parâmetro 59
5.6 Modbus RTU 59
5.6.1 Pré-requisito de Conhecimento 59
5.6.2 Visão geral 59
5.6.3 Conversor de Frequência com Modbus RTU 59
5.7 Configuração de Rede 60
5.8 Estrutura do Enquadramento de Mensagem do Modbus RTU 60
5.8.1 Introdução 60
5.8.2 Estrutura do telegrama do Modbus RTU 60
5.8.3 Campo Partida/Parada 60
5.8.4 Campo de Endereço 61
5.8.5 Campo da Função 61
5.8.6 Campo dos Dados 61
5.8.7 Campo de Verificação de CRC 61
5.8.8 Endereçamento do Registrador da Bobina 61
5.8.9 Como controlar o Conversor de Frequência 63
5.8.10 Códigos de Função Suportados pelo Modbus RTU 63
5.8.11 Códigos de Exceção do Modbus 64
5.9 Como Acessar os Parâmetros 64
5.9.1 Tratamento de Parâmetros 64
5.9.2 Armazenagem de Dados 64
5.9.3 IND (Índice) 64
5.9.4 Blocos de Texto 65
5.9.5 Fator de conversão 65
5.9.6 Valores de Parâmetros 65
5.10 Exemplos 65
5.10.1 Ler Status da Bobina (01 hex) 65

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

5.10.2 Forçar/Gravar Bobina Única (05 hex) 66
5.10.3 Forçar/Gravar Múltiplas Bobinas (0F hex) 66
5.10.4 Ler Registradores de Retenção (03 hex) 66
5.10.5 Predefinir Registrador Único (06 hex) 67
5.10.6 Predefinir Registradores Múltiplos (10 hex) 67
5.11 Danfoss Perfil de Controle do FC 68
5.11.1 Control word de acordo com o Perfil do FC (Protocolo 8–10 = Perfil do FC) 68
5.11.2 Status Word De acordo com o Perfil do FC (STW) 69
5.11.3 Valor de Referência de Velocidade Via Bus Serial 71

6 Código do Tipo e Seleção 72
6.1 Código do Tipo 72
6.2 Códigos de Compra: Opcionais, Acessórios e Peças de Reposição 72
6.3 Códigos de Compra: Resistores do Freio 73
6.3.1 Códigos de Compra: Resistores do Freio 10% 74
6.3.2 Códigos de Compra: Resistores do Freio 40% 76
6.4 Códigos de Compra: Filtros de onda senoidal 77
6.5 Códigos de Compra: Filtros dU/dt 78
6.6 Códigos de Compra: Filtros de EMC externos 78

7 Especificações 81
7.1 Dados Elétricos 81
7.2 Alimentação de Rede Elétrica 83
7.3 Saída do Motor e dados do motor 84
7.4 Condições ambiente 84
7.5 Especificações de Cabo 85
7.6 Entrada/Saída de controle e dados de controle 85
7.7 Torques de Aperto de Conexão 88
7.8 Fusíveis e Disjuntores 88
7.9 Eficiência 89
7.10 Ruído Acústico 90
7.11 Condições de dU/dt 90
7.12 Condições especiais 91
7.12.1 Derating Manual 91
7.12.2 Derating Automático 94
7.13 Tamanhos do gabinete metálico, valor nominal da potência e dimensões 95

Índice 98

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

1 Introdução

1.1 Objetivo do Guia de Design

Este guia de design destina-se a engenheiros de projeto e de sistema, consultores de projeto e especialistas de produto e aplicação. Informações técnicas são fornecidas para entender as capacidades do conversor de frequência para integração no controle de motor e sistemas monitoramento. Detalhes referentes a operação, requisitos e recomendações para integração de sistemas são descritas. São fornecidas informações sobre características de potência de entrada, saída do controle do motor e condições de operacionais ambiente do conversor de frequência.

Também estão incluídas:

- Recursos de segurança.
- Monitoramento de condição de falha.
- Relatório de status operacional.
- Capacidades comunicação serial.
- Opcionais e recursos programáveis.

Detalhes de design como requisitos, cabos, fusíveis, fiação de controle, tamanho e peso de unidades e outras informações críticas necessárias para o planejamento da integração do sistema também são fornecidos.

A revisão das informações detalhadas do produto no estágio de design permite o desenvolvimento de um sistema bem concebido com funcionalidade e eficiência ótimas.

VLT® é marca registrada.

1.2 Recursos adicionais

Recursos disponíveis para entender as operações e a programação do conversor de frequência:

- O *Guia Operacional do* VLT® Midi Drive FC 280 fornece informações sobre a instalação, a colocação em funcionamento, a aplicação e a manutenção do conversor de frequência.
- O *Guia de Programação do* VLT® Midi Drive FC 280 fornece informações sobre como programar e inclui descrições dos parâmetros completas.

Publicações e manuais complementares estão disponíveis na Danfoss. Ver *drives.danfoss.com/knowledge-center/technical-documentation/* para listagens.

1.3 Definições

1.3.1 Conversor de Frequência

Parada por inércia
O eixo do motor está em modo livre. Nenhum torque no motor.

$I_{VLT,MAX}$
Corrente de saída. máxima

$I_{VLT,N}$
Corrente de saída nominal fornecida pelo conversor de frequência.

$U_{VLT,MAX}$
Tensão de saída máxima.

1.3.2 Entrada

Comandos de controle
Dê partida e pare o motor conectado com LCP e entradas digitais.
As funções estão divididas em 2 grupos.

As funções do grupo 1 têm prioridade mais alta que as do grupo 2.

Grupo 1	Parada precisa, parada por inércia e reset, parada precisa e parada por inércia, parada rápida, frenagem CC, parada e [OFF].
Grupo 2	Partida, partida por pulso, reversão, partida reversa, jog e congelar frequência de saída.

Tabela 1.1 Grupos de função

1.3.3 Motor

Motor em funcionamento
Torque gerado no eixo de saída e rotação de 0 rpm até a velocidade máxima do motor.

f_{JOG}
Frequência do motor quando a função jog é ativada (por meio dos terminais digitais ou barramento).

f_M
Frequência do motor.

f_{MAX}
Frequência do motor máxima.

f_{MIN}
Frequência do motor mínima.

$f_{M,N}$
Frequência nominal do motor (dados da plaqueta de identificação).

I_M
Corrente do motor (real).

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

1

$I_{M,N}$
Corrente nominal do motor (dados da plaqueta de identificação).

$n_{M,N}$
Velocidade nominal do motor (dados da plaqueta de identificação).

n_s
Velocidade do motor síncrono.

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

n_{slip}
Deslizamento do motor.

$P_{M,N}$
Potência do motor nominal (dados da plaqueta de identificação em kW ou HP).

$T_{M,N}$
Torque nominal (motor).

U_M
Tensão do motor. instantânea

$U_{M,N}$
Tensão nominal do motor (dados da plaqueta de identificação).

Torque de segurança

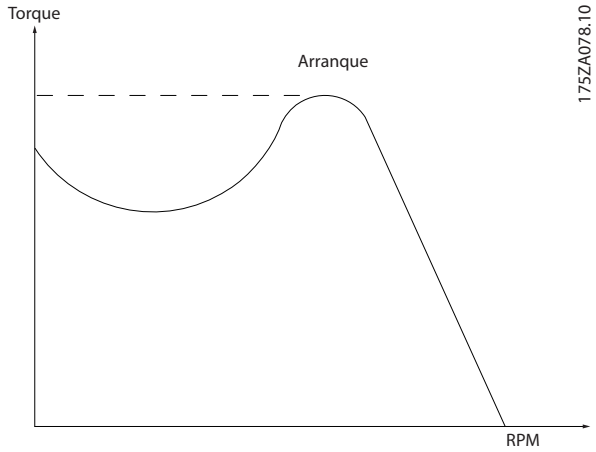


Ilustração 1.1 Torque de segurança

η_{VLT}
A eficiência do conversor de frequência é definida como a relação entre a potência de saída e a de entrada.

Comando inibidor da partida
Um comando de partida-desabilitado que pertence aos comandos de controle do grupo 1. Consulte *Tabela 1.1* para saber mais detalhes.

Comando de parada
Um comando de parada que pertence aos comandos de controle do grupo 1. Consulte *Tabela 1.1* para saber mais detalhes.

1.3.4 Referências

Referência Analógica
Um sinal transmitido para as entradas analógicas 53 ou 54 pode ser de tensão ou de corrente.

Referência binária
Um sinal transmitido através da porta de comunicação serial.

Referência predefinida
Uma referência predefinida a ser programada de -100% a +100% da faixa de referência. Podem ser selecionadas 8 referências predefinidas por meio dos terminais digitais. Seleção de 4 referências predefinidas por meio do barramento.

Referência de pulso
É um sinal de pulso transmitido às entradas digitais (terminal 29 ou 33).

Ref_{MAX}
Determina a relação entre a entrada de referência a 100% do valor de escalonamento total (tipicamente 10 V, 20 mA) e a referência resultante. O valor de referência máxima é programado em *parâmetro 3-03 Referência Máxima*.

Ref_{MIN}
Determina a relação entre a entrada de referência, em 0% do valor de fundo de escala (tipicamente 0 V, 0 mA, 4 mA) e a referência resultante. O valor mínimo de referência é programado em *parâmetro 3-02 Referência Mínima*.

1.3.5 Diversos

Entradas Analógicas
As entradas analógicas são usadas para controlar várias funções do conversor de frequência.

Há dois tipos de entradas analógicas:
- Entrada de corrente: 0–20 mA e 4–20 mA.
- Entrada de tensão: 0–10 V CC.

Saídas analógicas
As saídas analógicas podem fornecer um sinal de 0-20 mA ou 4-20 mA.

Adaptação Automática do Motor, AMA
O algoritmo da AMA determina os parâmetros elétricos do motor conectado em repouso.

Resistor do freio
O resistor do freio é um módulo capaz de absorver a potência de frenagem gerada na frenagem regenerativa. Essa potência de frenagem regenerativa aumenta a tensão no barramento CC e um circuito de frenagem garante que a potência seja transmitida para o resistor do freio.

Características de TC
Características do torque constante usadas por todas as aplicações, como esteiras, bombas de deslocamento e guindastes.

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

Entradas digitais
As entradas digitais podem ser usadas para controlar várias funções do conversor de frequência.

Saídas digitais
O conversor de frequência contém duas saídas de estado sólido que podem fornecer um sinal de 24 V CC (máx. 40 mA).

DSP
Processador de sinal digital.

ETR
O relé térmico eletrônico é um cálculo de carga térmica baseado na carga atual e no tempo. Sua finalidade é fazer uma estimativa da temperatura do motor.

Bus padrão do CF
Inclui o barramento RS485 com o protocolo FC ou protocolo MC. Consulte *parâmetro 8-30 Protocolo*.

Inicialização
Se a inicialização for executada (*parâmetro 14-22 Modo Operação*), o conversor de frequência retorna à configuração padrão.

Ciclo de funcionamento intermitente
Uma classificação de funcionamento intermitente refere-se a uma sequência de ciclos de funcionamento. Cada ciclo consiste em um período com carga e outro sem carga. A operação pode ser de ciclo periódico ou de ciclo não periódico.

LCP
O painel de controle local constitui uma interface completa de controle e programação do conversor de frequência. O LCP é destacável. Com o kit de instalação opcional, o LCP pode ser instalado a até 3 m (9,8 pés) do conversor de frequência em um painel frontal.

NLCP
O painel de controle local numérico faz interface de controle e programação do conversor de frequência. O display é numérico e o painel é utilizado para mostrar valores de processo. O NLCP não tem funções de armazenamento e cópia.

GLCP
A interface gráfica do painel de controle local para controle e programação do conversor de frequência. O display é gráfico e o painel é usado para mostrar valores de processo. O GLCP tem funções de armazenamento e cópia.

lsb
Bit menos significativo.

msb
Bit mais significativo.

MCM
Sigla para *mille circular mil*, uma unidade de medida norte--americana para medição de seção transversal do cabo. 1 MCM ≡ 0,5067 mm^2.

Parâmetros on-line/off-line
As alterações nos parâmetros on-line são ativadas imediatamente após a mudança no valor dos dados. Para ativar alterações em parâmetros off-line, pressione OK].

PID de processo
O controle do PID mantém a velocidade, pressão e temperatura ao ajustar a frequência de saída para corresponder à variação da carga.

PCD
Dados de controle de processo.

PFC
Correção do fator de potência.

Ciclo de energização
Desligue a rede elétrica até o display (LCP) ficar escuro e, em seguida, ligue a energia novamente.

Fator de potência
O fator de potência é a relação entre I_1 entre I_{RMS}.

$$Potência\ fator\ =\ \frac{\sqrt{3}\ x\ U\ x\ I_1\ cos\phi 1}{\sqrt{3}\ x\ U\ x\ I_{RMS}}$$

Para conversores de frequência FC 280, $cos\phi 1$ = 1, portanto:

$$Potência\ fator\ =\ \frac{I1\ x\ cos\phi 1}{I_{RMS}}\ =\ \frac{I_1}{I_{RMS}}$$

O fator de potência indica em que intensidade o conversor de frequência oferece uma carga na alimentação de rede elétrica.
Quanto menor o fator de potência, maior será a I_{RMS} para o mesmo desempenho em kW.

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

Além disso, um fator de potência alto indica que as diferentes correntes harmônicas são baixas.
As bobinas DC integradas (T2/T4) e PFC (S2) produzem um fator de potência alto, minimizando a carga imposta na alimentação de rede elétrica.

Entrada de pulso/Encoder incremental
É um transmissor digital de pulso, externo, utilizado para retornar informações sobre a velocidade do motor. O encoder é utilizado em aplicações em que há necessidade de extrema precisão no controle da velocidade.

RCD
Dispositivo de corrente residual.

Setup
Salve as configurações do parâmetro em 4 setups. Alterne entre os quatro setups de parâmetro e edite um setup enquanto esse setup estiver inativo.

SFAVM
Acrônimo que descreve o padrão de chaveamento modulação vetorial assíncrona orientada a fluxo do estator.

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

1

Compensação de escorregamento
O conversor de frequência compensa o deslizamento que ocorre no motor, acrescentando um suplemento à frequência que acompanha a carga do motor medida, mantendo a velocidade do motor praticamente constante.

Smart logic control (SLC)
O SLC é uma sequência de ações definidas pelo usuário executadas quando o Smart Logic Controller avalia os eventos associados definidos pelo usuário como verdadeiros (*Grupo do parâmetro 13-** Smart Logic Control*).

STW
Status word.

THD
A distorção harmônica total determina a contribuição total da distorção de harmônica.

Termistor
Um resistor que varia com a temperatura, instalado onde a temperatura será monitorada (conversor de frequência ou motor).

Desarme
Desarme é um estado em que entra em situações de falha. Exemplos de situações de falha:

- O conversor de frequência está sujeito a uma sobretensão.
- O conversor de frequência protege o motor, processo ou mecanismo.

Uma nova partida é impedida até a causa da falha ser eliminada e o estado de desarme é cancelado pelo acionamento do reset ou, em alguns casos, por ser programado para reset automaticamente. Não use o desarme para segurança pessoal.

Bloqueio por desarme
Bloqueio por desarme é um estado que ocorre em situações de falha em que o conversor de frequência está protegendo-se e requer intervenção física. Por exemplo, um curto circuito na saída aciona um bloqueio por desarme. Um bloqueio por desarme somente pode ser cancelado desligando-se a rede elétrica, eliminando-se a causa da falha e energizando o conversor de frequência novamente. Uma nova partida é impedida até o desarme ser cancelado pelo acionamento do reset ou, em alguns casos, ser programado para reset automaticamente. Não use bloqueio por desarme para a segurança pessoal.

Características do TV
Características de torque variável usadas em bombas e ventiladores.

VVC+
Se comparado com o controle da relação tensão/frequência padrão, o Controle Vetorial de Tensão (VVC+) melhora a dinâmica e a estabilidade, tanto quando a referência de velocidade é alterada quanto em relação ao torque de carga.

AVM de 60°
Consulte o padrão de chaveamento Modulação Vetorial Assíncrona de 60°.

1.4 Documento e versão de software

Este manual é revisado e atualizado regularmente. Todas as sugestões para melhorias são bem-vindas. *Tabela 1.2* mostra a versão do documento com a respectiva versão de software.

Edição	Observações	Versão do software
MG07B3	Mais informações sobre POWERLINK e atualização de software.	1,3

Tabela 1.2 Documento e versão de software

1.5 Aprovações e certificações

Os conversores de frequência são projetados em conformidade com as diretivas descritas nesta seção.

1.5.1 Marcação CE

A Marcação CE (Communauté européenne) indica que fabricante do produto atende todas as diretivas da UE aplicáveis.

As diretivas da UE aplicáveis ao projeto e à fabricação de conversores de frequência são:

- A Diretiva de Baixa Tensão.
- A Diretiva EMC
- A Diretiva de Maquinaria (para unidades com uma função de segurança integrada).

A marcação CE é destinada a eliminar barreiras técnica para liberar o comércio entre a CE e os estados da EFTA dentro da UCE. A marcação CE não regula a qualidade do produto. Especificações técnicas não pode ser deduzidas da marcação CE.

1.5.2 Diretiva de Baixa Tensão

Os conversores de frequência são classificados como componentes eletrônicos e devem ter certificação CE de acordo com a Diretiva de Baixa Tensão. A diretiva é aplicável a todos os equipamentos elétricos nas faixas de tensão de 50-1000 V CA e 75-1500 V CC.

A diretiva determina que o projeto do equipamento deve garantir a segurança e a saúde das pessoas e dos animais e a preservação do material assegurando que o equipamento seja devidamente instalado, mantido e usado como previsto. Danfoss As certificações CE estão em conformidade com a Diretiva de Baixa Tensão e Danfoss

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

fornece uma declaração de conformidade mediante solicitação.

1.5.3 Diretiva EMC

Compatibilidade eletromagnética (EMC) significa que a interferência eletromagnética entre equipamentos não prejudica seu desempenho. O requisito de proteção básico da Diretiva EMC 2014/30/EU determina que dispositivos que geram interferência eletromagnética (EMI) ou cuja operação poderia ser afetada pela EMI devem ser projetados para limitar a geração de interferência eletromagnética e deverão ter grau de imunidade a EMI adequado quando instalados e mantidos corretamente e usados como previsto.

Um conversor de frequência pode ser usado como dispositivo independente ou como parte de uma instalação mais complexa. Dispositivos em qualquer desses casos deve conter a marcação CE. Os sistemas não precisam ter marcação CE, mas devem atender os requisitos básicos de proteção da diretiva EMC.

1.5.4 Em conformidade com o UL

Certificado pelo UL

Ilustração 1.2 UL

Normas e conformidades aplicadas para STO

O uso do STO nos terminais 37 e 38 exige o atendimento de todas as determinações de segurança, incluindo as leis, regulamentações e diretrizes relevantes. A função STO integrada atende às normas a seguir:

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

Os conversores de frequência podem estar sujeitos a regulamentações de controle de exportação regionais e/ou nacionais.

Um número ECCN é usado para classificar todos os conversores de frequência que são sujeitos a normas de controle de exportação.

O número ECCN é fornecido nos documentos que acompanham o conversor de frequência.

No caso de reexportação, é responsabilidade do exportador garantir que está em conformidade com as regulamentações de controle de exportação relevantes.

1.6 Segurança

Os conversores de frequência contêm componentes de alta tensão e têm o potencial de lesão fatal se manipulados incorretamente. Somente pessoal qualificado tem permissão de instalar e operar o equipamento. Não tente realizar serviço de manutenção sem antes remover a energia do conversor de frequência e aguardar o intervalo de tempo designado para a energia elétrica armazenada dissipar.

Consulte instruções de utilização enviadas com a unidade e disponível online para:

- Tempo de descarga.
- Instruções de segurança detalhadas e advertências.

Seguir estritamente os avisos e as precauções de segurança é obrigatório para a operação segura do conversor de frequência.

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

2 Visão Geral do Produto

2

2.1 Visão Geral do Tamanho do Gabinete Metálico

O tamanho do gabinete metálico depende da faixa de potência. Para obter detalhes sobre dimensões, consulte *capétulo 7.13 Tamanhos do gabinete metálico, valor nominal da potência e dimensões*.

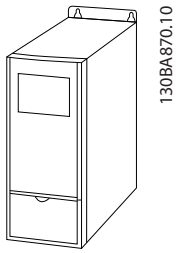
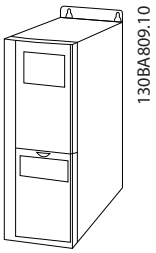
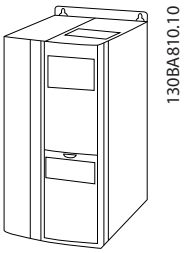
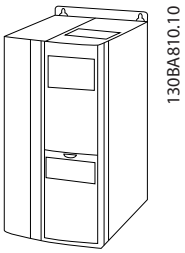
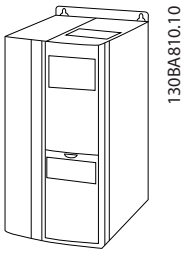
Tamanho do gabinete metálico	**K1**	**K2**	**K3**	**K4**	**K5**
					
Proteção do gabinete metálico[1)]	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20
Faixa de potência [kW (hp)] Trifásico 380–480 V	0,37–2,2 (0,5–3,0)	3,0–5,5 (5,0–7,5)	7,5 (10)	11–15 (15–20)	18,5–22 (25–30)
Faixa de potência [kW (hp)] Trifásico 200–240 V	0,37–1,5 (0,5–2,0)	2,2 (3,0)	3,7 (5,0)	–	–
Faixa de potência [kW (hp)] monofásica 200–240 V	0,37–1,5 (0,5–2,0)	2,2 (3,0)	–	–	–

Tabela 2.1 Tamanhos de gabinete metálico

1) IP21 está disponível para alguns.variantes de VLT® Midi Drive FC 280. Com opcionais do kit IP21 montados, todas as potências pode ser IP21.

O tamanho do gabinete é usado ao longo deste guia sempre que os procedimentos ou componentes diferem entre os conversores de frequência baseados no tamanho físico.

Encontre o tamanho do gabinete usando as seguintes etapas:

1. Obtenha as seguintes informações do código de tipo na plaqueta de identificação. Consulte *Ilustração 2.1*.
   - 1a Grupo de produtos e séries do conversor de frequência (caracteres 1-6), por exemplo FC 280.
   - 1b Potência nominal (caracteres 7-10), por exemplo PK37.
   - 1c Tensão nominal (fases e rede elétrica) (caracteres 11-12), por exemplo, T4.
2. Dentro de *Tabela 2.2*, encontre a potência nominal e a tensão nominal, e procure o tamanho do gabinete de FC 280.

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

130BF709.10

1	Grupo de produtos e séries de conversores de frequência
2	Potência nominal
3	Tensão nominal (fases e rede elétrica)

Ilustração 2.1 Usando a plaqueta de identificação para localizar o tamanho do gabinete

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

2

Potência nominal na plaqueta de identificação	Potência [kW (hp)]	Potência nominal na plaqueta de identificação	Fases e tensão da rede elétrica	Tamanho do gabinete metálico	Conversor de frequência
PK37	0,37 (0,5)	T4	Trifásico 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	Trifásico 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	Monofásico 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

Tabela 2.2 Tamanho do gabinete de FC 280

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

2.2 Instalação Elétrica

Esta seção descreve como instalar a fiação do conversor de frequência.

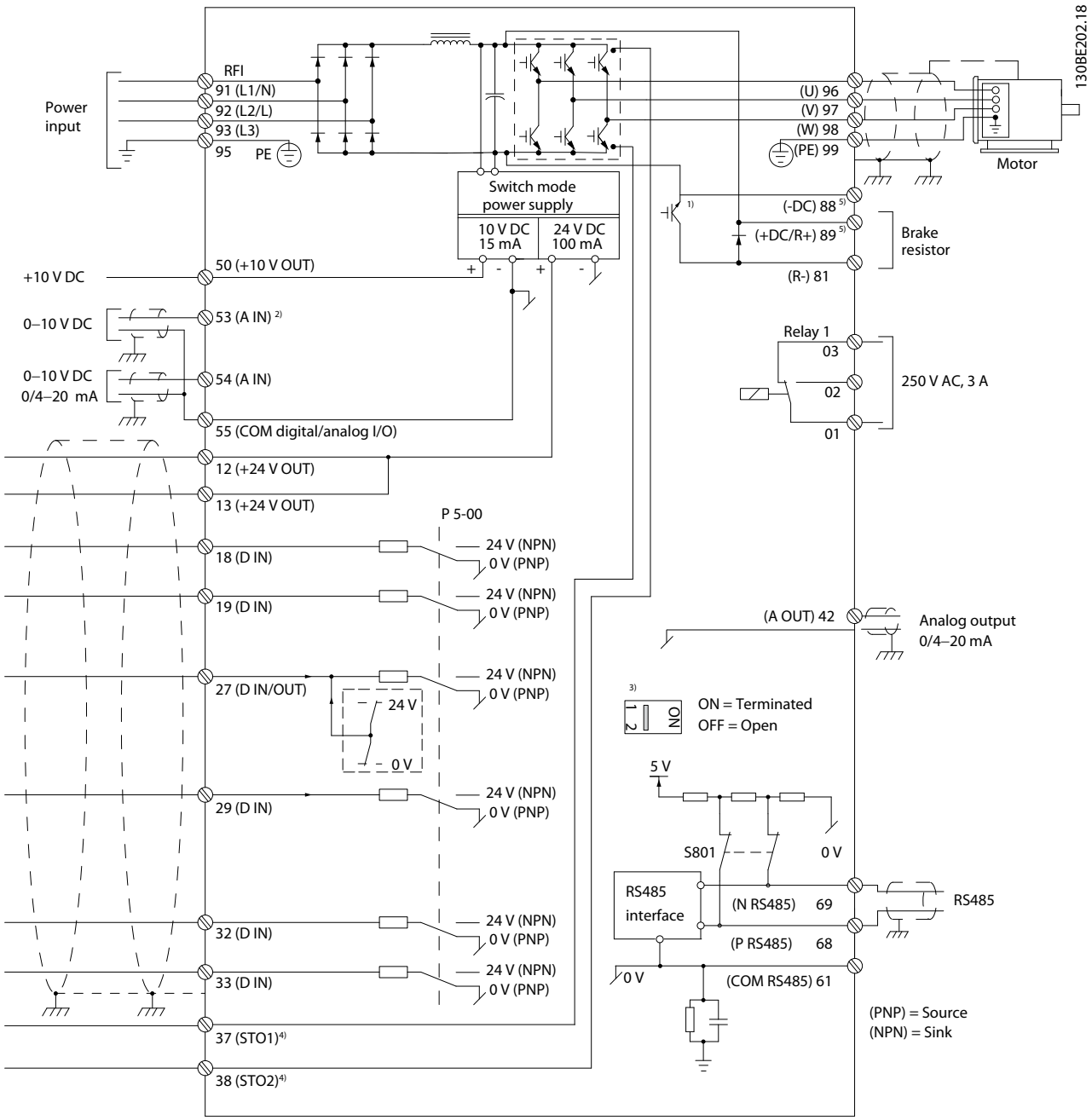


Ilustração 2.2 Desenho Esquemático de Fiação Básica

A = analógica, D = digital

1) O circuito de frenagem está disponível apenas em unidades trifásicas.

2) O Terminal 53 também pode ser usado como entrada digital.

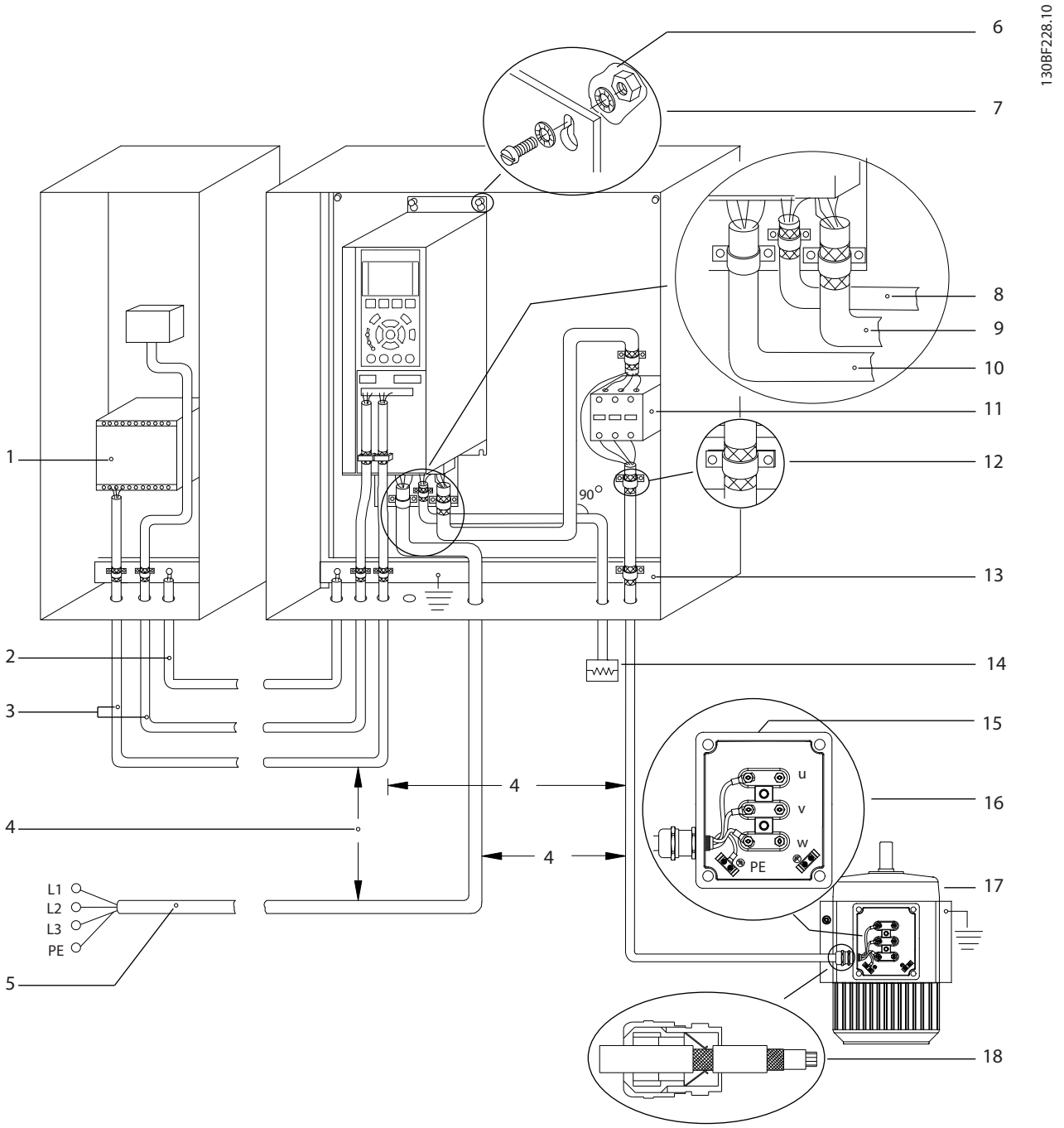
3) O interruptor S801 (terminais de comunicação serial) pode ser usado para ativar a terminação na porta RS485 (terminais 68 e 69).

4) Consulte capétulo 4 Safe Torque Off (STO) para obter a fiação correta de STO.

5) O conversor de frequência S2 (monofásico 200-240 V) não suporta aplicação de divisão da carga.

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

2



1	PLC	10	Cabo de rede elétrica (não blindado)
2	Cabo de equalização mínimo de 16 mm² (6 AWG)	11	Contator de saída etc.
3	Os cabos de controle	12	Isolamento do cabo descascado
4	Mínimo de 200 mm (656 pés) entre cabos de controle, cabos de motor e cabos de rede elétrica.	13	Barramento de aterramento comum. Siga os requisitos locais e nacionais de aterramento de gabinete.
5	Alimentação de rede elétrica	14	Resistor do freio
6	Superfície descoberta (não pintada)	15	Caixa metálica
7	Arruelas estrela	16	Conexão com o motor
8	Cabo do freio (blindado)	17	Motor
9	Cabo de motor (blindado)	18	Bucha de cabo de EMC

Ilustração 2.3 Conexão Elétrica Típica

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

2.2.1 Conexão do Motor

⚠ADVERTÊNCIA

TENSÃO INDUZIDA

A tensão induzida dos cabos de motor de saída estendidos juntos pode carregar capacitores do equipamento, mesmo com o equipamento desligado e travado. Se os cabos de motor de saída não forem estendidos separadamente ou não forem utilizados cabos blindados, o resultado poderá ser morte ou lesões graves.

- **Estenda os cabos de motor de saída separadamente.**
- **Use cabos blindados.**

- Atenda os códigos elétricos locais e nacionais para tamanhos do cabo. Para saber os tamanhos de cabo máximos, ver *capítulo 7.1 Dados Elétricos*.
- Atenda os requisitos de fiação do fabricante do motor.
- Extratores da fiação do motor ou painéis de acesso são fornecidos na base das unidades IP21 (NEMA tipo 1).
- Não conecte um dispositivo de partida ou de troca de polo (por exemplo, motor Dahlander ou motor de indução de anel de deslizamento) entre o conversor de frequência e o motor.

Procedimento

1. Descasque um pedaço do isolamento do cabo externo. O comprimento recomendado é de 10–15 mm (0,4–0,6 pol).
2. Posicione o cabo descascado sob a braçadeira de cabo para estabelecer fixação mecânica e contato elétrico entre a blindagem do cabo e o terra.
3. Conecte o cabo do ponto de aterramento no terminal de aterramento mais próximo de acordo com as instruções de aterramento fornecidas no *capítulo Aterramento* e no *Guia de Operação do* VLT® Midi Drive FC 280. Consulte *Ilustração 2.4*.
4. Conecte a fiação do motor trifásico nos terminais 96 (U), 97 (V) e 98 (W), conforme mostrado em *Ilustração 2.4*.
5. Aperte os terminais de acordo com as informações fornecidas em *capítulo 7.7 Torques de Aperto de Conexão*.

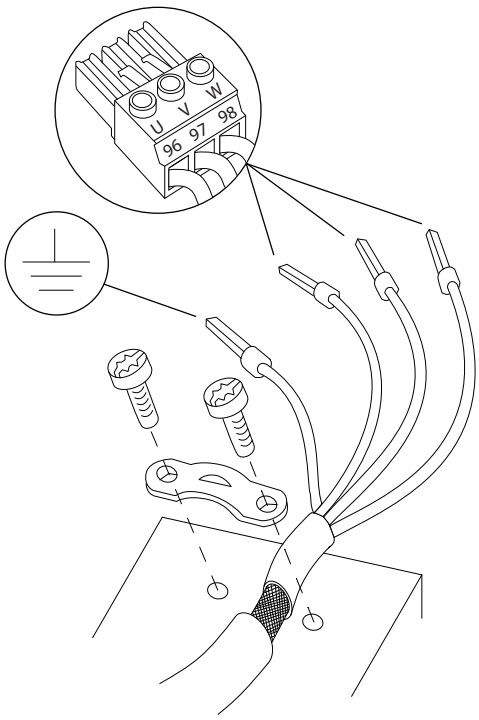


Ilustração 2.4 Conexão do Motor

As conexões de aterramento, da rede elétrica e do motor para conversores de frequência monofásicos e trifásicos são mostradas em *Ilustração 2.5*, *Ilustração 2.6* e *Ilustração 2.7*, respectivamente. As configurações reais variam com os tipos de unidade e equipamentos opcionais.

AVISO!

Em motores sem isolamento de fases, papel ou outro reforço de isolamento adequado para operação com fonte de tensão, utilize um filtro de onda senoidal na saída do conversor de frequência.

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

2

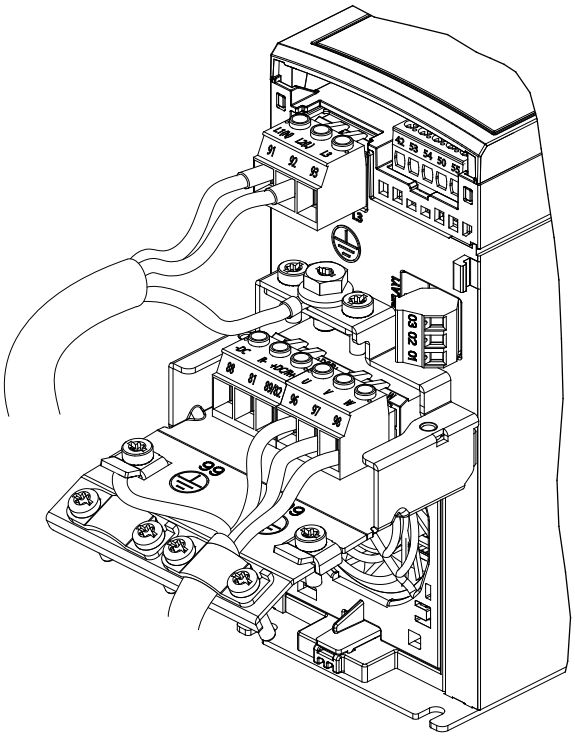


Ilustração 2.5 Conexões de rede elétrica, do motor e de aterramento para unidades monofásicas (K1, K2)

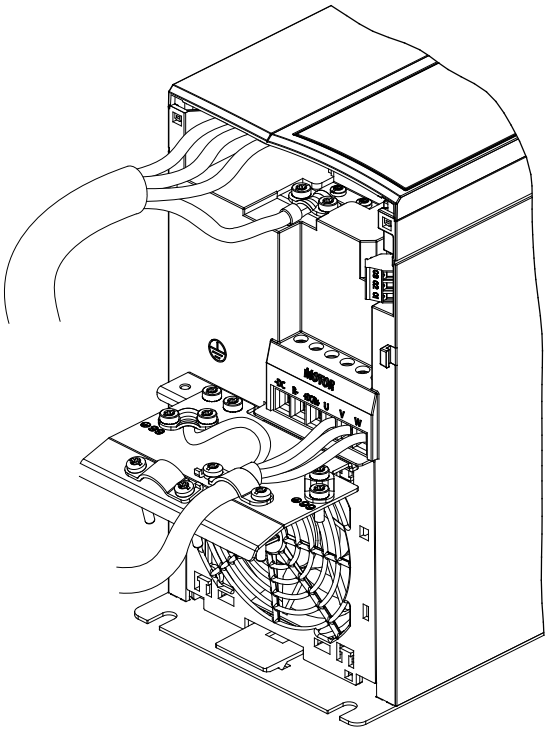


Ilustração 2.7 Conexão de rede elétrica, do motor e de aterramento para unidades trifásicas (K4, K5)

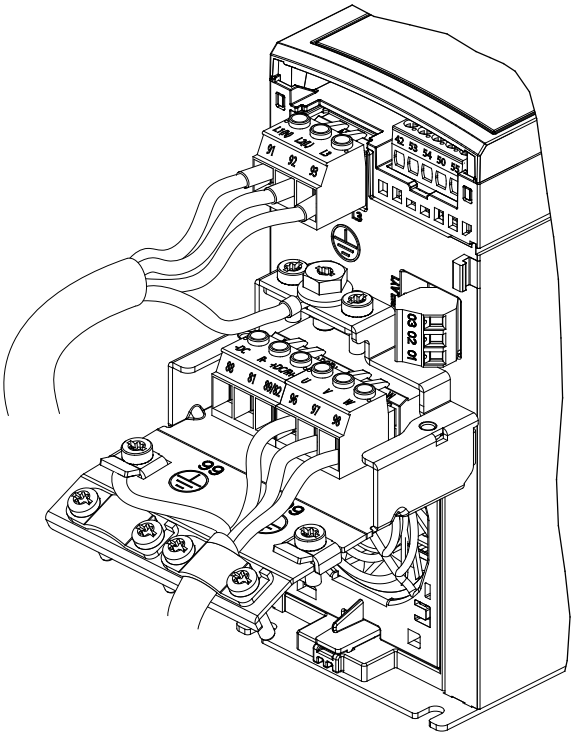


Ilustração 2.6 Conexões de rede elétrica, motor e aterramento para unidades trifásicas (K1, K2, K3)

2.2.2 Ligação da Rede Elétrica CA

- Dimensione a fiação com base na corrente de entrada do conversor de frequência. Para obter os tamanhos máximos dos cabos, consulte *capétulo 7.1 Dados Elétricos*.
- Atenda os códigos elétricos locais e nacionais para tamanhos do cabo.

