ENGINEERING TOMORROW

Guia de Design
VLT® AutomationDrive FC 360

vlt-drives.danfoss.com

Índice

1 Introdução 5

1.1 Como ler este Guia de Design 5

1.2 Definições 6

1.3 Precauções de segurança 9

1.4 Instruções para descarte 10

1.5 Documento e versão de software 10

1.6 Aprovações e certificações 10

2 Visão geral do produto 12

2.1 Visão geral do tamanho do gabinete 12

2.2 Instalação elétrica 13

2.2.1 Requisitos de aterramento 15

2.2.2 Fiação de controle 17

2.3 Estruturas de controle 20

2.3.1 Princípio de controle 20

2.3.2 Modos de controle 20

2.3.3 Princípio de controle do FC 360 21

2.3.4 Estrutura de controle em VVC+ 22

2.3.5 Controle de corrente interna no modo VVC+ 22

2.3.6 Controle local [Hand On] e controle remoto [Auto On] 23

2.4 Tratamento das referências 24

2.4.1 Limites de referência 25

2.4.2 Graduação das referências predefinidas e das referências de barramento 26

2.4.3 Escalonamento de referência de pulso e analógica e feedback 26

2.4.4 Banda morta em torno de zero 27

2.5 Controle do PID 30

2.5.1 Controle do PID de velocidade 30

2.5.2 Controle do PID de processo 33

2.5.3 Parâmetros relevantes de controle de processo 34

2.5.4 Exemplo de controle do PID de processo 35

2.5.5 Otimização do controlador de processo 38

2.5.6 Método de sintonização Ziegler Nichols 38

2.6 Emissão EMC e imunidade 39

2.6.1 Aspectos gerais da emissão EMC 39

2.6.2 Requisitos de emissão EMC 41

2.6.3 Requisitos de imunidade EMC 41

2.7 Isolação Galvânica 43

2.8 Corrente de fuga para o terra 43

2.9 Funções de freio 45

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

2.9.1 Freio mecânico de retenção 45
2.9.2 Frenagem Dinâmica 45
2.9.3 Seleção do resistor de frenagem 45
2.10 Smart Logic Controller 47
2.11 Condições de funcionamento extremas 47

3 Código do tipo e seleção 50
3.1 Solicitação de pedido 50
3.2 Códigos de compra: Opções, acessórios e peças de reposição 51
3.3 Códigos de compra: Resistores de frenagem 52
3.3.1 Códigos de compra: Resistores de frenagem 10% 52
3.3.2 Códigos de compra: Resistor de frenagem 40% 53

4 Especificações 54
4.1 Alimentação de rede elétrica 3x380–480 V CA 54
4.2 Especificações Gerais 57
4.3 Fusíveis 61
4.4 Eficiência 61
4.5 Ruído acústico 62
4.6 Condições dU/dt 62
4.7 Condições especiais 63
4.7.1 Derating manual 64
4.7.2 Derating automático 66
4.8 Tamanhos do gabinete metálico, valor nominal da potência e dimensões 66

5 Instalação e setup do RS485 68
5.1 Introdução 68
5.1.1 Visão Geral 68
5.1.2 Conexão de rede 69
5.1.3 Setup de hardware 69
5.1.4 Programação dos parâmetros da comunicação do Modbus 69
5.1.5 Precauções com EMC 69
5.2 Protocolo Danfoss FC 69
5.2.1 Visão Geral 69
5.2.2 FC com Modbus RTU 70
5.3 Configuração de rede 70
5.4 Estrutura do enquadramento de mensagem do protocolo Danfoss FC 70
5.4.1 Conteúdo de um caractere (byte) 70
5.4.2 Estrutura do telegrama 70
5.4.3 Comprimento do telegrama (LGE) 71
5.4.4 Endereço do conversor de frequência (ADR) 71

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

5.4.5 Byte de controle dos dados (BCC) 71
5.4.6 O Campo de dados 71
5.4.7 O Campo PKE 71
5.4.8 Número do parâmetro (PNU) 72
5.4.9 Índice (IND) 72
5.4.10 Valor do Parâmetro (PWE) 72
5.4.11 Tipos de dados suportados pelo conversor de frequência 73
5.4.12 Conversão 73
5.4.13 Palavras do processo (PCD) 73
5.5 Exemplos 73
5.5.1 Gravação de um valor de parâmetro 73
5.5.2 Leitura de um valor de parâmetro 73
5.6 Modbus RTU 74
5.6.1 Pré-requisitos de conhecimento 74
5.6.2 Visão Geral 74
5.6.3 Conversor de Frequência com Modbus RTU 74
5.7 Configuração de rede 75
5.8 Estrutura do Enquadramento de Mensagem do Modbus RTU 75
5.8.1 Introdução 75
5.8.2 Estrutura do telegrama do Modbus RTU 75
5.8.3 Campo de início/parada 75
5.8.4 Campo de endereço 76
5.8.5 Campo de função 76
5.8.6 Campo de dados 76
5.8.7 Campo de verificação CRC 76
5.8.8 Endereçamento do registrador da bobina 76
5.8.9 Como controlar o Conversor de Frequência 79
5.8.10 Códigos de função suportados pelo Modbus RTU 79
5.8.11 Códigos de exceção do Modbus 79
5.9 Como Acessar os Parâmetros 79
5.9.1 Tratamento de parâmetros 79
5.9.2 Armazenagem de dados 80
5.9.3 IND (Índice) 80
5.9.4 Blocos de texto 80
5.9.5 Fator de conversão 80
5.9.6 Valores de parâmetros 80
5.10 Exemplos 80
5.10.1 Ler o status da bobina (01 hex) 80
5.10.2 Forçar/gravar bobina única (05 hex) 81
5.10.3 Forçar/gravar múltiplas bobinas (0F hex) 81

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

5.10.4 Ler registradores de retenção (03 hex) 82
5.10.5 Registrador único predefinido (06 hex) 82
5.10.6 Vários registros predefinidos (10 hex) 82
5.11 Perfil de Controle do FC da Danfoss 83
5.11.1 Palavra de controle de acordo com o perfil do FC (Protocolo 8–10 = Perfil do FC) 83
5.11.2 Status word de acordo com o perfil do FC (STW) 84
5.11.3 Valor de referência da velocidade do barramento 86
6 Exemplos de aplicações 87
6.1 Introdução 87
Índice 92

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

1 Introdução

1.1 Como ler este Guia de Design

Este Guia de Design fornece informações sobre como selecionar, comissionar e solicitar um conversor de frequência. Ele fornece informações sobre as instalações mecânica e elétrica.

O Guia de Design é destinado ao uso por pessoal qualificado.

Leia e siga o Guia de Design para usar o conversor de frequência de maneira segura e profissional, prestando atenção especial às instruções de segurança e às advertências gerais.

VLT® é uma marca registrada.

- VLT® AutomationDrive FC 360 O *Guia Rápido* fornece as informações necessárias para colocar o conversor de frequência em funcionamento.
- VLT® AutomationDrive FC 360 O *Guia de Programação* fornece as informações sobre como programar e inclui descrições completas dos parâmetros.

A literatura técnica do FC 360 também está disponível on--line em *www.danfoss.com/fc360*.

Os seguintes símbolos são usados neste manual:

⚠ADVERTÊNCIA

Indica uma situação potencialmente perigosa que pode resultar em morte ou ferimentos graves.

⚠CUIDADO

Indica uma situação potencialmente perigosa que pode resultar em ferimentos leves ou moderados. Também pode ser usado para alertar contra práticas inseguras.

AVISO!

Indica informações importantes, incluindo situações que podem resultar em danos ao equipamento ou à propriedade.

As seguintes convenções são usadas neste manual:

- Listas numeradas indicam os procedimentos.
- As listas com marcadores indicam outras informações e descrições das ilustrações.
- O texto em itálico indica:
  - Referência cruzada.
  - Link.
  - Nota de rodapé.
  - Nome do parâmetro.
  - Nome do grupo do parâmetro.
  - Opcional de parâmetro.
- Todas as dimensões nos desenhos estão em mm (polegadas).

1.1.1 Abreviações

Corrente alternada	CA
American Wire Gauge	AWG
Ampère/AMP	A
Adaptação automática do motor	AMA
Limite de corrente	I_{LIM}
Graus Celsius	°C
Corrente contínua	CC
Depende do conversor	D-TYPE
Compatibilidade eletromagnética	EMC
Relé térmico eletrônico	ETR
Grama	g
Hertz	Hz
Potência	hp
kiloHertz	kHz
Painel de controle local	LCP
Metro	m
Indutância em milihenry	mH
Miliampere	mA
Milissegundo	ms
Minuto	min
Ferramenta Motion Control	MCT
Nanofarad	nF
Newton metro	Nm
Corrente nominal do motor	$I_{M,N}$
Frequência do motor nominal	$f_{M,N}$
Potência do motor nominal	$P_{M,N}$
Tensão do motor nominal	$U_{M,N}$
Motor de ímã permanente	Motor PM
Tensão extra baixa de proteção	PELV
Placa de circuito impresso	PCB
Corrente de saída nominal do inversor	I_{INV}
Rotações por minuto	RPM
Terminais regenerativos	Regen
Segundo	s
Velocidade de sincronização do motor	n_s
Limite de torque	T_{LIM}
Volts	V

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

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

1.2 Definições

1.2.1 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.

1.2.2 Entrada

Comandos de controle
Inicie e pare o motor conectado com o LCP e as 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, parada precisa e parada por inércia, parada rápida, frenagem CC, parada e [OFF].
Grupo 2	Iniciar, partida por pulso, partida reversa, jog, congelar frequência de saída e [Hand On]

Tabela 1.1 Grupos de função

1.2.3 Motor

Motor em funcionamento
Torque gerado no eixo de saída e velocidade de 0 RPM à velocidade máxima no motor.

f_{JOG}
Frequência do motor quando a função jog estiver 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).

$I_{M,N}$
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

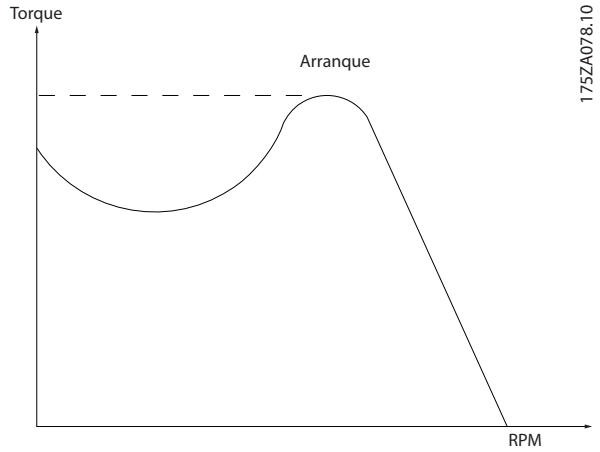


Ilustração 1.1 Torque de segurança

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

Comando inibidor de partida
Um comando inibidor de partida pertencente aos comandos de controle no grupo 1. Consulte *Tabela 1.1* para obter mais detalhes.

Comando de parada
Um comando de parada pertencente aos comandos de controle no grupo 1. Consulte *Tabela 1.1* para obter mais detalhes.

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

1.2.4 Referências

Referência analógica
Um sinal transmitido para as entradas analógicas 53 ou 54 pode ser tensão ou 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. Seleção de 8 referências predefinidas via 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).

$Ref_{MÁX}$
Determina a relação entre a entrada de referência com valor de escala total de 100% (tipicamente 10 V, 20 mA) e a referência resultante. O valor de referência máxima está programado em *parâmetro 3-03 Maximum Reference*.