Procedimento

1. Conecte os cabos de energia de entrada CA nos terminais N e L de unidades monofásicas (consulte *Ilustração 2.5*) ou nos terminais L1, L2 e L3 para unidades trifásicas (consulte *Ilustração 2.6* e *Ilustração 2.7*).
2. Dependendo da configuração do equipamento, conecte a potência de entrada nos terminais de entrada da rede elétrica ou na desconexão de entrada.
3. Aterre o cabo de acordo com as instruções de aterramento em *capítulo Aterramento* no VLT® Midi Drive FC 280 *Guia Operacional*.
4. Quando alimentado a partir de uma fonte de rede elétrica isolada (rede elétrica IT ou delta flutuante) ou rede elétrica TT/TN-S com uma perna aterrada (delta aterrado), certifique-se de que o parafuso do filtro de RFI foi removido. Remover o parafuso RFI evita danos ao

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

barramento CC e reduz as correntes de capacidade do terra de acordo com a norma IEC 61800-3 (consulte *Ilustração 7.13*, o parafuso localiza-se no lado do conversor de frequência).

2.2.3 Tipos de Terminal de Controle

Ilustração 2.8 mostra os conectores do conversor de frequência removíveis. As funções de terminal e a configuração padrão estão resumidas em *Tabela 2.3* e *Tabela 2.4*.

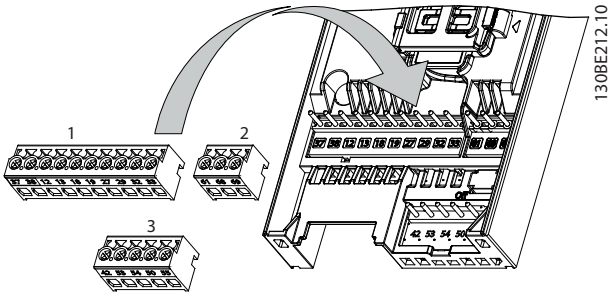


Ilustração 2.8 Locais do Terminal de Controle

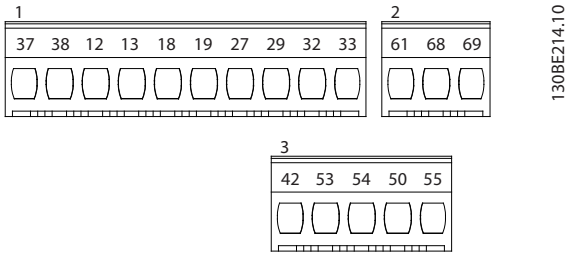


Ilustração 2.9 Números dos Terminais

Consulte *capétulo 7.6 Entrada/Saída de controle e dados de controle* para saber detalhes das características nominais dos terminais.

Terminal número	Parâmetro	Configuração padrão	Descrição
E/S digital, E/S pulso, encoder			
12, 13	–	+24 V CC	Tensão de alimentação de 24 V CC. A corrente de saída máxima é de 100 mA para todas as cargas de 24 V.
18	*Parâmetro 5-10 Terminal 18 Entrada Digital*	*[8] Partida*	Entradas digitais.
19	*Parâmetro 5-11 Terminal 19, Entrada Digital*	*[10] Reversão*	
27	*Parâmetro 5-01 Modo do Terminal 27 Parâmetro 5-12 Terminal 27, Entrada Digital Parâmetro 5-30 Terminal 27 Saída Digital*	*DI [2] Parada por inércia inversa DO [0] Sem operação*	Selecionável para entrada digital, saída digital ou saída de pulso. A configuração padrão é entrada digital.
29	*Parâmetro 5-13 Terminal 29, Entrada Digital*	*[14] Jog*	Entrada digital.
32	*Parâmetro 5-14 Terminal 32, Entrada Digital*	*[0] Sem operação*	Entrada digital, encoder de 24 V. O terminal 33 pode ser usado para entrada de pulso.
33	*Parâmetro 5-15 Terminal 33 Entrada Digital*	*[0] Sem operação*	
37, 38	–	STO	Entradas de segurança funcional
Entradas/saídas analógicas			
42	*Parâmetro 6-91 Terminal 42 Saída Analógica*	*[0] Sem operação*	Saída analógica programável. O sinal analógico é de 0-20 mA ou 4-20 mA a um máximo de 500 Ω. Também pode ser configurado como saídas digitais.
50	–	+10 V CC	Tensão de alimentação analógica de 10 V CC. Máximo de 15 mA comumente usado para potenciômetro ou termistor.
53	*Grupo do parâmetro 6-1* Entrada analógica 53*	–	Entrada analógica. Somente modo de tensão é suportado. Também pode ser usado como entrada digital.

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

2

Terminal número	Parâmetro	Configuração padrão	Descrição
54	*Grupo do parâmetro 6-2* Entrada analógica 54*	–	Entrada analógica. Selecionável entre modo de tensão ou de corrente.
55	–	–	Comum para entradas digital e analógica.

Tabela 2.3 Descrições do terminal - Entradas/saídas digitais, Entradas/Saídas Analógicas

Terminal número	Parâmetro	Configuração padrão	Descrição
Comunicação serial			
61	–	–	Filtro de RC integrado para blindagem do cabo. SOMENTE para conectar a blindagem quando houver problemas de EMC.
68 (+)	*Grupo do parâmetro 8-3* configurações da porta do FC*	–	Interface RS485. Um interruptor do cartão de controle é fornecido para resistência de terminação.
69 (-)	*Grupo do parâmetro 8-3* configurações da porta do FC*	–	
Relés			
01, 02, 03	*Parâmetro 5-40 Função do Relé*	*[1] Controle Pronto*	Saída do relé de forma C. Esses relés estão em diferentes locais, dependendo do tamanho e da configuração do conversor de frequência. Utilizável para tensão CC ou CA e carga indutiva ou resistiva.

Tabela 2.4 Descrições dos terminais - Comunicação Serial

2.2.4 Fiação para os Terminais de Controle

Os conectores do terminal de controle podem ser desconectados do conversor de frequência para facilitar a instalação, como mostrado em *Ilustração 2.8*.

Para obter detalhes sobre fiação de STO, consulte *capétulo 4 Safe Torque Off (STO)*.

AVISO!

Mantenha os cabos de controle o mais curto possível e separe-os dos cabos de alta energia para minimizar a interferência.

1. Solte os parafusos dos terminais.
2. Insira cabos de controle com luva nos slots.
3. Aperte os parafusos dos terminais.
4. Certifique-se de que o contato está estabelecido bem firme e não está frouxo. Fiação de controle frouxa pode ser a fonte de falhas do equipamento ou de operação não ideal.

Consulte *capétulo 7.5 Especificações de Cabo* para obter tamanhos do cabo do terminal de controle e *capétulo 3 Exemplos de Aplicações* para obter conexões de cabos de controle típicas.

2.3 Estruturas de Controle

Um conversor de frequência retifica a tensão CA da rede elétrica em tensão CC. Em seguida, a tensão CC é convertida em corrente CA com amplitude e frequência variáveis.

O motor é fornecido com tensão/corrente e frequência variáveis, o que permite controle de velocidade infinitamente variável de motores CA trifásicos padrão e de motores síncronos de ímã permanente.

2.3.1 Modos de Controle

O conversor de frequência controla a velocidade ou o torque no eixo do motor. O conversor de frequência também controla o processo de algumas aplicações que utilizam dados de processo como referência ou feedback, por exemplo, temperatura e pressão. A configuração do par. *parâmetro 1-00 Modo Configuração* determina o tipo de controle.

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

Controle da velocidade

Há dois tipos de controle da velocidade:

- Controle de malha aberta de velocidade que não requer feedback do motor (sem sensor).
- O controle do PID de malha fechada de velocidade requer feedback de velocidade em uma entrada. Um controle da velocidade de malha fechada adequadamente otimizado tem maior precisão que um controle da velocidade de malha aberta.

Selecione qual entrada usar como feedback do PID de velocidade em *parâmetro 7-00 Speed PID Feedback Source*.

Controle de torque

A função de controle de torque é utilizada em aplicações em que o torque no eixo de saída do motor controla a aplicação como controle de tensão. Selecione *[2] Malha fechada de torque* ou *[4] Malha aberta de torque* em *parâmetro 1-00 Modo Configuração*. A configuração do torque é feita configurando uma referência analógica, digital ou por controle do bus. Ao executar controle de torque, é recomendável executar um procedimento de AMA completas, uma vez que dados corretos do motor são importantes para o desempenho ideal.

- Malha fechada no modo VVC$^+$. Essa função é usada em aplicações com baixa a média variação de eixo e oferece desempenho excelente em todos os quatro quadrantes e todas as velocidades do motor. O sinal de feedback de velocidade é obrigatório. Certifique-se de que a resolução do encoder é de no mínimo 1024 PPR, e que o cabo blindado do encoder está aterrado corretamente, uma vez que a precisão do sinal de feedback de velocidade é importante. Ajuste *parâmetro 7-06 Speed PID Lowpass Filter Time* para obter o melhor sinal de feedback de velocidade.
- Malha aberta no modo VVC$^+$. A função é usada em aplicações mecanicamente robustas, mas a precisão é limitada. A função de torque em malha aberta funciona em duas direções. O torque é calculado com base na medição de corrente interna do conversor de frequência.

Referência de velocidade/torque

A referência desses controles pode ser uma referência única ou a soma de diversas referências, inclusive referências escalonadas relativamente. O tratamento das referências está explicado em detalhes em *capétulo 2.4 Tratamento da Referência*.

Controle de processo

Existem dois tipos de controle de processo:

- O controle de malha fechada de processo, que executa malha aberta de velocidade para controlar o motor internamente, é um Controlador de Processo do PID básico.
- O controle do PID estendido de malha aberta de velocidade, que também executa malha aberta para controlar o motor internamente, estende a função do Controlador de Processo do PID básico adicionando mais funções. Por exemplo, controle de avanço de alimentação, grampeamento, filtro de referência/feedback e escalonamento de ganho.

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

2

2.3.2 Princípio de controle

VLT® Midi Drive FC 280 é um conversor de frequência de uso geral para aplicações de velocidade variável. O princípio de controle é baseado no VVC+.

Conversores de frequência FC 280 podem controlar motores assíncronos e motores síncronos de imã permanente de até 22 kW (30 hp).

O princípio de detecção de corrente em conversores de frequência FC 280 é baseado na medição de corrente por um resistor no barramento CC. A proteção contra falha de aterramento e o comportamento de curto circuito são controlados pelo mesmo resistor.

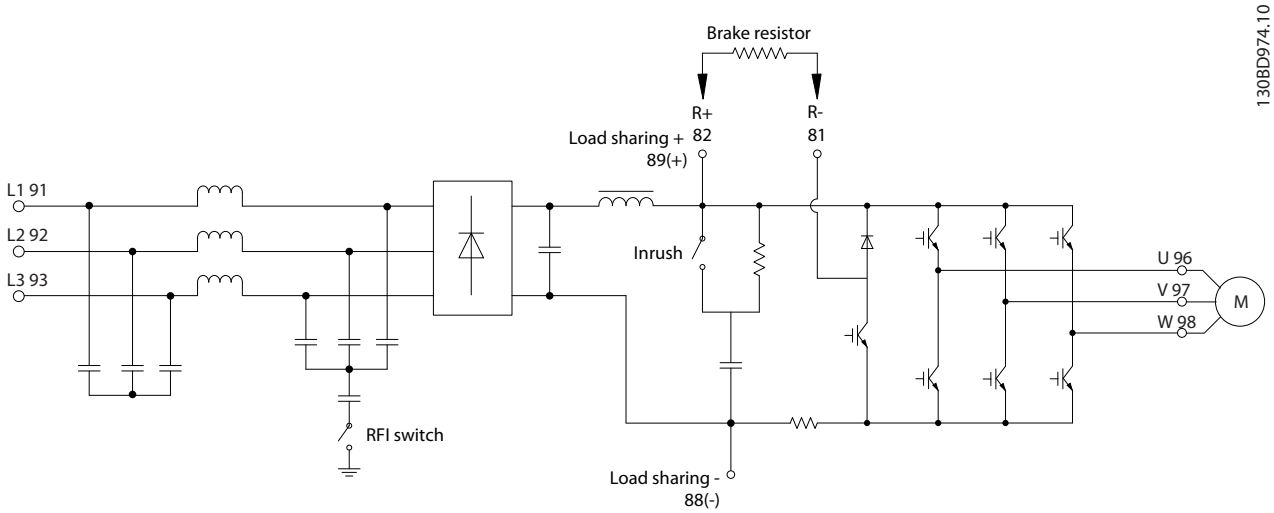


Ilustração 2.10 Diagrama de Controle

2.3.3 Estrutura de Controle em VVC+

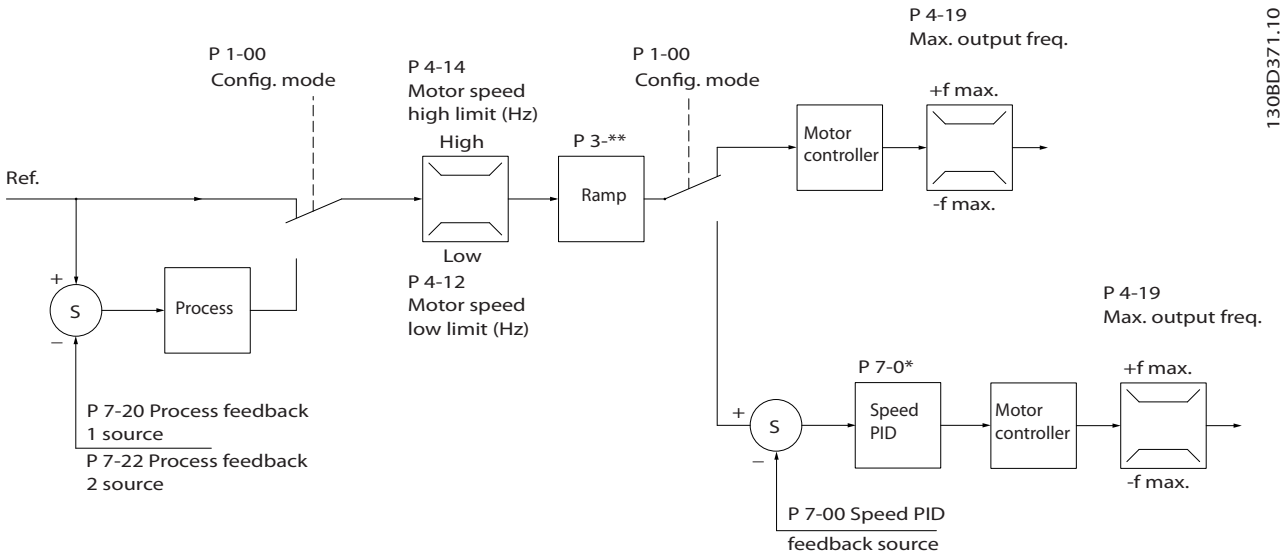


Ilustração 2.11 Estrutura de controle em Configurações de Malha Fechada e Configurações de Malha Aberta VVC+

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

Na configuração mostrada em *Ilustração 2.11*, *parâmetro 1-01 Principio de Controle do Motor* está programado para *[1] VVC+* e *parâmetro 1-00 Modo Configuração* está programado para *[0] Malha aberta de velocidade*. A referência resultante do sistema de tratamento da referência é recebida e alimentada por meio da limitação de rampa e da limitação de velocidade, antes de ser enviada para o controle do motor. A saída do controle do motor fica então restrita pelo limite de frequência máxima.

Se *parâmetro 1-00 Modo Configuração* estiver programado para *[1] Malha fechada de velocidade*, a referência resultante é passada de limitação de rampa e limitação de velocidade para controle do PID de Velocidade. Os parâmetros de controle do PID de velocidade estão no *grupo do parâmetro 7-0* Cotrl. do PID de Veloc*. A referência resultante do controle do PID de velocidade é enviada ao controle do motor, limitada pelo limite de frequência.

Selecione *[3] Processo* em *parâmetro 1-00 Modo Configuração* para usar o controle do PID de processo para controle de malha fechada de velocidade ou pressão na aplicação controlada. Os parâmetros do PID de processo são no *grupo do parâmetro 7-2* Controle de Processo. Feedback* e *7-3* Controle do PID de Processo*.

2.3.4 Controle de Corrente Interno no Modo VVC+

O conversor de frequência apresenta um controle de limite de corrente. Esse recurso é ativado quando a corrente do motor e, portanto o torque, é mais alta que os limites de torque definidos em *parâmetro 4-16 Limite de Torque do Modo Motor*, *parâmetro 4-17 Limite de Torque do Modo Gerador* e *parâmetro 4-18 Limite de Corrente*.
Quando o conversor de frequência estiver no limite de corrente durante a operação do motor ou operação regenerativa, o conversor de frequência tenta chegar abaixo dos limites de torque predefinidos tão rápido quanto possível sem perder controle do motor.

2.3.5 Controles Local (Hand On - Manual Ligado) e Remoto (Auto On - Automático Ligado)

Opere o conversor de frequência manualmente por meio do painel de controle local (LCP gráfico ou LCP numérico) ou remotamente por meio de entradas digitais/analógicas ou fieldbus.
Dê partida e pare o conversor de frequência pressionando as teclas [Hand on] e [Reset] no LCP. Setup é necessário por meio dos seguintes parâmetros:

- *Parâmetro 0-40 Tecla [Hand on] (Manual ligado) do LCP*.
- *Parâmetro 0-44 Tecla [Off/Reset] no LCP*.
- *Parâmetro 0-42 Tecla [Auto on] (Automát. ligado) do LCP*.

Reinicializar alarmes por meio da tecla [Reset] ou por meio de uma entrada digital, quando o terminal estiver programado para *Reset*.

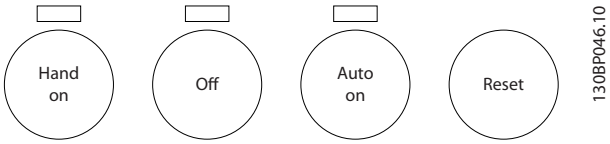


Ilustração 2.12 Teclas de controle do GLCP

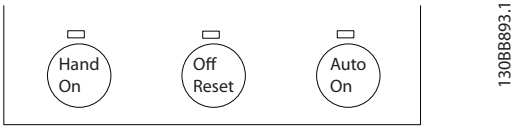


Ilustração 2.13 Teclas de controle do NLCP

A referência local força o modo configuração para malha aberta, independente da configuração em *parâmetro 1-00 Modo Configuração*. A referência local é restaurada ao desligar o conversor de frequência.

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

2.4 Tratamento da Referência

2

Referência local

A referência local está ativa quando o conversor de frequência é operado com a tecla [Hand On] ativa. Ajuste a referência usando [▲]/[▼] e [◄/[►].

Referência Remota

O sistema de tratamento da referência para calcular a referência remota é mostrado em *Ilustração 2.14*.

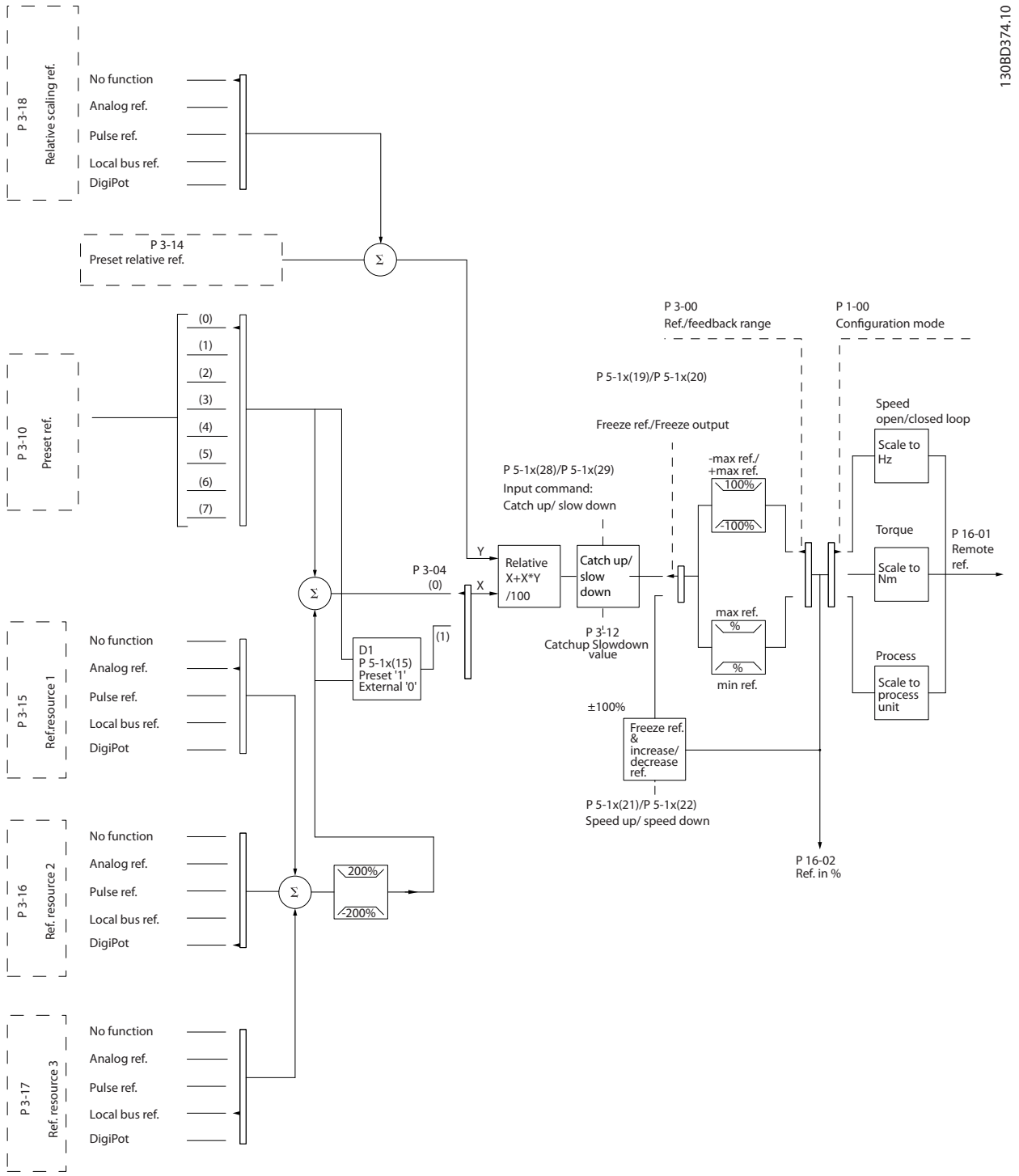


Ilustração 2.14 Referência Remota

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

A referência remota é calculada uma vez a cada intervalo de varredura e consiste inicialmente em 2 tipos de entradas de referência:

1. X (a referência externa): Uma soma (ver *parâmetro 3-04 Função de Referência*) de até quatro referências selecionadas externamente, compreendendo qualquer combinação (determinada pela programação de *parâmetro 3-15 Fonte da Referência 1*, *parâmetro 3-16 Fonte da Referência 2* e *parâmetro 3-17 Fonte da Referência 3*) de uma referência predefinida fixada (*parâmetro 3-10 Referência Predefinida*), referências analógica variáveis, referências de pulsos digitais variáveis e várias referências de fieldbus em qualquer unidade que o conversor de frequência estiver monitorado ([Hz], [RPM], [Nm] etc.).
2. Y (a referência relativa): A soma de uma referência predefinida fixa (*parâmetro 3-14 Referência Relativa Pré-definida*) e uma referência analógica variável (*parâmetro 3-18 Fonte d Referência Relativa Escalonada*), em [%].

Os dois tipos de entradas de referência são combinados na seguinte fórmula:
Referência remota=X+X*Y/100%.
Se a referência relativa não for utilizada, programe *parâmetro 3-18 Fonte d Referência Relativa Escalonada* para *[0] Sem função* e *parâmetro 3-14 Referência Relativa Pré--definida* para 0%. As entradas digitais no conversor de frequência podem ativar a função de catch-up/redução de velocidade e a função de congelar referência. As funções e os parâmetros estão descritos no *Guia de Programação do* VLT® Midi Drive FC 280.
A escala de referências analógicas está descrita nos *grupos do parâmetro 6-1* Entrada Analógica 53* e *6-2* Entrada Analógica 54* e a escala das referências de pulsos digitais está descrita no *grupo do parâmetro 5-5* Entrada de Pulso*. Os limites e as faixas de referência são programados no *grupo do parâmetro 3-0* Limites de Referência*.

2.4.1 Limites de Ref.

Parâmetro 3-00 Intervalo de Referência, *parâmetro 3-02 Referência Mínima* e *parâmetro 3-03 Referência Máxima* definem a faixa permitida da soma de todas as referências. A soma de todas as referências é bloqueada quando necessário. A relação entre a referência resultante (após grampeamento) e a soma de todas as referências são mostradas em *Ilustração 2.15* e *Ilustração 2.16*.

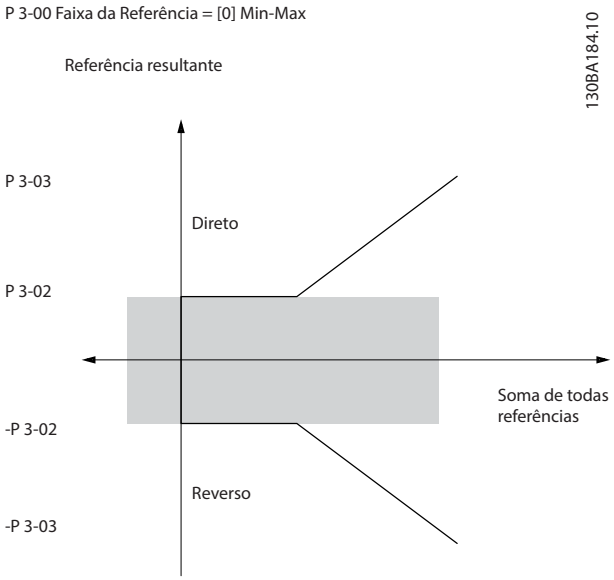


Ilustração 2.15 A soma de todas as referências quando a faixa de referência for definida como 0

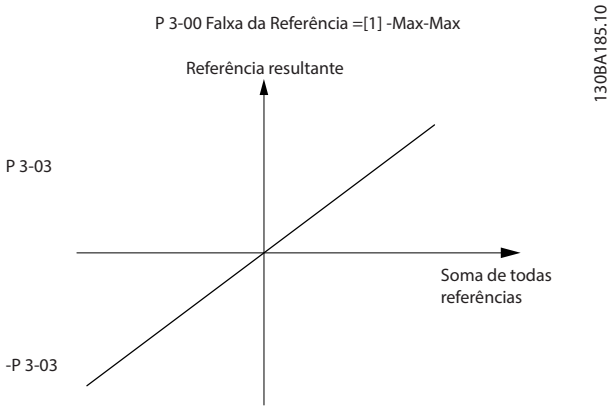


Ilustração 2.16 A soma de todas as referências quando a faixa de referência for definida como 1

O valor do *parâmetro 3-02 Referência Mínima* não pode ser programado para um valor menor que zero, a menos que o *parâmetro 1-00 Modo Configuração* esteja programado para *[3] Processo*. Nesse caso, as relações a seguir entre a referência resultante (após grampeamento) e a soma de todas as referências são como mostradas em *Ilustração 2.17*.

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

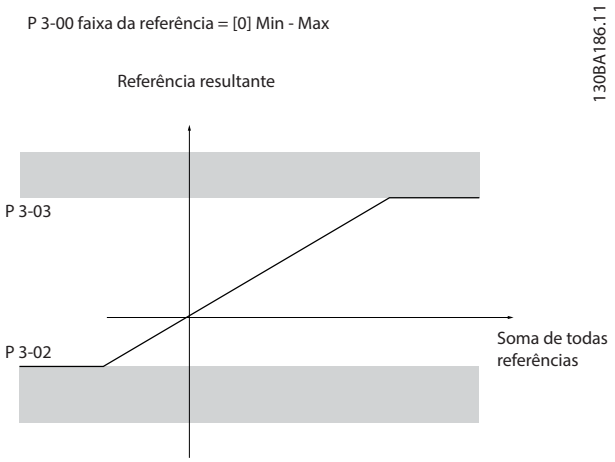


Ilustração 2.17 A soma de todas as referências quando a referência mínima for definida como um valor negativo

2.4.2 Escala das Referências Predefinidas e das Referências de Bus

As referências predefinidas são graduadas de acordo com as regras seguintes:

- Quando *parâmetro 3-00 Intervalo de Referência* for definida como *[0] Mín–Máx*, 0% de referência equivale a 0 [unidade] onde unidade pode ser qualquer unidade, por exemplo, RPM, m/s e bar. 100% de referência equivale ao máximo (valor absoluto de *parâmetro 3-03 Referência Máxima*, valor absoluto de *parâmetro 3-02 Referência Mínima*).
- Quando *parâmetro 3-00 Intervalo de Referência* estiver definido como *[1] -Máx–+Máx*, 0% de referência equivale a 0 [unidade] e 100% de referência equivale à referência máxima.

As referências de Bus são graduadas de acordo com as regras seguintes:

- Quando *parâmetro 3-00 Intervalo de Referência* for definida como *[0] Mín–Máx*, 0% de referência equivale à referência mínima e 100% de referência equivale à referência máxima.
- Quando *parâmetro 3-00 Intervalo de Referência* for definida como *[1] Máx–+Máx*, -100% de referência equivale à referência máxima negativa e 100% de referência equivale à referência máxima.

2.4.3 Escala de Referências de Pulso e Analógicas e Feedback

As referências e o feedback são graduados a partir da entrada analógica e entrada de pulso da mesma maneira. A única diferença é que uma referência acima ou abaixo dos pontos terminais mínimo e máximo especificados (P1 e P2 em *Ilustração 2.18*) é bloqueada, enquanto que feedbacks acima ou abaixo não são.

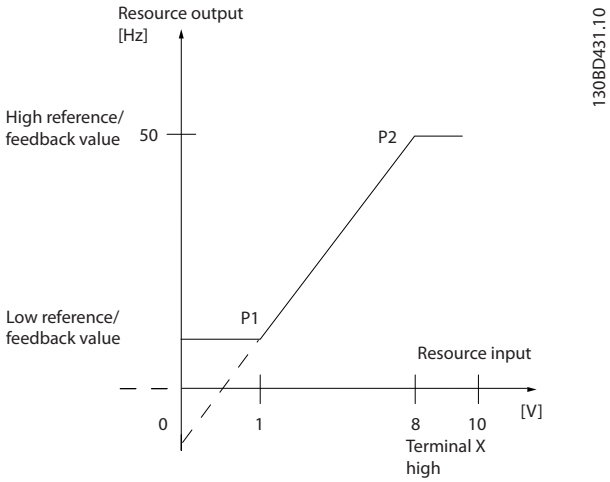


Ilustração 2.18 Pontos finais mínimo e máximo

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

Os pontos finais P1 e P2 são definidos em *Tabela 2.5* dependendo da escolha da entrada.

Entrada	Modo de tensão analógica 53	Modo de tensão analógica 54	Modo de corrente analógica 54	Entrada de Pulso 29	Entrada de Pulso 33
P1=(Valor de entrada mínimo, valor mínimo de referência)					
Valor mínimo de referência	*Parâmetro 6-14 Terminal 53 Ref./ Feedb. Valor Baixo*	*Parâmetro 6-24 Terminal 54 Ref./ Feedb. Valor Baixo*	*Parâmetro 6-24 Terminal 54 Ref./Feedb. Valor Baixo*	*Parâmetro 5-52 Term. 29 Ref./feedb. Valor Baixo*	*Parâmetro 5-57 Term. 33 Ref./Feedb.Valor Baixo*
Valor mínimo de entrada	*Parâmetro 6-10 Terminal 53 Tensão Baixa* [V]	*Parâmetro 6-20 Terminal 54 Tensão Baixa* [V]	*Parâmetro 6-22 Terminal 54 Corrente Baixa* [mA]	*Parâmetro 5-50 Term. 29 Baixa Freqüência* [Hz]	*Parâmetro 5-55 Term. 33 Baixa Freqüência* [Hz]
P2=(Valor máximo de entrada, valor de referência máxima)					
Valor de referência máxima	*Parâmetro 6-15 Terminal 53 Ref./ Feedb. Valor Alto*	*Parâmetro 6-25 Terminal 54 Ref./ Feedb. Valor Alto*	*Parâmetro 6-25 Terminal 54 Ref./Feedb. Valor Alto*	*Parâmetro 5-53 Term. 29 Ref./Feedb. Valor Alto*	*Parâmetro 5-58 Term. 33 Ref./Feedb. Valor Alto*
Valor de entrada máxima	*Parâmetro 6-11 Terminal 53 Tensão Alta* [V]	*Parâmetro 6-21 Terminal 54 Tensão Alta* [V]	*Parâmetro 6-23 Terminal 54 Corrente Alta* [mA]	*Parâmetro 5-51 Term. 29 Alta Freqüência* [Hz]	*Parâmetro 5-56 Term. 33 Alta Freqüência* [Hz]

Tabela 2.5 Pontos finais P1 e P2

2.4.4 Banda Morta em Torno de Zero

Em alguns casos, a referência (em raros casos também o feedback) deverá ter uma banda morta em torno de zero para assegurar que a máquina está parada quando a referência estiver perto do zero.

Para ativar a banda morta e programar a quantidade de banda morta, faça o seguinte:

- Programe o valor de referência mínima (ver *Tabela 2.5* para saber o parâmetro relevante) ou o valor de referência máxima em zero. Em outras palavras, P1 ou P2 deve estar no eixo-X, em *Ilustração 2.19*.
- Garanta que ambos os pontos que definem o gráfico em escala estejam no mesmo quadrante.

P1 ou P2 define o tamanho da banda morta conforme mostrado em *Ilustração 2.19*.

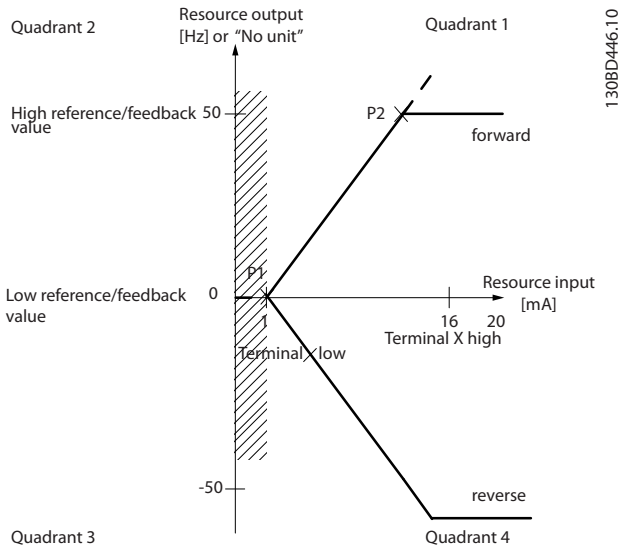


Ilustração 2.19 Tamanho de banda morta

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

2

Caso 1: Referência positiva com banda morta, entrada digital para disparo reverso, parte I

Ilustração 2.20 mostra como entrada de referência com limites dentro de mínimo a máximo limita as braçadeiras.

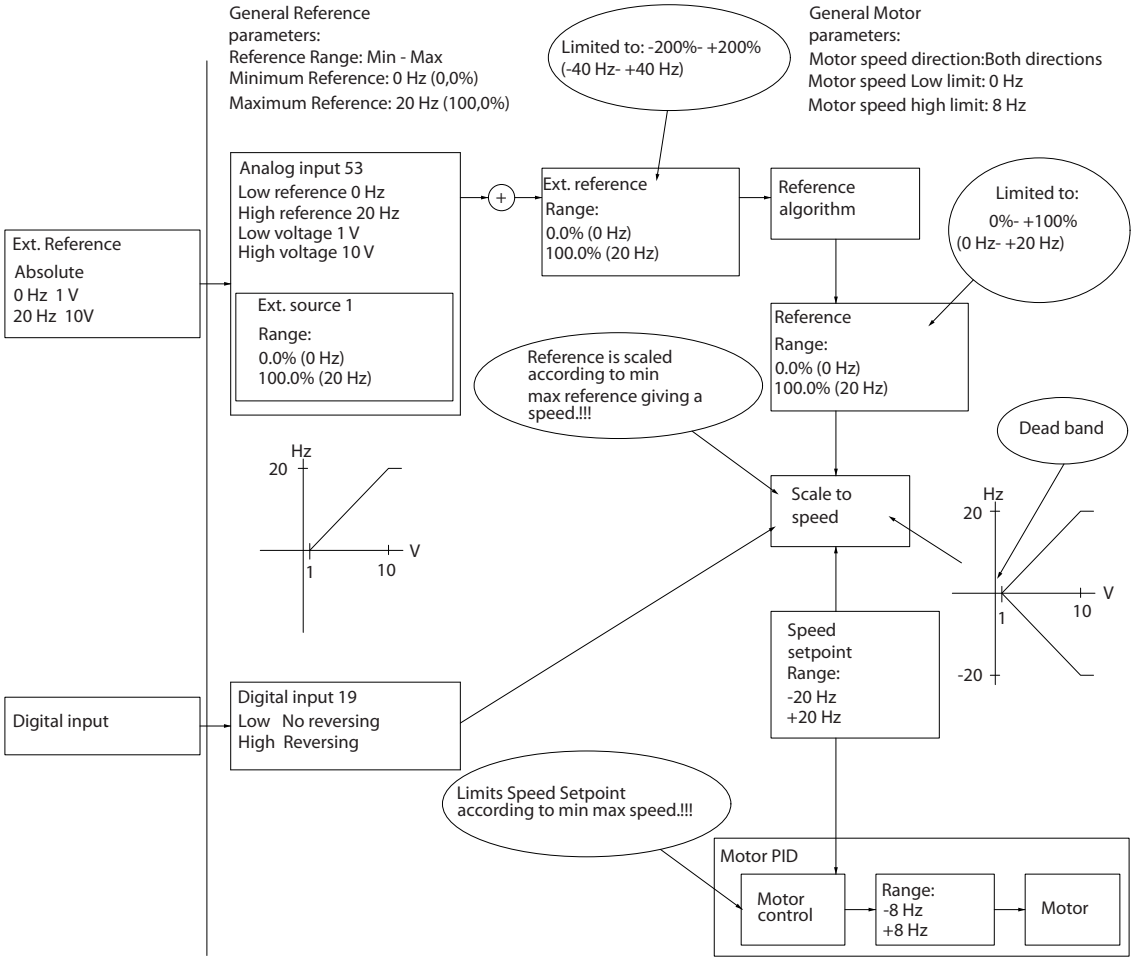


Ilustração 2.20 Grampeamento da entrada de referência com limites dentro de mínima a máxima

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

Caso 2: Referência positiva com banda morta, entrada digital para acionamento reverso, parte II

Ilustração 2.21 mostra como a entrada de referência com limites fora dos limites -máx. a +máx. limita as braçadeiras aos limites de entrada inferior e superior antes da adição à referência externa e como a referência externa está bloqueada a -máx. a + máx. pelo algoritmo de referência.

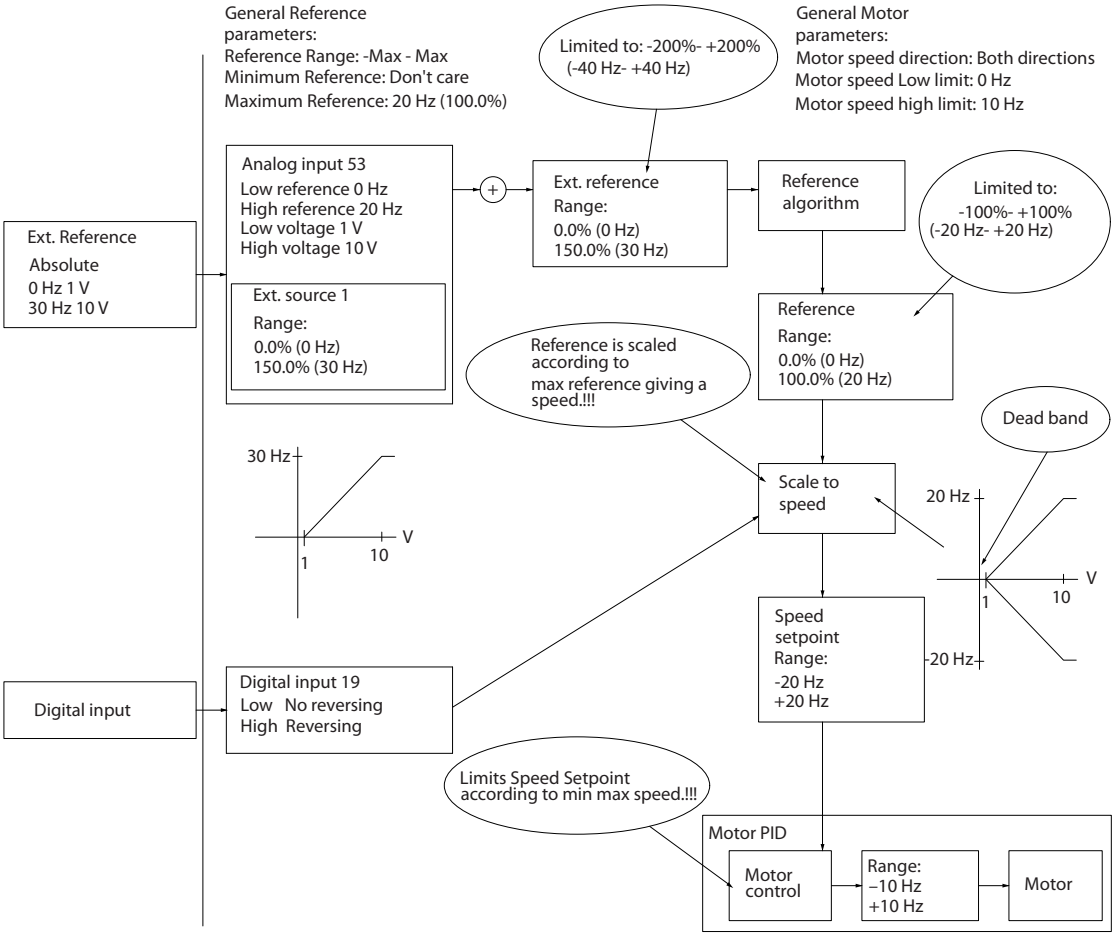


Ilustração 2.21 Grampeamento da entrada de referência com limites fora -Máximo a +Máximo

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

2.5 Controle do PID

2.5.1 Controle do PID de Velocidade

2

Parâmetro 1-00 Modo Configuração	*Parâmetro 1-01 Principio de Controle do Motor*	
	U/f	**VVC+**
[1] Malha fechada de velocidade	Não disponível[1)]	Ativo

Tabela 2.6 Configurações de controle, Controle da velocidade ativo

1) Não disponível indica que o modo específico está totalmente indisponível.

Parâmetro	**Descrição da função**	
Parâmetro 7-00 Fonte do Feedb. do PID de Veloc.	Selecione de qual entrada o PID de velocidade obtém seu feedback.	
Parâmetro 7-02 Ganho Proporcional do PID de Velocidad	Quanto maior o valor, mais rápido o controle. Entretanto, um valor muito alto pode gerar oscilações.	
Parâmetro 7-03 Tempo de Integração do PID de velocid.	Elimina erros de velocidade de estado estável. Valores menores indicam reação mais rápida. No entanto, um valor muito baixo pode ocasionar oscilações.	
Parâmetro 7-04 Tempo de Diferenciação do PID d veloc	Fornece um ganho proporcional à taxa de variação do feedback. Uma configuração de 0 desabilita o diferenciador.	
Parâmetro 7-05 Lim do Ganho Diferencial do PID d Veloc	Se houver variações rápidas de referência ou de feedback em uma aplicação determinada, o que significa que o erro muda rapidamente, o diferenciador logo pode se tornar predominante demais. Isto ocorre porque ele reage às variações no erro. Quanto mais rápida a variação do erro, maior será o ganho diferencial. O ganho diferencial pode, portanto, ser limitado, para permitir a programação de um tempo de diferenciação razoável, para variações lentas, e um ganho adequadamente rápido, para variações rápidas.	
Parâmetro 7-06 Tempo d FiltrPassabaixa d PID d veloc	Um filtro passa-baixa que amortiza oscilações no sinal de feedback e melhora o desempenho do estado estável. Entretanto, tempo do filtro muito longo deteriora o desempenho dinâmico do controle do PID de velocidade. Configurações práticas do *parâmetro 7-06 Speed PID Lowpass Filter Time* efetuadas a partir do número de pulsos por revolução do encoder (PPR):	
	Encoder PPR	***Parâmetro 7-06 Tempo d FiltrPassabaixa d PID d veloc***
	512	10 ms
	1024	5 ms
	2048	2 ms
	4096	1 ms

Tabela 2.7 Parâmetros de Controle da Velocidade

Exemplo de programação do controle da velocidade

Nesse exemplo, o controle do PID de velocidade é usado para manter uma velocidade do motor constante, independentemente da carga em mudança no motor. A velocidade do motor requerida é programada por meio de um potenciômetro conectado no terminal 53. A faixa de velocidade é 0-1500 rpm, correspondendo a 0-10 V no potenciômetro. Um interruptor conectado ao terminal 18 controla a partida e a parada. O PID de velocidade monitora a rpm real do motor com um encoder incremental (HTL) de 24 V como feedback. O sensor de feedback é um encoder (1024 pulsos por revolução) conectado aos terminais 32 e 33. A faixa de frequência de pulso para os terminais 32 e 33 é de 4 Hz–32 kHz.

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

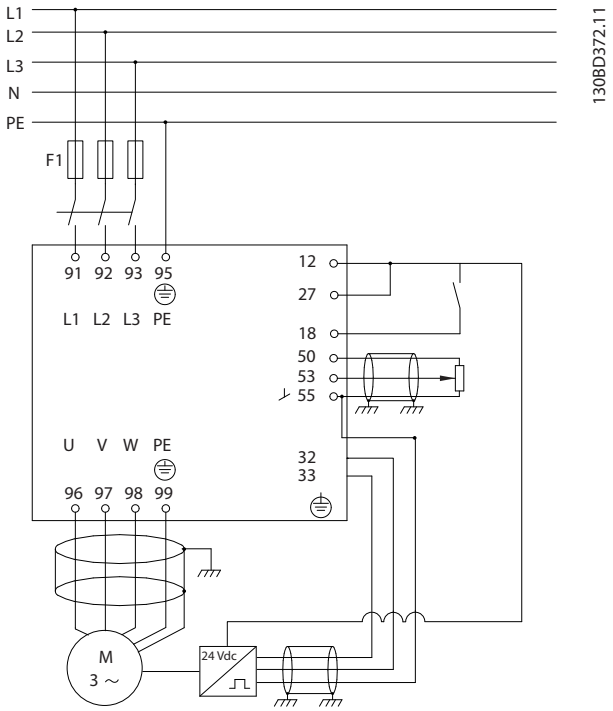


Ilustração 2.22 Programação de Controle da Velocidade

Siga as etapas em *Tabela 2.8* para programar o controle da velocidade (consulte a explicação das configurações no *guia de programação)*

Em *Tabela 2.8*, presume-se que todos os outros parâmetros e interruptores permanecem na sua configuração padrão.

Função	Número do parâmetro	Configuração
1) Certifique-se de que o motor está funcionando corretamente. Proceda da seguinte maneira:		
Programe os parâmetros do motor utilizando os dados da plaqueta de identificação.	*Grupo do parâmetro 1-2* Dados do Motor*	Como especificado na plaqueta de identificação do motor.
Execute uma AMA.	*Parâmetro 1-29 Adaptação Automática do Motor (AMA)*	*[1] Ativar AMA completa*
2) Verifique se o motor está funcionando e o encoder está anexado adequadamente. Proceda da seguinte maneira:		
Pressione [Hand On]. Certifique-se de que o motor está funcionando e observe o sentido da rotação em que ele gira (daqui em diante denominado "sentido positivo").		Programe uma referência positiva.
3) Certifique-se de que os limites do conversor de frequência estão programados com valores seguros:		
Programe limites aceitáveis para as referências.	*Parâmetro 3-02 Referência Mínima*	0
	Parâmetro 3-03 Referência Máxima	50
Verifique se as programações de rampa estão dentro das capacidades do conversor de frequência e das especificações de operação permitidas para a aplicação.	*Parâmetro 3-41 Tempo de Aceleração da Rampa 1*	Configuração padrão
	Parâmetro 3-42 Tempo de Desaceleração da Rampa 1	Configuração padrão

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

Programe limites aceitáveis para a frequência e a velocidade do motor.	*Parâmetro 4-12 Lim. Inferior da Veloc. do Motor [Hz]*	0 Hz
	Parâmetro 4-14 Lim. Superior da Veloc do Motor [Hz]	50 Hz
	Parâmetro 4-19 Freqüência Máx. de Saída	60 Hz
4) Configure o controle da velocidade e selecione o princípio de controle do motor:		
Ativação do controle da velocidade	*Parâmetro 1-00 Modo Configuração*	*[1] Malha fechada de velocidade*
Seleção do princípio de controle do motor	*Parâmetro 1-01 Principio de Controle do Motor*	*[1] VVC+*
5) Configure e escale a referência do controle da velocidade:		
Programe a entrada analógica 53 como fonte da referência.	*Parâmetro 3-15 Fonte da Referência 1*	Não necessário (padrão)
Escale a entrada analógica 53 0 Hz (0 V) a 50 Hz (10 V)	*Grupo do parâmetro 6-1* Entrada analógica 1*	Não necessário (padrão)
6) Configure o sinal do encoder HTL de 24 V como feedback do controle do motor e controle da velocidade:		
Programe as entradas digitais 32 e 33 como entradas do encoder.	*Parâmetro 5-14 Terminal 32, Entrada Digital*	*[82] Entrada do Encoder B*
	Parâmetro 5-15 Terminal 33 Entrada Digital	*[83] Entrada do Encoder A*
Selecione o terminal 32/33 como feedback do PID de velocidade.	*Parâmetro 7-00 Speed PID Feedback Source*	*[1] Encoder de 24 V*
7) Sintonize os parâmetros do PID de controle da velocidade:		
Utilize as orientações de sintonização quando relevante ou sintonize manualmente.	*Grupo do parâmetro 7-0* Ctrl do PID de Velocidade.*	
8) Concluir:		
Salve a programação do parâmetro no LCP como garantia.	*Parâmetro 0-50 Cópia do LCP*	*[1] Todos para o LCP*

Tabela 2.8 Ordem de programação do controle do PID de velocidade

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

2.5.2 Controle do PID de Processo

O controle do PID de processo pode ser utilizado para controlar os parâmetros da aplicação que podem ser medidos por um sensor (por exemplo, pressão, temperatura, fluxo) e ser afetados pelo motor conectado através de uma bomba, ventilador ou outros dispositivos conectados.

Tabela 2.9 mostra as configurações de controle em que o controle de processo é possível. Consulte *capétulo 2.3 Estruturas de Controle* para ver onde o controle da velocidade está ativo.

Parâmetro 1-00 Modo Configuração	*Parâmetro 1-01 Principio de Controle do Motor*	
	U/f	**VVC+**
[3] Processo	Processo	Processo

Tabela 2.9 Configuração de controle

AVISO!

O PID de controle de processo funciona com a programação do parâmetro padrão, mas é recomendável sintonizar os parâmetros para otimizar o desempenho do controle da aplicação.

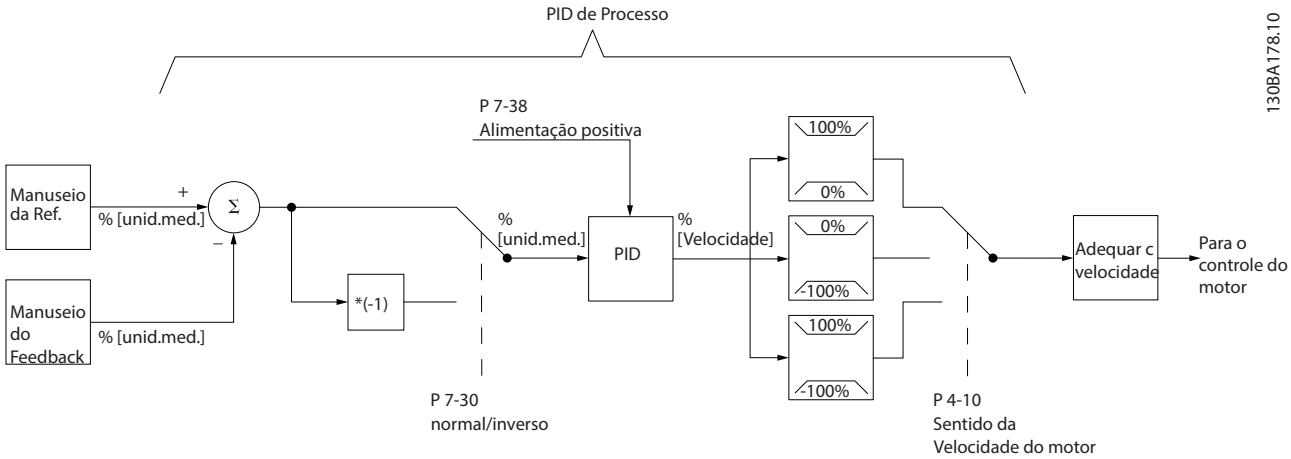


Ilustração 2.23 Diagrama de Controle do PID de Processo

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

2

2.5.3 Parâmetros Relevantes do Controle de Processo

Parâmetro	Descrição da função
Parâmetro 7-20 Fonte de Feedback 1 PID de Processo	Selecione de qual origem (entrada de pulso ou analógica) do feedback fornecido ao PID de processo.
Parâmetro 7-22 Fonte de Feedback 2	Opcional: Determine se (e de onde) o PID de processo obtém um sinal de feedback adicional. Se uma fonte do feedback adicional for selecionada, os dois sinais de feedback são unificados antes de serem utilizados no controle do PID de processo.
Parâmetro 7-30 Controle Normal/Inverso do PID	Em operação *[0] Normal*, o controle de processo responde com um incremento da velocidade do motor se o feedback for menor que a referência. Em operação *[1] Inversão*, o controle de processo responde com uma diminuição da velocidade do motor.
Parâmetro 7-31 Anti Windup do PID	A função anti-windup assegura que, quando um limite de frequência ou um limite de torque for alcançado, o integrador seja ajustado com um ganho que corresponda à frequência real. Isso evita a integração de um erro que não pode ser compensado por uma alteração da velocidade. Pressione *[0] Desligar* para desativar essa função.
Parâmetro 7-32 Velocidade de Partida do PID [RPM]	Em algumas aplicações poder levar um longo tempo para atingir a velocidade/setpoint requerido. Nessas aplicações pode ser vantajoso programar uma velocidade do motor fixa a partir do conversor de frequência antes de o controle de processo ser ativado. Programe uma velocidade do motor fixa configurando um valor inicial do PID de processo (velocidade) em *parâmetro 7-32 Velocidade de Partida do PID [RPM]*.
Parâmetro 7-33 Ganho Proporc. do PID de Processo	Quanto maior o valor, mais rápido o controle. Entretanto, um valor muito grande pode gerar oscilações.
Parâmetro 7-34 Tempo de Integr. do PID de velocid.	Elimina erros de velocidade de estado estável. Valor menor significa reação mais rápida. Entretanto, um valor muito pequeno pode gerar oscilações.
Parâmetro 7-35 Tempo de Difer. do PID de veloc	Fornece um ganho proporcional à taxa de alteração do feedback. Uma configuração de 0 desabilita o diferenciador.
Parâmetro 7-36 Dif.do PID de Proc.- Lim. de Ganho	Se houver variações rápidas de referência ou de feedback em uma aplicação determinada (o que significa que o erro muda rapidamente), o diferenciador logo pode tornar-se predominante demais. Isto ocorre porque ele reage às variações no erro. Quanto mais rápida a variação do erro, maior será o ganho diferencial. O ganho diferencial pode, desse modo, ser limitado para permitir a programação de um tempo de diferenciação razoável, para variações lentas.
Parâmetro 7-38 Fator do Feed Forward PID de Proc.	Em aplicações em que houver uma correlação boa (e aproximadamente linear) entre a referência do processo e a velocidade do motor necessária para obter essa referência, use o fator de feed forward para conseguir um desempenho dinâmico melhor do controle do PID de processo.
• *Parâmetro 5-54 Pulse Filter Time Constant #29* (Term. pulso 29) • *Parâmetro 5-59 Pulse Filter Time Constant #33* (Term. de pulso 33) • *Parâmetro 6-16 Terminal 53 Const. de Tempo do Filtro* (Term. analóg. 53) • *Parâmetro 6-26 Terminal 54 Const. de Tempo do Filtro* (Term. analóg. 54)	Se houver oscilações do sinal de feedback de corrente/tensão, use um um filtro passa--baixa para amortecer essas oscilações. A constante de tempo do filtro de pulso representa o limite de velocidade dos ripples que ocorrem no sinal de feedback. Exemplo: Se o filtro passa-baixa tiver sido ajustado para 0,1 s, a velocidade limite é 10 RAD/s (o recíproco de 0,1 s), correspondente a (10/(2 x π)) = 1,6 Hz. Isso significa que o filtro amortece todas as correntes/tensões que variam mais de 1,6 oscilações por segundo. O controle é executado somente em um sinal de feedback que varia em uma frequência (velocidade) menor que 1,6 Hz. O filtro passa-baixa melhora o desempenho em estado estável, mas selecionar um tempo do filtro muito longo deteriora o desempenho dinâmico do controle do PID de processo.

Tabela 2.10 Parâmetros de Controle de Processo

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

2.5.4 Exemplo de Controle do PID de Processo

Ilustração 2.24 é um exemplo de controle do PID de processo usado em um sistema de ventilação:

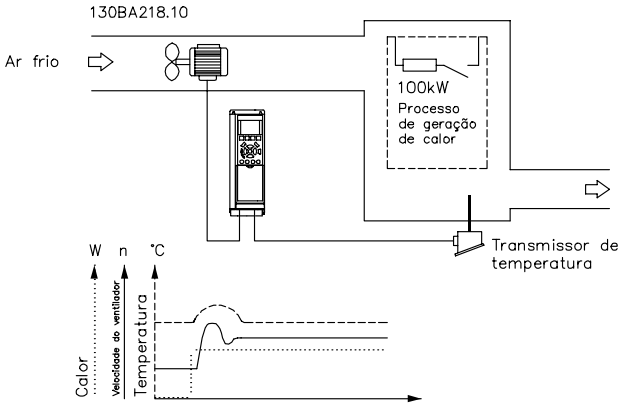


Ilustração 2.24 Controle do PID de Processo em um Sistema de Ventilação

Em um sistema de ventilação, a temperatura pode ser programada de -5 a 35 °C (23–95 °F) com um potenciômetro de 0–10 V. Para manter a temperatura programada constante, use o controle de processo.

O controle é inverso, o que significa que quando a temperatura aumenta, a velocidade de ventilação também aumenta para gerar mais ar. Quando a temperatura cai, a velocidade diminui. O transmissor usado é um sensor de temperatura com faixa de trabalho de -10 a +40 °C (14–104 °F), 4–20 mA.

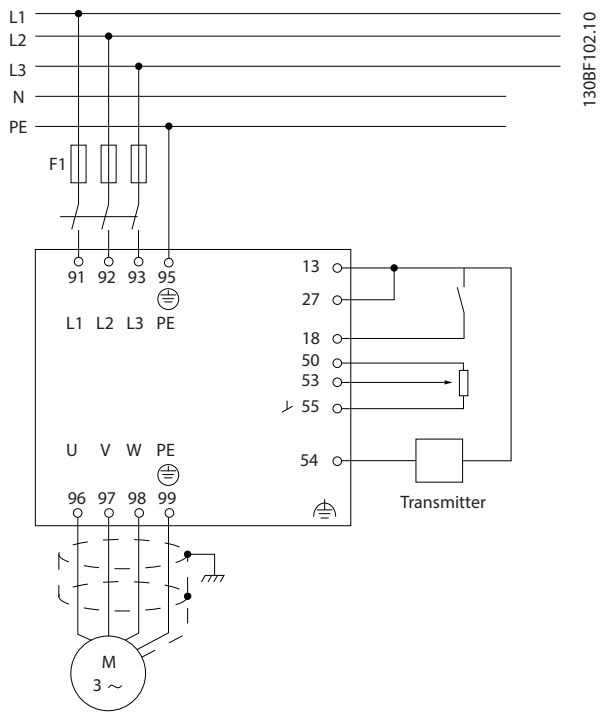


Ilustração 2.25 Transmissor de 2 fios

1. Partida/parada por meio do interruptor conectado no terminal 18.
2. Referência de temperatura por meio de potenciômetro (-5 to +35 °C (23–95 °F), 0–10 V CC) conectado ao terminal 53.
3. Feedback de temperatura via transmissor (-10 a +40 °C (14–104 °F), 4–20 mA) conectado ao terminal 54.

Função	Número do parâmetro	Configuração
Inicializar o conversor de frequência.	*Parâmetro 14-22 Modo Operação*	*[2] Inicialização* - execute um ciclo de energização - pressione reset.
1) Programe os parâmetros do motor:		
Programe os parâmetros do motor de acordo com os dados da plaqueta de identificação.	*Grupo do parâmetro 1-2* Dados do Motor*	Como indicado na plaqueta de identificação do motor.
Execute uma AMA completa.	*Parâmetro 1-29 Adaptação Automática do Motor (AMA)*	*[1] Ativar AMA completa.*
2) Verifique se o motor está funcionando no sentido correto. Quando o motor está conectado ao conversor de frequência com ordem de fases direta como U-U; V-V; W - W, o eixo do motor normalmente gira no sentido horário, visto da extremidade do eixo.		
Pressione [Hand On]. Verifique o sentido de rotação do eixo aplicando uma referência manual.		

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

2

Função	Número do parâmetro	Configuração
Se o motor girar no sentido oposto ao requerido: 1. Mude o sentido de rotação em *parâmetro 4-10 Sentido de Rotação do Motor*. 2. Desligue rede elétrica e aguarde o barramento CC descarregar. 3. Comute duas das fases do motor.	*Parâmetro 4-10 Sentido de Rotação do Motor*	Selecione o sentido correto do eixo do motor.
Programe o modo configuração.	*Parâmetro 1-00 Modo Configuração*	*[3] Processo*.
3) Programe a configuração da referência, ou seja, a faixa do tratamento da referência. Programe a escala da entrada analógica no *grupo do parâmetro 6-** Entrada/saída analógica*.		
Programe as unidades de referência/feedback. Programe a referência mínima (10 °C (50 °F)). Programe a referência máxima (80 °C (176 °F)). Se o valor programado for determinado a partir de um valor predefinido (parâmetro de matriz), programe as demais fontes da referência para *[0] Sem função*.	*Parâmetro 3-01 Reference/ Feedback Unit* *Parâmetro 3-02 Minimum Reference* *Parâmetro 3-03 Maximum Reference* *Parâmetro 3-10 Preset Reference*	*[60]* ℃ Unidade mostrada no display. -5 °C (23 °F). 35 °C (95 °F). *[0] 35%*. $Ref = \frac{Par.\ 3-10_{(0)}}{100} \times ((Par.\ 3-03) - (par.\ 3-02)) = 24,5°\ C$ *Parâmetro 3-14 Referência Relativa Pré-definida* a *parâmetro 3-18 Fonte d Referência Relativa Escalonada [0] = Sem função*.
4) Ajuste os limites do conversor de frequência:		
Programe os tempos de rampa para um valor apropriado, como 20 s.	*Parâmetro 3-41 Ramp 1 Ramp Up Time* *Parâmetro 3-42 Ramp 1 Ramp Down Time*	20 s 20 s
Programe o limite de velocidade mínima. Programe o limite de velocidade do motor máxima. Programe a frequência de saída máxima.	*Parâmetro 4-12 Motor Speed Low Limit [Hz]* *Parâmetro 4-14 Motor Speed High Limit [Hz]* *Parâmetro 4-19 Max Output Frequency*	10 Hz 50 Hz 60 Hz
Programe *parâmetro 6-19 Terminal 53 mode* e *parâmetro 6-29 Modo do terminal 54* para modo de tensão ou de corrente.		
5) Gradue as entradas analógicas usadas para referência e feedback:		

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

Função	Número do parâmetro	Configuração
Programe a baixa tensão do terminal 53. Programe a alta tensão do terminal 53. Programe o valor de feedback baixo do terminal 54. Programe o valor de feedback alto do terminal 54. Programe a fonte do feedback.	*Parâmetro 6-10 Terminal 53 Low Voltage* *Parâmetro 6-11 Terminal 53 High Voltage* *Parâmetro 6-24 Terminal 54 Low Ref./Feedb. Value* *Parâmetro 6-25 Terminal 54 High Ref./ Feedb. Value* *Parâmetro 7-20 Process CL Feedback 1 Resource*	0 V 10 V -5 °C (23 °F) 35 °C (95 °F) *[2] Entrada analógica 54*
6) Configurações básicas do PID:		
PID de processo normal/inverso.	*Parâmetro 7-30 Process PID Normal/ Inverse Control*	*[0] Normal*
Antiwindup do PID de processo.	*Parâmetro 7-31 Process PID Anti Windup*	*[1] On*
Velocidade Inicial do PID do Processo.	*Parâmetro 7-32 Velocidade de Partida do PID [RPM]*	300 rpm
Salve os parâmetros no LCP.	*Parâmetro 0-50 Cópia do LCP*	*[1] Todos para o LCP*

Tabela 2.11 Exemplo de Setup do Controle do PID de Processo

2.5.5 Otimização do controlador de processo

Após configurar as configurações básicas como descrito em *capétulo 2.5.5 Sequência da Programação*, otimize o ganho proporcional, o tempo de integração e o tempo de diferenciação (*parâmetro 7-33 Ganho Proporc. do PID de Processo*, *parâmetro 7-34 Tempo de Integr. do PID de velocid.* e *parâmetro 7-35 Tempo de Difer. do PID de veloc*). Na maioria dos processos, complete o seguinte procedimento:

1. Dê partida no motor
2. Programe o par. *parâmetro 7-33 Ganho Proporc. do PID de Processo* para 0,3 e aumente-o, até que o sinal de feedback comece a variar continuamente outra vez. Reduza o valor até o sinal de feedback estabilizar. Reduza o ganho proporcional em 40% a 60%.
3. Programe *parâmetro 7-34 Tempo de Integr. do PID de velocid.* para 20 s e reduza o valor até o sinal de feedback começar a variar continuamente outra vez. Aumente o tempo de integração até o sinal de feedback estabilizar, seguido por um aumento de 15% a 50%.
4. Use somente *parâmetro 7-35 Tempo de Difer. do PID de veloc* para sistemas de ação rápida (tempo de diferenciação). O valor típico é quatro vezes o tempo de integração programado. Use o diferenciador quando a programação do ganho proporcional e do tempo de integração tiver sido totalmente otimizada. Certifique-se de que o filtro passa-baixa amortece as oscilações no sinal de feedback suficientemente.

AVISO!

Se necessário, a partida/parada pode ser ativada várias vezes para provocar uma variação no sinal de feedback.

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

2

2.5.6 Método de Sintonia de Ziegler Nichols

Para ajustar o controles do PID do conversor de frequência, a Danfoss recomenda o método de sintonia de Ziegler Nichols.

AVISO!

Não use o método de sintonia de Ziegler Nichols em aplicações que poderão ser danificadas pelas oscilações criadas pelas configurações de controle marginalmente estáveis.

Os critérios para ajustar os parâmetros são baseados em uma avaliação do sistema, no limite de estabilidade, em vez de utilizar uma resposta degrau. Aumente o ganho proporcional até observar oscilações contínuas (quando medidas no feedback), ou seja, até o sistema ficar marginalmente estável. O ganho correspondente *(K_u)* é chamado de ganho final e é o ganho no qual a oscilação é obtida. O período da oscilação (P_u) (denominado de período principal) é determinado como mostrado em *Ilustração 2.26* e deverá ser medido quando a amplitude de oscilação for pequena.

1. Selecione somente controle proporcional, o que significa que o tempo integrado é programado para o valor máximo, enquanto que o tempo de diferenciação é programado para zero.
2. Aumente o valor do ganho proporcional, até que o ponto de instabilidade seja atingido (oscilações contínuas), quando então o valor de ganho crítico, K_u, seja obtido.
3. Meça o período das oscilações para obter a constante de tempo crítica, P_u.
4. Utilize *Tabela 2.12* para calcular os parâmetros de controle do PID necessários.

O operador do processo pode executar a afinação final do controle iterativamente, para prover um controle satisfatório.

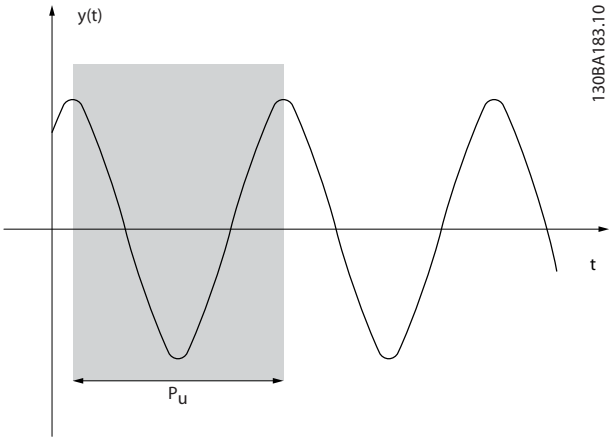


Ilustração 2.26 Sistema Marginalmente Estável

Tipo de controle	Ganho proporcional	Tempo integrado	Tempo de diferenciação
Controle de PI	0,45 x K_u	0,833 x P_u	–
Controle rígido do PID	0,6 x K_u	0,5 x P_u	0,125 x P_u
Algum overshoot do PID	0,33 x K_u	0,5 x P_u	0,33 x P_u

Tabela 2.12 Sintonia de Ziegler Nichols para regulador

2.6 Emissão EMC e imunidade

2.6.1 Aspectos Gerais da Emissão EMC

O transiente de ruptura é conduzido em frequências na faixa de 150 kHz a 30 MHz. A interferência em suspensão no ar do sistema do conversor de frequência na faixa de 30 MHz a 1 GHz é gerada pelo inversor, cabo de motor e motor.
As correntes capacitivas do cabo de motor acopladas a um alto dU/dt da tensão do motor geram correntes de fuga.
O uso de um cabo de motor blindado aumenta a corrente de fuga (ver *Ilustração 2.27*) porque cabos blindados têm capacitância mais alta em relação ao ponto de aterramento que cabos não blindados. Se a corrente de fuga não for filtrada, ela causará maior interferência na rede elétrica na faixa de frequência de rádio abaixo de 5 MHz aproximadamente. Como a corrente de fuga (I_1) é levada de volta à unidade por meio da blindagem (I_3), há apenas um pequeno campo eletromagnético (I_4) do cabo de motor blindado.

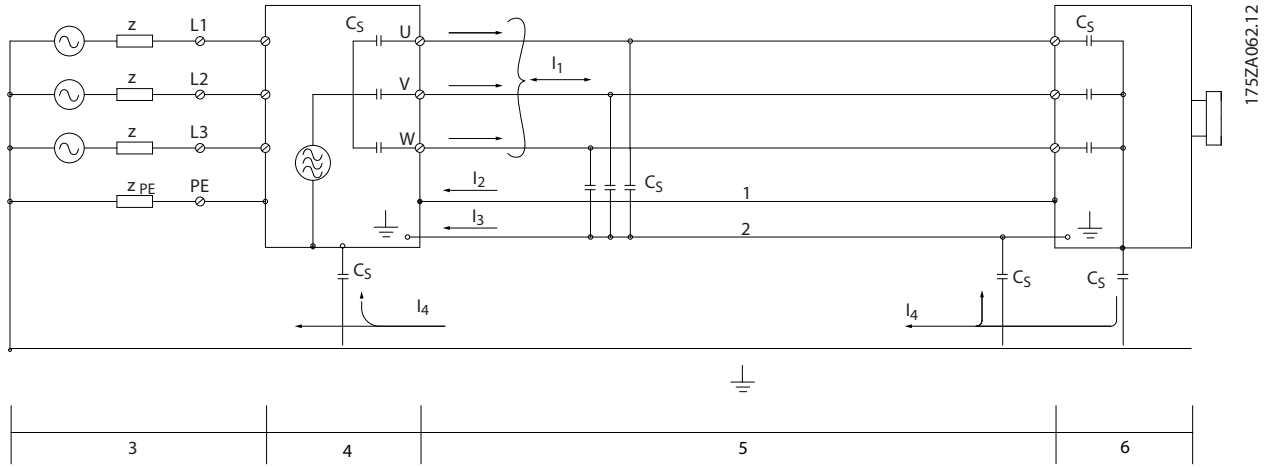
A blindagem reduz a interferência irradiada, mas aumenta a interferência de baixa frequência na rede elétrica. Conecte a blindagem do cabo de motor ao gabinete metálico do conversor de frequência e ao gabinete do motor. A melhor maneira de fazer isso é usando braçadeiras de blindagem integradas para evitar extremidades de blindagem torcidas (rabichos). As braçadeiras de blindagem aumentam a impedância da blindagem em frequências mais altas, o que reduz o efeito da blindagem e aumenta a corrente de fuga (I_4).

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

Monte a blindagem no gabinete nas duas extremidades se um cabo blindado for usado para as seguintes finalidades:

- Fieldbus
- Rede
- Relé
- Cabos de controle
- Interface de sinal
- Freio

No entanto, em algumas situações é necessário romper a blindagem para evitar loops de corrente.



1	Cabo de ponto de aterramento
2	Blindagem
3	Alimentação de rede elétrica CA
4	Conversor de frequência
5	Cabo de motor blindado
6	Motor

Ilustração 2.27 Emissão EMC

Ao colocar a blindagem em uma placa de montagem do conversor de frequência, use uma placa de montagem metálica para conduzir as correntes da blindagem de volta à unidade. Garanta que haja bom contato elétrico da placa de montagem através dos parafusos de montagem com o chassi do conversor de frequência.

Quando cabos não blindados forem usados, alguns requisitos de emissão não serão cumpridos, embora os requisitos de imunidade sejam observados.

Para reduzir ao máximo o nível de interferência de todo o sistema (unidade e instalação), use cabo de motor e cabo do freio tão curtos quanto possível. Evite colocar cabos com nível de sinal sensível junto com os cabos de motor e da rede elétrica e cabo do freio. Interferência nas frequências de rádio superior a 50 MHz (em suspensão no ar) é produzida especialmente pela eletrônica de controle.

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

2

2.6.2 Emissão EMC

Os resultados de testes em *Tabela 2.13* foram obtidos utilizando um sistema com conversor de frequência (com a placa de montagem), motor e cabos de motor blindados.

Tipo do filtro (interno)	Tensão de alimentação/potência nominal			Classe A2/EN 55011		Classe A1/EN 55011		Classe B/EN 55011	
	3x380–480 V	3x200–240 V	1x200–240 V	Conduzido	Irradiado	Conduzido	Irradiado	Conduzido	Irradiado
Filtro A2	0,37–22 kW (0,5–30 hp)	–	–	25 m (82 pés)	Sim[1)]	–	–	–	–
	–	0,37–4 kW (0,5–5,4 hp)	–	25 m (82 pés)	Sim[1)]	–	–	–	–
	–	–	0,37–2,2 kW (0,5–3 hp)	–	–	–	–	–	–
Filtro A1	0,37–7,5 kW (0,5–10 hp)	–	–	25 m (82 pés)	Sim[1)]	25 m (82 pés)	Sim	–	–
	11–22 kW (15–30 hp)	–	–	50 m (164 pés)	Sim[1)]	50 m (164 pés)	Sim	–	–
	–	–	0,37–2,2 kW (0,5–3 hp)	40 m (131 pés)	Sim[1)]	40 m (131 pés)	Sim	15 m (49,2 pés)	–
Filtro A2 Parafuso EMC removido[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)	–	–	–	–	–	–
Filtro A1 Parafuso EMC removido[2)]	0,37–7,5 kW (0,5–10 hp)	–	–	5 m (16,4 pés)	Sim[1)]	–	–	–	–
	11–22 kW (15–30 hp)	–	–	5 m (16,4 pés)	Sim[1)]	–	–	–	–
	–	–	0,37–2,2 kW (0,5–3 hp)	5 m (16,4 pés)	Sim[1)]	–	–	–	–

Tabela 2.13 Emissão EMC (tipo de filtro: interno)

1) A faixa de frequência de 150 kHz a 30 MHz não é harmonizada entre IEC/EN 61800-3 e EN 55011 e não obrigatoriamente incluída.

2) Baixa corrente de fuga do terra. Compatível para execução em rede elétrica ELCB/IT.

Os resultados de testes em *Tabela 2.14* foram obtidos utilizando um sistema com conversor de frequência (com a placa de montagem), um filtro externo, um motor e cabos de motor blindados. O conversor de frequência trifásico de 380-480 V deve estar com o filtro A1 interno.