$Ref_{MÍN}$
Determina a relação entre a entrada de referência com valor de escala total de 0% (tipicamente 0 V, 0 mA, 4 mA) e a referência resultante. O valor de referência mínima está programado em *parâmetro 3-02 Minimum Reference*.

1.2.5 Diversos

Entradas analógicas
As entradas analógicas são utilizadas para controlar várias funções do conversor de frequência.
Há 2 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 AMA determina os parâmetros elétricos para o motor conectado quando parado.

Resistor de frenagem
O resistor de frenagem é um módulo capaz de absorver a potência de frenagem gerada na frenagem regenerativa. Essa potência de frenagem regenerativa aumenta a tensão do barramento CC e um circuito de frenagem garante que a potência seja transmitida ao resistor de frenagem.

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

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

Saídas digitais
O conversor de frequência apresenta 2 saídas de estado sólido que podem fornecer um sinal de 24 V CC (máximo de 40 mA).

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

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

Inicialização
Se a inicialização for executada (*parâmetro 14-22 Modo Operação* ou redefinição de 2 dedos), o conversor de frequência retorna à configuração padrão.

Ciclo útil intermitente
Características nominais úteis intermitentes referem-se a uma sequência de ciclos úteis. Cada ciclo consiste de um período com carga e outro sem carga. A operação pode ser de funcionamento periódico ou de funcionamento aperiódico.

LCP
O painel de controle local compõe uma interface completa para controle e programação do conversor de frequência. O LCP é desconectável. 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.

GLCP
A interface do painel de controle local gráfico (LCP 102) para controle e programação do conversor de frequência. O display é gráfico e o painel é usado para mostrar os valores do processo. O GLCP possui funções de armazenamento e cópia.

NLCP
A interface do painel de controle local numérico (LCP 21) para controle e programação do conversor de frequência. O display é numérico e o painel é usado para mostrar os valores de processo. O NLCP possui funções de armazenamento e cópia.

lsb
É o bit menos significativo.

msb
É o bit mais significativo.

MCM
Curto para mille circular em milésimo, uma unidade de medição americana para seção transversal do cabo. 1 MCM = 0,5067 mm^2.

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

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

PID de processo
O controle do PID mantém velocidade, pressão e temperatura ajustando a frequência de saída para corresponder à carga variável.

PCD
Dados de controle de processo.

Ciclo de energização
Desligue a rede elétrica até o display (LCP) ficar escuro, depois ligue novamente.

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

$$Fator\ de\ potência\ =\ \frac{\sqrt{3}\ x\ U\ x\ I_1\ cos\phi 1}{\sqrt{3}\ x\ U\ x\ I_{RMS}}$$

Para VLT® AutomationDrive FC 360 conversores de frequência, $cos\phi 1$ = 1, portanto:

$$Fator\ de\ potência\ =\ \frac{I1\ x\ cos\phi 1}{I_{RMS}}\ =\ \frac{I_1}{I_{RMS}}$$

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 CC incorporadas produzem um alto fator de potência, 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 onde há necessidade de extrema precisão no controle da velocidade.

RCD
Dispositivo de corrente residual.

Setup
Salve as programações dos parâmetros em 2 setups. Alterne entre os 2 setups de parâmetro e edite 1 setup enquanto outro estiver ativo.

SFAVM
Acrônimo que descreve a modulação vetorial assíncrona orientada pelo flux do estator para padrão de chaveamento.

Compensação de escorregamento
O conversor de frequência compensa o escorregamento do motor, fornecendo um complemento à frequência que acompanha a carga medida do motor, 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 definidos pelo usuário associados como verdadeiros (*grupo do parâmetro 13-** Smart Logic Control*).

STW
Status word.

THD
A distorção de harmônicas total indica a contribuição total da distorção de harmônicas.

Termistor
Um resistor dependente da temperatura colocado onde a temperatura é monitorada (conversor de frequência ou motor).

Desarme
Um estado inserido em situações de falha, por exemplo, se o conversor de frequência estiver sujeito a sobretensão ou quando estiver protegendo o motor, processo ou mecanismo. Uma nova partida é evitada até que a causa da falha desapareça e o estado de desarme seja cancelado ativando o reset ou, às vezes, sendo programado para reset automaticamente. Não use o desarme para segurança pessoal.

Bloqueio por desarme
O bloqueio por desarme é um estado inserido em situações de falha quando o conversor de frequência está se protegendo e requer intervenção física. Um exemplo que causa um bloqueio por desarme é o conversor de frequência que está sujeito a um curto-circuito na saída. Um desarme bloqueado só pode ser cancelado desconectando a rede elétrica, removendo a causa da falha e reconectando o conversor de frequência. A nova partida é impedida até que o estado de desarme seja cancelado, ativando a reinicialização ou, às vezes, sendo programado para reinicializar automaticamente. Não use o bloqueio por desarme para segurança pessoal.

Características de VT
Características do torque variável, utilizado em bombas e ventiladores.

VVC+
Se comparado com o controle padrão de relação tensão/frequência, 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 a 60°
Refere-se à *modulação vetorial assíncrona* do padrão de chaveamento de *60 °*.

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

1.3 Precauções de segurança

⚠ADVERTÊNCIA

A tensão do conversor de frequência é perigosa sempre que o conversor estiver conectado à rede elétrica. A instalação incorreta do motor, conversor de frequência ou fieldbus pode causar morte, ferimentos graves ou danos ao equipamento. Consequentemente, as instruções neste manual, bem como as normas nacional e local devem ser obedecidas.

Normas de segurança

1. Desconecte sempre a alimentação de rede elétrica do conversor de frequência antes de realizar um serviço de manutenção. Verifique se a alimentação de rede elétrica foi desconectada e observe o tempo de descarga indicado em *Tabela 1.2* antes de remover o motor e a alimentação de rede elétrica.
2. [Off/Reset] no LCP não desconecta a alimentação de rede elétrica e não deve ser usado como um interruptor de segurança.
3. Aterre o equipamento adequadamente, proteja o usuário contra tensão de alimentação, e proteja o motor contra sobrecarga, de acordo com as normas nacionais e locais aplicáveis.
4. A proteção contra sobrecarga do motor não está incluída na configuração de fábrica. Se esta função for desejada, programe *parâmetro 1-90 Proteção Térmica do Motor* para *[4] Desarme do ETR 1* ou *[3] Advertência do ETR 1*.
5. O conversor de frequência tem mais fontes de tensão do que L1, L2 e L3 quando há divisão da carga (ligação do circuito intermediário CC). Verifique se todas as fontes de tensão foram desligadas e se já decorreu o tempo necessário, antes de iniciar o trabalho de reparo.

Advertência contra partida acidental

1. O motor pode ser parado com comandos digitais, comandos de barramento, referências ou uma parada local, enquanto o conversor de frequência estiver conectado à rede elétrica. Se considerações de segurança pessoal (por exemplo, risco de ferimentos causados pelo contato com peças móveis após uma partida acidental) tornar necessário garantir que não ocorra nenhuma partida acidental, essas funções de parada não são suficientes. Em tais casos, desconecte a alimentação de rede elétrica.
2. O motor pode dar partida ao mesmo tempo em que os parâmetros são configurados. Se isso significar que a segurança pessoal pode ser comprometida, a partida do motor deve ser evitada, por exemplo, com a desconexão segura da conexão do motor.
3. Um motor, que foi parado com a alimentação de rede elétrica conectada, poderá dar partida se ocorrerem defeitos na eletrônica do conversor de frequência, por meio de uma sobrecarga temporária, ou se uma falha na fonte de alimentação de rede elétrica ou a conexão do motor for corrigida. Se a partida acidental deve ser evitada por razões de segurança pessoal, as funções normais de parada do conversor de frequência não são suficientes. Em tais casos, desconecte a alimentação de rede elétrica.
4. Em casos raros, sinais de controle provenientes ou internos do conversor de frequência podem ser ativados por engano, atrasados ou não ocorrerem completamente. Quando usados em situações em que a segurança é fundamental, por exemplo, ao controlar a função de freio eletromagnético de uma aplicação de elevação, não dependa exclusivamente desses sinais de controle.

⚠ADVERTÊNCIA

ALTA TENSÃO

Tocar as partes elétricas pode ser fatal, mesmo depois que o equipamento tenha sido desconectado da rede elétrica.
Certifique-se de que todas as entradas de tensão tenham sido desconectadas, incluindo divisão da carga (ligação do circuito intermediário CC) e conexão do motor para backup cinético.
Os sistemas em que os conversores de frequência estão instalados devem, se necessário, estar equipados com dispositivos adicionais de monitoramento e proteção de acordo com as normas de segurança válidas, tais como leis sobre ferramentas mecânicas, normas de segurança para a prevenção de acidentes etc. Modificações nos conversores de frequência através de software operacional são permitidas.

AVISO!

Situações perigosas devem ser identificadas pelo construtor/integrador da máquina responsável por considerar os meios preventivos necessários. Dispositivos adicionais de monitoramento e proteção podem ser incluídos, sempre de acordo com as normas de segurança nacionais válidas, como leis sobre ferramentas mecânicas e regulamentos para a prevenção de acidentes.

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

1

⚠ADVERTÊNCIA

TEMPO DE DESCARGA

O conversor de frequência contém capacitores de barramento CC, que podem permanecer carregados mesmo quando o conversor de frequência não está energizado. Pode haver alta tensão presente mesmo quando as luzes indicadoras LED de advertência estiverem apagadas. Se o tempo especificado após a energia ter sido desligada não for aguardado para executar ou serviço de manutenção, isto pode resultar em morte ou ferimentos graves.

- **Pare o motor.**
- **Desconecte as fontes de alimentação da rede elétrica CA e do barramento CC, incluindo os backups de bateria, UPS e conexões do barramento CC para os outros conversores de frequência.**
- **Desconecte ou trave o motor PM.**
- **Aguarde os capacitores se descarregarem por completo. O tempo de espera mínimo está especificado em *Tabela 1.2* e também é visível na etiqueta do produto, no topo do conversor de frequência.**
- **Antes de realizar qualquer serviço de manutenção, use um dispositivo de medição de tensão apropriado para ter certeza de que os capacitores estejam completamente descarregados.**

Tensão [V]	Faixa de potência [kW (hp)]	Tempo de espera mínimo (minutos)
380–480	0,37–7,5 kW (0,5–10 hp)	4
380–480	11–75 kW (15–100 hp)	15

Tabela 1.2 Tempo de descarga

1.4 Instruções para descarte

O equipamento que contiver componentes elétricos não pode ser descartado junto com o lixo doméstico. Deve ser coletado separadamente com o lixo de material elétrico e eletrônico, em conformidade com a legislação local e atual em vigor.

1.5 Documento e versão de software

Este manual é revisado e atualizado regularmente. Todas as sugestões de melhoria são bem-vindas.

Edição	Observações	Versão do software
MG06B5xx	Atualização devido a nova versão de hardware e software.	1.8x

1.6 Aprovações e certificações

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

Para obter mais informações sobre aprovações e certificados, acesse a área de download em *www.danfoss.com/fc360*.

1.6.1 Marcação CE

A marcação CE (Conformité Européenne) indica que o fabricante do produto está em conformidade com todas as diretivas da UE aplicáveis.

As diretivas da UE aplicáveis à concepção e fabricação de conversores são:

- A diretiva de baixa tensão
- A diretiva EMC
- A diretiva de maquinaria (para unidades com função de segurança integrada).

A marcação CE é destinada a eliminar as barreiras técnicas ao livre comércio entre os estados da CE e da EFTA dentro da ECU. A marcação CE não regula a qualidade do produto. Não se pode deduzir especificações técnicas da marcação CE.

1.6.2 Diretiva de baixa tensão

Os conversores são classificados como componentes eletrônicos e devem ter a certificação CE em conformidade 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, garantindo a instalação, a manutenção e o uso adequados do equipamento. Danfoss A certificação CE está em conformidade com a diretiva de baixa tensão, e a Danfoss fornece uma declaração de conformidade mediante solicitação.

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

1.6.3 Diretiva EMC

Compatibilidade eletromagnética (EMC) significa que a interferência eletromagnética entre peças do equipamento não prejudica seu desempenho. O requisito de proteção básica da diretiva EMC 2014/30/EU determina que dispositivos que geram interferência eletromagnética (EMI) ou cuja operação possa ser afetada pela EMI devem ser projetados para limitar a geração de interferência eletromagnética, e devem ter um grau adequado de imunidade à EMI quando instalado, mantido e usado adequadamente.

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

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

2 Visão geral do produto

2

2.1 Visão geral do tamanho do gabinete

O tamanho do gabinete depende da faixa de potência.

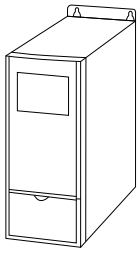
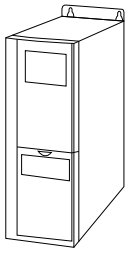
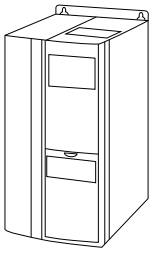
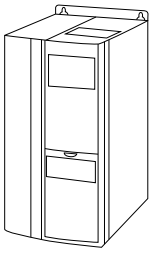
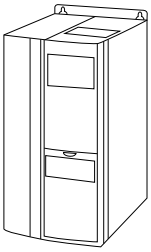
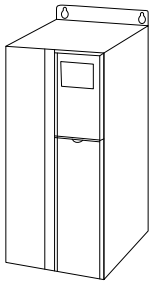
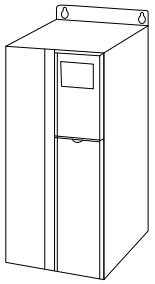
Tamanho do gabinete	**J1**	**J2**	**J3**	**J4**
	 130BA870.10	 130BA809.10	 130BA810.10	 130BA810.10
Proteção do gabinete	IP20	IP20	IP20	IP20
Potência nominal de sobrecarga alta - sobrecarga máxima de 160%[1)]	0,37–2,2 kW/0,5–3 hp (380–480 V)	3,0–5,5 kW/4,0–7,5 hp (380–480 V)	7,5 kW/10 hp (380–480 V)	11–15 kW/15–20 hp (380–480 V)
Tamanho do gabinete	**J5**	**J6**	**J7**	
	 130BA810.10	 130BA826.10	 130BA826.10	
Proteção do gabinete	IP20	IP20	IP20	
Potência nominal de sobrecarga alta - sobrecarga máxima de 160%[1)]	18,5–22 kW/25–30 hp (380–480 V)	30–45 kW/40–60 hp (380–480 V	55–75 kW/75–100 hp (380–480 V)	

Tabela 2.1 Tamanhos de gabinete

1) Tipo de sobrecarga normal para tamanhos de 11–75 kW (15–100 hp): Sobrecarga de 110% durante 1 minuto.
Tipo de sobrecarga alta para tamanhos de 0,37–7,5 kW (0,5–10 hp): Sobrecarga de 160% durante 1 minuto.
Tipo de sobrecarga alta para tamanhos de 11–22 kW (15–30 hp): Sobrecarga de 150% durante 1 minuto.
Tipo de sobrecarga alta para tamanhos de 30–75 kW (40–100 hp): Sobrecarga de 150% durante 1 minuto.

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

2.2 Instalação elétrica

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

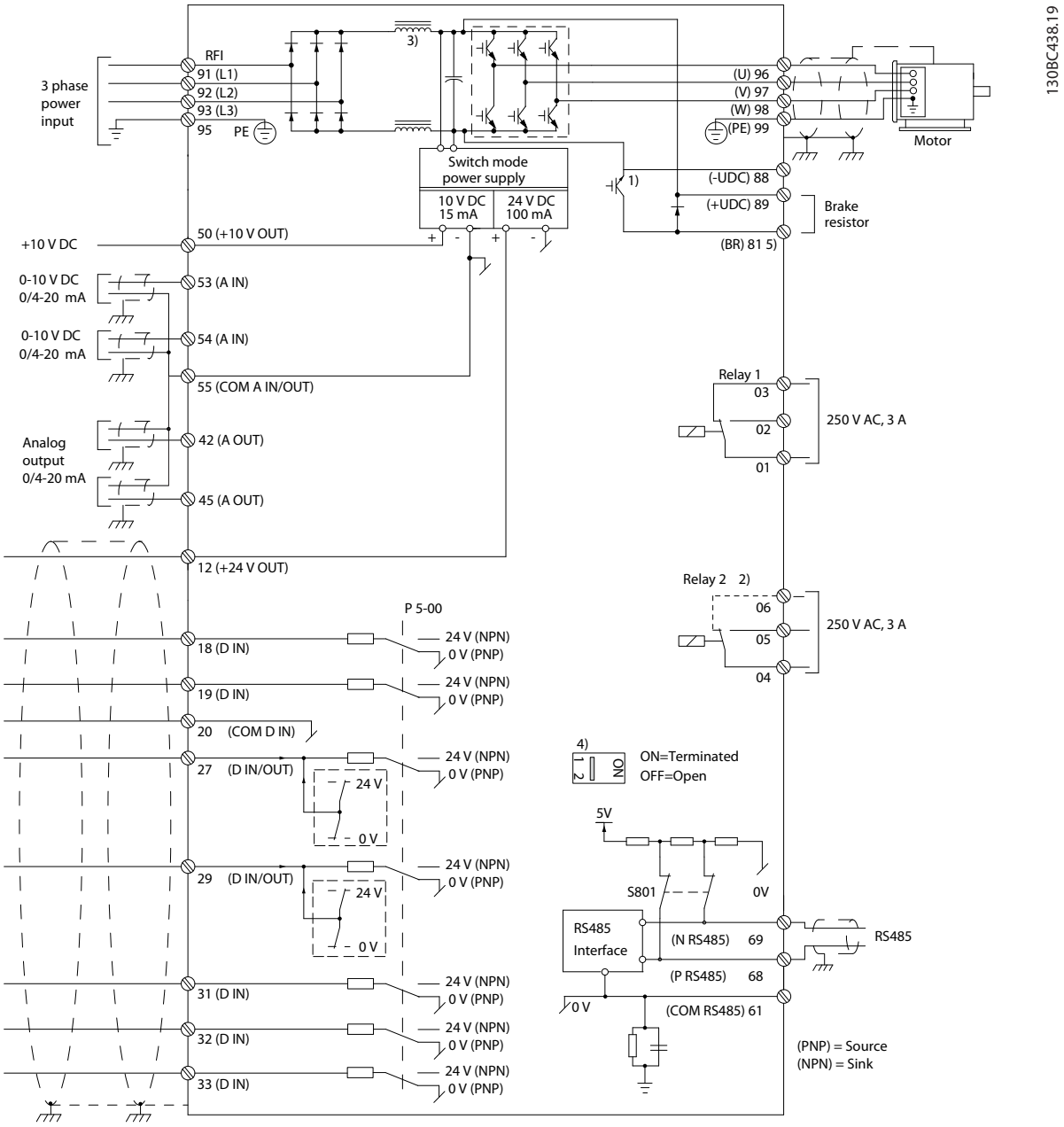


Ilustração 2.1 Diagrama esquemático de fiação básica

A = analógica, D = digital

1) Circuito de frenagem integrado disponível de J1 a J5.

2) O relé 2 tem 2 polos para J1 a J3 e 3 polos para J4 a J7. O relé 2 de J4–J7 com terminais 4, 5, e 6 tem a mesma lógica NA/NF que o relé 1. Os relés são plugáveis em J1 a J5 e fixos em J6 a J7.

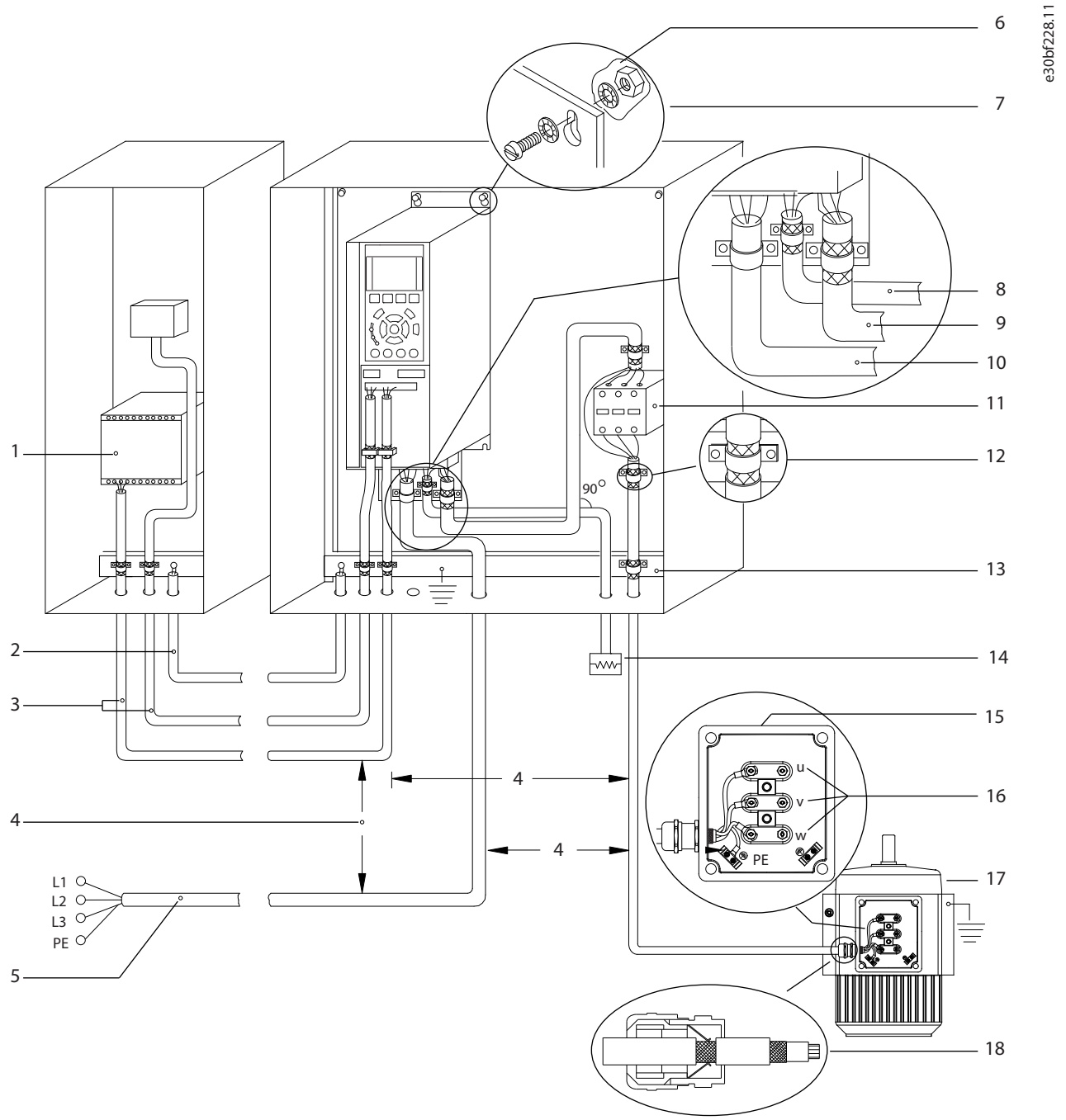
3) Filtro CC simples em J1 a J5; Filtro CC duplo em J6-J7.