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

Tipo do filtro (interno)	Tensão de alimentação/potência nominal			Classe A2/EN 55011		Classe A1/EN 55011		Classe B/EN 55011	
	3x380–480 V	3x200–240 V	1x200–240 V	Conduzido	Irradiado	Conduzido	Irradiado	Conduzido	Irradiado
Filtro de EMC	0,37–22 kW (0,5–30 hp)	–	–	100 m (328 pés)	Sim[1)]	100 m (328 pés)	Sim	25 m (82 pés)	–
	–	0,37–4 kW (0,5–5,4 hp)	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	0,37–2,2 kW (0,5–3 hp)	100 m (328 pés)	Sim[1)]	100 m (328 pés)	Sim	40 m (131 pés)	–
filtro dU/dt	0,37–7,5 kW (0,5–10 hp)	–	–	–	–	–	–	–	–
	11–22 kW (15–30 hp)	–	–	150 m (492 pés)	Sim[1)]	40 m (131 pés)	Sim	–	–
	–	0,37–4 kW (0,5–5,4 hp)	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	0,37–2,2 kW (0,5–3 hp)	–	–	–	–	–	–
Filtro de onda senoidal	0,37–7,5 kW (0,5–10 hp)	–	–	50 m (164 pés)	Sim[1)]	50 m (164 pés)	Sim	–	–
	11–15 kW (15–20 hp)	–	–	150 m (492 pés)	Sim[1)]	50 m (164 pés)	Sim	–	–
	18.5–22 kW (25–30 hp)	–	–	150 m (492 pés)	Sim[1)]	100 m (328 pés)	Sim	–	–
	–	0,37–4 kW (0,5–5,4 hp)	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	0,37–2,2 kW (0,5–3 hp)	50 m (164 pés)	Sim[1)]	50 m (164 pés)	Sim	–	–
Filtro EMC + filtro de onda senoidal	0.37–15 kW (0.5–20 hp)	–	–	150 m (492 pés)	Sim[1)]	100 m (328 pés)	Sim	–	–
	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 pés)	Sim[1)]	100 m (328 pés)	Sim	–	–

Tabela 2.14 Emissão EMC (tipo de filtro: externo)

1) A faixa de frequência de 150 kHz a 30 MHz não é harmonizada entre IEC/EN 61800-3 e EN 55011 e não obrigatoriamente incluída.

2.6.3 Imunidade EMC

VLT® Midi Drive FC 280 está em conformidade com os requisitos do ambiente industrial, que são mais rigorosos que os requisitos para ambiente residencial e de escritório. Portanto, FC 280 também atende os requisitos mais brandos para ambiente residencial e de escritório com grande margem de segurança.

Para documentar a imunidade contra transiente de ruptura de fenômenos elétricos, os seguintes testes de imunidade foram realizados em um sistema que consiste em:

- Um conversor de frequência (com opcionais quando relevantes).
- Cabos de controle blindados.
- Uma caixa de controle com potenciômetro, cabo de motor e o motor.

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

2

Os testes foram executados de acordo com as seguintes normas básicas:

- **EN 61000-4-2 (IEC 61000-4-2) Descargas eletrostáticas (ESD):** Simulação de descargas eletrostáticas dos seres humanos.
- **EN 61000-4-3 (IEC 61000-4-3) Imunidade irradiada**: Simulação modulada de amplitude dos efeitos do radar, equipamento de comunicação por rádio e equipamento de comunicação móvel.
- **EN 61000-4-4 (IEC 61000-4-4) Transiente por faísca elétrica**: Simulação de interferência causada pelo chaveamento de um contator, relé ou dispositivos semelhantes.
- **EN 61000-4-5 (IEC 61000-4-5) Transientes de sobretensão:** Simulação de transientes causados, por exemplo, por raios atingindo instalações próximas.
- **EN 61000-4-6 (IEC 61000-4-6) Imunidade conduzida:** Simulação do efeito de equipamento de radiotransmissão, ligado aos cabos de conexão.

FC 280 segue a norma IEC 61800-3. Consulte a *Tabela 2.15*, para obter mais detalhes.

Faixa da tensão: 380–480 V					
Norma de produto	**61800-3**				
Teste	**ESD**	**Imunidade irradiada**	**Ruptura**	**Sobretensão**	**Imunidade conduzida**
Critério de aceitação	**B**	**B**	**B**	**A**	**A**
Cabo de rede elétrica	–	–	2 kV CN	2 kV/2 Ω DM 2 kV/12 Ω CM	10 V_{RMS}
cabo de motor	–	–	4 kV CCC	–	10 V_{RMS}
Cabo do freio	–	–	4 kV CCC	–	10 V_{RMS}
Cabo de divisão da carga	–	–	4 kV CCC	–	10 V_{RMS}
Cabo de relé	–	–	4 kV CCC	–	10 V_{RMS}
Cabos de controle	–	–	Comprimento >2 m (6,6 pés) 1 kV CCC	Não blindado: 1 kV/42 Ω CM	10 V_{RMS}
Cabo padrão/de fieldbus	–	–	Comprimento >2 m (6,6 pés) 1 kV CCC	Não blindado: 1 kV/42 Ω CM	10 V_{RMS}
Cabo do LCP	–	–	Comprimento >2 m (6,6 pés) 1 kV CCC	–	10 V_{RMS}
Gabinete metálico	4 kV CD 8 kV AD	10 V/m	–	–	–
Definições					
CD: Descarga de contato AD: Descarga aérea		DM: Módulo diferencial CM: Modo comum		CN: Injeção direta através de rede de acoplamento CCC: Injeção através de grampo de acoplamento capacitivo	

Tabela 2.15 Imunidade EMC

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

2.7 Isolação Galvânica

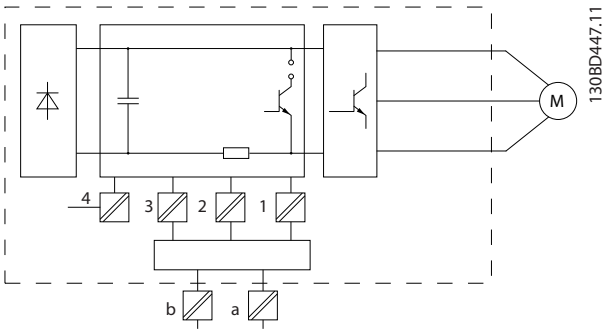
A PELV oferece proteção por meio de tensão ultrabaixa. A proteção contra choque elétrico é garantida quando a alimentação elétrica é do tipo PELV e a instalação é efetuada como descrito nas normas locais/nacionais sobre alimentações PELV.

Todos os terminais de controle e terminais de relé 01–03 estão em conformidade com a PELV (tensão extra baixa protetiva). Isso não se aplica à perna em delta aterrada acima de 400 V.

A isolação galvânica (garantida) é obtida satisfazendo-se as exigências relativas à alta isolação e fornecendo o espaço de circulação relevante. Estes requisitos encontram-se descritos na norma EN 61800-5-1.

Os componentes do isolamento elétrico, como mostrado em *Ilustração 2.28*, também atendem os requisitos de isolamento mais alto e o teste relevante como descrito em EN 61800-5-1.
A isolação galvânica PELV pode ser mostrada em 3 locais (ver *Ilustração 2.28*):

Para manter a PELV, todas as conexões feitas nos terminais de controle devem ser PELV, por exemplo, o termistor deve ter isolamento reforçado/duplo.



1	Fonte de alimentação (SMPS) para cassete de controle
2	Comunicação entre cartão de potência e cassete de controle
3	Isolação entre entradas de STO e circuito do IGBT
4	Relé do cliente

Ilustração 2.28 Isolação Galvânica

A isolação galvânica funcional (a e b em *Ilustração 2.28*) é para o opcional de backup de 24 V e para a interface do barramento RS485 padrão.

⚠ADVERTÊNCIA

Antes de tocar em qualquer peça elétrica, certifique-se de que outras entradas de tensão foram desconectadas, como load sharing (conexão do circuito intermediário CC) e a conexão do motor para backup cinético. Observe o tempo de descarga indicada no *capítulo Segurança* no *VLT® Midi Drive FC 280 Guia de de utilização*. Deixar de cumprir essas recomendações pode resultar em morte ou ferimentos graves.

2.8 Corrente de fuga para o terra

Siga os códigos locais e nacionais com relação ao aterramento de proteção do equipamento com uma corrente de fuga > 3,5 mA.
A tecnologia do conversor de frequência implica no chaveamento de alta frequência em alta potência. Esse chaveamento gera uma corrente de fuga na conexão do terra. Uma falha de corrente no conversor de frequência nos terminais de energia de saída pode conter um componente CC que pode carregar os capacitores do filtro e causar uma corrente para o terra transiente.
A corrente de fuga para o terra é composta de várias contribuições e depende de várias configurações do sistema, incluindo filtro de RFI, cabos de motor blindados e potência do conversor de frequência.

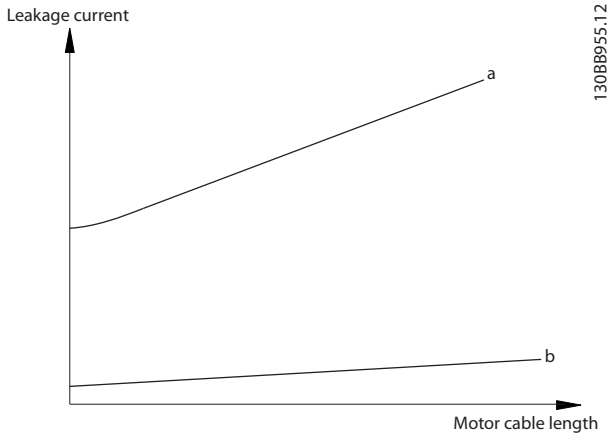


Ilustração 2.29 Influência do Comprimento de Cabo e da Potência na Corrente de Fuga, P_a>P_b

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

2

A corrente de fuga também depende da distorção da linha.

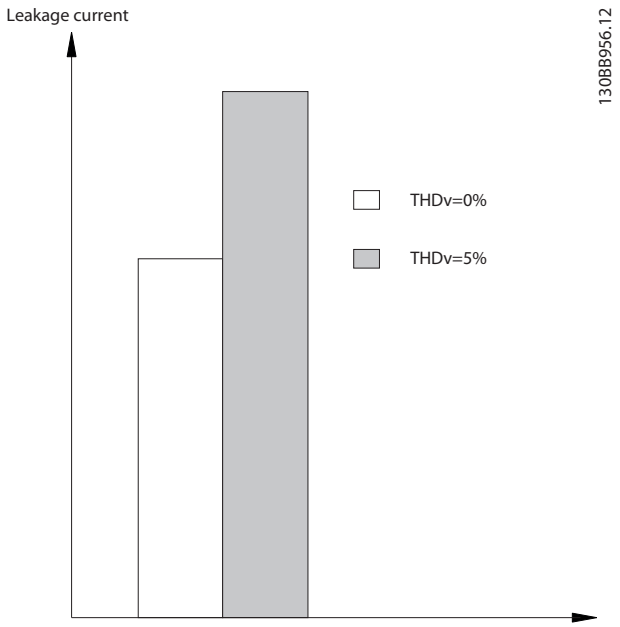


Ilustração 2.30 Influência da Distorção da Linha na Corrente de Fuga

AVISO!

Corrente de fuga elevada pode causar com que RCDs desliguem. Para evitar esse problema, remova o parafuso do RFI quando um filtro estiver sendo carregado.

EN/IEC61800-5-1 (Norma de Produto de Sistema de Drive de Potência) exige cuidado especial se a corrente de fuga exceder 3,5 mA. O ponto de aterramento deve ser reforçado de uma destas maneiras:

- Fio de aterramento (terminal 95) de pelo menos 10 mm^2 (8 AWG).
- Dois fios de ponto de aterramento separados em conformidade com as regras de dimensionamento.

Ver EN/IEC61800-5-1 para obter mais informações.

Usando RCDs

Onde forem usados dispositivos de corrente residual (RCDs), também conhecidos como disjuntores para a corrente de fuga à terra (ELCBs), atenda o seguinte:

- Use somente RCDs do tipo B, que são capazes de detectar correntes CA e CC.
- Use RCDs com atraso de inrush para impedir falhas causadas por correntes do ponto de aterramento transientes.
- Dimensione os RCDs de acordo com a configuração do sistema e considerações ambientais.

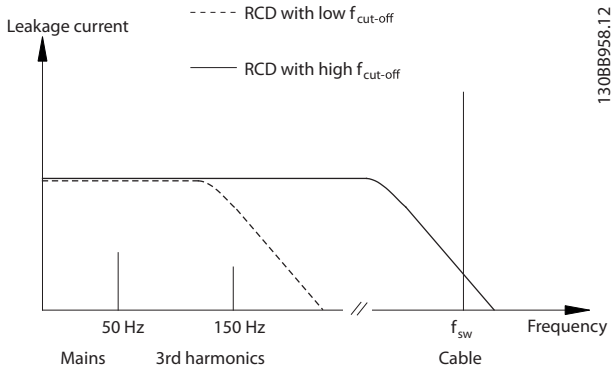


Ilustração 2.31 Contribuições da Rede Elétrica à Corrente de Fuga

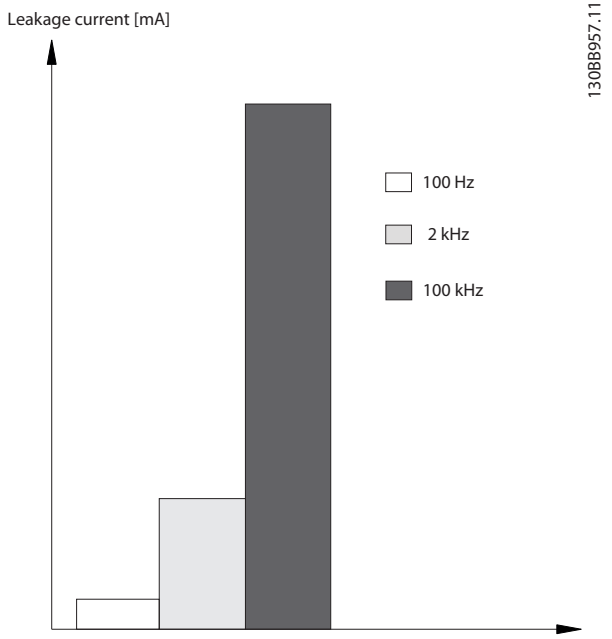


Ilustração 2.32 Influência da Frequência de Desativação do RCD no que é Respondido/Medido

Para obter mais detalhes, consulte as *Notas de Aplicação RCD*.

2.9 Funções de Frenagem

2.9.1 Freio de Holding Mecânico

Um freio de holding mecânico montado diretamente no eixo do motor normalmente executa frenagem estática.

AVISO!

Quando o freio de retenção estiver incluído em uma cadeia de segurança, um conversor de frequência será incapaz de fornecer um controle seguro de um freio mecânico. Inclua um circuito de redundância para o controle de frenagem na instalação total.

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

2.9.2 Frenagem Dinâmica

A frenagem dinâmica é estabelecida por:

- Resistor do freio: Um IGBT do freio mantém a sobretensão em um determinado limite ao direcionar a energia do freio do motor para o resistor do freio conectado (*parâmetro 2-10 Função de Frenagem = [1] Freio do resistor*).
  Ajuste o limite em *parâmetro 2-14 Brake voltage reduce*, com faixa de 70 V para 3x380–480 V.
- Freio CA: A energia de frenagem é distribuída no motor ao alterar as condições de perda no motor. A função de frenagem CA não pode ser usada em aplicações com alta frequência de ciclo, pois isso superaquece o motor (*parâmetro 2-10 Função de Frenagem = [2] Freio CA*).
- Freio CC: Uma corrente CC sobremodulada adicionada à corrente CA funciona como um freio de corrente parasita (*parâmetro 2-02 Tempo de Frenagem CC*≠0 s).

2.9.3 Seleção do Resistor do Freio

Para tratar demandas mais altas da frenagem como gerador, é necessário um resistor do freio. Usar um resistor do freio assegura que o calor será absorvido no resistor do freio e não no conversor de frequência. Para obter mais informações, consulte o *Guia de Design do Resistor do Freio MCE 101 do VLT®*.

Se a quantidade de energia cinética transferida ao resistor em cada período de frenagem não for conhecida, calcule a potência média com base no tempo de ciclo e no tempo de frenagem. O ciclo útil intermitente do resistor é uma indicação do ciclo útil em que o resistor está ativo. *Ilustração 2.33* mostra um ciclo de frenagem típico.

O ciclo útil intermitente do resistor é calculado da seguinte maneira:

Ciclo útil = t_b/T

t_b é o tempo de frenagem em segundos.
T = tempo de ciclo em segundos.

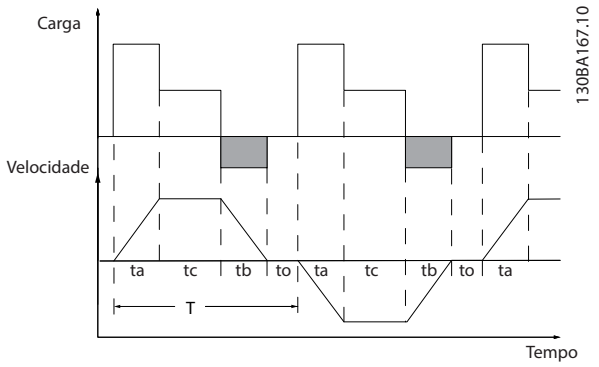


Ilustração 2.33 Ciclo da Frenagem Típico

Faixa de potência: **0,37–22 kW (0,5–30 hp) 3x380–480 V** **0,37–3,7 kW (0,5–5 hp) 3x200–240 V**	
Tempo de ciclo (s)	120
Ciclo útil da frenagem com torque 100%	Contínua
Ciclo útil da frenagem em torque excessivo (150/160%)	40%

Tabela 2.16 Frenagem em Nível de Torque de Sobrecarga Alto

Danfoss oferece resistores do freio com ciclos úteis de 10% e 40%. Se for aplicado um ciclo útil de 10%, os resistores do freio são capazes de absorver a potência de frenagem durante 10% do tempo de ciclo. Os 90% restantes do tempo de ciclo são usados para dissipar o excesso de calor.

AVISO!

Certifique-se de que o resistor está projetado para lidar com o tempo de frenagem necessário.

A carga máxima permitida no resistor do freio é indicada como a potência de pico em um determinado ciclo útil intermitente e pode ser calculada da seguinte maneira:

Cálculo da resistência do freio

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

em que

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

Como mostrado, a resistência do freio depende da tensão do barramento CC (U_{dc}).

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

Tamanho	Freio ativo $U_{dc,br}$	Advertência antes de desativar	Corte (desarme)
FC 280 3x380–480 V	770 V	800 V	800 V
FC 280 3x200–240 V	390 V	410 V	410 V

Tabela 2.17 Limite da resistência do freio

O limite pode ser ajustado em *parâmetro 2-14 Brake voltage reduce*, com faixa de 70 V.

AVISO!

Quanto maior a redução do valor, mais rápida será a reação para uma sobrecarga do gerador. Deve ser usado somente se houver problemas com sobretensão na tensão do barramento CC.

AVISO!

Certifique-se de que o resistor do freio pode suportar uma tensão de 410 V ou 800 V.

A Danfoss recomenda calcular a resistência de frenagem R_{rec} de acordo com a fórmula a seguir. A resistência de frenagem recomendada garante que o conversor de frequência é capaz de frear no torque de frenagem mais alto ($M_{br(\%)}$) de 160%.

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

η_{motor} está tipicamente em 0,80 (≤7,5 kW (10 hp)); 0,85 (11–22 kW (15–30 hp))
η_{VLT} está tipicamente em 0,97

Para o FC 280, R_{rec} a 160% do torque de frenagem é escrito como:

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

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

1) Para conversores de frequência ≤ 7,5 kW (10 hp) de potência no eixo.
2) Para conversores de frequência com 11–22 kW (15–30 hp) de potência no eixo.

AVISO!

A resistência do resistor do freio não deve ser maior que a recomendada por Danfoss. Para resistores do freio com valor ôhmico maior, o torque de frenagem de 160% pode não ser obtido porque o conversor de frequência poderá desativar por motivos de segurança.
A resistência deve ser maior que R_{min}.

AVISO!

Se ocorrer um curto-circuito no transistor do freio, evite dissipação de energia no resistor do freio usando um contator ou interruptor de rede elétrica para desconectar o conversor de frequência da rede. O conversor de frequência pode controlar o contator.

AVISO!

Não toque no resistor do freio, pois ele pode esquentar muito durante a frenagem. Para evitar risco de incêndio, instale o resistor do freio em um ambiente seguro.

2.9.4 Controle com a Função de Frenagem

O freio é protegido contra curtos circuitos do resistor do freio, e o transistor do freio é monitorado para garantir que curtos circuitos no transistor serão detectados. Uma saída digital/de relé pode ser usada para proteger o resistor do freio de sobrecarga causada por defeito no conversor de frequência.
Além disso, o freio permite a leitura da potência instantânea e da potência média durante os últimos 120 s. O freio pode também monitorar a energização da potência e assegurar que esta não exceda um limite selecionado em *parâmetro 2-12 Limite da Potência de Frenagem (kW)*.

AVISO!

O monitoramento da potência de frenagem não é uma função de segurança. Uma chave térmica é necessária para evitar que a potência de frenagem exceda o limite. O circuito do resistor do freio é protegido contra fuga para o terra.

O controle de sobretensão (OVC) (com exceção do resistor do freio) pode ser selecionado como uma função de frenagem alternativa em *parâmetro 2-17 Controle de Sobretensão*. Esta função está ativa para todas as unidades. A função assegura que um desarme pode ser evitado se a tensão do barramento CC aumentar. Isso é feito aumentando a frequência de saída para limitar a tensão do barramento CC. É uma função útil, por exemplo, se o tempo de desaceleração for muito curto para evitar desarme do conversor de frequência. Nesta situação, o tempo de desaceleração é estendido.

AVISO!

OVC não pode ser ativado ao operar um motor PM (quando *parâmetro 1-10 Construção do Motor* estiver programado para *[1] PM SPM não saliente*).

2.10 Isolação do Motor

Projetos modernos de motores para utilização com conversores de frequência possuem um alto grau de isolamento para contar para os IGBTs de alta eficiência da

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

nova geração com alto dU/dt. Para adaptação em motores antigos, é necessário assegurar o isolamento ou atenuar com um filtro dU/dt ou se necessário um filtro de onda senoidal.

2.10.1 Filtros de onda senoidal

Quando um conversor de frequência controla um motor, é possível ouvir ruído de ressonância do motor. Esse ruído, resultante do projeto do motor, ocorre cada vez que uma chave do inversor é ativada no conversor de frequência. Dessa forma a frequência do ruído de ressonância corresponde à frequência de chaveamento do conversor de frequência.

Danfoss fornece um filtro de onda senoidal para amortecer o ruído do motor.

O filtro reduz o tempo de aceleração da tensão, da tensão da carga de pico U_{PEAK} e do ripple de corrente ΔI no motor, o que significa que a corrente e a tensão tornam-se quase senoidais. Desse modo, o ruído acústico do motor é reduzido ao mínimo.

A ondulação de corrente nas bobinas do filtro de onda senoidal também causa ruído. Resolva o problema integrando o filtro a um gabinete ou similar.

2.10.2 Filtros dU/dt

Danfoss alimenta os filtros dU/dt que são filtros passa--baixa de módulo diferencial que reduzem a tensão de pico de fase para fase no terminal do motor e reduzem o tempo de subida até um nível que reduz a tensão mecânica no isolamento das bobinas do motor. Isso é um problema especialmente com cabos de motor curtos.

Em comparação com filtros de onda senoidal (consulte *capétulo 2.10.1 Filtros de onda senoidal*), os filtros dU/dt têm uma frequência de desativação acima da frequência de chaveamento.

2.11 Smart Logic Controller

O Smart Logic Control (SLC) é uma sequência de ações definidas pelo usuário (ver *parâmetro 13-52 Ação do SLC* [x]) executada pelo SLC quando o evento associado definido pelo usuário (ver *parâmetro 13-51 Evento do SLC* [x]), for avaliado como true (verdadeiro) pelo SLC.
A condição para um evento pode ser um status específico ou a saída de uma regra lógica ou operando de comparador tornar-se verdadeiro. Isso leva a uma ação associada, como mostrado em *Ilustração 2.34*.

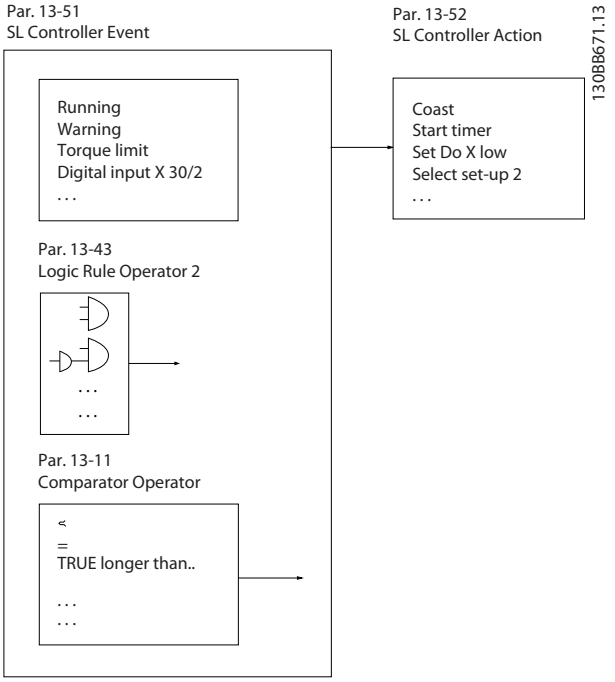


Ilustração 2.34 Ação associada

Eventos e ações são numerados e conectados em pares (estados). Isso significa que quando o evento [0] estiver completo (atinge o valor verdadeiro), a ação [0] é executada. Depois disso, as condições do evento [1] são avaliadas e se o resultado for true, a ação [1] é executada e assim sucessivamente. Apenas um evento é avaliado a qualquer momento. Se um evento for avaliado como false (falso), não acontece nada (no SLC) durante o intervalo de varredura atual e nenhum outro evento é avaliado.
Quando o SLC inicializa, ele avalia o evento [0] (e somente o evento [0]) a cada intervalo de varredura. Somente quando o evento [0] for avaliado como true, o SLC executa a ação [0] e começa a avaliar o evento [1]. É possível programar de 1 a 20 eventos e ações.
Quando o último evento/ação tiver sido executado, a sequência recomeça do evento [0]/ação [0]. *Ilustração 2.35* mostra um exemplo com três eventos/ações:

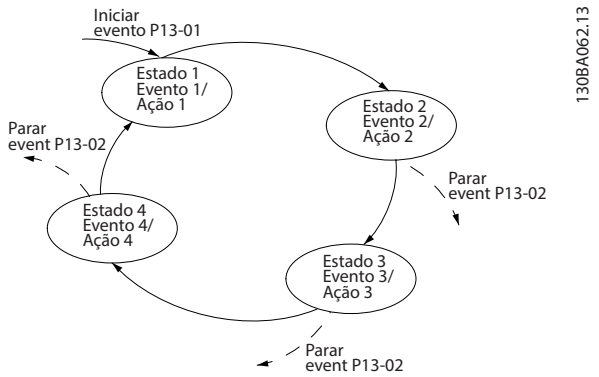


Ilustração 2.35 Sequência com três eventos/ações

Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

2

Comparadores
Os comparadores são utilizados para comparar variáveis contínuas (por exemplo, frequência de saída, corrente de saída e entrada analógica) com valores fixos predefinidos.

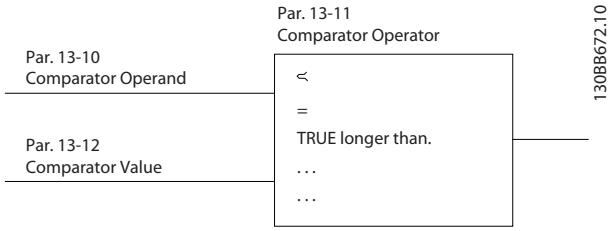


Ilustração 2.36 Comparadores

Regras lógicas
Combine até três entradas booleanas (entradas true/false (verdadeiro/falso)) de temporizadores, comparadores, entradas digitais, bits de status e eventos usando os operadores lógicos e, ou e não.

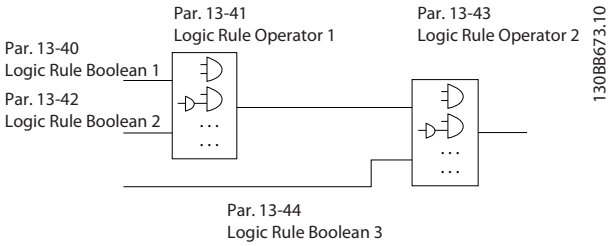


Ilustração 2.37 Regras Lógicas

2.12 Condições de Funcionamento Extremas

Curto circuito (fase para fase do motor)
O conversor de frequência é protegido contra curtos circuitos por meio de medição de corrente em cada uma das três fases do motor ou no barramento CC. Um curto--circuito entre duas fases de saída causa uma sobrecorrente no conversor de frequência. O conversor de frequência é desligado individualmente quando a corrente de curto-circuito excede o valor permitido (*alarme 16, bloqueio por desarme*).

Chaveamento na saída
Chaveamento na saída entre o motor e o conversor de frequência é totalmente permitido e não danifica o conversor de frequência. No entanto, é possível que apareçam mensagens de falha.

Sobretensão gerada pelo motor
A tensão no barramento CC aumenta quando o motor funciona como um gerador. Isso ocorre nas seguintes situações:

- A carga aciona o motor (em frequência de saída constante do conversor de frequência).
- O momento de inércia é alto durante a desaceleração, o atrito é baixo e o tempo de desaceleração é muito curto para a energia ser dissipada como perda no conversor de frequência, no motor e na instalação.
- A configuração incorreta da compensação de escorregamento pode causar maior tensão no barramento CC.

A unidade de controle tentará corrigir a rampa, se possível (*parâmetro 2-17 Controle de Sobretensão*).
O conversor de frequência desliga para proteger os transistores e os capacitores do barramento CC quando um determinado nível de tensão é atingido.
Para selecionar o método usado para controlar o nível de tensão do barramento CC, ver *parâmetro 2-10 Função de Frenagem* e *parâmetro 2-17 Controle de Sobretensão*.

Queda da rede elétrica
Durante uma queda da rede elétrica, o conversor de frequência continua funcionando até a tensão no barramento CC cair abaixo do nível mínimo de parada, que é:

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

A tensão de rede elétrica antes da queda e a carga do motor determinam quanto tempo o inversor levará para fazer parada por inércia.

Sobrecarga estática no modo VVC+
Quando o conversor de frequência estiver sobrecarregado, o limite de torque em *parâmetro 4-16 Limite de Torque do Modo Motor/parâmetro 4-17 Limite de Torque do Modo Gerador* é atingido, a unidade de controle reduz a frequência de saída para diminuir a carga.
Se a sobrecarga for excessiva, pode ocorrer uma sobrecorrente que desativa o conversor de frequência depois de aproximadamente 5–10 s.

A operação dentro do limite de torque é limitada em tempo (0-60 s) em *parâmetro 14-25 Atraso do Desarme no Limite de Torque*.

2.12.1 Proteção Térmica do Motor

Para proteger a aplicação de danos graves, VLT® Midi Drive FC 280 oferece vários recurso dedicados.

Limite de torque
O limite de torque protege o motor de ser sobrecarregado independentemente da velocidade. O limite de torque é controlado em *parâmetro 4-16 Limite de Torque do Modo Motor* e *parâmetro 4-17 Limite de Torque do Modo Gerador*. *Parâmetro 14-25 Atraso do Desarme no Limite de Torque*

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

controla o tempo antes de a advertência de limite de torque desarmar.

Limite de Corrente
Parâmetro 4-18 Limite de Corrente controla o limite de corrente e *parâmetro 14-24 AtrasoDesarmLimCorrnte* controla o tempo antes do desarme da advertência do limite de corrente.

Limite de velocidade mínima
Parâmetro 4-12 Lim. Inferior da Veloc. do Motor [Hz] define a velocidade de saída mínima que o conversor de frequência pode fornecer.

Limite de velocidade máxima
Parâmetro 4-14 Lim. Superior da Veloc do Motor [Hz] ou *parâmetro 4-19 Freqüência Máx. de Saída* definem a velocidade de saída máxima que o conversor de frequência pode fornecer.

ETR (relé térmico eletrônico)
A função ETR do conversor de frequência mede corrente real, a velocidade e o tempo para calcular a temperatura do motor. A função também protege o motor de ficar superaquecido (advertência ou desarme). Uma entrada para termistor externo também está disponível. O ETR é um recurso eletrônico que simula um relé bimetálico com base em medições internas. A característica está mostrada em *Ilustração 2.38*.

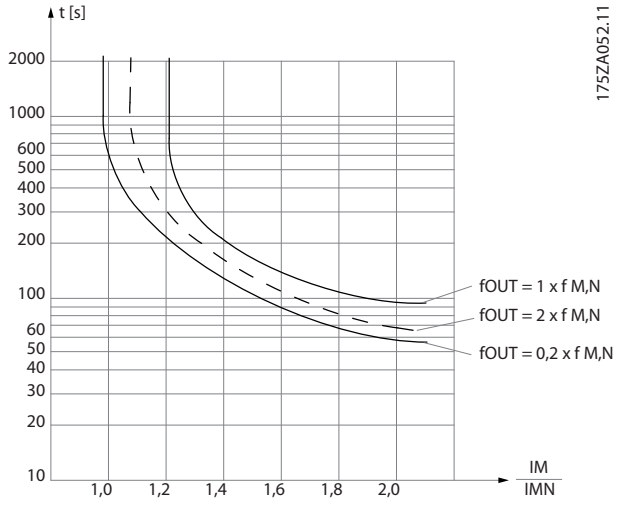


Ilustração 2.38 ETR

O eixo X mostra a relação entre I_{motor} e I_{motor} nominal. O eixo Y exibe o tempo em segundos antes de o ETR desativar e desarmar o conversor de frequência. As curvas mostram a velocidade nominal característica, no dobro da velocidade nominal e em 0,2 x a velocidade nominal.
Em velocidade menor, o ETR desativa em um valor de aquecimento menor devido ao resfriamento menor do motor. Desse modo, o motor é protegido de ficar superaquecido, mesmo em velocidade baixa. O recurso do ETR calcula a temperatura do motor com base na corrente e velocidade reais. A temperatura calculada fica visível como um parâmetro de leitura em *parâmetro 16-18 Térmico Calculado do Motor*.

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

3 Exemplos de Aplicações

3.1 Introdução

3.1.1 Conexão do Encoder

O objetivo desta orientação é facilitar o setup da conexão do encoder do conversor de frequência. Antes de programar o encoder, são exibidas as configurações básicas de um sistema de controle da velocidade de malha fechada.

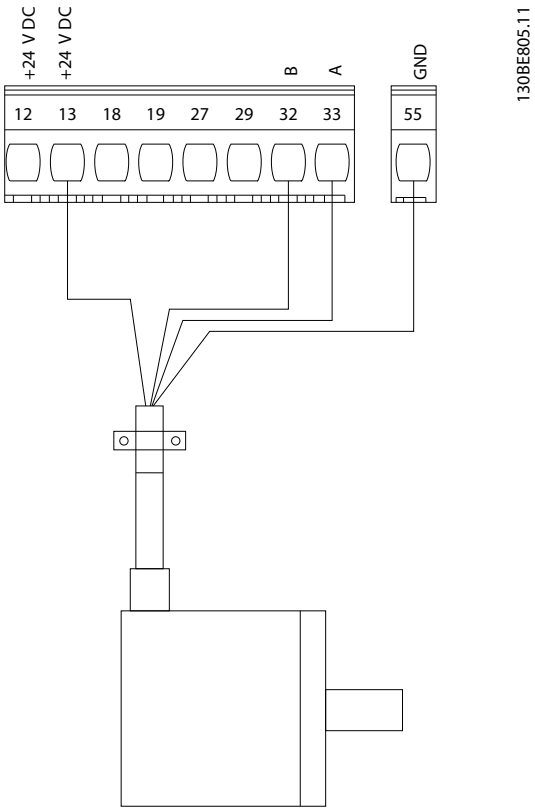


Ilustração 3.1 Encoder de 24 V

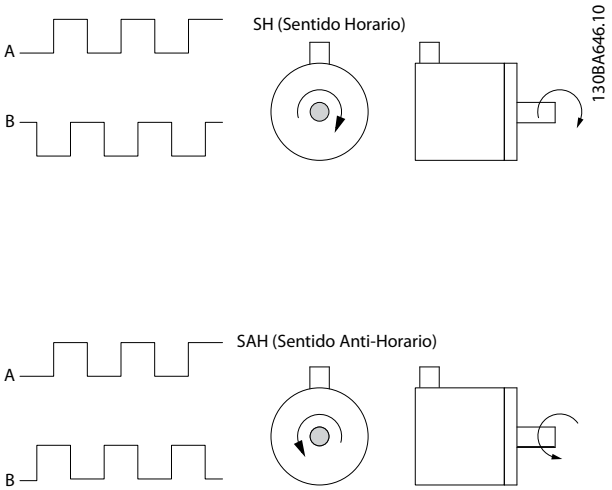


Ilustração 3.2 Encoder incremental de 24 V, comprimento de cabo máximo de 5 m (16,4 pés)

3.1.2 Sentido do encoder

A ordem em que os pulsos entram no conversor de frequência determina o sentido do encoder.
Sentido horário significa que o canal A está 90 graus elétricos antes do canal B.
Sentido anti-horário significa que o canal B está 90 graus elétricos antes do canal A.
O sentido é determinado olhando a ponta do eixo.

3.1.3 Sistema de drive de malha fechada

Um sistema de drive normalmente consiste em mais elementos, como:

- Motor.
- Freio (caixa de engrenagem, freio mecânico).
- Conversor de frequência.
- Encoder como sistema de feedback.
- Resistor do freio para freio dinâmico.
- Transmissão.
- Carga.

As aplicações que exigem controle do freio mecânico geralmente precisam de um resistor do freio.