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

5) Sem BR para J6 a J7.

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

2



1	PLC	10	Cabo de rede elétrica (não blindado)
2	Cabo de equalização com diâmetro mínimo de 16 mm² (6 AWG).	11	Contator de saída e mais.
3	Cabos de controle	12	Isolamento do cabo descascado
4	Mínimo de 200 mm (7,87 pol.) entre os cabos de controle, os cabos de motor e os cabos de rede elétrica.	13	Barramento do ponto de aterramento comum Siga as exigências locais e nacionais para o aterramento do painel elétrico.
5	Alimentação de rede elétrica	14	Resistor de frenagem
6	Superfície exposta (não pintada)	15	Caixa metálica
7	Arruelas tipo estrela	16	Conexão para o motor
8	Cabo do freio (blindado)	17	Motor
9	Cabo de motor (blindado)	18	Bucha de cabo de EMC

Ilustração 2.2 Conexão elétrica típica

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

⚠ADVERTÊNCIA

EQUIPAMENTO PERIGOSO

Eixos rotativos e equipamentos elétricos podem ser perigosos É importante a proteção contra riscos elétricos ao aplicar energia à unidade. Todo o trabalho elétrico deve estar em conformidade com os códigos elétricos nacionais e locais. A instalação, a partida e a manutenção devem ser executadas somente por pessoal qualificado e treinado. Deixar de seguir essas orientações poderá resultar em morte ou ferimentos graves.

⚠ADVERTÊNCIA

ISOLAMENTO DE FIAÇÃO

Passe a potência de entrada, a fiação do motor e a fiação de controle por 3 conduítes metálicos separados, ou use cabos blindados separados para isolamento de ruído de alta frequência. Não isolar a fiação de energia, do motor e de controle pode resultar em perda de desempenho do conversor de frequência e equipamentos associados. Passe os cabos de motor de vários conversores de frequência separadamente. A tensão induzida dos cabos de motor de saída que passam juntos pode carregar os capacitores do equipamento, mesmo com o equipamento desligado e bloqueado. 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.

- Passe os cabos de motor de saída separadamente.
- Use cabos blindados.
- Bloqueie todos os conversores de frequência simultaneamente.

Tipos e características nominais dos fios

- Toda a fiação deverá estar em conformidade com as regulamentações locais e nacionais com relação à seção transversal e aos requisitos de temperatura ambiente.
- A Danfoss recomenda que todas as conexões de energia sejam feitas com um fio de cobre com classificção mínima de 75 °C (167 °F).
- Consulte *capétulo 4 Especificações* para tamanhos de fio recomendados

2.2.1 Requisitos de aterramento

⚠ADVERTÊNCIA

PERIGO DE ATERRAMENTO!

Para a segurança do operador, um eletricista certificado deve aterrar o conversor de frequência de acordo com os códigos elétricos nacionais e locais, e as instruções contidas neste manual. As correntes de aterramento são superiores a 3,5 mA. Não aterrar o conversor de frequência corretamente poderá resultar em morte ou lesões graves.

- Estabeleça um aterramento de proteção adequado para equipamentos com correntes de aterramento superiores a 3,5 mA. Consulte *capétulo 2.8 Corrente de fuga para o terra* para obter mais detalhes.
- Um fio de aterramento dedicado é necessário para a potência de entrada, a potência do motor e a fiação de controle.
- Use as braçadeiras fornecidas com o equipamento para obter conexões de aterramento adequadas.
- Não aterre um conversor de frequência em outro, como em uma ligação em cascata (consulte *Ilustração 2.3*).
- Mantenha as conexões do fio de aterramento tão curtas quanto possível.
- Use fio com filamentos grossos para reduzir o ruído elétrico.
- Atenda aos requisitos de fiação do fabricante do motor.

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

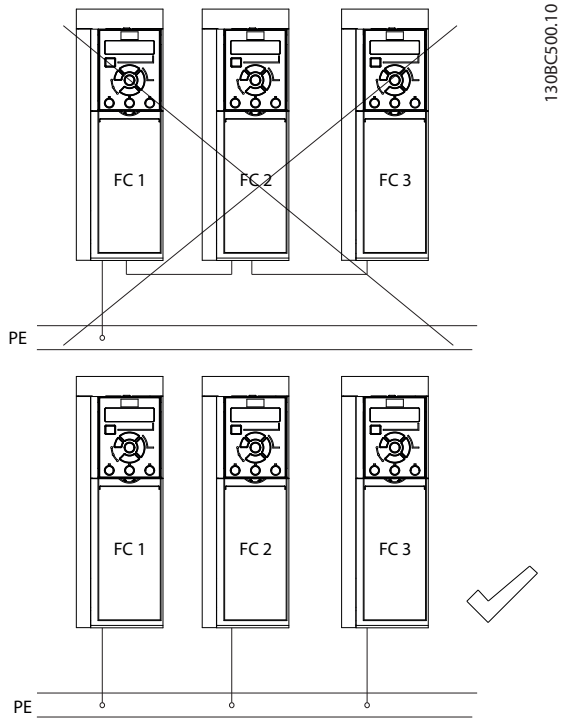


Ilustração 2.3 Princípio de aterramento

⚠ADVERTÊNCIA

TENSÃO INDUZIDA

Passe cabos de motor de saída de vários conversores de frequência separadamente. A tensão induzida dos cabos de motor de saída que passam juntos pode carregar os capacitores do equipamento, mesmo com o equipamento desligado e bloqueado. Não passar os cabos de motor de saída separadamente pode resultar em morte ou ferimentos graves.

Braçadeiras de aterramento são fornecidas para a fiação do motor (consulte *Ilustração 2.4*).

- Não instale capacitores de correção do fator de potência entre o conversor de frequência e o motor.
- Não conecte um dispositivo de partida ou de troca de polo entre o conversor de frequência e o motor.
- Atenda aos requisitos de fiação do fabricante do motor.
- Todos os conversores de frequência devem ser usados com uma fonte de entrada isolada e com linhas de energia de referência de aterramento. 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 aterrada), programe *parâmetro 14-50 Filtro de RFI* para OFF (tamanhos de gabinete J6–J7) ou remova o parafuso RFI (tamanhos de gabinete J1–J5). Quando desligados, os capacitores internos do filtro de RFI entre o chassi e o circuito intermediário são isolados para evitar danos ao circuito intermediário e reduzir as correntes capacitivas do terra de acordo com a IEC 61800-3.
- Não instale um interruptor entre o conversor de frequência e o motor na rede elétrica IT.

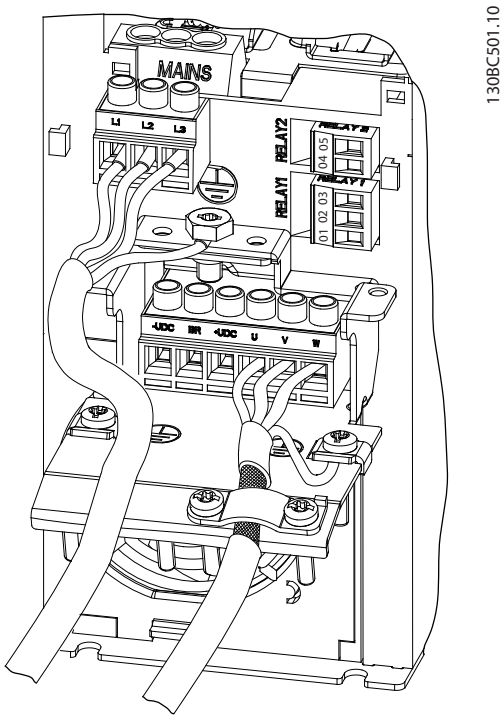


Ilustração 2.4 Conexões de rede elétrica, motor, terra para tamanhos do gabinete J1–J5 (tomando o J2 como exemplo)

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

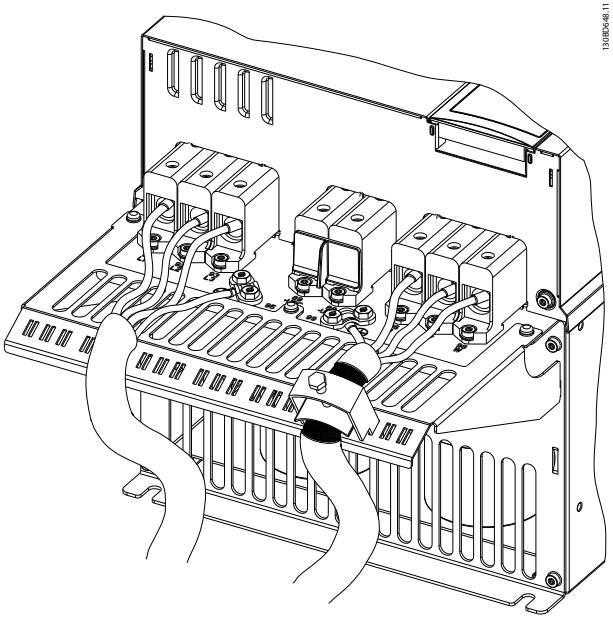


Ilustração 2.5 Conexões de rede elétrica, motor, terra para tamanhos do gabinete J6–J7 (tomando o J7 como exemplo)

A *Ilustração 2.4* mostra entrada da rede elétrica, motor e conexões do aterramento para tamanhos dos gabinetes J1–J5. A *Ilustração 2.5* mostra entrada da rede elétrica, motor e conexões do terra para tamanhos dos gabinetes J6–J7. As configurações reais variam com os tipos de unidade e equipamentos opcionais.

2.2.2 Fiação de controle

Acesso

- Remova a chapa de tampa com uma chave de fenda. Consulte *Ilustração 2.6*.

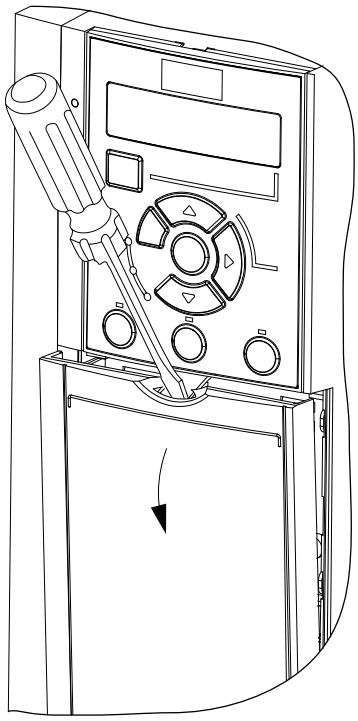


Ilustração 2.6 Acesso à fiação de controle para tamanhos de gabinetes J1-J7

Tipos de terminal de controle

A *Ilustração 2.7* mostra os terminais de controle do conversor de frequência. As funções do terminal e as configurações padrão estão resumidas em *Tabela 2.2*.