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

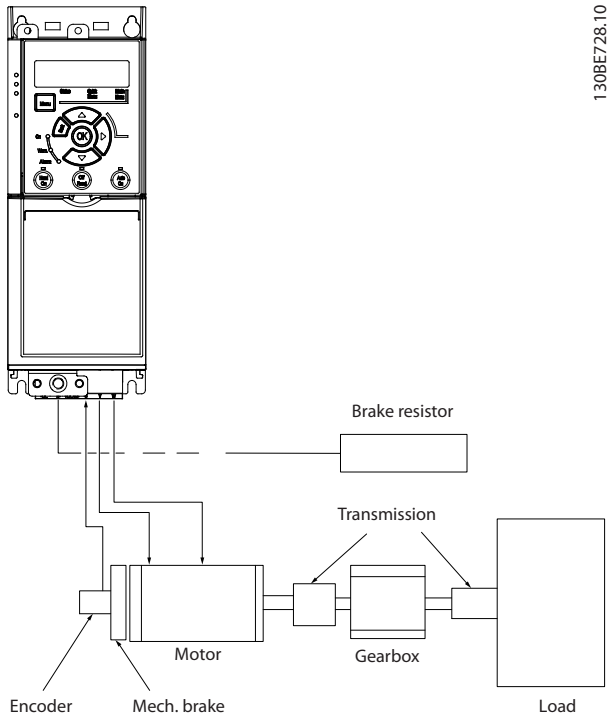
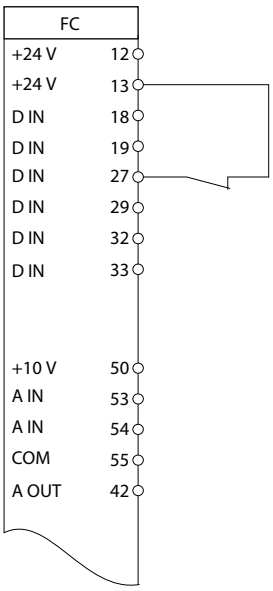


Ilustração 3.3 Setup Básico para Controle da Velocidade de Malha Fechada

3.2 Exemplos de aplicação

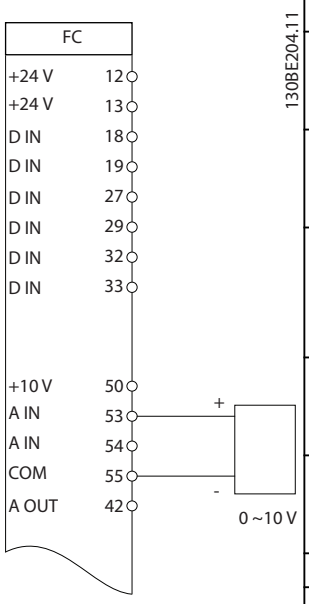
3.2.1 AMA



	Parâmetros	
	Função	**Configuração**
	Parâmetro 1-29 Adaptação Automática do Motor (AMA)	*[1] Ativar AMA completa*
	Parâmetro 5-12 Terminal 27, Entrada Digital	**[2] Parada por inércia inversa*
	* = Valor padrão	
	Notas/comentários: Programe o *grupo do parâmetro 1-2* Dados do motor* de acordo com as especificações do motor. ***AVISO!*** **Se os terminais 13 e 27 não estiverem conectados, programe *parâmetro 5-12 Terminal 27, Entrada Digital* para *[0] Sem operação*.**	

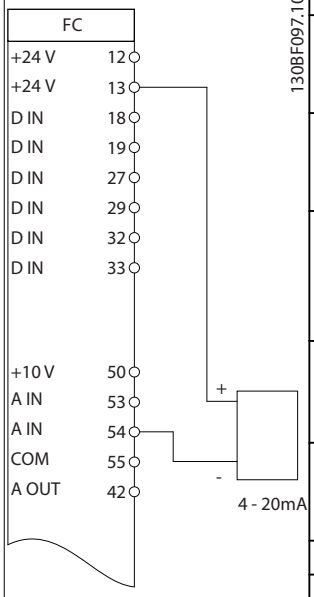
Tabela 3.1 AMA com T27 conectado

3.2.2 Velocidade



	Parâmetros	
	Função	**Configuração**
	Parâmetro 6-10 Terminal 53 Tensão Baixa	0,07 V*
	Parâmetro 6-11 Terminal 53 Tensão Alta	10 V*
	Parâmetro 6-14 Terminal 53 Ref./ Feedb. Valor Baixo	0
	Parâmetro 6-15 Terminal 53 Ref./ Feedb. Valor Alto	50
	Parâmetro 6-19 Terminal 53 mode	*[1] Tensão*
	* = Valor padrão	
	Notas/comentários:	

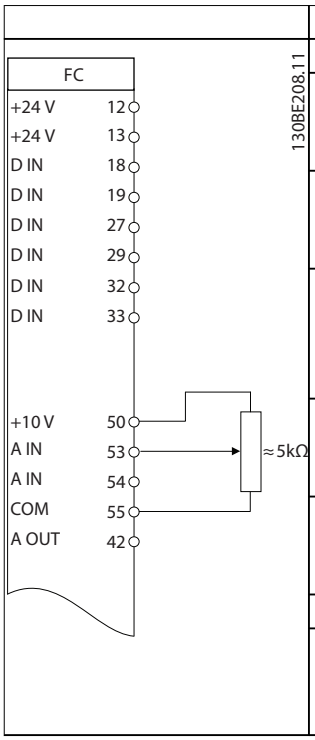
Tabela 3.2 Referência de velocidade analógica (Tensão)



	Parâmetros	
	Função	**Configuração**
	Parâmetro 6-22 Terminal 54 Corrente Baixa	4 mA*
	Parâmetro 6-23 Terminal 54 Corrente Alta	20 mA*
	Parâmetro 6-24 Terminal 54 Ref./ Feedb. Valor Baixo	0
	Parâmetro 6-25 Terminal 54 Ref./ Feedb. Valor Alto	50
	Parâmetro 6-29 Modo do terminal 54	*[0] Corrente*
	* = Valor padrão	
	Notas/comentários:	

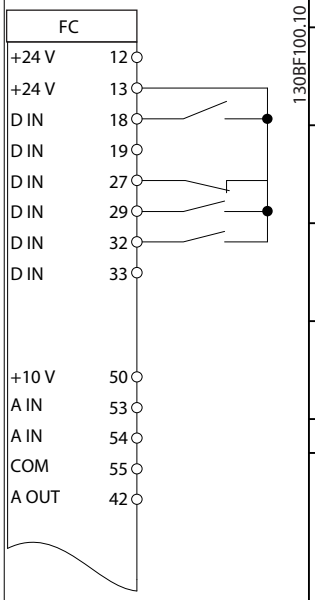
Tabela 3.3 Referência de velocidade analógica (Corrente)

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.



	Parâmetros	
	Função	**Configuração**
	Parâmetro 6-10 Terminal 53 Tensão Baixa	0,07 V*
	Parâmetro 6-11 Terminal 53 Tensão Alta	10 V*
	Parâmetro 6-14 Terminal 53 Ref./ Feedb. Valor Baixo	0
	Parâmetro 6-15 Terminal 53 Ref./ Feedb. Valor Alto	50
	Parâmetro 6-19 Terminal 53 mode	*[1] Tensão*
	* = Valor padrão	
	Notas/comentários:	

Tabela 3.4 Referência de Velocidade (utilizando um Potenciômetro Manual)



	Parâmetros	
	Função	**Configuração**
	Parâmetro 5-10 Terminal 18 Entrada Digital	*[8] Partida
	Parâmetro 5-12 Terminal 27, Entrada Digital	*[19] Congelar referência*
	Parâmetro 5-13 Terminal 29, Entrada Digital	*[21] Aceleração*
	Parâmetro 5-14 Terminal 32, Entrada Digital	*[22] Desace-leração*
	* = Valor padrão	
	Notas/comentários:	

Tabela 3.5 Aceleração/desaceleração

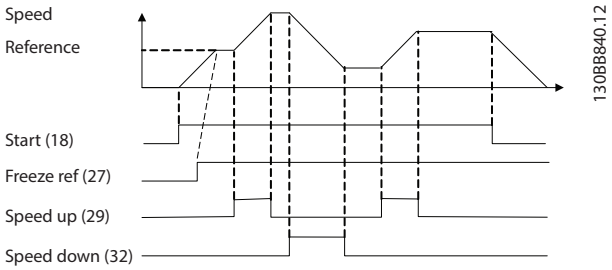
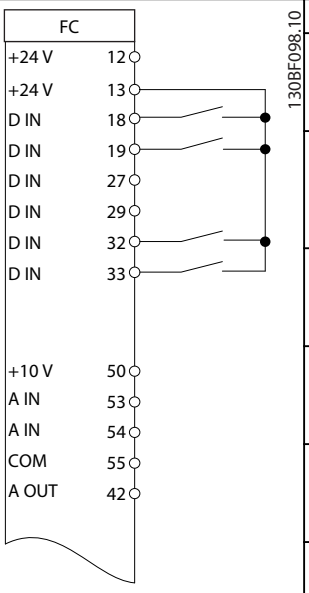


Ilustração 3.4 Aceleração/desaceleração

3.2.3 Partida/Parada

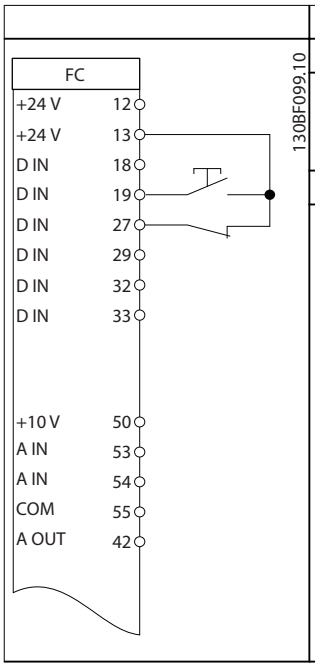


	Parâmetros	
	Função	**Configuração**
	Parâmetro 5-10 Terminal 18 Entrada Digital	*[8] Partida*
	Parâmetro 5-11 Terminal 19, Entrada Digital	*[10] Reversão*
	Parâmetro 5-12 Terminal 27, Entrada Digital	*[0] Sem operação*
	Parâmetro 5-14 Terminal 32, Entrada Digital	*[16] Ref predefinida bit 0*
	Parâmetro 5-15 Terminal 33 Entrada Digital	*[17] Ref predefinida bit 1*
	Parâmetro 3-10 Referência Predefinida	
	Ref. predefinida 0	25%
	Ref. predefinida 1	50%
	Ref. predefinida 2	75%
	Ref. predefinida 3	100%
	* = Valor padrão	
	Notas/comentários:	

Tabela 3.6 Partida/parada com reversão e 4 velocidades pré-programadas

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

3.2.4 Reset do Alarme Externo



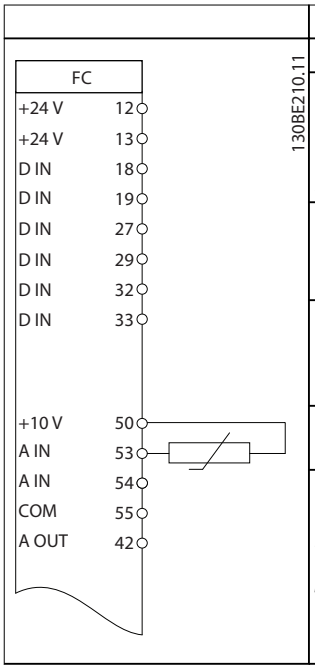
Parâmetros	
Função	**Configuração**
Parâmetro 5-11 Terminal 19, Entrada Digital	*[1] Reinicializar*
* = Valor padrão	
Notas/comentários:	

Tabela 3.7 Reset do Alarme Externo

3.2.5 Termistor do motor

AVISO!

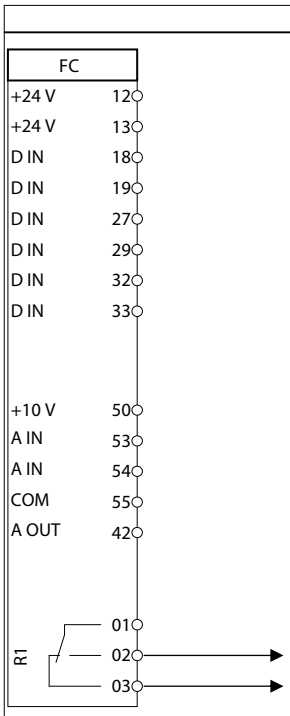
Para atender os requisitos de isolamento PELV, use isolamento reforçado ou duplo nos termistores.



Parâmetros	
Função	**Configuração**
Parâmetro 1-90 Proteção Térmica do Motor	*[2] Desarme do termistor*
Parâmetro 1-93 Fonte do Termistor	*[1] Entrada analógica 53*
Parâmetro 6-19 Terminal 53 mode	*[1] Tensão*
* = Valor padrão	
Notas/comentários: Se somente uma advertência for necessária, programe *parâmetro 1-90 Proteção Térmica do Motor* para *[1] Advertência do termistor*.	

Tabela 3.8 Termistor do motor

3.2.6 SLC



Parâmetros	
Função	**Configuração**
Parâmetro 4-30 Função Perda Fdbk do Motor	*[1] Advertência*
Parâmetro 4-31 Erro Feedb Veloc. Motor	50
Parâmetro 4-32 Timeout Perda Feedb Motor	5 s
Parâmetro 7-00 Fonte do Feedb. do PID de Veloc.	*[1] Encoder de 24 V*
Parâmetro 5-70 Term 32/33 Pulsos Por Revolução	1024*
Parâmetro 13-00 Modo do SLC	*[1] On*
Parâmetro 13-01 Iniciar Evento	*[19] Advertência*
Parâmetro 13-02 Parar Evento	*[44] Tecla Reinicializar*
Parâmetro 13-10 Operando do Comparador	*[21] Advertência nº.*
Parâmetro 13-11 Operador do Comparador	*[1] ≈*
Parâmetro 13-12 Valor do Comparador	61
Parâmetro 13-51 Evento do SLC	*[22] Comparador 0*
Parâmetro 13-52 Ação do SLC	*[32] Definir saída digital A baixa*
Parâmetro 5-40 Função do Relé	*[80] Saída digital do SL A*
* = Valor padrão	
Notas/comentários: Se o limite no monitor de feedback for excedido, a *advertência 61, monitor de feedback* é emitida. O SLC monitora a *advertência 61, monitor de feedback*. Se *advertência 61, monitor de feedback* tornar-se verdadeira, o relé 1 é acionado. O equipamento externo pode indicar que é necessária manutenção. Se o erro de feedback ficar abaixo do limite novamente dentro de 5 s, o conversor de frequência continua e a advertência desaparece. O relé 1 persiste até [Off/Reset] ser pressionado.	

Tabela 3.9 Usando SLC para programar um relé

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

4 Safe Torque Off (STO)

A função Safe Torque Off (STO) é um componente em um sistema de controle de segurança. O STO impede a geração da tensão necessária pela unidade para girar o motor, garantindo segurança em situações de emergência.

A função STO é projetada e aprovada como adequada para os requisitos de:

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

Para obter o nível desejado de segurança operacional, selecione e aplique corretamente os componentes no sistema de controle de segurança. Antes de usar o STO, execute uma análise de risco completa na instalação para determinar se a função STO e os níveis de segurança são apropriados e suficientes.

Para obter mais informações sobre o Safe Torque Off (STO), consulte o *capítulo 6 Safe Torque Off (STO)* no *VLT® Midi Drive FC 280 Manual de Operação*.

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

5 Instalação e Setup da RS485

5.1 Introdução

5.1.1 Visão geral

RS485 é uma interface de barramento de par de fios, compatível com topologia de rede de perdas múltiplas. Os nós podem ser conectados como bus ou por meio de cabos de queda de uma linha tronco comum. Um total de 32 nós podem ser conectados a um segmento de rede.
Repetidores dividem segmentos de rede, consulte *Ilustração 5.1*.

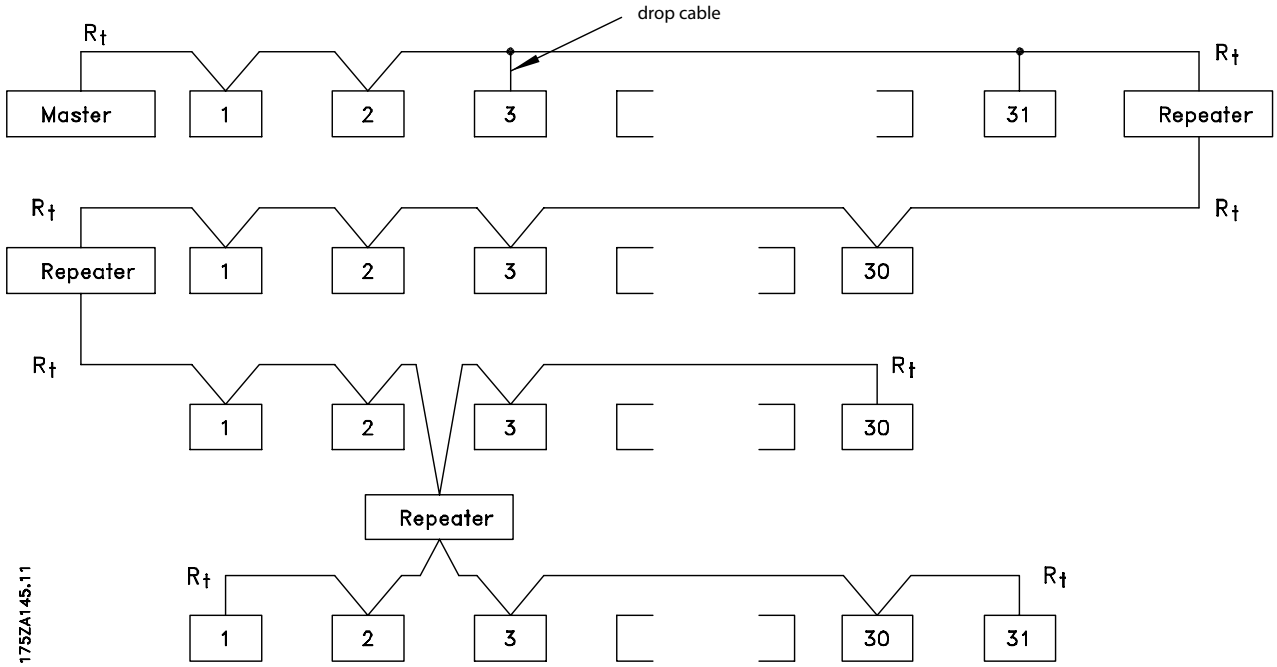


Ilustração 5.1 Interface do Barramento da RS485

AVISO!

Cada repetidor funciona como um nó dentro do segmento em que está instalado. Cada nó conectado em uma rede específica deve ter um endereço do nó exclusivo em todos os segmentos.

Cada segmento deve estar com terminação em ambas as extremidades; para isso use o interruptor de terminação (S801) dos conversores de frequência ou um banco de resistores de terminação polarizado. Use sempre cabo de par trançado blindado (STP) para cabeamento de barramento e siga boas práticas de instalação comuns.

A conexão do terra de baixa impedância da malha de blindagem em cada nó é muito importante, inclusive em altas frequências. Assim, conecte uma superfície grande da blindagem ao ponto de aterramento, por exemplo, com uma braçadeira de cabo ou uma bucha de cabo condutiva.

Às vezes é necessário aplicar cabos equalizadores de potencial para manter o mesmo potencial de ponto de aterramento ao longo da rede, particularmente em instalações com cabos longos.
Para prevenir incompatibilidade de impedância, use o mesmo tipo de cabo ao longo da rede inteira. Ao conectar um motor ao conversor de frequência, use sempre um cabo de motor blindado.

Cabo	Par trançado blindado (STP)
Impedância [Ω]	120
Comprimento de cabo [m (pés)]	Máximo 1200 (3937) (incluindo linhas de queda). Máximo 500 (1640) de estação a estação.

Tabela 5.1 Especificações de Cabo

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

5.1.2 Conexão de Rede

Conecte o conversor de frequência à rede RS485 da seguinte maneira (ver também *Ilustração 5.2*):

1. Conecte os fios de sinal aos terminais 68 (P+) e 69 (N-), na placa de controle principal do conversor de frequência.
2. Conecte a blindagem do cabo às braçadeiras de cabo.

AVISO!

Para reduzir o ruído entre os condutores, use cabos de par trançado blindado.

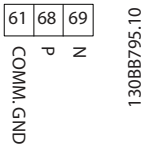


Ilustração 5.2 Conexão de Rede

5.1.3 Configuração de Hardware

Para finalizar o barramento RS485, use a chave do terminador na placa de controle principal do conversor de frequência.

A configuração de fábrica da chave tipo DIP é OFF.

5.1.4 As configurações do parâmetro de Comunicação do Modbus

Parâmetro	Função
Parâmetro 8-30 Protocolo	Selecione o protocolo da aplicação a ser executado para a interface RS485.
Parâmetro 8-31 Endereço	Programe o endereço do nó. **AVISO!** **A faixa de endereços depende do protocolo selecionado no *parâmetro 8-30 Protocolo*.**
Parâmetro 8-32 Baud Rate da Porta do FC	Programe a baud rate. **AVISO!** **A baud rate padrão depende do protocolo selecionado no *parâmetro 8-30 Protocolo*.**
Parâmetro 8-33 Bits de Paridade / Parada	Programe os bits de paridade e do número de paradas. **AVISO!** **A seleção padrão depende do protocolo selecionado no *parâmetro 8-30 Protocolo*.**
Parâmetro 8-35 Atraso Mínimo de Resposta	Especifique o tempo de atraso mínimo, entre o recebimento de uma solicitação e a transmissão de uma resposta. Essa função contorna os atrasos de retorno do modem.
Parâmetro 8-36 Atraso de Resposta Mínimo	Especifique um tempo de atraso máximo entre a transmissão de uma solicitação e o recebimento de uma resposta.

Tabela 5.2 Configurações do parâmetro de Comunicação do Modbus

5.1.5 Cuidados com EMC

Para obter operação livre de interferência da rede RS485, a Danfoss recomenda as precauções de EMC a seguir.

AVISO!

Observe os regulamentos locais e nacionais relevantes, por exemplo, com relação à conexão do terra de proteção. Para evitar acoplamento de ruído de alta frequência entre os cabos, mantenha o cabo de comunicação RS485 distante dos cabos de motor e do resistor do freio. Normalmente uma distância de 200 mm (8 pol.) é suficiente. Mantenha a maior distância possível entre os cabos, principalmente onde forem instalados em paralelo por grandes distâncias. Se o cruzamento for inevitável, o cabo da RS485 deve cruzar com os cabos de motor e do resistor do freio em um ângulo de 90°.

5.2 Protocolo Danfoss FC

5.2.1 Visão geral

O Protocolo Danfoss FC, também conhecido como Bus do FC ou Bus padrão, é o Danfoss fieldbus padrão. Ele define uma técnica de acesso, de acordo com o princípio mestre/escravo para comunicações através de um fieldbus.
Um mestre e um máximo de 126 escravos podem ser conectados ao barramento. O mestre seleciona os escravos individuais por meio de um caractere de endereço no telegrama. Um escravo por si só nunca transmite sem que primeiro seja solicitado que o faça e não é possível transferir um telegrama direto entre os escravos individuais. A comunicação ocorre no modo Half duplex.
A função do mestre não pode ser transferida para outro nó (sistema de mestre único).

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

A camada física e o RS485, usando, portanto, a porta RS485 embutida no conversor de frequência. O Protocolo Danfoss FC suporta diferentes formatos de telegrama:

- Um formato curto de 8 bytes para dados de processo.
- Um formato longo de 16 bytes que também inclui um canal de parâmetro.
- Um formato usado para textos.

5.2.2 FC com Modbus RTU

O Protocolo Danfoss FC permite acesso à control word e à referência do barramento do conversor de frequência.

A control word permite ao Modbus mestre controlar diversas funções importantes do conversor de frequência:

- Partida
- É possível parar o conversor de frequência por diversos meios:
  - Parada por inércia.
  - Parada rápida.
  - Parada do freio CC.
  - Parada (de rampa) normal.
- Reset após um desarme por falha.
- Operação em diversas velocidades predefinidas.
- Funcionamento em reversão.
- Alteração da configuração ativa.
- Controle de dois relés integrados no conversor de frequência.

A referência de bus é comumente usada para controle da velocidade. Também é possível acessar os parâmetros, ler seus valores e, onde for possível, inserir valores neles. Acessar os parâmetros oferece uma variedade de opções de controle, inclusive controlar o setpoint do conversor de frequência quando o seu controlador PI interno for usado.

5.3 Configuração de Rede

Para ativar o Protocolo Danfoss FC para o conversor de frequência, programe os parâmetros a seguir.

Parâmetro	Configuração
Parâmetro 8-30 Protocolo	FC
Parâmetro 8-31 Endereço	1–126
Parâmetro 8-32 Baud Rate da Porta do FC	2400–115200
Parâmetro 8-33 Bits de Paridade / Parada	Paridade par, 1 bit de parada (padrão)

Tabela 5.3 Parâmetros para Ativar o Protocolo

5.4 Estrutura do Enquadramento de Mensagem do Protocolo Danfoss FC

5.4.1 Conteúdo de um Caractere (byte)

Cada caractere transferido começa com um bit de início. Em seguida, são transmitidos 8 bits de dados, que correspondem a um byte. Cada caractere é protegido por um bit de paridade. Esse bit é definido para 1 ao atingir a paridade. Paridade é quando houver um número igual de 1s nos 8 bits de dados e no bit de paridade no total. Um bit de parada completa um caractere, consistindo em 11 bits no total.

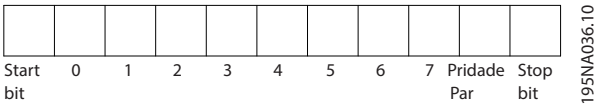


Ilustração 5.3 Conteúdo de um Caractere

5.4.2 Estrutura do Telegrama

Cada telegrama tem a seguinte estrutura:

- Caractere de partida (STX) = 02 hex.
- Um byte representando o comprimento do telegrama (LGE).
- Um byte representando o endereço do conversor de frequência (ADR).

Seguem vários bytes de dados (variável, dependendo do tipo de telegrama).

Um byte de controle dos dados (BCC) completa o telegrama.

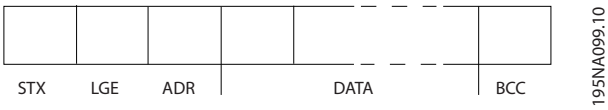


Ilustração 5.4 Estrutura do Telegrama

5.4.3 Comprimento do Telegrama (LGE)

O comprimento do telegrama é o número de bytes de dados, mais o byte de endereço ADR e o byte de controle dos dados BCC.

4 bytes de dados	LGE=4+1+1=6 bytes
12 bytes de dados	LGE=12+1+1=14 bytes
Telegramas contendo textos	10[1)]+n bytes

Tabela 5.4 Comprimento dos telegramas

1) O 10 representa os caracteres fixos, enquanto o n é variável (dependendo do comprimento do texto).

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

5.4.4 Endereço (ADR) do conversor de frequência.

Formato de endereço 1–126

- Bit 7 = 1 (formato de endereço 1–126 ativo).
- Bit 0–6 = endereço do conversor de frequência 1-126.
- Bit 0–6 = 0 broadcast.

O escravo envia o byte de endereço de volta, sem alteração, no telegrama de resposta ao mestre.

5

5.4.5 Byte de Controle dos Dados (BCC)

O checksum é calculado como uma função lógica XOR (OU exclusivo). Antes de o primeiro byte do telegrama ser recebido, o CheckSum calculado é 0.

5.4.6 O Campo de Dados

A estrutura dos blocos de dados depende do tipo de telegrama. Há três tipos de telegramas e o tipo aplica-se tanto aos telegramas de controle (mestre⇒escravo) quanto aos telegramas de resposta (escravo⇒mestre).

Os 3 tipos de telegrama são:

Bloco de processo (PCD)
O PCD é composto por um bloco de dados de 4 bytes (2 palavras) e contém:

- Control word e o valor de referência (do mestre para o escravo)
- A status word e a frequência de saída atual (do escravo para o mestre)

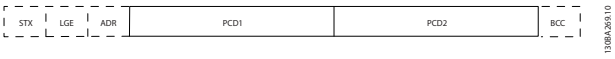


Ilustração 5.5 Bloco de Processo

Bloco de parâmetro
Bloco de parâmetros, usado para transmitir parâmetros entre mestre e escravo. O bloco de dados é composto de 12 bytes (6 words) e também contém o bloco de processo.

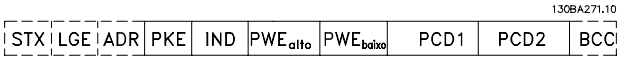


Ilustração 5.6 Bloco de parâmetro

Bloco de texto
O bloco de texto é usado para ler ou gravar textos, via bloco de dados.

Ilustração 5.7 Bloco de texto

5.4.7 O Campo PKE

O campo PKE contém dois subcampos:

- Comando de parâmetro e resposta (AK)
- Número do parâmetro (PNU)

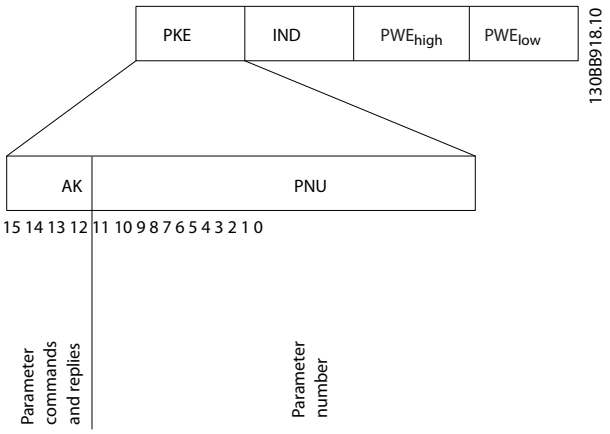


Ilustração 5.8 Campo PKE

Os bits 12-15 transferem comandos de parâmetro do mestre para o escravo e retornam as respostas processadas do escravo para o mestre.

Comandos de parâmetro mestre⇒escravo				
Número de bits				Comando de parâmetro
15	14	13	12	
0	0	0	0	Sem comando.
0	0	0	1	Ler valor do parâmetro.
0	0	1	0	Gravar valor do parâmetro na RAM (word).
0	0	1	1	Gravar valor do parâmetro na RAM (word dupla).
1	1	0	1	Gravar valor do parâmetro na RAM e na EEPROM (word dupla).
1	1	1	0	Gravar valor do parâmetro na RAM e na EEPROM (word).
1	1	1	1	Ler texto.

Tabela 5.5 Comandos de Parâmetro

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

Resposta escravo⇒mestre				
Número de bits				Resposta
15	14	13	12	
0	0	0	0	Nenhuma resposta.
0	0	0	1	Valor de parâmetro transferido (word).
0	0	1	0	Valor do parâmetro transferido (word dupla).
0	1	1	1	O comando não pode ser executado.
1	1	1	1	Texto transferido.

Tabela 5.6 Resposta

Se o comando não puder ser executado, o escravo envia a resposta *0111 Comando não pode ser executado* e emite o relatório de falha a seguir em *Tabela 5.7*.

Código de falha	Especificação do FC
0	Número ilegal do parâmetro.
1	O parâmetro não pode ser alterado.
2	O limite superior ou inferior foi excedido.
3	O sub-índice está corrompido.
4	Sem matriz.
5	Tipo de dados incorreto.
6	Não usado.
7	Não usado.
9	O elemento da descrição não está disponível.
11	Sem acesso a gravação de parâmetro.
15	Sem texto disponível.
17	Não aplicável durante o funcionamento.
18	Outros erros.
100	–
>100	–
130	Sem acesso de barramento para esse parâmetro.
131	Gravar no setup de fábrica não é possível.
132	Sem acesso ao LCP.
252	Visualizador desconhecido.
253	A solicitação não é suportada.
254	Atributo desconhecido.
255	Sem erro.

Tabela 5.7 Relatório do Escravo

5.4.8 Número do Parâmetro (PNU)

Os bits 0-11 transferem números de parâmetro. A função do parâmetro importante é definida na descrição do parâmetro no *Guia de Programação do VLT® Midi Drive FC 280*.

5.4.9 Índice (IND)

O índice é usado com o número do parâmetro para parâmetros de acesso de leitura/gravação com um índice, por exemplo, *parâmetro 15-30 Log Alarme: Cód Falha*. O índice consiste em 2 bytes: um byte baixo e um byte alto.

Somente o byte baixo é usado como índice.

5.4.10 Valor do Parâmetro (PWE)

O bloco de valor de parâmetro consiste em 2 words (4 bytes) e o seu valor depende do comando definido (AK). Se o mestre solicita um valor de parâmetro quando o bloco PWE não contiver nenhum valor. Para alterar um valor de parâmetro (gravar), grave o novo valor no bloco PWE e envie-o do mestre para o escravo.

Se um escravo responder a uma solicitação de parâmetro (comando de leitura), o valor do parâmetro atual no bloco PWE é transferido e devolvido ao mestre. Se um parâmetro contiver várias opções de dados, por exemplo *parâmetro 0-01 Idioma*, selecione o valor de dados digitando o valor no bloco PWE. Através da comunicação serial somente é possível ler parâmetros com tipo de dados 9 (sequência de texto).

Parâmetro 15-40 Tipo do FC a *parâmetro 15-53 Nº. Série Cartão de Potência* contêm o tipo de dados 9.
Por exemplo, pode-se ler a potência da unidade e a faixa de tensão de rede elétrica no par. *parâmetro 15-40 Tipo do FC*. Quando uma sequência de texto é transferida (lida), o comprimento do telegrama é variável, porque os textos têm comprimentos diferentes. O comprimento do telegrama é definido no segundo byte do telegrama (LGE). Ao usar a transferência de texto, o caractere do índice indica se o comando é de leitura ou gravação.

Para ler um texto via bloco PWE, programe o comando do parâmetro (AK) para F hex. O byte alto do caractere do índice deve ser 4.

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

5.4.11 Tipos de Dados suportados pelo Conversor de Frequência

Sem designação significa que não há sinal de operação no telegrama.

Tipos de dados	Descrição
3	Nº inteiro 16
4	Nº inteiro 32
5	8 sem designação
6	16 sem designação
7	32 sem designação
9	String de texto

Tabela 5.8 Tipos de Dados

5.4.12 Conversão

O *guia de programação* contém as descrições de atributos de cada parâmetro. Os valores de parâmetro são transferidos somente como números inteiros. Os fatores de conversão são usados para transferir decimais.

Parâmetro 4-12 Lim. Inferior da Veloc. do Motor [Hz] tem um fator de conversão de 0,1. Para predefinir a frequência mínima em 10 Hz, deve-se transferir o valor 100. Um fator de conversão 0,1 significa que o valor transferido é multiplicado por 0,1. O valor 100, portanto, será recebido como 10,0.

Índice de conversão	Fator de conversão
74	3600
2	100
1	10
0	1
-1	0,1
-2	0,01
-3	0,001
-4	0,0001
-5	0,00001

Tabela 5.9 Conversão

5.4.13 Words do Processo (PCD)

O bloco de words de processo está dividido em dois blocos de 16 bits, que sempre ocorrem na sequência definida.

PCD 1	PCD 2
Telegrama de controle (mestre⇒control word do escravo)	Valor de referência
Status word do telegrama de controle (escravo⇒mestre)	Frequência de saída atual

Tabela 5.10 Words do Processo (PCD)

5.5 Exemplos

5.5.1 Gravando um Valor de Parâmetro

Mude o par. *parâmetro 4-14 Lim. Superior da Veloc do Motor [Hz]* para 100 Hz.
Grave os dados na EEPROM.

PKE = E19E hex - Gravar word única em *parâmetro 4-14 Lim. Superior da Veloc do Motor [Hz]*:

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

Valor de dados 1.000, correspondendo a 100 Hz, consulte *capétulo 5.4.12 Conversão*.

O telegrama terá a aparência de *Ilustração 5.9*.

E19E H	0000 H	0000 H	03E8 H
PKE	IND	PWE high	PWE low

130BA092.10

Ilustração 5.9 Telegrama

AVISO!

***Parâmetro 4-14 Lim. Superior da Veloc do Motor [Hz]* é uma palavra única e o comando do parâmetro para gravar na EEPROM é *E. Parâmetro 4-14 Lim. Superior da Veloc do Motor [Hz]* é 19E em hexadecimal.**

A resposta do escravo para o mestre é mostrada em *Ilustração 5.10*.

119E H	0000 H	0000 H	03E8 H
PKE	IND	PWE high	PWE low

130BA093.10

Ilustração 5.10 Resposta do Mestre

Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

5.5.2 Lendo um Valor de Parâmetro

Ler o valor em *parâmetro 3-41 Tempo de Aceleração da Rampa 1*.

PKE = 1155 Hex - Ler o valor do parâmetro em *parâmetro 3-41 Tempo de Aceleração da Rampa 1*:

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

PKE	IND	PWE high	PWE low
1155 H	0000 H	0000 H	0000 H

130BA094.10

Ilustração 5.11 Telegrama

Se o valor em *parâmetro 3-41 Tempo de Aceleração da Rampa 1* for 10 s, a resposta do escravo para o mestre é mostrada em *Ilustração 5.12*.

PKE	IND	PWE high	PWE low
1155 H	0000 H	0000 H	03E8 H

130BA267.10

Ilustração 5.12 Resposta

Hex 3E8 corresponde ao decimal 1000. O índice de conversão de *parâmetro 3-41 Tempo de Aceleração da Rampa 1* é -2, ou seja, 0,01.
Parâmetro 3-41 Tempo de Aceleração da Rampa 1 é do tipo *32 sem designação*.

5.6 Modbus RTU

5.6.1 Pré-requisito de Conhecimento

Danfoss supõe que o controlador instalado suporta as interfaces neste manual e observa rigidamente todos os requisitos e limitações estipulados no controlador e no conversor de frequência.

O Modbus RTU (Unidade de terminal remoto) integrado foi projetado para comunicar com qualquer controlador que suportar as interfaces definidas neste manual. É suposto que o usuário tem conhecimento pleno das capacidades bem como das limitações do controlador.

5.6.2 Visão geral

Independentemente do tipo de rede física de comunicação, esta seção descreve o processo usado por um controlador para solicitar acesso a outro dispositivo. Esse processo inclui como o Modbus RTU responde às solicitações de outro dispositivo e como erros são detectados e relatados. Também estabelece um formato comum para o layout e o conteúdo dos campos do telegrama.

Durante a comunicação por uma rede Modbus RTU, o protocolo:

- Determina como cada controlador aprende seu endereço de dispositivo.
- Reconhece um telegrama endereçado a ele.
- Determina quais ações tomar.
- Extrai quaisquer dados ou outras informações contidas no telegrama.

Se uma resposta for solicitada, o controlador constrói o telegrama de resposta e envia-o.
Os controladores comunicam-se usando uma técnica mestre/escravo em que somente o mestre pode iniciar transações (denominadas consultas). Os escravos respondem fornecendo os dados solicitados ao mestre ou agindo como solicitada na consulta.
O mestre pode endereçar escravos individuais ou pode iniciar um telegrama de broadcast a todos os escravos. Os escravos devolvem uma resposta às consultas endereçadas a eles individualmente. Nenhuma resposta é devolvida às solicitações de broadcast do mestre.

O protocolo do Modbus RTU estabelece o formato da consulta do mestre fornecendo as seguintes informações:

- O endereço do dispositivo (ou broadcast).
- Um código da função definindo a ação solicitada.
- Quaisquer dados a serem enviados.
- Um campo de verificação de erro.

O telegrama de resposta do dispositivo escravo também é elaborado usando o protocolo do Modbus. Ela contém campos que confirmam a ação tomada, quaisquer tipos de dados a serem devolvidos e um campo de verificação de erro. Se ocorrer um erro na recepção do telegrama ou se o escravo for incapaz de executar a ação solicitada, o escravo constrói e envia uma mensagem de erro. Como alternativa, ocorre um timeout.

5.6.3 Conversor de Frequência com Modbus RTU

O conversor de frequência comunica-se no formado do Modbus RTU através da interface RS485 integrada. O Modbus RTU fornece o acesso à control word e à referência de bus do conversor de frequência.

A control word permite ao Modbus mestre controlar diversas funções importantes do conversor de frequência:

- Partida
- Várias paradas:

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

- Parada por inércia.
- Parada rápida.
- Parada do freio CC.
- Parada (de rampa) normal.

- Reset após um desarme por falha.
- Operação em diversas velocidades predefinidas.
- Funcionamento em reversão.
- Alterar a configuração ativa.
- Controlar o relé integrado do conversor de frequência.

5

A referência de bus é comumente usada para controle da velocidade. Também é possível acessar os parâmetros, ler seus valores e quando possível, inserir valores. Acessar os parâmetros oferece uma variedade de opções de controle, inclusive controlar o setpoint do conversor de frequência quando o seu controlador PI interno for usado.

5.7 Configuração de Rede

Para ativar o Modbus RTU no conversor de frequência, programe os seguintes parâmetros:

Parâmetro	Configuração
Parâmetro 8-30 Protocolo	Modbus RTU
Parâmetro 8-31 Endereço	1–247
Parâmetro 8-32 Baud Rate da Porta do FC	2400–115200
Parâmetro 8-33 Bits de Paridade / Parada	Paridade par, 1 bit de parada (padrão)

Tabela 5.11 Configuração de Rede

5.8 Estrutura do Enquadramento de Mensagem do Modbus RTU

5.8.1 Introdução

Os controladores são configurados para se comunicar na rede do Modbus usando o modo RTU (unidade de terminal remote), com cada byte em uma mensagem contendo dois caracteres hexadecimais de 4 bits. O formato de cada byte é mostrado em *Tabela 5.12*.