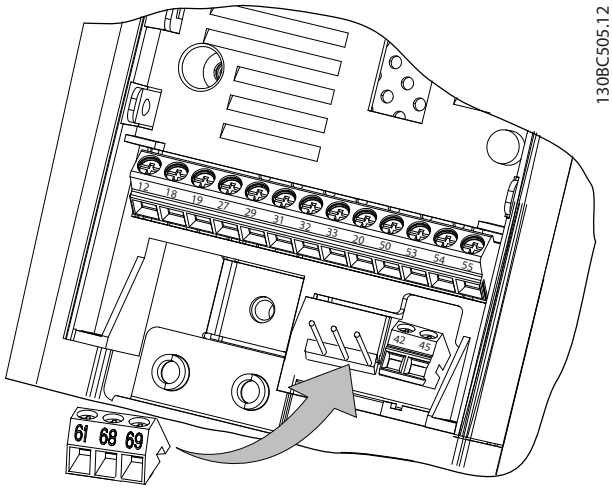


Ilustração 2.7 Locais do terminal de controle

Consulte *capétulo 4.2 Especificações Gerais* para saber detalhes das características nominais dos terminais.

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

2

Terminal	Parâmetro	Configuração padrão	Descrição
E/S digital, E/S pulso, encoder			
12	–	+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	
31	*Parâmetro 5-16 Terminal X30/2 Entrada Digital*	[0] Sem operação	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	
27	*Parâmetro 5-12 Terminal 27, Entrada Digital* *Parâmetro 5-30 Terminal 27 Saída Digital*	DI [2] Paradp/ inérc,reverso DO [0] Sem operação	Selecionável tanto para entrada digital, saída digital ou saída de pulso. A configuração padrão é a entrada digital. O terminal 29 pode ser usado para entrada de pulso.
29	*Parâmetro 5-13 Terminal 29, Entrada Digital* *Parâmetro 5-31 Terminal 29 Saída Digital*	DI [14] Jog DO [0] Sem operação	
20	–		Comum para entradas digitais e potencial de 0 V para alimentação de 24 V.
Entradas/saídas analógicas			

Terminal	Parâmetro	Configuração padrão	Descrição
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
45	*Parâmetro 6-71 Terminal 45 Saída Analógica*	[0] Sem operação	
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*	Referência	Entrada analógica. Selecionável para tensão ou corrente.
54	Grupo do parâmetro 6-2*	Feedback	
55	–		Comum para entrada analógica
Comunicação serial			
61	–		Filtro RC integrado para blindagem. SOMENTE para conectar a tela quando enfrentar problemas de EMC.
68 (+)	Grupo do parâmetro 8-3*		Interface RS485. Um interruptor do cartão de controle é fornecido para resistência de terminação.
69 (-)	Grupo do parâmetro 8-3*		
Relés			

Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

Terminal	Parâmetro	Configuração padrão	Descrição
01, 02, 03	5-40 [0]	[0] Sem operação	Saída do relé de formato C. Estes relés estão em vários locais, dependendo da configuração e tamanho do conversor de frequência. Utilizável para tensão CC ou CA e carga indutiva ou resistiva. RO2 no gabinete metálico J1-J3 é de 2 polos, apenas os terminais 04 e 05 estão disponíveis
04, 05, 06	5-40 [1]	[0] Sem operação	

Tabela 2.2 Descrições dos terminais

Funções do terminal de controle

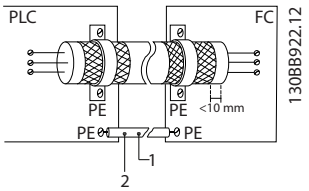
As funções do conversor de frequência são comandadas pelo recebimento de sinais de entrada de controle.

- Programe cada terminal para a função que ele suporta nos parâmetros associados a esse terminal.
- Confirme se o terminal de controle está programado para a função correta. Consulte *o capítulo Painel de controle local e programação* no Guia Rápido para detalhes sobre como acessar parâmetros e programação.
- A programação do terminal padrão inicia o conversor de frequência funcionando em um modo operacional típico.

Uso de cabos de controle blindados

O método preferido na maioria dos casos é fixar cabos de controle e de comunicação serial com braçadeiras de proteção fornecidas em ambas as extremidades para garantir o melhor contato de cabo de alta frequência possível.

Se o potencial de aterramento entre o conversor de frequência e o PLC for diferente, poderá ocorrer um ruído elétrico perturbando todo o sistema. Resolva este problema instalando um cabo de equalização o mais próximo possível do cabo de controle. Mínima seção transversal do cabo: 16 mm^2 (6 AWG).



1	Mínimo 16 mm^2 (6 AWG)
2	Cabo de equalização

Ilustração 2.8 Braçadeiras de blindagem em ambas as extremidades

Malhas de aterramento de 50/60 Hz

Com cabos de controle muito longos, podem ocorrer malhas de aterramento. Para eliminar malhas de aterramento, conecte 1 extremidade da tela ao terra com um capacitor de 100 nF (mantendo os terminais curtos).

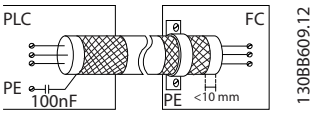
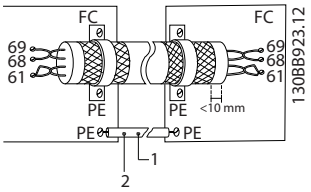


Ilustração 2.9 Conexão com um capacitor de 100 nF

Evitar ruído EMC na comunicação serial

Esse terminal está conectado ao aterramento por meio de um conexão RC interno. Use cabos de par trançado para reduzir a interferência entre os condutores. O método recomendado é mostrado na *Ilustração 2.10*.

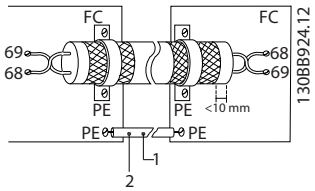


1	Mínimo 16 mm^2 (6 AWG)
2	Cabo de equalização

Ilustração 2.10 Cabos de par trançado

Alternativamente, a conexão ao terminal 61 pode ser omitida.

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.



1	Mínimo 16 mm² (6 AWG)
2	Cabo de equalização

Ilustração 2.11 Cabos de par trançado sem terminal 61

2.3 Estruturas de controle

2.3.1 Princípio de controle

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

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

2.3.2 Modos de controle

O conversor de frequência é capaz de controlar a velocidade ou o torque no eixo do motor. A configuração do par *parâmetro 1-00 Modo Configuração* determina o tipo de controle.

Controle da velocidade

Existem dois tipos de controle de velocidade:

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

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

Controle de torque

A função de controle do torque é utilizada em aplicações onde o torque no eixo de saída do motor estiver controlando a aplicação como controle de tensão. O controle de torque pode ser selecionado em *parâmetro 1-00 Modo Configuração*. A configuração de torque é feita configurando uma referência de controle analógica, digital ou por barramento. Ao executar o controle de torque, recomenda-se executar um procedimento AMA completo, porque os dados corretos do motor são importantes para alcançar o desempenho ideal.

- Malha fechada no modo VVC+. Esta função é usada em aplicações com variação dinâmica baixa a média do eixo, e oferece excelente desempenho em todos os 4 quadrantes e em todas as velocidades do motor. O sinal de feedback de velocidade é obrigatório. Recomenda-se usar a placa opcional MCB102. Garanta que a resolução do encoder seja de pelo menos 1024 PPR, e que o cabo de blindagem do encoder esteja bem aterrado, porque a precisão do sinal de feedback de velocidade é importante. Ajuste *parâmetro 7-06 Per. filtro passa-baixa do PID de veloc* 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 de malha aberta funciona para duas direções. O torque é calculado com base na medição de corrente interna no conversor de frequência.

Referência de velocidade/torque

A referência a esses controles pode ser uma única referência ou a soma de várias referências, incluindo referências relativamente escalonadas. O tratamento de referência é explicado em detalhes em *capítulo 2.4 Tratamento das referências*.

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

2.3.3 Princípio de controle do FC 360

O VLT® AutomationDrive FC 360 é um conversor de frequência de uso geral para aplicações de velocidade variável. O princípio de controle é baseado no controle vetorial de tensão+.

0,37–22 kW (0,5–30 hp)

Os conversores de frequência FC 360 0,37–22 kW (0,5–30 hp) podem controlar motores assíncronos e motores síncronos de ímã permanente até 22 kW.

O princípio de detecção de corrente nos conversores de frequência FC 360 0,37–22 kW (0,5–30 hp) é baseado na medição de corrente por um resistor no barramento CC. A proteção contra falha de aterramento e o comportamento em curto--circuito são controlados pelo mesmo resistor.

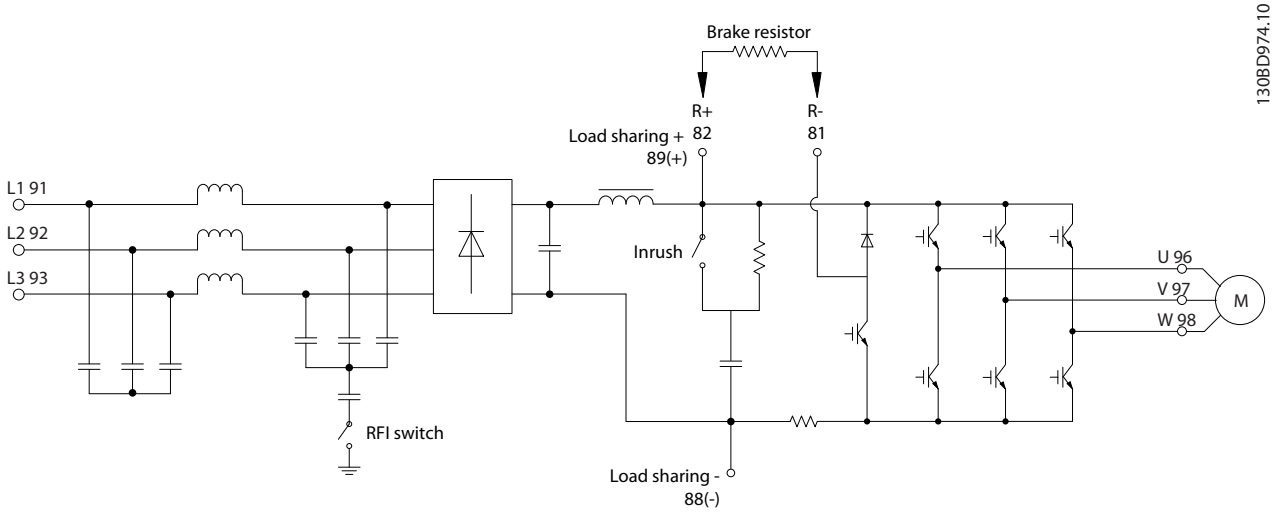


Ilustração 2.12 Diagrama de controle para FC 360 0,37–22 kW (0,5–30 hp)

30–75 kW (40–100 hp)

Os conversores de frequência FC 360 30–75 kW (40–100 hp) só podem controlar motores assíncronos.

O princípio de detecção de corrente dos conversores de frequência FC 360 30–75 kW (40–100 hp) são baseados na medição de corrente nas fases do motor.

A proteção contra falha de aterramento e o comportamento de curto-circuito nos conversores de frequência FC 360 30–75 kW (40–100 hp) são controlados pelos 3 transdutores de corrente nas fases do motor.

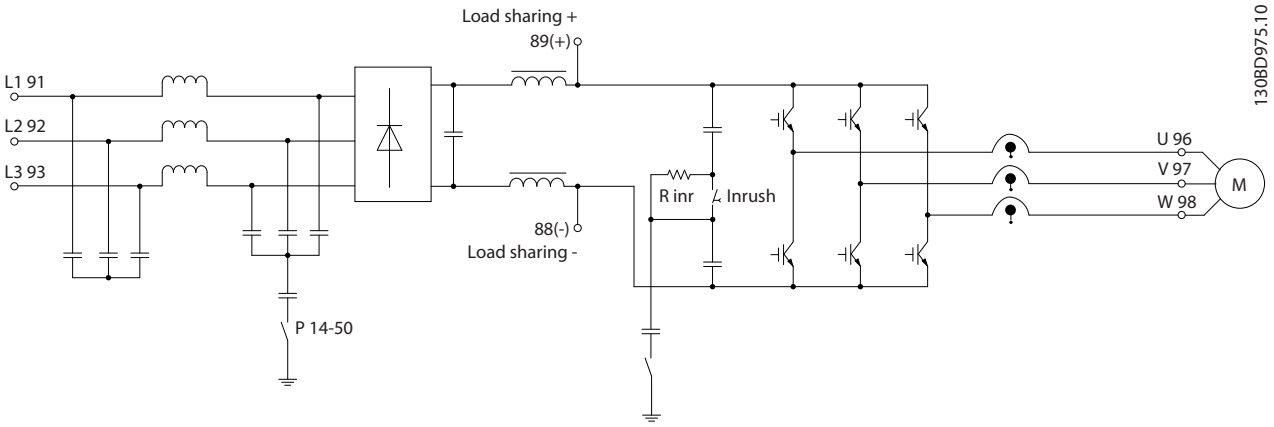


Ilustração 2.13 Diagrama de controle para FC 360 30–75 kW (40–100 hp)

Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

2

2.3.4 Estrutura de controle em VVC+

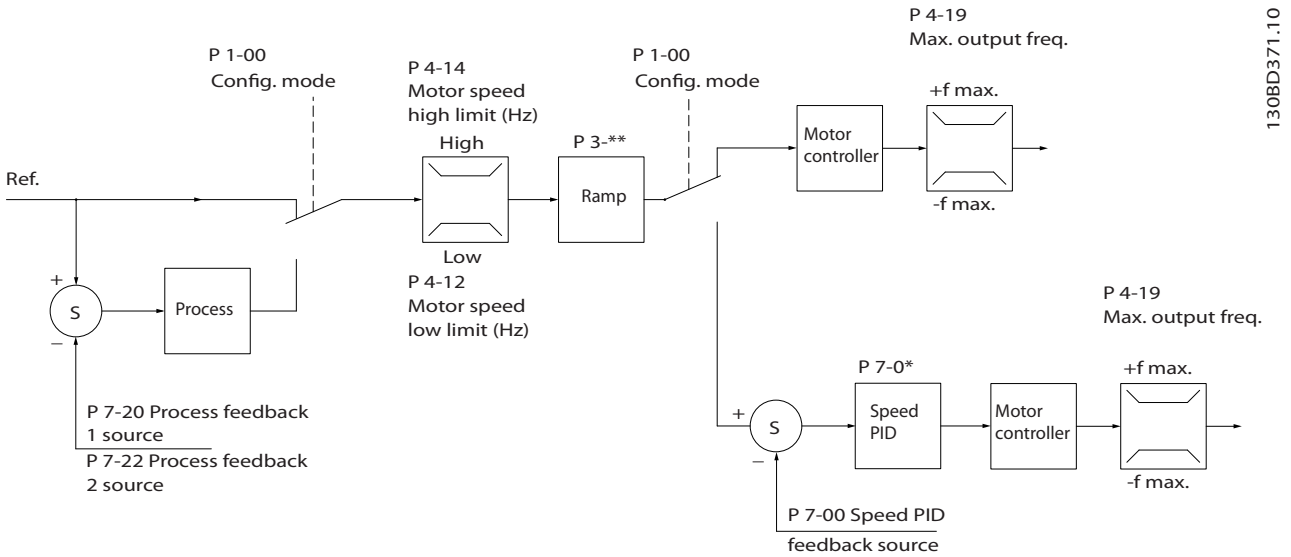


Ilustração 2.14 Estrutura de controle em configurações de malha fechada e configurações de malha aberta VVC+

Na configuração mostrada em *Ilustração 2.14*, *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*. A referência resultante do sistema de tratamento de referências 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* for programado para *[1] Malha fech. veloc.*, a referência resultante é passada da limitação de rampa e da limitação de velocidade para um controle do PID de velocidade. Os parâmetros de controle do PID de velocidade estão no *grupo do parâmetro 7-0* Ctrl. do PID de Velocidade*. A referência resultante do controle do PID de velocidade é enviada ao controle do motor limitado pelo limite de frequência.

Selecione *[3] Processo* em *parâmetro 1-00 Modo Configuração* para usar o controle do PID de processo para controle de velocidade ou pressão em malha fechada no aplicativo controlado. Os parâmetros do PID de processo estão nos grupos do parâmetro *7-2* Feedb Ctrl. Process* e *7-3* Ctrl. PID Processos*.

2.3.5 Controle de corrente interna no modo VVC+

O conversor de frequência possui um controle de limite de corrente integral. Este recurso é ativado quando a corrente do motor, e assim o torque, é superior aos 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 está no limite de corrente durante a operação do motor ou a operação regenerativa, o conversor de frequência tenta ficar abaixo dos limites de torque predefinidos o mais rápido possível sem perder o controle do motor.

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

2.3.6 Controle local [Hand On] e controle remoto [Auto On]

Opere o conversor de frequência manualmente através do painel de controle local (LCP) ou remotamente via entradas analógicas/digitais ou fieldbus.

Inicie e pare o conversor de frequência pressionando as teclas [Hand On] e [Off/Reset] no LCP. Programação é necessária:

- *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*.

Redefina os alarmes através da tecla [Off/Reset] ou através de uma entrada digital quando o terminal estiver programado para *Reset*.

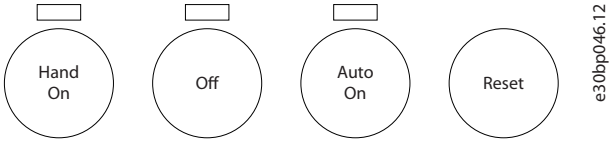


Ilustração 2.15 Teclas de controle do LCP

A referência local força o modo de configuração para malha aberta, independente da configuração em *parâmetro 1-00 Modo Configuração*.

A referência local é restaurada no desligamento.

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

2.4 Tratamento das referências

2

Referência local

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

Referência remota

O sistema de tratamento de referência para calcular a referência remota é mostrado em *Ilustração 2.16*.

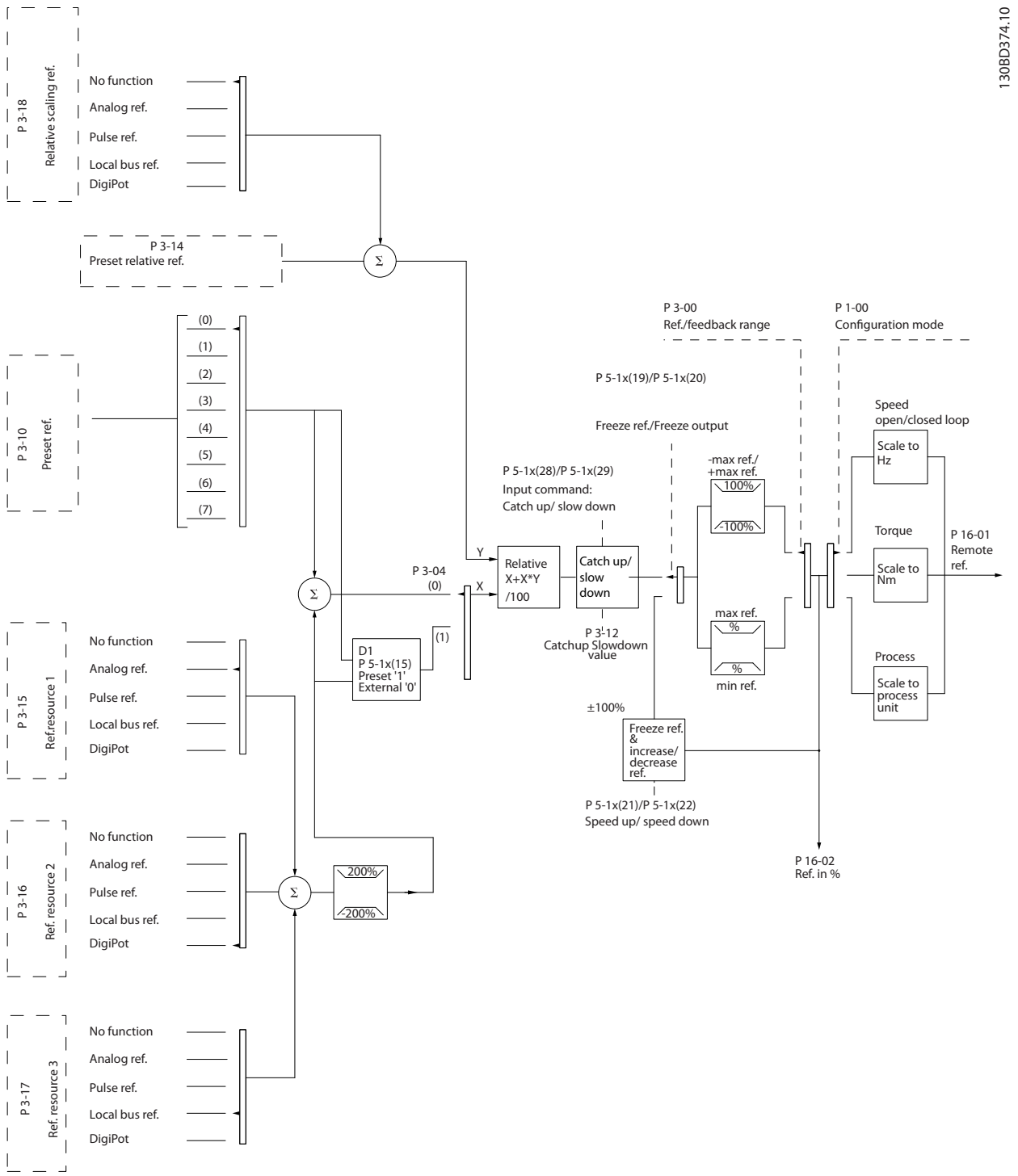


Ilustração 2.16 Referência remota

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

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

1. X (a referência externa): Uma soma (consulte *parâmetro 3-04 Função de Referência*) de até quatro referências selecionadas externamente, composta de 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 fixa (*parâmetro 3-10 Referência Predefinida*), referências analógicas variáveis, referências de pulso digital variável, e várias referências de fieldbus em qualquer unidade que o conversor de frequência esteja monitorando ([Hz], [RPM], [Nm] e assim por diante).
2. Y (a referência relativa): Uma soma de 1 referência predefinida fixa (*parâmetro 3-14 Referência Relativa Pré-definida*) e 1 referência analógica variável (*parâmetro 3-18 Recurso de Referência de Escala Relativa*) 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 usada, programe *parâmetro 3-18 Recurso de Referência de Escala Relativa* 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 catch-up/slow down e a função de referência de congelamento. As funções e parâmetros estão descritos no *Guia de Programação do VLT® AutomationDrive FC 360.*
A escala das referências analógicas é descrita nos *grupos do parâmetro 6-1* Entrada Analógica 53* e *6-2* Entrada Analógica 54,* e a escala das referências de pulso digital é descrita no *grupo de parâmetros 5-5* Entrada de Pulso.*
Os limites e intervalos de referência são definidos no *grupo do parâmetro 3-0* Limites de referência.*

2.4.1 Limites de referência

Parâmetro 3-00 Reference Range, *parâmetro 3-02 Minimum Reference* e *parâmetro 3-03 Maximum Reference* definem a faixa permitida da soma de todas as referências. A soma de todas as referências são fixadas quando necessário. A relação entre a referência resultante (após a fixação) e a soma de todas as referências é mostrada em *Ilustração 2.17* e *Ilustração 2.18*.