Bit de partida	Byte de dados								Parada / paridade	Parada

Tabela 5.12 O formato de cada byte

Sistema de codificação	Binário de 8 bits, hexadecimal 0–9, A–F. Dois caracteres hexadecimais contidos em cada campo de 8 bits do telegrama.
Bits por byte	• 1 bit de partida. • 8 bits de dados, o bit menos significativo é enviado primeiro. • 1 bit para paridade par/ímpar; nenhum bit para sem paridade. • 1 bit de parada se for usada a paridade; 2 bits se for sem paridade.
Campo de verificação de erro	Verificação de redundância cíclica (CRC).

Tabela 5.13 Detalhes de Byte

5.8.2 Estrutura do telegrama do Modbus RTU

O dispositivo de transmissão coloca um telegrama do Modbus RTU em um chassi com um ponto de início e de término conhecidos. Isso permite aos dispositivos de recepção começar no início do telegrama, ler a parte do endereço, determinar qual dispositivo está sendo endereçado (ou todos os dispositivos, se o telegrama for do tipo broadcast) e reconhecer quando o telegrama estiver concluído. Os telegramas parciais são detectados e os erros programados como resultado. Os caracteres para transmissão devem estar no formato hexadecimal de 00 a FF em cada campo. O conversor de frequência monitora continuamente o barramento da rede, inclusive durante os intervalos silenciosos. Quando o primeiro campo (o campo de endereço) é recebido, cada conversor de frequência ou dispositivo decodifica esse campo, para determinar qual dispositivo está sendo endereçado. Os telegramas do Modbus RTU endereçadas como 0 são telegramas de broadcast. Não é permitida resposta para telegramas de broadcast. Um chassi de telegrama típico é mostrado em *Tabela 5.14*.

Partida	Endereço	Função	Dados	Verificação de CRC	Final da Acel.
T1-T2-T3--T4	8 bits	8 bits	N x 8 bits	16 bits	T1-T2-T3--T4

Tabela 5.14 Estrutura do Telegrama Típica do Modbus RTU

5.8.3 Campo Partida/Parada

Os telegramas iniciam com um período de silêncio com intervalos de no mínimo 3,5 caracteres. O período de silêncio é implementado como um múltiplo de intervalos de caracteres na baud rate da rede selecionada (mostrado como Início T1-T2-T3-T4). O primeiro campo a ser transmitido é o endereço do dispositivo. Após a transmissão do último caractere, um período semelhante

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

de intervalos de no mínimo 3,5 caracteres marca o fim do telegrama. Após este período, pode começar um novo telegrama.

Transmitir o quadro inteiro do telegrama como fluxo contínuo. Se ocorrer um período de silêncio com intervalos maiores que 1,5 caracteres antes de completar o quadro, o dispositivo receptor livra-se do telegrama incompleto e assume que o byte seguinte é um campo de endereço de um novo telegrama. De forma semelhante, se um novo telegrama começar antes dos intervalos de 3,5 caracteres após um telegrama anterior, o dispositivo receptor o considera uma continuação do telegrama anterior. Esse comportamento causa um timeout (nenhuma resposta do escravo), pois o valor no fim do campo de CRC não é válido para os telegramas combinados.

5.8.4 Campo de Endereço

O campo de endereço de um chassi de telegrama contém 8 bits. Os endereços de dispositivos escravo válidos estão na faixa de 0–247 decimal. Aos dispositivos escravos individuais são designados endereços na faixa de 1-247. 0 é reservado para modo broadcast, que todos os escravos reconhecem. Um mestre endereça um escravo colocando o endereço do escravo no campo de endereço do telegrama. Quando o escravo envia a sua resposta, ele insere o seu próprio endereço neste campo de endereço para que o mestre identifique qual escravo está respondendo.

5.8.5 Campo da Função

O campo de função de um chassi de telegrama contém 8 bits. Os códigos válidos estão na faixa de 1-FF. Os campos de função são usados para enviar telegramas entre o mestre e o escravo. Quando um telegrama é enviado de um mestre para um dispositivo escravo, o campo do código de função informa ao escravo a espécie de ação a ser executada. Quando o escravo responde ao mestre, ele usa o campo do código da função para sinalizar uma resposta (sem erros) ou informar que ocorreu algum tipo de erro (conhecida como resposta de exceção)

Para uma resposta normal, o escravo simplesmente retorna o código de função original. Para uma resposta de exceção, o escravo retorna um código que é equivalente ao código da função original com o bit mais significativo programado para 1 lógico. Além disso, o escravo insere um código exclusivo no campo dos dados do telegrama de resposta. Este código informa ao mestre que espécie de erro ocorreu ou o motivo da exceção. Consulte também *capétulo 5.8.10 Códigos de Função Suportados pelo Modbus RTU* e *capétulo 5.8.11 Códigos de Exceção do Modbus*.

5.8.6 Campo dos Dados

O campo dos dados é construído usando conjuntos de dois dígitos hexadecimais, na faixa de 00-FF hexadecimal. Estes dígitos são constituídos de um caractere RTU. O campo de dados de telegramas enviados de um mestre para um dispositivo escravo contém informações complementares que o escravo deve usar para executar a ação de acordo.

As informações podem incluir itens como:

- Endereços de registradores ou bobinas.
- Quantidade de itens a serem manipulados.
- A contagem dos bytes de dados reais no campo.

5.8.7 Campo de Verificação de CRC

Os telegramas incluem um campo de verificação de erro que opera com base em um método de verificação de redundância cíclica (CRC). O campo de CRC verifica o conteúdo do telegrama inteiro. Ele é aplicado independentemente de qualquer método de verificação de paridade usado pelos caracteres individuais do telegrama. O dispositivo de transmissão calcula o valor do CRC e insere o CRC como o último campo no telegrama. O dispositivo receptor recalcula um CRC durante a recepção da mensagem e compara o valor calculado com o valor real recebido no campo da CRC. Dois valores desiguais resultam em timeout do bus. O campo de verificação de erro contém um valor binário de 16 bits implementado como dois bytes de 8 bits. Após a implementação, o byte de ordem baixa do campo é inserido primeiro, seguido pelo byte de ordem alta. O byte de ordem alta da CRC é o último byte enviado no telegrama.

5.8.8 Endereçamento do Registrador da Bobina

No Modbus, todos os dados estão organizados em bobinas e registradores de retenção. As bobinas retêm um único bit, enquanto que os registradores de retenção retêm uma word de 2 bytes (ou seja, 16 bits). Todos os endereços de dados em telegramas do Modbus são referenciados para zero. A primeira ocorrência de um item de dados é endereçada como item número 0. Por exemplo: A bobina conhecida como bobina 1 em um controlador programável é endereçada como bobina 0000 no campo de endereço de dados de um telegrama do Modbus. A bobina 127 decimal é endereçada como bobina 007Ehex (126 decimal). O registrador de retenção 40001 é endereçado como registrador 0000 no campo de endereço de dados do telegrama. O campo do código da função já especifica uma operação de registrador de retenção. Portanto, a referência 4XXXX fica implícita. O registrador de retenção

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

40108 é endereçado como registrador 006Bhex (decimal 107).

Número da bobina	Descrição	Direção do sinal
1–16	Control word do conversor de frequência (ver *Tabela 5.16*).	Mestre para escravo
17–32	Velocidade do conversor de frequência ou faixa de referência do setpoint de 0x0–0xFFFF (-200% ... ~200%).	Mestre para escravo
33–48	Status word do conversor de frequência (consulte *Tabela 5.17*).	Escravo para mestre
49–64	Modo malha aberta: Frequência de saída do conversor de frequência. Modo malha fechada: Sinal de feedback do conversor de frequência.	Escravo para mestre
65	Controle de gravação de parâmetro (mestre para escravo).	Mestre para escravo
	0 = As alterações de parâmetros são gravadas na RAM do conversor de frequência.	
	1 = As alterações de parâmetros são gravadas na RAM e EEPROM do conversor de frequência.	
66–65536	Reservado.	–

Tabela 5.15 Registrador da Bobina

Bobina	0	1
01	Referência predefinida lsb	
02	Referência predefinida msb	
03	Freio CC	S/ freio CC
04	Parada por inércia	S/ parada por inércia
05	Parada rápida	S/ parada rápida
06	Congelar frequência de saída	Sem congelar frequência de saída
07	Parada de rampa	Partida
08	Sem reset	Reinicializar
09	Sem jog	Jog
10	Rampa 1	Rampa 2
11	Dados inválidos	Dados válidos
12	Relé 1 desligado	Relé 1 ligado
13	Relé 2 desligado	Relé 2 ligado
14	LSB do Setup	
15	–	
16	Sem reversão	Reversão

Tabela 5.16 Control word do conversor de frequência (perfil do FC)

Bobina	0	1
33	Controle não pronto	Controle pronto
34	O conversor de frequência não está pronto para funcionar.	O conversor de frequência está pronto
35	Parada por inércia	Segurança fechada
36	Sem alarme	Alarme
37	Não usado	Não usado
38	Não usado	Não usado
39	Não usado	Não usado
40	Sem advertência	Advertência
41	Não na referência	Na referência
42	Modo manual	Modo Automático
43	Fora da faixa de frequência	Na faixa de frequência
44	Parado	Em funcionamento
45	Não usado	Não usado
46	Sem advertência de tensão	Advertência de tensão
47	Não no limite de corrente	Limite de Corrente
48	Sem advertência térmica	Advertência térmica

Tabela 5.17 Status word do conversor de frequência (Perfil do FC)

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

Endereço do barramento	Registrador do barramento[1)]	Registrador do PLC	Conteúdo	Acesso	Descrição
0	1	40001	Reservado	–	Reservado para conversores de frequência VLT® 5000 e VLT® 2800 legados.
1	2	40002	Reservado	–	Reservado para conversores de frequência VLT® 5000 e VLT® 2800 legados.
2	3	40003	Reservado	–	Reservado para conversores de frequência VLT® 5000 e VLT® 2800 legados.
3	4	40004	Livre	–	–
4	5	40005	Livre	–	–
5	6	40006	Configuração do Modbus	Leitura/ Gravação	Somente TCP. Reservado para Modbus TCP (*parâmetro 12-28 Armazenar Valores dos Dados* e *parâmetro 12-29 Gravar Sempre* - armazenado em, por exemplo, EEPROM).eEPROM
6	7	40007	Último código de falha	Somente leitura	Código de falha recebido do banco de dados do parâmetro, consulte WHAT 38295 para obter mais detalhes.
7	8	40008	Último registro de erro	Somente leitura	Endereço do registrador com o qual o último erro ocorreu, consulte WHAT 38296 para obter detalhes.
8	9	40009	Ponteiro do Índice	Leitura/ Gravação	Sub-índice do parâmetro a ser acessado. Consulte WHAT 38297 para obter detalhes.
9	10	40010	*Parâmetro 0-01 Idioma*	Dependente do acesso do parâmetro	*Parâmetro 0-01 Idioma* (Registrador do Modbus = 10 número do parâmetro) Espaço de 20 bytes reservado ao parâmetro no mapa do Modbus.
19	20	40020	*Parâmetro 0-02 Unidade da Veloc. do Motor*	Dependente do acesso do parâmetro	*Parâmetro 0-02 Unidade da Veloc. do Motor* Espaço de 20 bytes reservado ao parâmetro no mapa do Modbus.
29	30	40030	*Parâmetro 0-03 Definições Regionais*	Dependente do acesso do parâmetro	*Parâmetro 0-03 Definições Regionais* Espaço de 20 bytes reservado ao parâmetro no mapa do Modbus.

Tabela 5.18 Endereço/Registradores

1) O valor gravado no telegram do Modbus RTU deve ser 1 ou menor que o número do registrador. Por exemplo, Ler Registrador do Modbus 1 gravando o valor 0 no telegrama.

5.8.9 Como controlar o Conversor de Frequência

Esta seção descreve os códigos que podem ser usados nos campos função e dados de um telegrama do Modbus RTU.

5.8.10 Códigos de Função Suportados pelo Modbus RTU

O Modbus RTU suporta o uso dos seguintes códigos de função no campo da função de um telegrama:

Função	Código da função (hex)
Ler bobinas	1
Ler registradores de retenção	3
Gravar bobina única	5
Gravar registrador único	6
Gravar bobinas múltiplas	F
Gravar registradores múltiplos	10
Ler contador de eventos de comunicação	B
Relatar ID do escravo	11

Tabela 5.19 Códigos de Função

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

Função	Código da Função	Código da subfunção	Subfunção
Diagnósticos	8	1	Reiniciar a comunicação.
		2	Retornar registrador de diagnósticos.
		10	Limpar contadores e registrador de diagnósticos.
		11	Retornar contador de mensagem do bus.
		12	Retornar contador de erros de comunicação do bus.
		13	Retornar contador de erros do escravo.
		14	Retornar contador de mensagem do escravo.

Tabela 5.20 Códigos de Função

5.8.11 Códigos de Exceção do Modbus

Para obter uma explicação completa da estrutura de uma resposta do código de exceção, consulte *capétulo 5.8.5 Campo da Função*.

Código	Nome	Significado
1	Função inválida	O código de função recebido na consulta não é uma ação permitida para o servidor (ou escravo). Isso pode ser porque o código de função é aplicável somente em dispositivos mais recentes e ainda não foi implementado na unidade selecionada. Isso também pode indicar que o servidor (ou escravo) está no estado incorreto para processar um pedido desse tipo, por exemplo, em virtude de não estar configurado e por estar sendo requisitado a retornar valores de registro.
2	Endereço de dados inválido	O endereço dos dados recebido na consulta não é um endereço permitido para o servidor (ou escravo). Mais especificamente, a combinação do número de referência e o comprimento de transferência não é válido. Para um controlador com 100 registradores, um pedido com offset 96 e comprimento 4 tem êxito, enquanto que um pedido com offset 96 e comprimento 5 gera exceção 02.
3	Valor de dados inválido	Um valor contido no campo de dados da consulta não é um valor permitido para o servidor (ou escravo). Isso indica uma falha na estrutura do restante de um pedido complexo, como o do comprimento implícito estar incorreto. Isso NÃO significa que um item de dados enviado para armazenagem em um registrador apresenta um valor fora da expectativa do programa de aplicação, pois o protocolo do Modbus não está ciente do significado de qualquer valor de qualquer registrador.
4	Falha do dispositivo escravo	Ocorreu um erro irrecuperável enquanto o servidor (ou escravo) tentava executar a ação requisitada.

Tabela 5.21 Códigos de Exceção do Modbus

5.9 Como Acessar os Parâmetros

5.9.1 Tratamento de Parâmetros

O PNU (número de parâmetro) é traduzido do endereço de registrador contido no telegrama de leitura ou gravação do Modbus. O número de parâmetro é convertido para o Modbus como (10 x número do parâmetro) *decimal*.

Exemplos

Leitura *parâmetro 3-12 Valor de Catch Up/Slow Down* (16 bits): O registrador de retenção 3120 mantém o valor dos parâmetros. Um valor de 1352 (decimal) significa que o parâmetro está programado para 12,52%.

Leitura *parâmetro 3-14 Referência Relativa Pré-definida* (32 bits): Os registradores de retenção 3410 e 3411 mantêm os valores dos parâmetros. Um valor de 11300 (*decimal*) significa que o parâmetro está programado para 1113,00.

Para obter informações sobre os parâmetros, tamanho e índice de conversão, consulte o *Guia de Programação do* VLT® Midi Drive FC 280.

5.9.2 Armazenagem de Dados

A bobina 65 decimal determina se os dados gravados no conversor de frequência são armazenados na EEPROM e RAM (bobina 65 = 1) ou somente na RAM (bobina 65 = 0).

5.9.3 IND (Índice)

Alguns parâmetros do conversor de frequência são parâmetros de matriz, por exemplo *parâmetro 3-10 Referência Predefinida*. Como o Modbus não suporta matrizes nos registradores de retenção, o conversor de frequência reservou o registrador de retenção

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

9 como apontador da matriz. Antes de ler ou gravar um parâmetro de matriz, programe o registrador de retenção 9. A configuração do registrador de retenção para o valor de 2 faz com que todos os parâmetros de matriz de leitura/gravação seguintes sejam para o índice 2.

5.9.4 Blocos de Texto

Os parâmetros armazenados como sequências de texto são acessados do mesmo modo que os demais parâmetros. O tamanho máximo do bloco de texto é 20 caracteres. Se uma solicitação de leitura de um parâmetro for maior que o número de caracteres que este comporta, a resposta será truncada. Se uma solicitação de leitura de um parâmetro for menor que o número de caracteres que este comporta, a resposta será preenchida com brancos.

5.9.5 Fator de conversão

Um valor de parâmetro pode ser transferido somente como um número inteiro. Para transferir os decimais, use um fator de conversão.

5.9.6 Valores de Parâmetros

Tipos de dados padrão
Os tipos de dados padrão são int 16, int 32, uint 8, uint 16 e uint 32. Eles são armazenados como registradores 4x (40001–4FFFF). Os parâmetros são lidos usando a função 03 hex ler registradores de retenção. Os parâmetros são gravados usando a função 6 hex predefinir registrador único para 1 registrador (16 bits) e a função 10 hex predefinir múltiplos registradores para 2 registradores (32 bits). Os tamanhos legíveis variam desde 1 registrador (16 bits) a 10 registradores (20 caracteres).

Tipos de dados não padrão
Os tipos de dados não padrão são sequências de textos e são armazenados como registradores 4x (40001 – 4FFFF). Os parâmetros são lidos usando a função 03 hex ler registradores de retenção e gravados usando a função 10 hex predefinir múltiplos registradores. Os tamanhos legíveis variam de 1 registrador (2 caracteres) a 10 registradores (20 caracteres).

5.10 Exemplos

Os exemplos seguintes mostram diversos comandos do Modbus RTU.

5.10.1 Ler Status da Bobina (01 hex)

Descrição
Esta função lê o status ON/OFF (Ligado/Desligado) das saídas discretas (bobinas) no conversor de frequência. O broadcast nunca é suportado para leituras.

Consulta
O telegrama de consulta especifica a bobina de início e a quantidade de bobinas a serem lidas. Os endereços de bobina começam em zero, ou seja, a bobina 33 é endereçada como 32.

Exemplo de uma solicitação de leitura das bobinas 33-48 (status word) do dispositivo escravo 01.

Nome do campo	Exemplo (hex)
Endereço do escravo	01 (endereço do conversor de frequência)
Função	01 (ler bobinas)
Endereço inicial ALTO	00
Endereço inicial BAIXO	20 (32 decimais) bobina 33
Número de pontos HI	00
Número de pontos LO	10 (decimal 16)
Verificação de erro (CRC)	–

Tabela 5.22 Consulta

Resposta
O status da bobina no telegrama de resposta é empacotado como uma bobina por bit do campo de dados. O status é indicado como: 1 = ON (ligado); 0 = OFF (desligado). O lsb do primeiro byte de dados contém a bobina endereçada na solicitação. As demais bobinas seguem no sentido da extremidade de ordem mais alta desse byte e da 'ordem baixa para a ordem alta nos bytes subsequentes.
Se a quantidade de bobinas retornadas não for múltiplo de oito, os bits restantes no byte de dados final são preenchidos com zeros (no sentido da extremidade de ordem alta do byte). O campo de contagem de bytes especifica o número de bytes de dados completos.

Nome do campo	Exemplo (hex)
Endereço do escravo	01 (endereço do conversor de frequência)
Função	01 (ler bobinas)
Contagem de bytes	02 (2 bytes de dados)
Dados (bobinas 40-33)	07
Dados (bobinas 48-41)	06 (STW = 0607hex)
Verificação de erro (CRC)	–

Tabela 5.23 Resposta

AVISO!

Bobinas e registradores são endereçados explicitamente com um deslocamento de -1 no Modbus.
Por exemplo, a bobina 33 é endereçada como bobina 32.

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

5.10.2 Forçar/Gravar Bobina Única (05 hex)

Descrição
Esta função força a bobina para ON (Ligado) ou OFF (Desligado). Quando há broadcast, a função força as mesmas referências da bobina em todos os escravos conectados.

Consulta
O telegrama de consulta especifica que a bobina 65 (controle de gravação de parâmetro) será forçada. Os endereços de bobina começam em zero, ou seja, a bobina 65 é endereçada como 64. Forçar dados = 00 00 hex (OFF) ou FF 00 hex (ON).

Nome do campo	Exemplo (hex)
Endereço do escravo	01 (Endereço do conversor de frequência)
Função	05 (gravar bobina única)
Endereço de bobina ALTO	00
Endereço de bobina BAIXO	40 (64 decimal) Bobina 65
Forçar dados ALTO	FF
Forçar dados BAIXO	00 (FF 00 = ON)
Verificação de Erro (CRC)	–

Tabela 5.24 Consulta

Resposta
A resposta normal é um eco da consulta, retornada depois que o estado da bobina foi forçado.

Nome do campo	Exemplo (hex)
Endereço do escravo	01
Função	05
Forçar dados ALTO	FF
Forçar dados BAIXO	00
Quantidade de bobinas ALTO	00
Quantidade de bobinas BAIXO	01
Verificação de Erro (CRC)	–

Tabela 5.25 Resposta

5.10.3 Forçar/Gravar Múltiplas Bobinas (0F hex)

Descrição
Esta função força cada bobina em uma sequência de bobinas para ligado ou desligado. Ao fazer broadcast, a função força as mesmas referências da bobina em todos os escravos conectados.

Consulta
O telegrama de consulta especifica as bobinas 17-32 (setpoint de velocidade) a serem forçadas.

AVISO!

Os endereços de bobina começam em zero, ou seja, a bobina 17 é endereçada como 16.

Nome do campo	Exemplo (hex)
Endereço do escravo	01 (endereço do conversor de frequência)
Função	0F (gravar bobinas múltiplas)
Endereço de bobina ALTO	00
Endereço de bobina BAIXO	10 (endereço de bobina 17)
Quantidade de bobinas ALTO	00
Quantidade de bobinas BAIXO	10 (16 bobinas)
Contagem de bytes	02
Forçar dados ALTOS (Bobinas 8–1)	20
Forçar dados BAIXOS (Bobinas 16–9)	00 (referência = 2000 hex)
Verificação de Erro (CRC)	–

Tabela 5.26 Consulta

Resposta
A resposta normal retorna o endereço do escravo, o código da função, o endereço inicial e a quantidade de bobinas forçadas.

Nome do campo	Exemplo (hex)
Endereço do escravo	01 (endereço do conversor de frequência)
Função	0F (gravar bobinas múltiplas)
Endereço de bobina ALTO	00
Endereço de bobina BAIXO	10 (endereço de bobina 17)
Quantidade de bobinas ALTO	00
Quantidade de bobinas BAIXO	10 (16 bobinas)
Verificação de Erro (CRC)	–

Tabela 5.27 Resposta

5.10.4 Ler Registradores de Retenção (03 hex)

Descrição
Esta função lê o conteúdo dos registradores de retenção no escravo.

Consulta
O telegrama de consulta especifica o registrador inicial e a quantidade de registradores a serem lidos. Os endereços dos registradores começam em 0, ou seja, os registradores 1-4 são endereçados como 0-3.

Exemplo: Ler *parâmetro 3-03 Referência Máxima*, registrador 03030.

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

Nome do campo	Exemplo (hex)
Endereço do escravo	01
Função	03 (Ler registradores de retenção)
Endereço inicial ALTO	0B (Endereço do Registrador 3029)
Endereço inicial BAIXO	D5 (Endereço do registrador 3029)
Número de pontos HI	00
Número de pontos LO	02 - (*parâmetro 3-03 Referência Máxima* tem 32 bits de comprimento, ou seja, 2 registradores)
Verificação de Erro (CRC)	–

Tabela 5.28 Consulta

Resposta
Os dados do registrador no telegrama de resposta são empacotados em dois bytes por registrador, com o conteúdo binário justificado à direita em cada byte. Para cada registrador, o primeiro byte contém os bits de ordem alta e o segundo contém os bits de ordem baixa.

Exemplo: hex 000088B8 = 35,000 = 35 Hz.

Nome do campo	Exemplo (hex)
Endereço do escravo	01
Função	03
Contagem de bytes	04
Dados HI (registrador 3030)	00
Dados LO (registrador 3030)	16
Dados HI (registrador 3031)	E3
Dados LO (registrador 3031)	60
Verificação de Erro (CRC)	–

Tabela 5.29 Resposta

5.10.5 Predefinir Registrador Único (06 hex)

Descrição
Esta função predefine um valor em um registrador de retenção único.

Consulta
O telegrama de consulta especifica a referência do registrador a ser predefinida. Os endereços dos registradores começam em 0, ou seja, o registrador 1 é endereçado como 0.

Exemplo: Gravar em *parâmetro 1-00 Modo Configuração*, registrador 1000.

Nome do campo	Exemplo (hex)
Endereço do escravo	01
Função	06
Endereço do registrador ALTO	03 (endereço do registrador 999)
Endereço do registrador BAIXO	E7 (endereço do registrador 999)
Dados predefinidos ALTO	00
Dados predefinidos BAIXO	01
Verificação de Erro (CRC)	–

Tabela 5.30 Consulta

Resposta
A resposta normal é um eco da consulta, retornada após o conteúdo do registrador ter sido transmitido.

Nome do campo	Exemplo (hex)
Endereço do escravo	01
Função	06
Endereço do registrador ALTO	03
Endereço do registrador BAIXO	E7
Dados predefinidos ALTO	00
Dados predefinidos BAIXO	01
Verificação de Erro (CRC)	–

Tabela 5.31 Resposta

5.10.6 Predefinir Registradores Múltiplos (10 hex)

Descrição
Esta função predefine valores em uma sequência de registradores de retenção.

Consulta
O telegrama de consulta especifica as referências do registrador a serem predefinidas. Os endereços dos registradores começam em 0, ou seja, o registrador 1 é endereçado como 0. Exemplo de uma solicitação para predefinir dois registradores (programar *parâmetro 1-24 Corrente do Motor* para 738 (7,38 A)):

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

Nome do campo	Exemplo (hex)
Endereço do escravo	01
Função	10
Endereço inicial ALTO	04
Endereço inicial BAIXO	07
Número de registradores HI	00
Número de registradores LO	02
Contagem de bytes	04
Gravar Dados ALTOS (Registrador 4: 1049)	00
Gravar Dados BAIXOS (Registrador 4: 1049)	00
Gravar Dados ALTOS (Registrador 4: 1050)	02
Gravar Dados BAIXOS (Registrador 4: 1050)	E2
Verificação de erro (CRC)	–

Tabela 5.32 Consulta

Resposta

A resposta normal retorna o endereço do escravo, o código da função, endereço inicial e a quantidade de registradores predefinidos.

Nome do campo	Exemplo (hex)
Endereço do escravo	01
Função	10
Endereço inicial ALTO	04
Endereço inicial BAIXO	19
Número de registradores HI	00
Número de registradores LO	02
Verificação de erro (CRC)	–

Tabela 5.33 Resposta

5.11 Danfoss Perfil de Controle do FC

5.11.1 Control word de acordo com o Perfil do FC (Protocolo 8–10 = Perfil do FC)

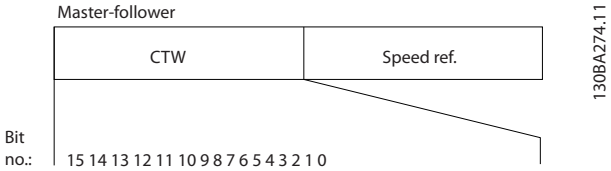


Ilustração 5.13 Control word de acordo com o perfil do FC

Bit	Valor do bit = 0	Valor do bit = 1
00	Valor de referência	Seleção externa lsb
01	Valor de referência	Seleção externa msb
02	Freio CC	Rampa
03	Parada por inércia	Sem parada por inércia
04	Parada rápida	Rampa
05	Manter a frequência de saída	Utilizar a rampa de velocidade
06	Parada de rampa	Partida
07	Sem função	Reinicializar
08	Sem função	Jog
09	Rampa 1	Rampa 2
10	Dados inválidos	Dados válidos
11	Relé 01 aberto	Relé 01 ativo
12	Relé 02 aberto	Relé 02 ativo
13	Configuração de parâmetros	Seleção do lsb
15	Sem função	Reversão

Tabela 5.34 Control word de acordo com o perfil do FC

Explicação dos bits de controle

Bits 00/01

Os bits 00 e 01 são usados para fazer a seleção entre os quatro valores de referência, que são pré-programados em *parâmetro 3-10 Referência Predefinida* de acordo com *Tabela 5.35*.

Valor de referência programado	Parâmetro	Bit 01	Bit 00
1	*Parâmetro 3-10 Referência Predefinida* [0]	0	0
2	*Parâmetro 3-10 Referência Predefinida* [1]	0	1
3	*Parâmetro 3-10 Referência Predefinida* [2]	1	0
4	*Parâmetro 3-10 Referência Predefinida* [3]	1	1

Tabela 5.35 Bits de Controle

AVISO!

Em *parâmetro 8-56 Seleção da Referência Pré-definida*, defina como o bit 00/01 sincroniza com a função correspondente nas entradas digitais.

Bit 02, Freio CC:

Bit 02 = 0: Conduz à frenagem CC e parada. A corrente e a duração de frenagem foram definidas nos par. *parâmetro 2-01 Corrente de Freio CC* e *parâmetro 2-02 Tempo de Frenagem CC*.

Bit 02 = 1: Conduz à rampa.

Bit 03, Parada por inércia

Bit 03 = 0: O conversor de frequência libera o motor imediatamente (os transistores de saída são desligados) e faz parada por inércia.

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

Bit 03 = 1: Se as demais condições de partida estiverem satisfeitas, o conversor de frequência dá partida.

Em *parâmetro 8-50 Seleção de Parada por Inércia*, defina como o bit 03 sincroniza com a função correspondente na entrada digital.

Bit 04, Parada rápida
Bit 04 = 0: Faz a velocidade do motor desacelerar até parar (programado em *parâmetro 3-81 Tempo de Rampa da Parada Rápida*).

Bit 05, Reter a frequência de saída
Bit 05 = 0: A frequência de saída atual (em Hz) congela. Altere a frequência de saída congelada somente por meio das entradas digitais programadas para *[21] Aceleração* e *[22] Desaceleração* (*parâmetro 5-10 Terminal 18 Entrada Digital* a *parâmetro 5-13 Terminal 29, Entrada Digital*)..

AVISO!

Se congelar frequência de saída estiver ativo, o conversor de frequência somente pode ser parado por uma das seguintes maneiras:

- **Bit 03, parada por inércia.**
- **Bit 02 Freio CC.**
- **Entrada Digital programada para *[5] Inversão da frenagem CC, [2] Parada por inércia inversa* ou *[3] Parada por inércia e reset inv* (*parâmetro 5-10 Terminal 18 Entrada Digital* para *parâmetro 5-13 Terminal 29, Entrada Digital*).**

Bit 06, Parada/partida de rampa
Bit 06 = 0: Causa uma parada e faz a velocidade do motor desacelerar até parar por meio do parâmetro de desaceleração selecionado.
Bit 06 = 1: Permite ao conversor de frequência dar partida no motor se as demais condições de partida forem satisfeitas.

Em *parâmetro 8-53 Seleção da Partida*, defina como o bit 06 rampa de parada/partida sincroniza com a função correspondente em uma entrada digital.

Bit 07, Reset
Bit 07 = 0: Sem reset.
Bit 07 = 1: Reinicializa um desarme. A reinicialização é ativada na borda de ataque do sinal, ou seja, na transição de 0 lógico para 1 lógico.

Bit 08, Jog
Bit 08 = 1: *Parâmetro 3-11 Velocidade de Jog [Hz]* determina a frequência de saída.

Bit 09, Seleção de rampa 1/2
Bit 09 = 0: Rampa 1 está ativa (*parâmetro 3-41 Tempo de Aceleração da Rampa 1* para *parâmetro 3-42 Tempo de Desaceleração da Rampa 1*).
Bit 09 = 1: Rampa 2 (*parâmetro 3-51 Tempo de Aceleração da Rampa 2* para *parâmetro 3-52 Tempo de Desaceleração da Rampa 2*) está ativa.

Bit 10, Dados inválidos/Dados válidos
Informa o conversor de frequência se a control word deve ser utilizada ou ignorada.
Bit 10 = 0: A control word é ignorada.
Bit 10 = 1: A control word é usada. Esta função é importante porque o telegrama sempre contém a control word, qualquer que seja o telegrama. Se a control word se não for necessária ao atualizar ou ler parâmetros, desligue-a.

Bit 11, Relé 01
Bit 11 = 0: O relé não está ativo.
Bit 11 = 1: Relé 01 ativado se *[36] Bit 11 da control word* tenha sido escolhido no *parâmetro 5-40 Função do Relé*.

Bit 12, Relé 02
Bit 12 = 0: Relé 02 não está ativado.
Bit 12 = 1: Relé 02 ativado se *[37] Bit 12 da control word* tenha sido escolhido no *parâmetro 5-40 Função do Relé*.

Bit 13, Seleção de setup
Utilize o bit 13 para selecionar entre os dois setups de menu de acordo com *Tabela 5.36*.

Setup	Bit 13
1	0
2	1

Tabela 5.36 Setups de Menu

A função só é possível quando *[9] Setups Múltiplos* estiver selecionado em *parâmetro 0-10 Setup Ativo*.

Para definir como o bit 13 sincroniza com a função correspondente nas entradas digitais, use *parâmetro 8-55 Seleção do Set-up*.

Bit 15 Reversão
Bit 15 = 0: Sem reversão.
Bit 15 = 1: Reversão. Na configuração padrão, a reversão é programada como digital em *parâmetro 8-54 Seleção da Reversão*. O bit 15 causa reversão somente quando Comunicação serial, *[2] Lógica OU* ou *[3] Lógica E* e estiver selecionado.

5.11.2 Status Word De acordo com o Perfil do FC (STW)

Programe *parâmetro 8-30 Protocolo* para *[0] FC*.

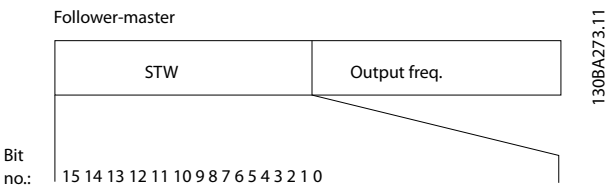


Ilustração 5.14 Status Word

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

Bit	Bit=0	Bit=1
00	Controle não pronto	Controle pronto
01	O conversor de frequência não está pronto para funcionar.	O conversor de frequência está pronto
02	Parada por inércia	Ativo
03	Sem erro	Desarme
04	Sem erro	Erro (sem desarme)
05	Reservado	–
06	Sem erro	Bloqueio por desarme
07	Sem advertência	Advertência
08	Velocidade≠referência	Velocidade=referência
09	Operação local	Controle do bus
10	Fora do limite de frequência	Limite de frequência OK
11	Sem operação	Em operação
12	Conversor de frequência OK	Parado, partida automática
13	Tensão OK	Tensão excedida
14	Torque OK	Torque excedido
15	Temporizador OK	Temporizador expirado

Tabela 5.37 Status Word De acordo com o Perfil do FC

Explicação dos bits de status

Bit 00, Controle não pronto/pronto
Bit 00=0: O conversor de frequência desarma.
Bit 00=1: Os controles do conversor de frequência estão prontos, mas o componente de energia não recebe necessariamente qualquer alimentação (se houver alimentação de 24 V externa para os controles).

Bit 01, conversor de frequência pronto
Bit 01=0: O conversor de frequência não está pronto.

Bit 01=1: O conversor de frequência está pronto para operação.

Bit 02, Parada por inércia
Bit 02=0: O conversor de frequência libera o motor.
Bit 02=1: O conversor de frequência dá partida no motor com um comando de partida.

Bit 03, Sem erro/desarme
Bit 03=0: O conversor de frequência não está no modo de defeito.
Bit 03=1: O conversor de frequência desarma. Para restabelecer a operação, pressione [Reset] (Reinicializar).

Bit 04, Sem erro/com erro (sem desarme)
Bit 04=0: O conversor de frequência não está no modo de defeito.
Bit 04=1: O conversor de frequência exibe um erro mas não desarma.

Bit 05, Sem uso
Bit 05 não é usado na status word.

Bit 06, Sem erro/bloqueio por desarme
Bit 06=0: O conversor de frequência não está no modo de defeito.
Bit 06=1: O conversor de frequência está desarmado e bloqueado.

Bit 07, Sem advertência/com advertência
Bit 07=0: Não há advertências.
Bit 07=1: Significa que ocorreu uma advertência.

Bit 08, Referência de velocidade/velocidade=referência
Bit 08=0: O motor está funcionando, mas a velocidade atual é diferente da referência de velocidade predefinida. Isso poderá acontecer quando a velocidade desacelerar durante a partida/parada.
Bit 08=1: A velocidade do motor corresponde à referência de velocidade predefinida.

Bit 09, Operação local/controle do bus
Bit 09=0: [Off/Reset] (Desligar/Reinicializar) é ativado na unidade de controle ou *[2] Local* no *parâmetro 3-13 Tipo de Referência* está selecionado. Não é possível controlar o conversor de frequência via comunicação serial.
Bit 09=1: É possível controlar o conversor de frequência por meio do fieldbus/comunicação serial.

Bit 10, Fora do limite de frequência
Bit 10=0: A frequência de saída alcançou o valor programado em *parâmetro 4-12 Lim. Inferior da Veloc. do Motor [Hz]* ou *parâmetro 4-14 Lim. Superior da Veloc do Motor [Hz]*.
Bit 10=1: A frequência de saída está dentro dos limites definidos.

Bit 11, Fora de funcionamento/em operação
Bit 11=0: O motor não está funcionando.
Bit 11=1: O conversor de frequência tem um sinal de parada sem parada por inércia.

Bit 12, Conversor de frequência OK/parado, partida automática
Bit 12=0: Não há superaquecimento temporário no conversor de frequência.
Bit 12=1: O conversor de frequência para devido ao superaquecimento, mas a unidade não desarma e retomará a operação, assim que o superaquecimento normalizar.

Bit 13, Tensão OK/limite excedido
Bit 13=0: Não há advertências de tensão.
Bit 13=1: A tensão CC no barramento CC do conversor de frequência está muito baixa ou muito alta.

Bit 14, Torque OK/limite excedido
Bit 14=0: A corrente do motor está abaixo do limite de corrente selecionado em *parâmetro 4-18 Limite de Corrente*.
Bit 14=1: O limite de corrente em *parâmetro 4-18 Limite de Corrente* foi excedido.

Bit 15, Temporizador OK/limite excedido
Bit 15=0: Os temporizadores para proteção térmica do motor e a proteção térmica não ultrapassaram 100%.
Bit 15=1: 1 dos temporizadores excede 100%.

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

5.11.3 Valor de Referência de Velocidade Via Bus Serial

O valor de referência de velocidade é transmitido ao conversor de frequência como valor relativo, em %. O valor é transmitido no formato de uma word de 16 bits. O valor de número inteiro 16384 (4000 hex) corresponde a 100%. Os valores negativos são formatados por complementos de 2. A frequência de Saída real (MAV) é escalonada do mesmo modo que a referência de bus.