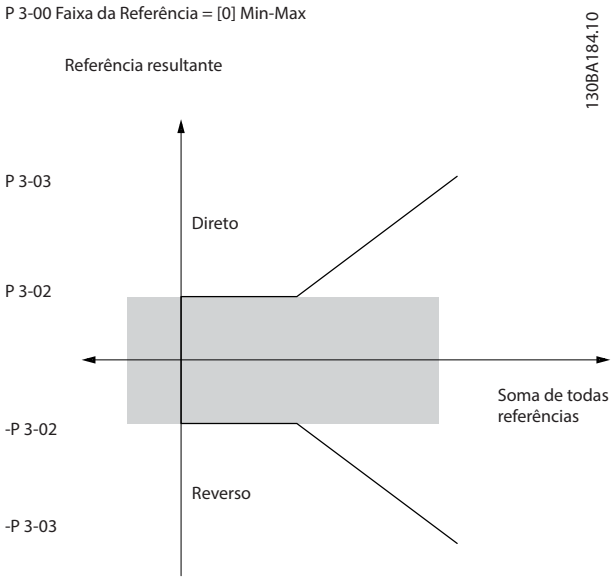


Ilustração 2.17 Soma de todas as referências quando a faixa de referência é programada como 0

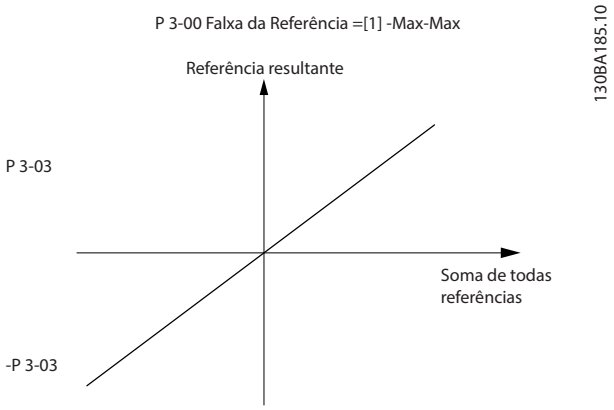


Ilustração 2.18 Soma de todas as referências quando a faixa de referência é programada para 1

O valor de *parâmetro 3-02 Minimum Reference* não pode ser programado como menor que 0, a menos que *parâmetro 1-00 Configuration Mode* esteja programado para *[3] Processo.* Nesse caso, as seguintes relações entre a referência resultante (após a fixação) e a soma de todas as referências são mostradas em *Ilustração 2.19*.

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

2

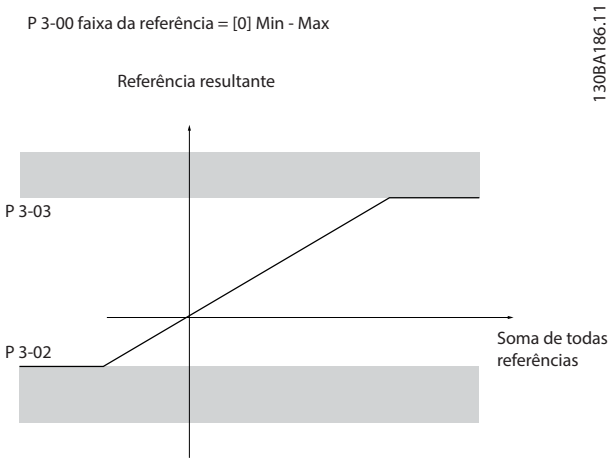


Ilustração 2.19 Soma de todas as referências quando a referência mínima é definida como um valor de menos

2.4.2 Graduação das referências predefinidas e das referências de barramento

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

- Quando *parâmetro 3-00 Intervalo de Referência* estiver programado para *[0] Mín-Máx*, uma referência de 0% é igual a 0 [unidade] onde a unidade pode ser qualquer unidade, por exemplo, RPM, m/s, e bar. Uma referência de 100% é igual ao valor máximo (valor absoluto de *parâmetro 3-03 Referência Máxima*, valor absoluto de *parâmetro 3-02 Minimum Reference*).
- Quando *parâmetro 3-00 Intervalo de Referência* estiver programado para *[1] -Máx–+Máx*, uma referência de 0% é igual a 0 [unidade], e uma referência de 100% é igual à referência máxima.

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

- Quando *parâmetro 3-00 Intervalo de Referência* estiver programado para *[0] Min*–máx, uma referência de 0% é igual a referência mínima e uma referência de 100% é igual à referência máxima.
- Quando *parâmetro 3-00 Intervalo de Referência* estiver programado para *[1] -Máx–+Máx*, uma referência de -100% é igual à referência máxima, e uma referência de 100% é igual à referência máxima.

2.4.3 Escalonamento de referência de pulso e analógica e feedback

As referências e o feedback são graduados a partir das entradas analógica e de pulso, da mesma maneira. A única diferença é que uma referência acima ou abaixo dos pontos finais mínimo e máximo especificados (P1 e P2 no *Ilustração 2.20*) são fixadas, enquanto um feedback acima ou abaixo não é.

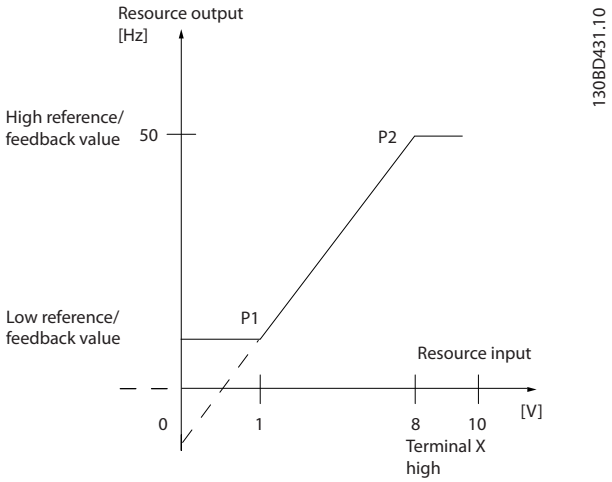


Ilustração 2.20 Pontos finais mínimo e máximo

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

Os pontos finais P1 e P2 são definidos em *Tabela 2.3* dependendo da escolha de entrada.

Entrada	**Analógico 53 modo de tensão**	**Analógico 53 modo de corrente**	**Analógico 54 modo de tensão**	**Analógico 54 modo de corrente**	**Entrada de pulso 29**	**Entrada de pulso 33**
P1=(valor de entrada mínimo, valor de referência mínima)						
Valor de referência mínima	*Parâmetro 6-14 Terminal 53 Low Ref./Feedb. Value*	*Parâmetro 6-14 Terminal 53 Low Ref./Feedb. Value*	*Parâmetro 6-24 Terminal 54 Low Ref./Feedb. Value*	*Parâmetro 6-24 Terminal 54 Low Ref./Feedb. Value*	*Parâmetro 5-52 Term. 29 Low Ref./Feedb. Value*	*Parâmetro 5-57 Term. 33 Low Ref./Feedb. Value*
Valor de entrada mínimo	*Parâmetro 6-10 Terminal 53 Low Voltage* [V]	*Parâmetro 6-12 Terminal 53 Low Current* [mA]	*Parâmetro 6-20 Terminal 54 Low Voltage* [V]	*Parâmetro 6-22 Terminal 54 Low Current* [mA]	*Parâmetro 5-50 Term. 29 Low Frequency* [Hz]	*Parâmetro 5-55 Term. 33 Low Frequency* [Hz]
P2=(valor de entrada máximo, valor de referência máxima)						
Valor de referência máxima	*Parâmetro 6-15 Terminal 53 High Ref./ Feedb. Value*	*Parâmetro 6-15 Terminal 53 High Ref./Feedb. Value*	*Parâmetro 6-25 Terminal 54 High Ref./ Feedb. Value*	*Parâmetro 6-25 Terminal 54 High Ref./Feedb. Value*	*Parâmetro 5-53 Term. 29 High Ref./Feedb. Value*	*Parâmetro 5-58 Term. 33 High Ref./Feedb. Value*
Valor de entrada máximo	*Parâmetro 6-11 Terminal 53 High Voltage* [V]	*Parâmetro 6-13 Terminal 53 High Current* [mA]	*Parâmetro 6-21 Terminal 54 High Voltage*[V]	*Parâmetro 6-23 Terminal 54 High Current* [mA]	*Parâmetro 5-51 Term. 29 High Frequency* [Hz]	*Parâmetro 5-56 Term. 33 High Frequency* [Hz]

Tabela 2.3 Pontos finais P1 e P2

2.4.4 Banda morta em torno de zero

Às vezes, a referência (em casos raros, também o feedback) deve ter uma banda morta em torno de 0 para garantir que a máquina seja parada quando a referência estiver próxima de 0.

Para tornar a banda morta ativa e definir a quantidade de banda morta, faça o seguinte:

- Defina o valor de referência mínima (consulte *Tabela 2.3* para obter o parâmetro relevante) ou o valor de referência máxima em 0. Em outras palavras, P1 ou P2 devem estar no eixo X em *Ilustração 2.21*.
- Certifique-se de que os dois pontos que definem o gráfico em escala estejam no mesmo quadrante.

P1 ou P2 define o tamanho da banda morta como mostrado em *Ilustração 2.21*.

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

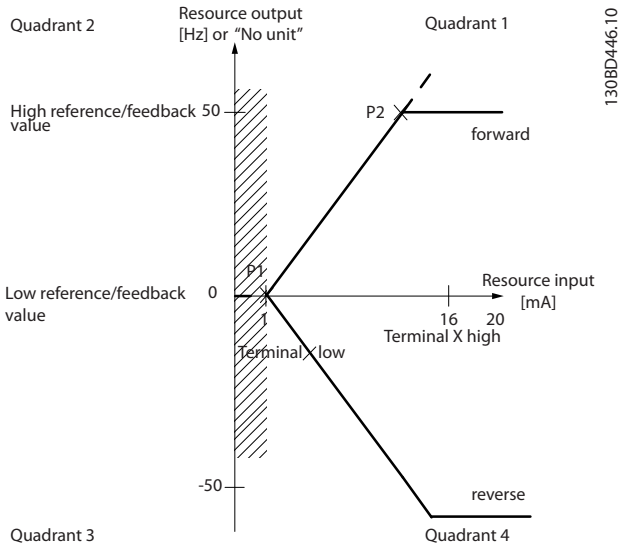


Ilustração 2.21 Tamanho da banda morta

Caso-exemplo 1: Referência positiva com banda morta, entrada digital para acionamento reverso, parte I

Ilustração 2.22 mostra como a entrada de referência com limites dentro dos mínimos aos máximos de fixação.