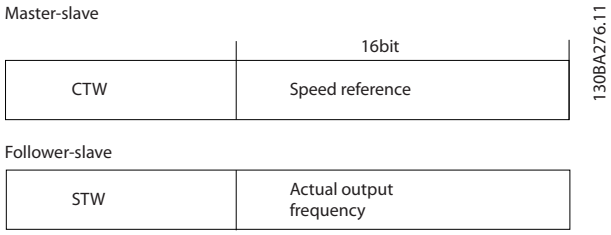


Ilustração 5.15 Frequência de saída real (MAV)

A referência e a MAV são escalonadas como a seguir:

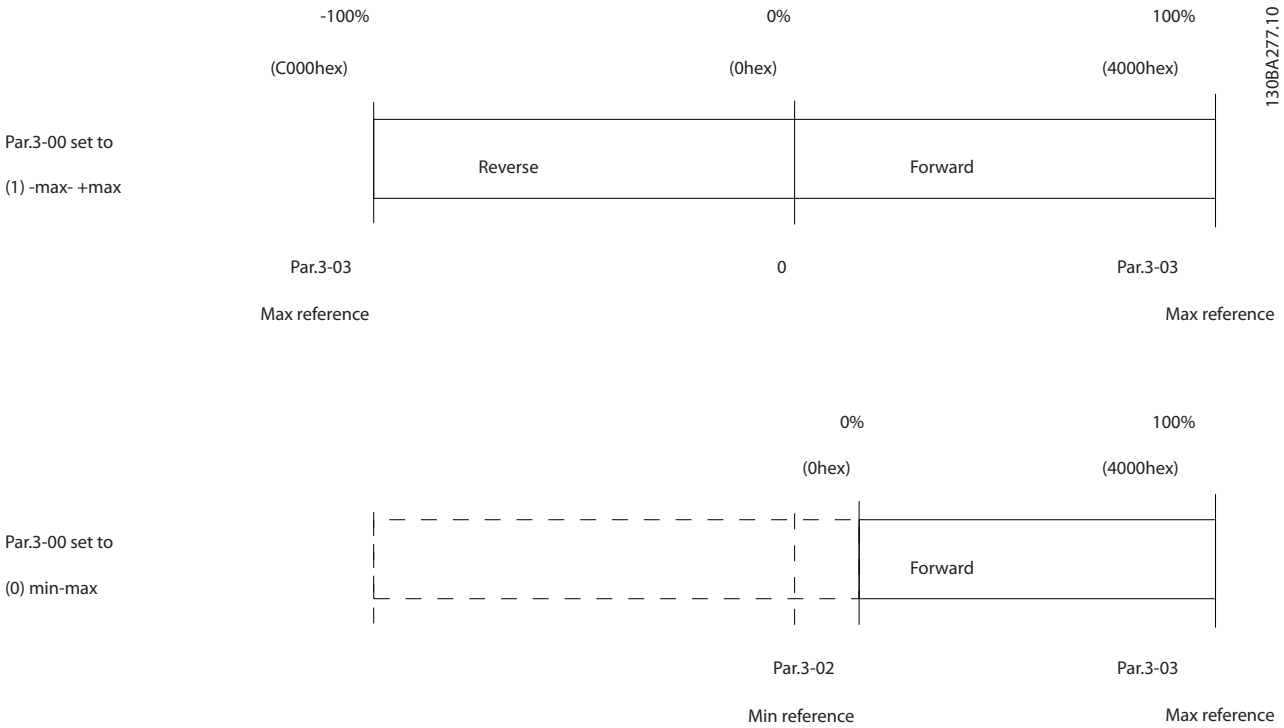


Ilustração 5.16 Referência e MAV

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

6 Código do Tipo e Seleção

6.1 Código do Tipo

O código do tipo é uma sequência de caracteres descrevendo a configuração do conversor de frequência, consulte *Ilustração 6.1*.

1 3 7 11 13 16 18 20 24 29
FC-280PK37T4E20H1BXCXXXSXXXXAX

130BF710.10

Ilustração 6.1 Código do Tipo

6

Os números exibidos em *Tabela 6.1* referem-se à posição da letra/número na sequência do código do tipo, da esquerda para a direita.

Grupos de produto	1–2
Série de conversores de frequência	4–6
Potência nominal	7–10
Fases	11
Tensão de rede	12
Gabinete metálico	13–15
Filtro de RFI	16–17
Freio	18
Display (LCP)	19
Revestimento de PCB	20
Opcional de rede elétrica	21
Adaptação A	22
Adaptação B	23
Release de software	24–27
Idioma do software	28
Opcionais A	29–30

Tabela 6.1 Posições de caractere de código do tipo

A partir do Configurador de Drive on-line, é possível configurar o conversor de frequência apropriado para a aplicação desejada e gerar a sequência do código do tipo. O configurador do conversor gera automaticamente um código de vendas de oito dígitos para ser encaminhado ao escritório de vendas local.
Outra opção é estabelecer uma lista de projeto com diversos produtos e enviá-la a um representante de vendas da Danfoss.

O Configurador do Drive pode ser encontrado no site global: *vltconfig.danfoss.com*.

6.2 Códigos de Compra: Opcionais, Acessórios e Peças de Reposição

Opcionais e acessórios	Código de compra
VLT® Módulo de Memória MCM 102	132B0359
VLT® Programador do Módulo de Memória MCM 101[1)]	134B0792
VLT® Painel de Controle LCP 21 (Numérico)	132B0254
VLT® Painel de Controle LCP 102 (Gráfico)	130B1107
Adaptador de LCP gráfico	132B0281
VLT® Tampa Cega do Painel de Controle LCP	132B0262
Kit de conversão IP21/Tipo 1, K1	132B0335
Kit de conversão IP21/Tipo 1, K2	132B0336
Kit de conversão IP21/Tipo 1, K3	132B0337
Kit de conversão IP21/Tipo 1, K4	132B0338
Kit de conversão IP21/Tipo 1, K5	132B0339
Suporte adaptador, VLT® 2800 tamanho A	132B0363
Suporte adaptador, VLT® 2800 tamanho B	132B0364
Suporte adaptador, VLT® 2800 tamanho C	132B0365
Placa do adaptador, VLT® 2800 tamanho D	132B0366
VLT® alimentação CC de 24 V MCB 106[1)]	132B0368
Kit para montagem remota do LCP, com cabo de 3 m (10 pés)	132B0102
Kit de montagem do LCP, sem LCP	130B1117

Tabela 6.2 Código de compra para opcionais e acessórios

1) Disponível meados de 2017.

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

Peças de reposição	Código de compra
Sacola de acessórios FC 280 plugues	132B0350
Ventilador 50x20 IP21 PWM	132B0351
Ventilador 60x20 IP21 PWM	132B0352
Ventilador 70x20 IP21 PWM	132B0353
Ventilador 92x38 IP21 PWM	132B0371
Ventilador 120x38 IP21 PWM	132B0372
Tampa de terminal do gabinete metálico tamanho K1	132B0354
Tampa de terminal do gabinete metálico tamanho K2	132B0355
Tampa de terminal do gabinete metálico tamanho K3	132B0356
Tampa de terminal do gabinete metálico tamanho K4	132B0357
Tampa de terminal do gabinete metálico tamanho K5	132B0358
Kit de desacoplamento do cabo do bus, FC 280	132B0369
Kit de desacoplamento, E/S de potência, K1	132B0373
Kit de desacoplamento, E/S de potência, K2/K3	132B0374
Kit de desacoplamento, E/S de energia, K4/K5	132B0375
Cassete de controle VLT® - Padrão	132B0345
Cassete de controle VLT® - CANOpen	132B0346
Cassete de controle VLT® - PROFIBUS	132B0347
Cassete de controle VLT® - PROFINET	132B0348
Cassete de controle VLT® - EtherNet/IP	132B0349
Cassete de controle VLT® - POWERLINK	132B0378

Tabela 6.3 Códigos de compra para peças de reposição

6.3 Códigos de Compra: Resistores do Freio

A Danfoss oferece uma ampla variedade de resistores que são projetados especialmente para nossos conversores de frequência. Consulte *capétulo 2.9.4 Controle com a Função de Frenagem* para dimensionar os resistores do freio. Esta seção lista os códigos de compra dos resistores do freio. A resistência do resistor da frenagem dada pelo código de compra pode ser maior que R_{rec}. Neste caso, o torque de frenagem real pode ser menor que o torque de frenagem mais alto que o conversor de frequência pode fornecer.

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

6.3.1 Códigos de Compra: Resistores do Freio 10%

Potência nominal	$P_{m\ (HO)}$	R_{min}	$R_{br.\ nom}$	R_{rec}	$P_{br\ avg}$	Código de compra	Período	Seção transversal do cabo[1)]	Relé térmico	Torque de frenagem máximo com resistor
Trifásico de 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

Tabela 6.4 FC 280 - Rede elétrica: Trifásico de 380–480 V (T4), 10% do ciclo de funcionamento

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

Potência nominal	$P_{m\ (HO)}$	R_{min}	$R_{br.\ nom}$	R_{rec}	$P_{br\ avg}$	Código de compra	Período	Seção transversal do cabo[1)]	Relé térmico	Torque de frenagem máximo com resistor
Trifásico de 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

Tabela 6.5 FC 280 - Rede elétrica: Trifásico de 200–240 V (T2), 10% do ciclo de funcionamento

1) Todo o cabeamento deve estar em conformidade com as normas nacionais e locais sobre seção transversal do cabo e temperatura ambiente.

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

6.3.2 Códigos de Compra: Resistores do Freio 40%

Potência nominal	$P_{m\ (HO)}$	R_{min}	$R_{br.\ nom}$	R_{rec}	$P_{br\ avg}$	Código de compra	Período	Seção transversal do cabo[1)]	Relé térmico	Torque de frenagem máximo com resistor
Trifásico de 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

Tabela 6.6 FC 280 - Rede elétrica: Trifásico de 380–480 V (T4), 40% do ciclo de funcionamento

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

Potência nominal	$P_{m\ (HO)}$	R_{min}	$R_{br.\ nom}$	R_{rec}	$P_{br\ avg}$	Código de compra	Período	Seção transversal do cabo[1)]	Relé térmico	Torque de frenagem máximo com resistor
Trifásico de 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

Tabela 6.7 FC 280 - Rede elétrica: Trifásico de 200–240 V (T2), 40% do ciclo de funcionamento

1) Todo o cabeamento deve estar em conformidade com as normas nacionais e locais sobre seção transversal do cabo e temperatura ambiente.

6.4 Códigos de Compra: Filtros de onda senoidal

Características nominais da corrente e da potência do conversor de frequência						Características nominais da corrente do filtro			Frequência de chaveamento[1)]	Código de compra	
[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						

Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

Características nominais da corrente e da potência do conversor de frequência						Características nominais da corrente do filtro			Frequência de chaveamento[1)]	Código de compra	
[kW (hp)]	[A]	[kW (hp)]	[A]	[kW (hp)]	[A]	[A]	[A]	[A]	[kHz]	–	–
–	–	22 (30)	42,5	22 (30)	40	48	45,5	36	5	130B2281	130B2307

Tabela 6.8 Filtros de onda senoidal para conversores de frequência com 380-480 V

1) A frequência de chaveamento pode ser reduzida até 3 kHz devido à velocidade de saída (menor que 60% da velocidade normal), sobrecarga ou sobreaquecimento. O cliente pode notar a mudança de ruído do filtro.

As configurações de parâmetro sugeridas para operação com filtro de onda senoidal são as seguintes:

- Defina o *[1] filtro de onda senoidal* em*parâmetro 14-55 Filtro Saída*.
- Defina o valor adequado do filtro individual em *parâmetro 14-01 Freqüência de Chaveamento*. Quando *[1] filtro de onda senoidal for definido em parâmetro 14-55 Filtro Saída*, as opções que são mais baixas que 5 kHz em *parâmetro 14-01 Freqüência de Chaveamento* são removidas automaticamente

6

6.5 Códigos de Compra: Filtros dU/dt

Características nominais da corrente e da potência do conversor de frequência				Características nominais da corrente do filtro		Código de compra		
380-440 V		441-480 V		380 a 60 Hz 200–400/440 a 50 Hz	460/480 a 60 Hz 500/525 a 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					

Tabela 6.9 Filtros dU/dt para conversores de frequência com 380-480 V

6.6 Códigos de Compra: Filtros de EMC externos

Para K1S2 e K2S2, com filtros de EMC externos listados em *Tabela 6.10*, o comprimento máximo do cabo blindado de 100 m (328 pés) de acordo com EN/IEC 61800-3 C2 (EN 55011 A1), ou de 40 m (131,2 pés) de acordo com EN/IEC 61800-3 C1 (EN 55011 B), pode ser alcançado.

Para K1T4, K2T4 e K3T4 com filtro A1 interno, com filtros de EMC externos listados em *Tabela 6.10*, o comprimento máximo do cabo blindado de 100 m (328 pés) de acordo com EN/IEC 61800-3 C2 (EN 55011 A1), ou de 25 m (82 pés) de acordo com EN/IEC 61800-3 C1 (EN 55011 B), pode ser alcançado.

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

Código de compra do filtro de EMC	134B5466	134B5467	134B5463	134B5464	134B5465
Tamanho do gabinete do conversor de frequência	K1S2	K2S2	K1T4	K2T4	K3T4
Dimensões A [mm (pol)]	250 (9,8)	312,5 (12,3)	250 (9,8)	312,5 (12,3)	
Dimensões a1 [mm (pol)]	234 (9,2)	303 (11,9)	234 (9,2)	303 (11,9)	
Dimensões a2 [mm (pol)]	19,5 (0,77)	21,3 (0,84)	19,5 (0,77)	21,3 (0,84)	
Dimensões am [mm (pol)]	198 (7,8)	260 (10,2)	198 (7,8)	260 (10,2)	
Dimensões B [mm (pol)]	75 (2,95)	90 (3,54)	75 (2,95)	90 (3,54)	115 (4,53)
Dimensões b1 [mm (pol)]	55 (2,17)	70 (2,76)	55 (2,17)	70 (2,76)	90 (3,54)
Dimensões bm [mm (pol)]	60 (2,36)	70 (2,76)	60 (2,36)	70 (2,76)	90 (3,54)
Dimensões C [mm (pol)]	50 (1,97)				
Dimensões c1 [mm (pol)]	22,7 (0,89)				
Dimensões D1 [mm (pol)]	Ø5,3 (Ø0,21)				
Dimensões Dm [mm (pol)]	M4	M5	M4	M5	
Dimensões e1 [mm (pol)]	6,5 (0,26)	5 (0,20)	6,5 (0,26)	5 (0,20)	
Dimensões f1 [mm (pol)]	10 (0,39)				12,5 (0,49)
Dimensões fm [mm (pol)]	7,5 (0,30)	10 (0,39)	7,5 (0,30)	10 (0,39)	12,5 (0,49)
Parafusos de montagem para filtro de EMC	M5				
Parafusos de montagem para conversor de frequência	M4	M5	M4	M5	
Peso [kg (lb)]	1,10 (2,43)	1,50 (3,31)	1,20 (2,65)	1,90 (4,19)	2,10 (4,63)

Tabela 6.10 Detalhes do filtro de EMC para K1-K3

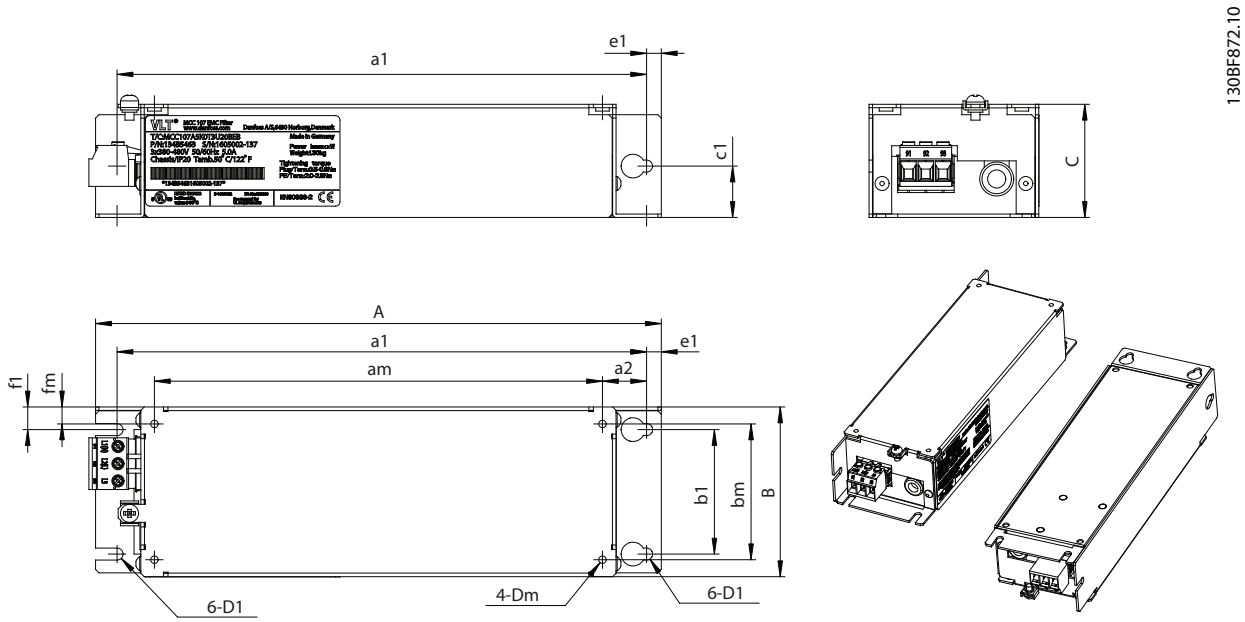


Ilustração 6.2 Dimensões do filtro de EMC para K1–K3

Para K4T4 e K5T4 com filtro A1 interno, com filtros de EMC externos listados em *Tabela 6.11*, o comprimento máximo do cabo blindado de 100 m (328 pés) de acordo com EN/IEC 61800-3 C2 (EN 55011 A1), ou de 25 m (82 pés) de acordo com EN/IEC 61800-3 C1 (EN 55011 B), pode ser alcançado.

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

Potência [kW (hp)] Tamanho 380-480 V	Tipo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L1	Torque [Nm (pol-lb)]	Peso [kg (lb)]	Código de compra
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

Tabela 6.11 Detalhes do filtro de EMC para K4–K5

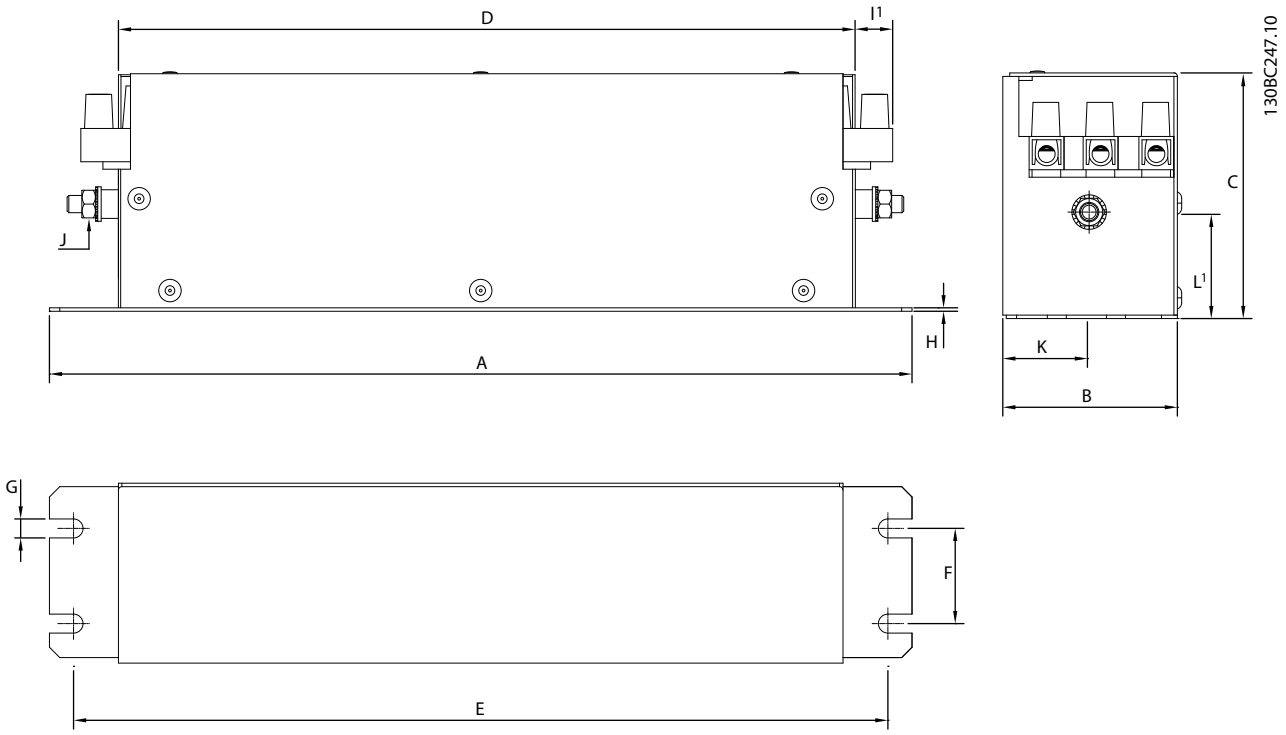


Ilustração 6.3 Dimensões do filtro de EMC para K4–K5

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

7 Especificações

7.1 Dados Elétricos

Potência no eixo típica do conversor de frequência [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)**
Classificação de proteção do gabinete IP20 (IP21/Tipo 1 como opção)	K1	K1	K1	K1	K1	K1	K2
Corrente de saída							
Potência no eixo [kW]	0,37	0,55	0,75	1,1	1,5	2,2	3
Contínua (3x380–440 V) [A]	1,2	1,7	2,2	3	3,7	5,3	7,2
Contínua (3 x 441-480 V) [A]	1,1	1,6	2,1	2,8	3,4	4,8	6,3
Intermitente (sobrecarga 60 s) [A]	1,9	2,7	3,5	4,8	5,9	8,5	11,5
Contínua kVA (400 V CA) [kVA]	0,9	1,2	1,5	2,1	2,6	3,7	5,0
Contínua kVA (480 V CA) [kVA]	0,9	1,3	1,7	2,5	2,8	4,0	5,2
Corrente de entrada máxima							
Contínua (3x380–440 V) [A]	1,2	1,6	2,1	2,6	3,5	4,7	6,3
Contínua (3 x 441-480 V) [A]	1,0	1,2	1,8	2,0	2,9	3,9	4,3
Intermitente (sobrecarga 60 s) [A]	1,9	2,6	3,4	4,2	5,6	7,5	10,1
Mais especificações							
Seção transversal do cabo máxima (rede elétrica, motor, freio e Load Sharing) [mm^2 (AWG)]	4 (12)						
Perda de energia estimada em carga nominal máxima [W][1)]	20,9	25,2	30	40	52,9	74	94,8
Peso, características nominais de proteção do gabinete metálico 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)
Peso, classificação de proteção do gabinete 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)
Eficiência [%][2)]	96,0	96,6	96,8	97,2	97,0	97,5	98,0

Tabela 7.1 Alimentação de rede elétrica 3x380-480 V CA

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

Potência no eixo típica do conversor de frequência [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)
Classificação de proteção do gabinete IP20 (IP21/Tipo 1 como opção)	K2	K2	K3	K4	K4	K5	K5
Corrente de saída							
Potência no eixo	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22
Contínua (3x380–440 V) [A]	9	12	15,5	23	31	37	42,5
Contínua (3 x 441-480 V) [A]	8,2	11	14	21	27	34	40
Intermitente (sobrecarga 60 s) [A]	14,4	19,2	24,8	34,5	46,5	55,5	63,8
Contínua kVA (400 V CA) [kVA]	6,2	8,3	10,7	15,9	21,5	25,6	29,5
Contínua kVA (480 V CA) [kVA]	6,8	9,1	11,6	17,5	22,4	28,3	33,3
Corrente de entrada máxima							
Contínua (3x380–440 V) [A]	8,3	11,2	15,1	22,1	29,9	35,2	41,5
Contínua (3 x 441-480 V) [A]	6,8	9,4	12,6	18,4	24,7	29,3	34,6
Intermitente (sobrecarga 60 s) [A]	13,3	17,9	24,2	33,2	44,9	52,8	62,3
Mais especificações							
Seção transversal do cabo máxima (rede elétrica, motor, freio e Load Sharing) [mm² (AWG)]	4 (12)			16 (6)			
Perda de energia estimada em carga nominal máxima [W][1)]	115,5	157,5	192,8	289,5	393,4	402,8	467,5
Peso, classificação de proteção do gabinete 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)
Peso, classificação de proteção do gabinete 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)
Eficiência [%][2)]	98,0	97,8	97,7	98,0	98,1	98,0	98,0

Tabela 7.2 Alimentação de rede elétrica 3x380-480 V CA

Potência no eixo típica do conversor de frequência [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)
Classificação de proteção do gabinete IP20 (IP21/Tipo 1 como opção)	K1	K1	K1	K1	K1	K2	K3
Corrente de saída							
Contínua (3x200–240 V) [A]	2,2	3,2	4,2	6	6,8	9,6	15,2
Intermitente (sobrecarga 60 s) [A]	3,5	5,1	6,7	9,6	10,9	15,4	24,3
kVA contínuo (230 V CA) [kVA]	0,9	1,3	1,7	2,4	2,7	3,8	6,1
Corrente de entrada máxima							
Contínua (3x200–240 V) [A]	1,8	2,7	3,4	4,7	6,3	8,8	14,3
Intermitente (sobrecarga 60 s) [A]	2,9	4,3	5,4	7,5	10,1	14,1	22,9
Mais especificações							
Seção transversal do cabo máxima (rede elétrica, motor, freio e Load Sharing) [mm² (AWG)]	4 (12)						
Perda de energia estimada em carga nominal máxima [W][1)]	29,4	38,5	51,1	60,7	76,1	96,1	147,5
Peso, classificação de proteção do gabinete 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)
Peso, classificação de proteção do gabinete 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)
Eficiência [%][2)]	96,4	96,6	96,3	96,6	96,5	96,7	96,7

Tabela 7.3 Alimentação de Rede Elétrica 3x200–240 V CA

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

Potência no eixo típica do conversor de frequência [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)
Classificação de proteção do gabinete IP20 (IP21/Tipo 1 como opção)	K1	K1	K1	K1	K1	K2
Corrente de saída						
Contínua (3x200–240 V) [A]	2,2	3,2	4,2	6	6,8	9,6
Intermitente (sobrecarga 60 s) [A]	3,5	5,1	6,7	9,6	10,9	15,4
kVA contínuo (230 V CA) [kVA]	0,9	1,3	1,7	2,4	2,7	3,8
Corrente de entrada máxima						
Contínua (1x200–240 V) [A]	2,9	4,4	5,5	7,7	10,4	14,4
Intermitente (sobrecarga 60 s) [A]	4,6	7,0	8,8	12,3	16,6	23,0
Mais especificações						
Seção transversal máxima do cabo (rede elétrica e motor) [mm^2 (AWG)]	4 (12)					
Perda de energia estimada em carga nominal máxima [W][1)]	37,7	46,2	56,2	76,8	97,5	121,6
Peso, classificação de proteção do gabinete 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)
Peso, classificação de proteção do gabinete 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)
Eficiência [%][2)]	94,4	95,1	95,1	95,3	95,0	95.4

Tabela 7.4 Alimentação de Rede Elétrica 1x200-240 V CA

1) A perda de energia típica é em condições de carga nominais e espera-se que esteja dentro de ±15% (a tolerância está relacionada à variedade de condições de tensão e cabo).
Os valores são baseados em uma eficiência de motor típica (linha divisória de IE2/IE3). Os motores com eficiência mais baixa aumentam a perda de energia no conversor de frequência, e motores com eficiência mais alta reduzem a perda.
Aplica-se ao dimensionamento do resfriamento do conversor de frequência. Se a frequência de chaveamento for mais alta que a configuração padrão, as perdas de energia algumas vezes aumentam. O consumo de energia típico do LCP e do cartão de controle estão incluídos. Outros opcionais e carga do cliente podem acrescentar até 30 W às perdas (embora normalmente apenas 4 W extras para cartão de controle totalmente carregado ou fieldbus).
Para sabe os dados de perda de energia de acordo com EN 50598-2, consulte www.danfoss.com/vltenergyefficiency.
2) Medido usando 50 m (164 pés) de cabos de motor blindados com carga nominal e frequência nominal. Para saber a classe de eficiência energética, consulte capétulo 7.4 Condições ambiente.. Para saber as perdas de carga parcial, consulte www.danfoss.com/vltenergyefficiency.

7.2 Alimentação de Rede Elétrica

Alimentação de rede elétrica (L1/N, L2/L, L3)	
Terminais de alimentação	(L1/N, L2/L, L3)
Tensão de alimentação	380–480 V: -15% (-25%)[1)] a +10%
Tensão de alimentação	200–240 V: -15% (-25%)[1)] a +10%

1) O conversor de frequência pode funcionar a -25% da tensão de entrada com desempenho reduzido. A potência máxima de saída do conversor de frequência é de 75% se a tensão de entrada for -25% e 85% se a tensão de entrada for -15%.
O torque total não pode ser esperado em tensão de rede menor que 10% abaixo da tensão de alimentação nominal mais baixa do conversor de frequência.

Frequência de alimentação	50/60 Hz ±5%
Desbalanceamento máximo temporário entre fases de rede elétrica	3,0% da tensão de alimentação nominal
Fator de potência real (λ)	≥0,9 nominal com carga nominal
Fator de potência de deslocamento (cos ϕ)	Unidade próxima (>0,98)
Comutação na alimentação de entrada (L1/N, L2/L, L3) (energizações) ≤7,5 kW (10 hp)	Máximo 2 vezes/minuto
Comutação na alimentação de entrada (L1/N, L2/L, L3) (energizações) 11-22 kW (15-30 hp)	Máximo de 1 vez/minuto

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

7.3 Saída do Motor e dados do motor

Saída do Motor (U, V, W)	
Tensão de saída	0–100% da tensão de alimentação
Frequência de saída	0–500 Hz
Frequência de saída no modo VVC+	0–200 Hz
Chaveamento na saída	Ilimitado
Tempo de rampa	0,01–3600 s

Características do torque	
Torque de partida (torque constante)	Máximo 160% durante 60 s[1)]
Torque de sobrecarga (torque constante)	Máximo 160% durante 60 s[1)]
Corrente de partida	Máximo 200% durante 1 s
Tempo de subida do torque em VVC+ (independente de f_{sw})	Máximo 50 ms

1) A porcentagem está relacionada ao torque nominal. É 150% para conversores de frequência de 11–22 kW (15–30 hp).

7.4 Condições ambiente

Condições ambiente	
Classe IP	IP20 (IP21/NEMA tipo 1 como opção)
Teste de vibração, todos os tamanhos de gabinete	1,14 g
Umidade relativa	5–95% (IEC 721-3-3; Classe 3K3 (não condensante) durante a operação
Temperatura ambiente (no modo de chaveamento DPWM)	
- com derating	Máximo 55 °C (131 °F)[1)2)3)]
- na corrente de saída constante total	Máximo 45 °C (113 °F)[4)]
Temperatura ambiente mínima, durante operação plena	0 °C (32 °F)
Temperatura ambiente mínima em desempenho reduzido	-10 °C (14 °F)
Temperatura durante a armazenagem/transporte	-25 para +65/70 °C (-13 para +149/158 °F)
Altitude máxima acima do nível do mar, sem derating	1000 m (3280 pés)
Altitude máxima acima do nível do mar, sem derating	3000 m (9243 pés)
Normas de EMC, emissão	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
Normas de EMC, imunidade	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
Classe de eficiência energética[5)]	IE2

1) Consulte capétulo 7.12 Condições especiais para:

- *Derating para temperatura ambiente elevada.*
- *Derating para alta altitude.*

2) Para PROFIBUS, PROFINET, Ethernet/IP e a variante POWERLINK de VLT® Midi Drive FC 280, para impedir o superaquecimento do cartão de controle, evite carga de E/S digital/analógica total em temperatura ambiente acima de 45 °C (113 °F).
3) Temperatura ambiente para K1S2 com derating é no máximo 50 °C (122 °F).
4) Temperatura ambiente para K1S2 com corrente de saída constante é no máximo 40 °C (104 °F).
5) Determinada de acordo com EN50598-2 em:

- *Carga nominal.*
- *90% frequência nominal.*
- *Configuração de fábrica da frequência de chaveamento.*
- *Configuração de fábrica do padrão de chaveamento.*
- *Tipo aberto: Temperatura do ar adjacente de 45 °C (113 °F).*
- *Tipo 1 (Kit NEMA): Temperatura ambiente de 45 °C (113 °F).*

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

7.5 Especificações de Cabo

Comprimentos do cabo[1)]	
Comprimento de cabo de motor máximo, blindado	50 m (164 pés)
Comprimento de cabo de motor máximo, não blindado	75 m (246 pés)
Seção transversal máxima de terminais de controle, fio flexível/rígido	2,5 mm^2/14 AWG
Seção transversal mínima de terminais de controle	0,55 mm^2/30 AWG
Comprimento de cabo máximo da entrada de STO, não blindado	20 m (66 pés)

1) Para as seções transversais dos cabos de energia, consulte Tabela 7.1, Tabela 7.2, Tabela 7.3 e Tabela 7.4.
Ao compatibilizar-se com o EN 55011 1A e o EN 55011 1B, em determinados casos o cabo de motor deve ser reduzido. Consulte capétulo 2.6.2 Emissão EMC para saber mais detalhes.

7.6 Entrada/Saída de controle e dados de controle

Entradas digitais	
Número do terminal	18, 19, 27[1)], 29, 32, 33
Lógica	PNP ou NPN
Nível de tensão	0–24 V CC
Nível de tensão, lógica 0 PNP	<5 V CC
Nível de tensão, lógica 1 PNP	>10 V CC
Nível de tensão, lógica 0 NPN	>19 V CC
Nível de tensão, lógica 1 NPN	<14 V CC
Tensão máxima na entrada	28 V CC
Faixa de frequência de pulso	4–32 kHz
Largura de pulso mínima (ciclo útil)	4,5 ms
Resistência de entrada, R_i	Aproximadamente 4 kΩ

1) O terminal 27 também pode ser programado como saída.

Entradas de STO	
Terminal número	37, 38
Nível de tensão	0–30 V CC
Nível de tensão, baixa	<1,8 V CC
Nível de tensão, alta	>20 V CC
Tensão máxima na entrada	30 V CC
Corrente de entrada mínima (cada pino)	6 mA

Entradas Analógicas	
Número de entradas analógicas	2
Número do terminal	53[1)], 54
Modos	Tensão ou corrente
Seleção do modo	Software
Nível de tensão	0–10 V
Resistência de entrada, R_i	Aproximadamente 10 kΩ
Tensão máxima	-15 V a +20 V
Nível de corrente	0/4 a 20 mA (escalonável)
Resistência de entrada, R_i	Aproximadamente 200 Ω
Corrente máxima	30 mA
Resolução das entradas analógicas	11 bit
Precisão das entradas analógicas	Erro máx. 0,5% da escala total
Largura de banda	100 Hz

As entradas analógicas são isoladas galvanicamente da tensão de alimentação (PELV) e de outros terminais de alta tensão.
1) O terminal 53 suporta somente o modo de tensão e também pode ser usado como entrada digital.

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

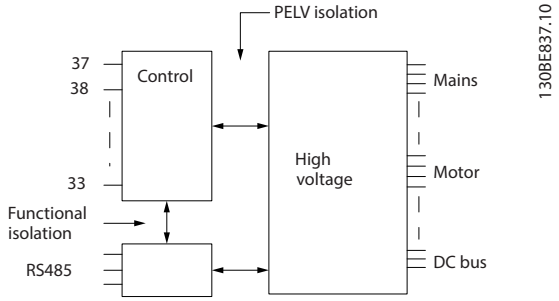


Ilustração 7.1 Isolação Galvânica

AVISO!

ALTITUDES ELEVADAS

Para instalação em altitudes acima de 2.000 m (6562 pés), entre em contato com a linha direta da Danfoss com relação à PELV.

7

Entradas de pulso	
Entradas de pulso programáveis	2
Número do terminal do pulso	29, 33
Frequência máxima no terminais 29, 33	32 kHz (acionado por push-pull)
Frequência máxima no terminais 29, 33	5 kHz (coletor aberto)
Frequência mínima nos terminais 29, 33	4 Hz
Nível de tensão	Consulte a seção sobre entrada digital
Tensão máxima na entrada	28 VCC
Resistência de entrada, R_i	Aproximadamente 4 kΩ
Precisão da entrada de pulso	Erro máximo: 0,1% do fundo de escala

Saídas digitais	
Saída digital/pulso programável	1
Número do terminal	27[1)]
Nível de tensão na saída de frequência/digital	0–24 V
Corrente de saída máxima (dissipador ou fonte)	40 mA
Carga máxima na saída de frequência	1 kΩ
Carga capacitiva máxima na saída de frequência	10 nF
Frequência de saída mínima na saída de frequência	4 Hz
Frequência de saída máxima na saída de frequência	32 kHz
Precisão da saída de frequência	Erro máximo: 0,1% do fundo de escala
Resolução da saída de frequência	10 bits

1) O terminal 27 também pode ser programado como entrada.

A saída digital está isolada galvanicamente da tensão de alimentação (PELV) e de outros terminais de alta tensão.

Saídas analógicas	
Número de saídas analógicas programáveis	1
Número do terminal	42
Faixa atual na saída analógica	0/4–20 mA
Carga máxima do resistor em relação ao comum na saída analógica	500 Ω
Precisão na saída analógica	Erro máximo: 0,8% do fundo de escala
Resolução na saída analógica	10 bits

A saída analógica está isolada galvanicamente da tensão de alimentação (PELV) e de outros terminais de alta tensão.

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

Cartão de controle, saída 24 VCC	
Número do terminal	12, 13
Carga máxima	100 mA

A alimentação de 24 VCC está isolada galvanicamente da tensão de alimentação (PELV). No entanto, a alimentação tem o mesmo potencial que as entradas e saídas analógicas e digitais.

Cartão de controle, saída +10 V CC	
Número do terminal	50
Tensão de saída	10,5 V ±0,5 V
Carga máxima	15 mA

A alimentação de 10 V CC está isolada galvanicamente da tensão de alimentação (PELV) e de outros terminais de alta tensão.

Cartão de controle, comunicação serial RS485	
Número do terminal	68 (P,TX+, RX+), 69 (N,TX-, RX-)
Terminal número 61	Ponto comum dos terminais 68 e 69

O circuito de comunicação serial RS485 é isolado galvanicamente da tensão de alimentação (PELV).

Cartão de controle, comunicação serial USB	
Padrão USB	1,1 (velocidade total)
Plugue USB	Plugue USB tipo B

A conexão ao PC é realizada por meio de um cabo de USB host/dispositivo.
A conexão USB está isolada galvanicamente da tensão de alimentação (PELV) e de outros terminais de alta tensão.
A conexão do terra do USB não está isolada galvanicamente do ponto de aterramento de proteção. Utilize somente laptop isolado para ligar-se ao conector USB do conversor de frequência.

Saídas do relé	
Saídas do relé programáveis	1
Relé 01	01–03 (NC), 01–02 (NO)
Carga do terminal máxima (CA-1)[1)] em 01–02 (NO) (carga resistiva)	250 V CA, 3 A
Carga do terminal máxima (CA-15)[1)] em 01-02 (NO) (carga indutiva @ cosφ 0,4)	250 V CA,0,2 A
Carga do terminal máxima (CC-1)[1)] em 01-02 (NO) (carga resistiva)	30 V CC, 2 A
Carga do terminal máxima (CC-13)[1)] em 01-02 (NA) (carga indutiva)	24 V CC, 0,1 A
Carga do terminal máxima (CA-1)[1)] em 01-03 (NC) (carga resistiva)	250 V CA, 3 A
Carga do terminal máxima (CA-15)[1)] em 01-03 (NC) (carga indutiva a cosφ 0,4)	250 V CA,0,2 A
Carga do terminal máxima (CC-1)[1)] em 01-03 (NC) (carga resistiva)	30 V CC, 2 A
Carga do terminal mínima em 01-03 (NC), 01-02 (NO)	24 V CC 10 mA, 24 V CA 20 mA

1) IEC 60947 partes 4 e 5
Os contatos do relé são isolados galvanicamente do resto do circuito por isolação reforçada.

Desempenho do cartão de controle	
Intervalo de varredura	1 ms

Características de controle	
Resolução da frequência de saída a 0-500 Hz	±0,003 Hz
Tempo de resposta do sistema (terminais 18, 19, 27, 29, 32 e 33)	≤2 ms
Faixa de controle da velocidade (malha aberta)	1:100 da velocidade síncrona
Precisão da velocidade (malha aberta)	±0,5% da velocidade nominal
Precisão da velocidade (malha fechada)	±0,1% da velocidade nominal

Todas as características de controle são baseadas em um motor assíncrono de 4 polos.

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

7.7 Torques de Aperto de Conexão

Certifique-se de usar os torques certos ao apertar todas as conexões elétricas. Torque de aperto muito baixo ou muito alto às vezes causa problemas de conexão elétrica. Para garantir que os torques corretos sejam aplicados, use um torquímetro. O tipo de chave de fenda recomendável é SZS 0,6x3,5 mm.

Gabinete tipo	Potência [kW (hp)]	Torque [Nm (pol-lb)]						
		Rede elétrica	Motor	Conexão CC	Freio	Ponto de aterramento	Controle	Relé
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)

Tabela 7.5 Torques de Aperto

7

7.8 Fusíveis e Disjuntores

Use fusíveis e/ou disjuntores no lado da alimentação para proteger a equipe de manutenção de ferimentos e o equipamento de danos, caso haja falha do componente dentro do conversor de frequência (primeira falha).

Proteção do circuito de derivação
Proteja todos os circuitos de derivação em uma instalação (incluindo engrenagem de chaveamento e máquinas) contra curto-circuito e sobrecorrente de acordo com as regulamentações nacionais/internacionais.

AVISO!

A proteção contra curto-circuito de estado sólido integrado não fornece proteção do circuito de derivação. Forneça proteção do circuito de derivação de acordo com as normas e regulamentações nacionais e locais aplicáveis.

Tabela 7.6 indica os fusíveis e disjuntores recomendados que foram testados.

⚠CUIDADO

RISCO DE FERIMENTOS PESSOAIS E DANOS AO EQUIPAMENTO

Defeitos ou descumprimento das recomendações podem resultar em risco pessoal e danos ao conversor de frequência e outros equipamentos.

- **Selecione os fusíveis de acordo com as recomendações. Possíveis danos podem ser limitados a estar dentro do conversor de frequência.**

AVISO!

DANOS NO EQUIPAMENTO

O uso de fusíveis e/ou disjuntores é obrigatório para garantir estar em conformidade com a IEC 60364 da CE. A falha em seguir as recomendações de proteção pode resultar em danos no conversor de frequência.

A Danfoss recomenda usar os fusíveis e disjuntores em *Tabela 7.6* para ficar em conformidade com UL 508C ou IEC 61800-5-1. Para aplicações não UL, os disjuntores de design para proteção em um circuito capaz de fornecer no máximo 50000 A_{rms} (simétrico), 240 V/ 400 V máximo. As características nominais da corrente de curto-circuito (SCCR) do conversor de frequência são adequadas para usar em um circuito capaz de fornecer não mais que 100000 A_{rms}, com máximo de 240 V/480 V quando protegido por fusíveis Classe T.

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

Tamanho do gabinete metálico		Potência [kW (hp)]	Fusível não UL	Disjuntor não UL (Eaton)	Fusível UL (Bussmann, classe T)
Trifásico 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
Trifásico 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	
Monofásico 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

Tabela 7.6 Fusível e Disjuntor

7.9 Eficiência

Eficiência do conversor de frequência (η_{VLT})
A carga do conversor de frequência não influi muito na sua eficiência. Em geral, a eficiência é igual à frequência nominal do motor $f_{M,N}$. Essa também é aplicável mesmo se o motor fornecer 100% do torque de eixo nominal ou apenas 75%, por exemplo, se houver cargas parciais.

Isto também significa que a eficiência do conversor de frequência não se altera, mesmo que outras características U/f sejam selecionadas.
Entretanto, as características U/f influem na eficiência do motor.

A eficiência diminui um pouco quando a frequência de chaveamento for definida com um valor acima do valor padrão. Se a tensão de rede for 480 V ou se o cabo de motor for maior do que 30 m (98,4 pés), a eficiência também será ligeiramente reduzida.

Cálculo da eficiência do conversor de frequência
Calcule a eficiência do conversor de frequência com cargas diferentes com base em *Ilustração 7.2*. Multiplique o fator em *Ilustração 7.2* pelo fator de eficiência específico indicado nas tabelas de especificação em *capítulo 7.1 Dados Elétricos*.

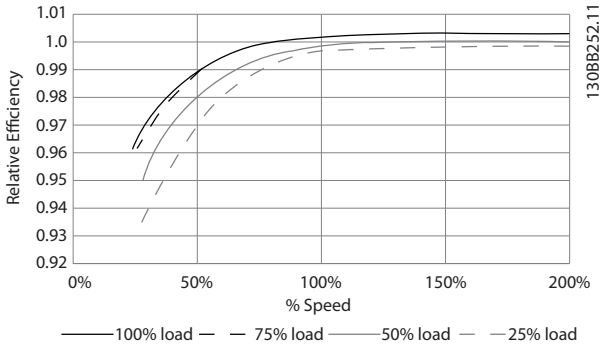


Ilustração 7.2 Curvas de Eficiência Típicas

Eficiência do motor (η_{MOTOR})
A eficiência de um motor conectado ao conversor de frequência depende do nível de magnetização. Em geral, a eficiência é tão boa quanto com a operação de rede elétrica. A eficiência do motor depende do tipo do motor.

Na faixa de 75-100% do torque nominal, a eficiência do motor é praticamente constante quando controlado pelo conversor de frequência e também quando conectado diretamente à rede elétrica.

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

Nos motores pequenos, a influência da característica U/f sobre a eficiência é marginal. Entretanto, nos motores de 11 kW (14,8 hp) ou mais, as vantagens são significativas.

De modo geral a frequência de chaveamento não afeta a eficiência de motores pequenos. Motores de 11 kW (14,8 hp) ou mais têm sua eficiência melhorada em 1-2% porque a forma senoidal da corrente do motor é quase perfeita em alta frequência de chaveamento.

Eficiência do sistema (η_{SYSTEM})
Para calcular a eficiência do sistema, a eficiência do conversor de frequência (η_{VLT}) é multiplicada pela eficiência do motor (η_{MOTOR}):
$\eta_{SYSTEM} = \eta_{VLT} \times \eta_{MOTOR}$

7.10 Ruído Acústico

O ruído acústico do conversor de frequência provém de três fontes:

- Bobinas do circuito intermediário CC.
- Ventilador interno.
- Bobina do filtro de RFI.

Os valores típicos medidos a uma distância de 1 m (3,3 pés) da unidade:

Tamanho do gabinete metálico [kW (hp)]	80% da velocidade do ventilador [dBA]	Velocidade máxima de ventilador [dBA]	Ruído de segundo plano
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

Tabela 7.7 Valores medidos típicos

7.11 Condições de dU/dt

Quando um transistor na ponte do inversor comuta, a tensão através do motor aumenta de acordo com uma relação dU/dt que depende dos seguintes fatores:

- O tipo de cabo de motor.
- A seção transversal do cabo de motor.
- O comprimento do cabo de motor.
- Se o cabo de motor é blindado ou não.
- Indutância.

A indução natural causa um overshoot U_{PEAK} na tensão do motor antes de se estabilizar em um nível que depende da tensão do barramento CC. O tempo de subida e a tensão de pico U_{PEAK} afetam a vida útil do motor. Se a tensão de pico for muito alta, serão afetados os motores sem isolação da bobina de fase. Quanto mais longo o cabo de motor, maiores o tempo de subida e a tensão de pico.

O chaveamento dos IGBTs provoca tensão de pico nos terminais do motor. O VLT® Midi Drive FC 280 atende a IEC 60034-25 com relação a motores projetados para serem controlados por conversores de frequência. O FC 280 também está em conformidade com a IEC 60034-17 com relação a motores Norm controlados por conversores de frequência.
Os seguintes dados dU/dt são medidos no lado do terminal do motor:

Comprimento do cabo [m (pés)]	Tensão de rede [V]	Tempo de subida [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

Tabela 7.8 Dados dU/dt do FC 280, 2,2 kW (3,0 hp), 3x380–480 V

Comprimento do cabo [m (pés)]	Tensão de rede [V]	Tempo de subida [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

Tabela 7.9 Dados dU/dt do FC 280, 5,5 kW (7,5 hp), 3x380–480 V

Comprimento de cabo [m (pé)]	Tensão de rede [V]	Tempo de subida [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

Tabela 7.10 Dados dU/dt do FC 280, 7,5 kW (10 hp), 3x380–480 V

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

Comprimento do cabo [m (pés)]	Tensão de rede [V]	Tempo de subida [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

Tabela 7.11 Dados dU/dt do FC 280, 15 kW (20 hp), 3x380–480 V

Comprimento do cabo [m (pés)]	Tensão de rede [V]	Tempo de subida [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

Tabela 7.12 Dados dU/dt do FC 280, 22 kW (30 hp), 3x380–480 V

Comprimento do cabo [m (pés)]	Tensão de rede [V]	Tempo de subida [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

Tabela 7.13 dU/dt Data for FC 280, 1,5 kW (2,0 hp), 3x200–240 V

Comprimento do cabo [m (pés)]	Tensão de rede [V]	Tempo de subida [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

Tabela 7.14 Dados dU/dt do FC 280, 2,2 kW (3,0 hp), 3x200–240 V

Comprimento do cabo [m (pés)]	Tensão de rede [V]	Tempo de subida [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

Tabela 7.15 Dados dU/dt do FC 280, 3,7 kW (5,0 hp), 3x200–240 V

Comprimento do cabo [m (pés)]	Tensão de rede [V]	Tempo de subida [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

Tabela 7.16 Dados dU/dt do FC 280, 1,5 kW (2,0 hp), 1x200–240 V

Comprimento do cabo [m (pés)]	Tensão de rede [V]	Tempo de subida [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

Tabela 7.17 Dados dU/dt do FC 280, 2,2 kW (3,0 hp), 1x200–240 V

7.12 Condições especiais

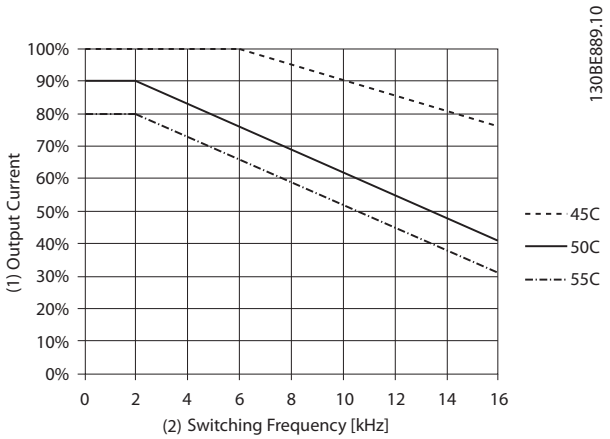
Em algumas condições especiais em que a operação do conversor de frequência é desafiada, derating deve ser considerado. Em algumas situações, derating deve ser feito manualmente.
Em outras condições, o conversor de frequência executa automaticamente um grau de derating quando necessário. Derating é feito para garantir o desempenho em estágios críticos em que a alternativa poderia ser um desarme.

7.12.1 Derating Manual

Derate manual deve ser considerado para:

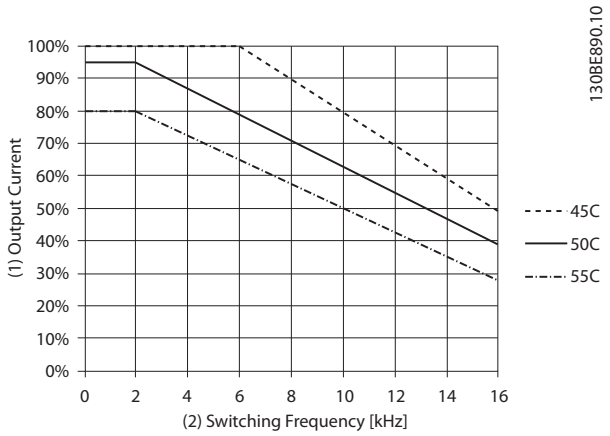
- Pressão do ar – para instalação em altitudes acima de 1000 m (3281 pés).
- Velocidade do motor - em operação contínua em baixa rpm em aplicações de torque constante.
- Temperatura ambiente – acima de 45 °C (113 °F), para saber detalhes, ver de *Ilustração 7.3* a *Ilustração 7.12*.

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.



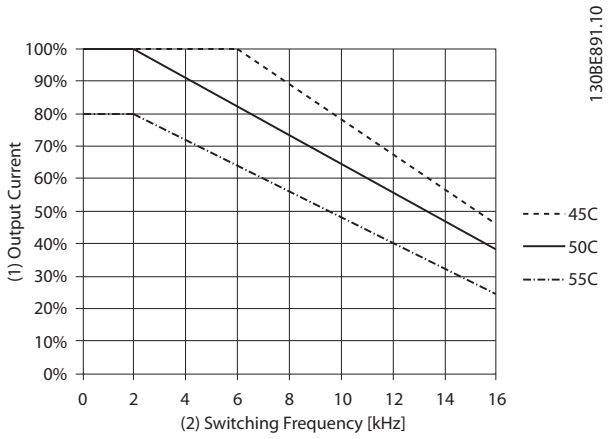
(1)	Corrente de saída
(2)	Frequência de chaveamento [kHz]

Ilustração 7.3 Curva de Derating K1T4



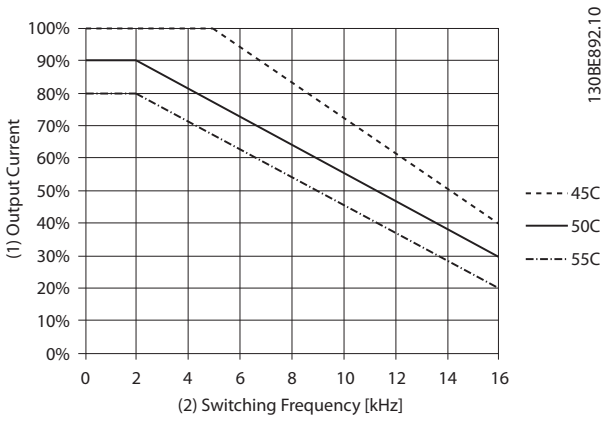
(1)	Corrente de saída
(2)	Frequência de chaveamento [kHz]

Ilustração 7.4 Curva de Derating K2T4



(1)	Corrente de saída
(2)	Frequência de chaveamento [kHz]

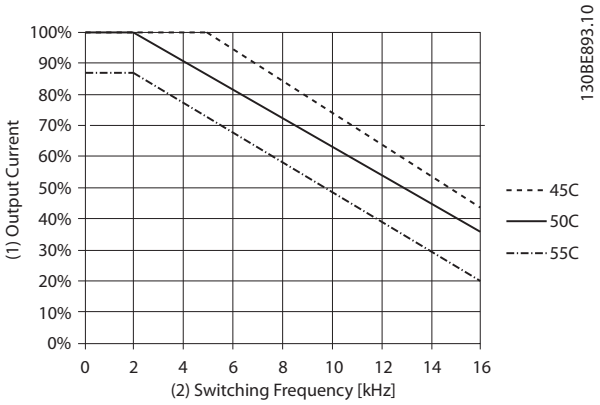
Ilustração 7.5 Curva de Derating K3T4



(1)	Corrente de saída
(2)	Frequência de chaveamento [kHz]

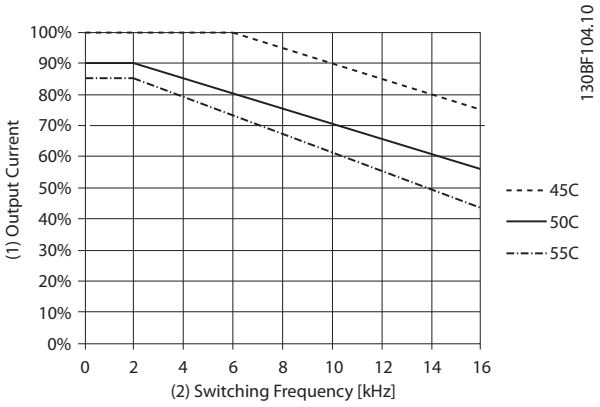
Ilustração 7.6 Curva de Derating K4T4

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.



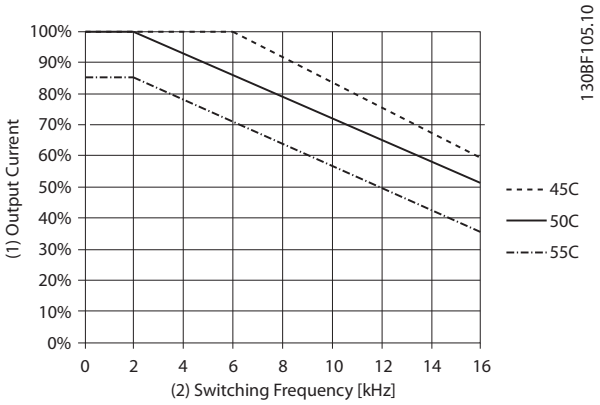
(1)	Corrente de saída
(2)	Frequência de chaveamento [kHz]

Ilustração 7.7 Curva de Derating K5T4



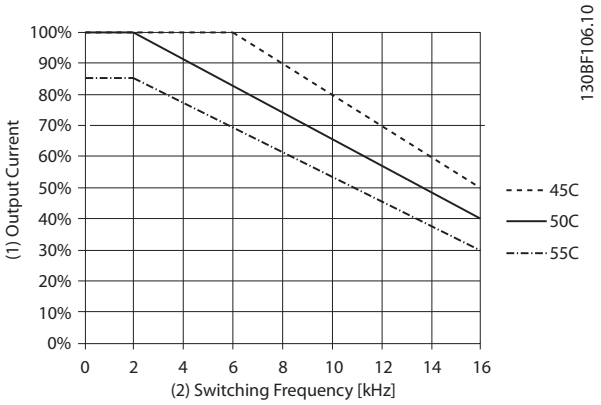
(1)	Corrente de saída
(2)	Frequência de chaveamento [kHz]

Ilustração 7.8 Curva de Derating K1T2



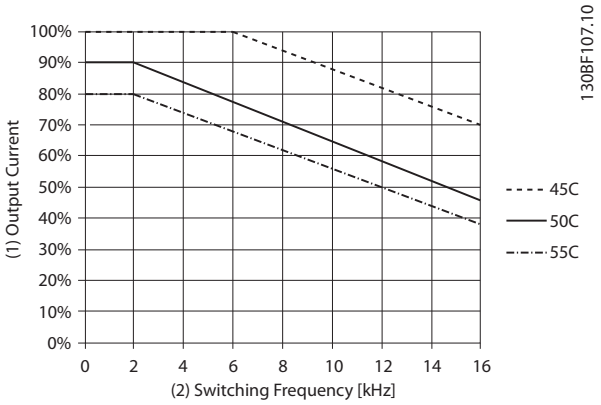
(1)	Corrente de saída
(2)	Frequência de chaveamento [kHz]

Ilustração 7.9 Curva de Derating K2T2



(1)	Corrente de saída
(2)	Frequência de chaveamento [kHz]

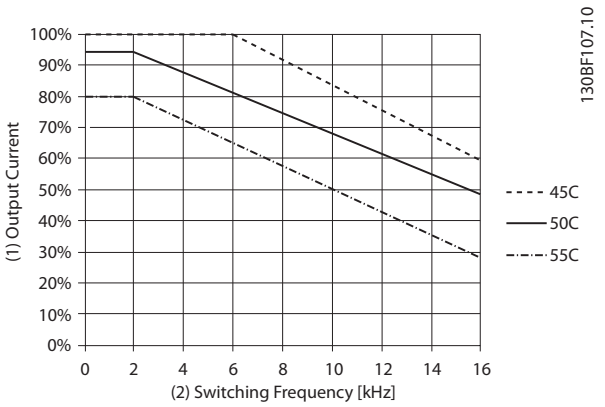
Ilustração 7.10 Curva de Derating K3T2



(1)	Corrente de saída
(2)	Frequência de chaveamento [kHz]

Ilustração 7.11 Curva de Derating K1S2

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.



(1)	Corrente de saída
(2)	Frequência de chaveamento [kHz]

Ilustração 7.12 Curva de Derating K2S2

AVISO!

A frequência de chaveamento nominal é 6 kHz para K1–K3, 5 kHz para K4–K5.

7.12.2 Derating Automático

O conversor de frequência verifica constantemente os níveis críticos:

- Temperatura alta crítica no dissipador de calor.
- Carga do motor alta.
- Velocidade do motor baixa.
- Sinais de proteção (sobretensão/subtensão, sobrecorrente, falha de aterramento e curto circuito,) são acionados.

Como resposta a um nível crítico, o conversor de frequência ajusta a frequência de chaveamento.

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

7.13 Tamanhos do gabinete metálico, valor nominal da potência e dimensões

	Tamanho do gabinete metálico	K1						K2			K3	K4		K5	
Potência [kW (hp)]	Monofásico 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)			–	–		–	
	Trifásico 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)	–		–	
	Trifásico 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)
Dimensões [mm (pol)]	FC 280 IP20														
	Altura A1	210 (8,3)						272,5 (10,7)			272,5 (10,7)	317,5 (12,5)		410 (16,1)	
	Altura A2	278 (10,9)						340 (13,4)			341,5 (13,4)	379,5 (14,9)		474 (18,7)	
	Largura B	75 (3,0)						90 (3,5)			115 (4,5)	133 (5,2)		150 (5,9)	
	Profundidade C	168 (6,6)						168 (6,6)			168 (6,6)	245 (9,6)		245 (9,6)	
	FC 280 com IP21/UL/Kit tipo 1														
	Altura A	338,5 (13,3)						395 (15,6)			395 (15,6)	425 (16,7)		520 (20,5)	
	Largura B	100 (3,9)						115 (4,5)			130 (5,1)	153 (6,0)		170 (6,7)	
	Profundidade C	183 (7,2)						183 (7,2)			183 (7,2)	260 (10,2)		260 (10,2)	
	FC 280 com tampa inferior da entrada de cabo (com/sem tampa superior)														
	Altura A	294 (11,6)						356 (14)			357 (14,1)	391 (15,4)		486 (19,1)	
	Largura B	75 (3,0)						90 (3,5)			115 (4,5)	133 (5,2)		150 (5,9)	
	Profundidade C	168 (6,6)						168 (6,6)			168 (6,6)	245 (9,6)		245 (9,6)	
Peso [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)	
Furação de montagem [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)	

Tabela 7.18 Tamanhos do gabinete metálico, valor nominal da potência e dimensões

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

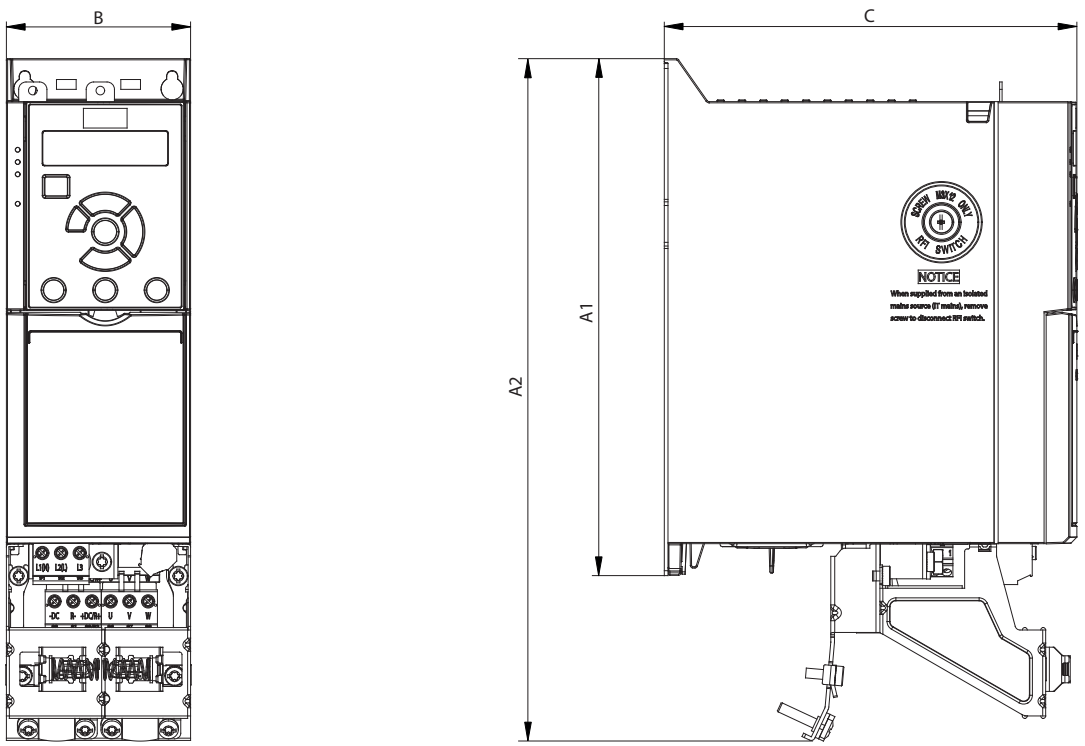


Ilustração 7.13 Padrão com placa de desacoplamento

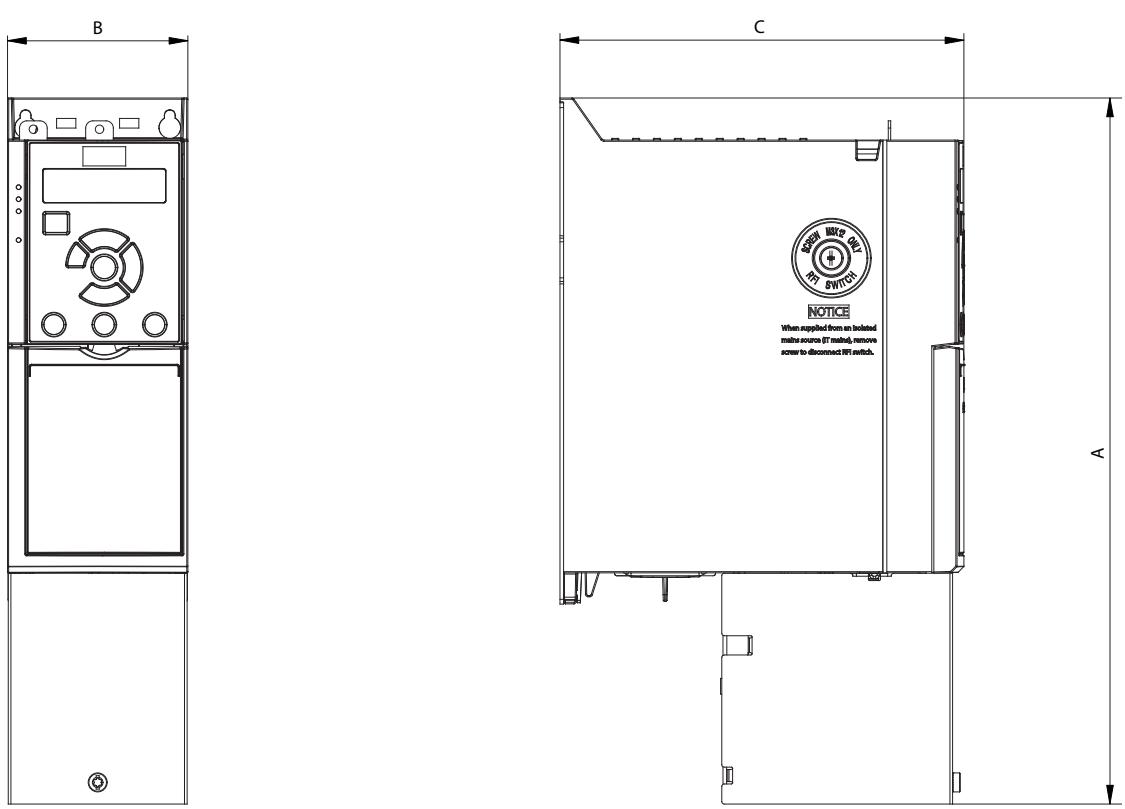


Ilustração 7.14 Padrão com tampa inferior da entrada de cabo (com/sem tampa superior)

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

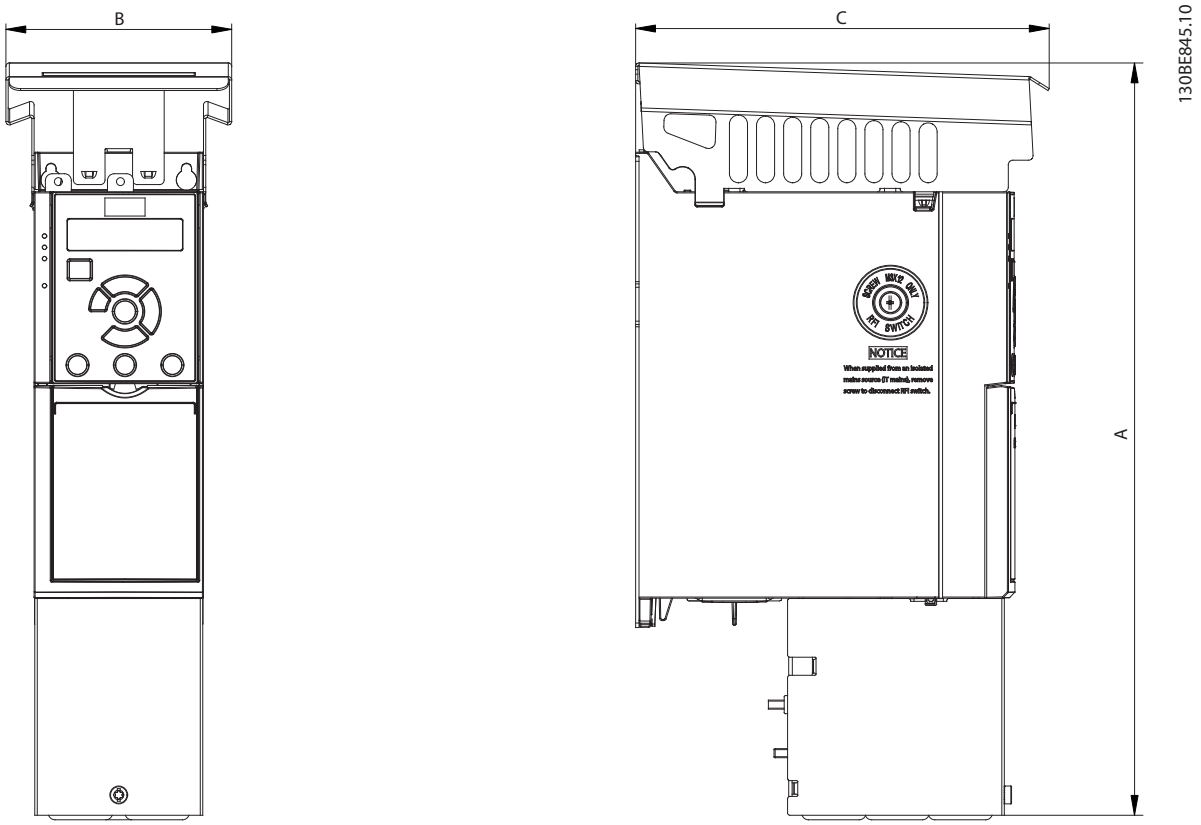


Ilustração 7.15 Padrão com IP21/UL/Kit tipo 1

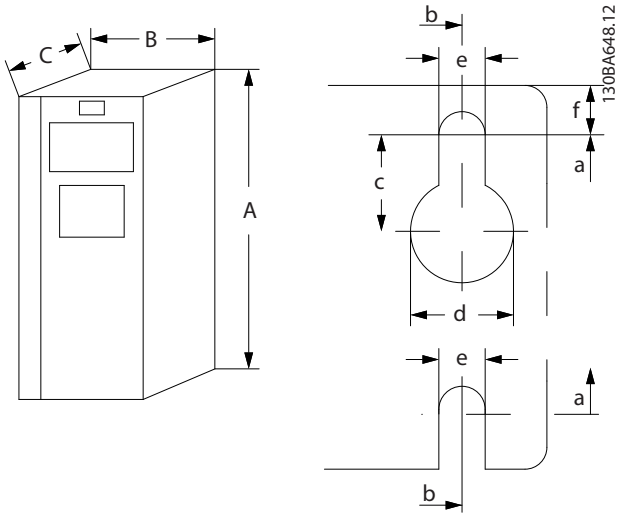


Ilustração 7.16 Furação de montagem na parte superior e inferior.

Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

Índice

A

Adaptação automática do motor ... 6
AMA ... 6
AMA com T27 conectado ... 49
Aterramento ... 15, 16

B

Banda morta ... 25
Banda morta em torno de 0 ... 25
Bobina ... 65

C

Cabo
- de motor ... 45
- Comprimento de cabo ... 85
- Tamanho do cabo ... 15

Cartão de controle
- Comunicação serial RS485 ... 87
- Comunicação serial USB ... 87
- Desempenho ... 87
- Saída +10 V CC ... 87
- Saída 24 VCC ... 87

Catch-up/redução de velocidade ... 23
Chaveamento
- Frequência de chaveamento ... 45, 78

Chaveamento na saída ... 46
Ciclo de energização ... 7
Ciclo de funcionamento intermitente ... 7
Circuito intermediário ... 46, 90
Classe de eficiência energética ... 84
Código da Função ... 63
Código de exceção do Modbus ... 64
Comandos do Modbus RTU ... 65
Compensação de escorregamento ... 8
Comprimento do telegrama (LGE) ... 55
Comunicação do Modbus ... 54
Comunicação serial ... 6
Comunicação serial
- Comunicação serial ... 87
- Comunicação serial USB ... 87

Condição ambiente ... 84
Condição de funcionamento extrema ... 46
Condições especiais ... 91
Conexão de rede ... 54
Configuração de rede ... 60
Conformidade
- Certificado pelo UL ... 9

Congelar frequência de saída ... 5
Congelar referência ... 23
Controle
- Característica ... 87
- Control Word ... 68
- Fiação ... 18

Controle de corrente interno, modo VVC+ ... 21
Controle do PID de processo ... 31
Controle do PID de velocidade ... 28
Corrente
- Ondulação de corrente ... 45

Corrente de fuga ... 41
Corrente de saída ... 86
Corrente nominal do motor ... 6
Curto circuito ... 46

D

Delta aterrado ... 17
Delta flutuante ... 17
Derating ... 84
Desarme ... 8
Diretiva de Baixa Tensão ... 8
Diretiva de maquinaria ... 8
Diretiva de Maquinaria ... 8
Diretiva EMC ... 8
Diretiva, Baixa Tensão ... 8
Diretiva, EMC ... 8

E

Eficiência ... 89
Eficiência energética ... 81, 82, 83
EMC ... 84
Entrada
- Corrente ... 16
- Potência ... 16
- Terminal número ... 16

Entrada CA ... 16
Entradas
- Entrada analógica ... 6, 85
- Entrada de pulso ... 86
- Entrada digital ... 21, 85

Estrutura de controle
- Malha aberta ... 21

ETR ... 7, 47
- consulte também *Relé térmico eletrônico*

Exportar as normas de controle ... 9

F

Feedback analógico ... 24

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

Feedback de tensão... 24
Filtro
DU/dt... 45
Onda senoidal... 45
Filtro de RFI... 17
Freio CC... 68
Freio de retenção mecânica... 42
Função de frenagem... 44
Fusível... 88

I

IEC 61800-3... 17, 84
IND... 57

Í

Índice (IND)... 57

I

Introdução à Emissão EMC... 37

J

Jog... 5, 69

L

LCP... 5, 7, 21
Ler a bobina... 65
Ler registradores de retenção (03 hex)... 66
Limite de referência... 23

M

Malha aberta... 87
Manter a frequência de saída... 69
Marcação CE... 8
Modbus RTU... 59
Momento de inércia... 46
Motor
Cabo... 15
Fase do motor... 46
Proteção térmica do motor... 46, 70
Saída do motor... 84
Sobretensão gerada pelo motor... 46
Tensão do Motor... 90

N

Nível de tensão... 85
Norma e conformidade para STO... 9
Número do parâmetro (PNU)... 57

P

Parada por inércia... 5, 69, 70
PELV... 51, 87
PELV, Tensão Extra Baixa Protetiva... 41
Perfil do FC
FC com Modbus RTU... 55
Perfil do FC... 68
Visão geral do protocolo... 54
Pessoal qualificado... 9
PID de velocidade... 19, 21
Potência de frenagem... 6, 44
Precaução de EMC... 54
Precauções de segurança... 9
Proteção... 41
Proteção do circuito de derivação... 88

R

RCD... 7
Recursos adicionais... 5
Rede elétrica
Alimentação... 7
Alimentação (L1/N, L2/L, L3)... 83
Dados de alimentação... 81
Queda da rede elétrica... 46
Rede elétrica CA... 16
Rede elétrica isolada... 17
Referência Analógica... 24
Referência de barramento... 24
Referência de pulso... 6, 24
Referência de velocidade... 49
Referência predefinida... 24
Registradores... 65
Relé térmico eletrônico... 7
consulte também *ETR*
Requisito de imunidade EMC... 39
Reset do alarme... 21
Resistor do freio... 6, 43, 73
Resultados do teste de EMC... 38
RS485
Instalação e setup do RS485... 53
RS485... 53, 55
Ruído Acústico... 90

S

Saída do relé... 87
Saídas
Saída analógica... 6, 86
Saída digital... 86
Seção transversal... 85

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

Setup de hardware..... 54
SIL2..... 9
SILCL de SIL2..... 9
Sobrecarga estática no modo VVC+..... 46
Solicitação de pedido
DU/dt..... 78
Filtro de onda senoidal..... 78
Status Word..... 69

T

Teclas de controle do GLCP..... 21
Teclas de controle do NLCP..... 21
Tempo de descarga..... 9
Tempo de subida..... 90
Tensão de alimentação..... 86
Termistor..... 8, 51
Tipo de dados, suportados..... 58
Torque
Característica do torque..... 84
Controle de torque..... 19
Torque de aperto dos terminais..... 88
Torque de segurança..... 6

V

Velocidade do motor síncrono..... 6
Velocidade nominal do motor..... 6
Visão geral do Modbus RTU..... 59
VVC+..... 8, 21

 Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

Danfoss A/S © 05/2017 Todos os direitos reservados.

A Danfoss não aceita qualquer responsabilidade por possíveis erros constantes de catálogos, brochuras ou outros materiais impressos. A Danfoss reserva-se o direito de alterar os seus produtos sem aviso prévio. Esta determinação aplica-se também a produtos já encomendados, desde que tais modificações não impliquem em mudanças nas especificações acordadas. Todas as marcas registradas constantes deste material são propriedade das respectivas empresas. Danfoss e o logotipo Danfoss são marcas registradas da Danfoss A/S. Todos os direitos reservados.

Danfoss A/S
Ulsnaes 1
DK-6300 Graasten
vlt-drives.danfoss.com

132R0142 MG07B328 05/2017