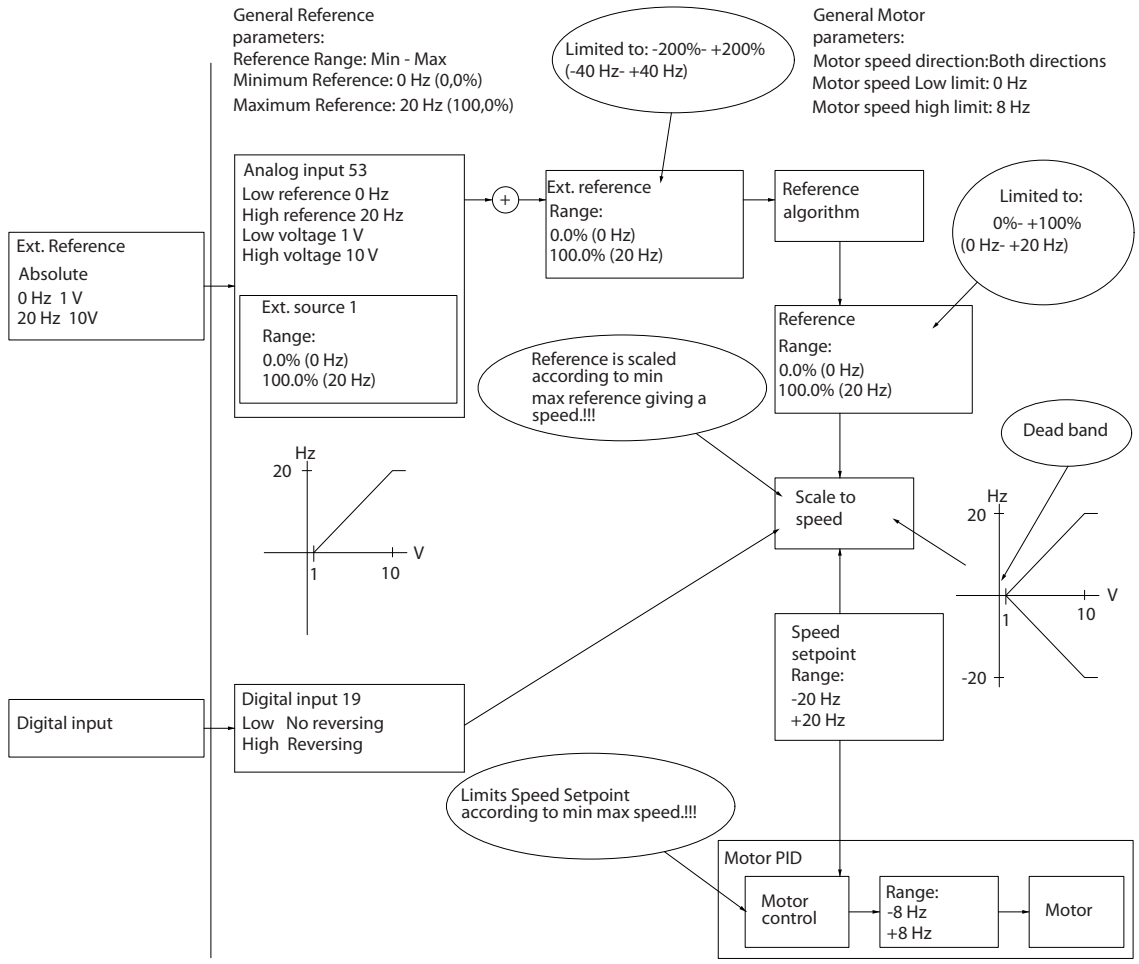


Ilustração 2.22 Fixação da entrada de referência com limites dentro do mínimo ao máximo

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

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

Ilustração 2.23 mostra como a entrada de referência com limites externos -máximo a +máximo se limita aos limites de entrada baixo e alto antes de adicionar à referência externa, e como a referência externa é fixada em -máximo a +máximo pelo algoritmo de referência.

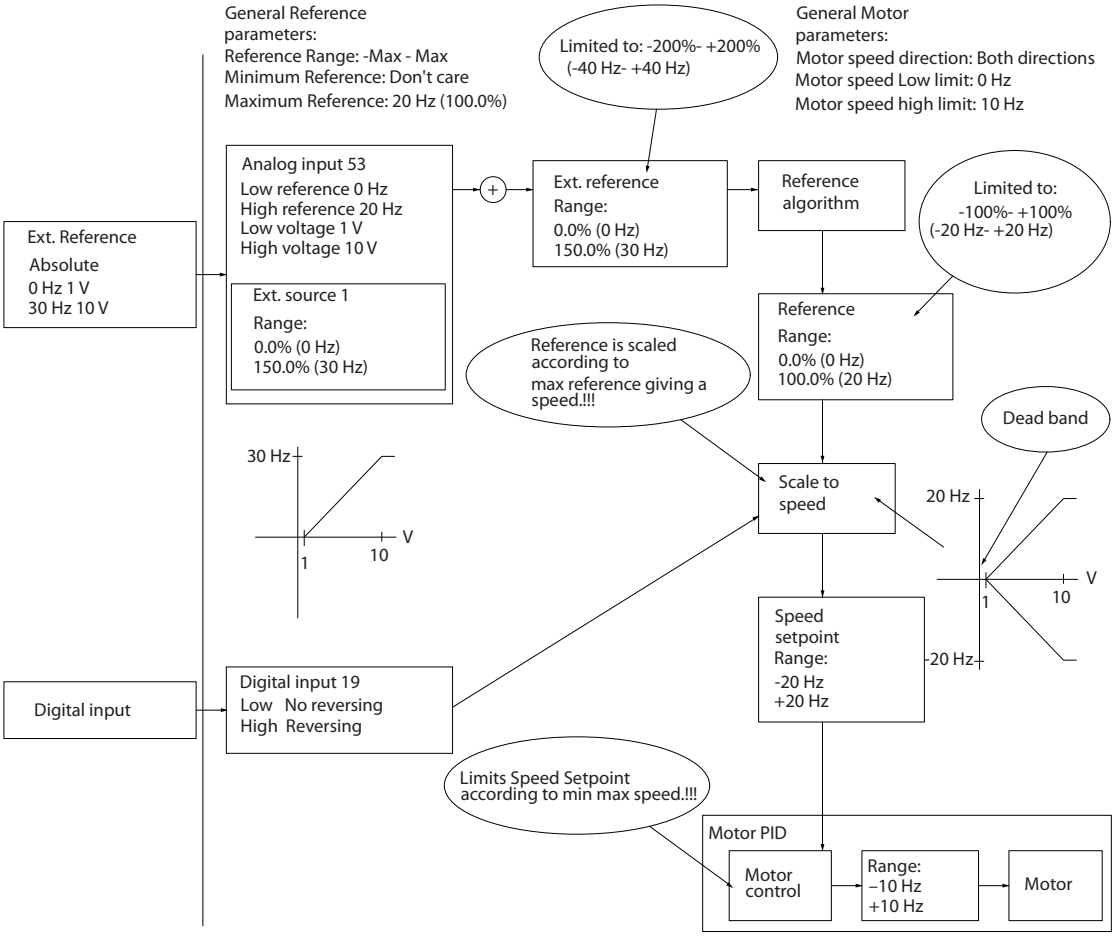


Ilustração 2.23 Fixação da entrada de referência com limites fora -Máximo a +Máximo

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

2.5 Controle do PID

2.5.1 Controle do PID de velocidade

2

Parâmetro 1-00 Configuration Mode	*Parâmetro 1-01 Motor Control Principle*	
	U/f	**VVC+**
[0] Malha Aberta	Inativo[1)]	Inativo
[1] Malha fech. veloc.	Não disponível[2)]	ACTIVE
[2] Torque	Não está disponível	Inativo
[3] Processo	Inativo	Inativo

Tabela 2.4 Configurações de controle, controle da velocidade ativo

1) Inativo indica que o modo específico está disponível, mas o controle de velocidade não está ativo nesse modo.

2) Não disponível indica que o modo específico não está disponível.

Parâmetro	**Descrição da função**	
Parâmetro 7-00 Speed PID Feedback Source	Selecione de qual entrada o PID de velocidade recebe seu feedback.	
Parâmetro 7-02 Ganho Proporcional no PID de Velocidade	Quanto maior o valor, mais rápido será o controle. No entanto, um valor muito alto pode levar a oscilações.	
Parâmetro 7-03 Speed PID Integral Time	Elimina erros de velocidade de estado estável. Valores mais baixos significam uma reação mais rápida. No entanto, um valor muito baixo pode levar a oscilações.	
Parâmetro 7-04 Speed PID Differentiation Time	Fornece um ganho proporcional à taxa de variação do feedback. Uma configuração de 0 desativa o diferenciador.	
Parâmetro 7-05 Speed PID Diff. Gain Limit	Se houver mudanças rápidas na referência ou no feedback em uma determinada aplicação, o que significa que o erro muda rapidamente, o diferenciador pode em breve se tornar dominante 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 Speed PID Lowpass Filter Time	Um filtro passa-baixa que amortiza oscilações no sinal de feedback e melhora o desempenho em regime. No entanto, um tempo do filtro muito longo deteriora o desempenho dinâmico do controle do PID de velocidade. Configurações práticas de *parâmetro 7-06 Per. filtro passa-baixa do PID de veloc* tirado do número de pulsos por revolução do encoder (PPR):	
	Encoder PPR	***Parâmetro 7-06 Speed PID Lowpass Filter Time***
	512	10 ms
	1024	5 ms
	2048	2 ms
	4096	1 ms

Tabela 2.5 Parâmetros de controle de velocidade

Exemplo de programação do controle da velocidade

Neste exemplo, o controle do PID de velocidade é usado para manter uma velocidade constante do motor, independentemente da carga variável 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 correspondente a 0–10 V sobre o potenciômetro. Um interruptor conectado ao terminal 18 controla a partida e a parada. O PID de velocidade monitora a RPM real do motor usando um encoder incremental de 24 V (HTL) 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 © 03/2019 Todos os direitos reservados.

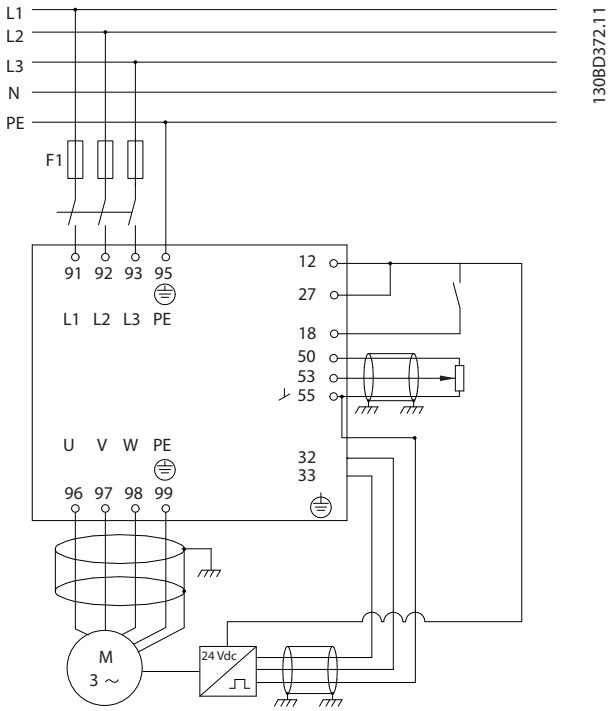


Ilustração 2.24 Programação de controle da velocidade

Siga os passos descritos em *Tabela 2.6* para programar o controle da velocidade (consulte a explicação das configurações no *Guia de Programação*)

Em *Tabela 2.6*, presume-se que todos os outros parâmetros e interruptores permanecem na configuração padrão.

Função	Número do parâmetro	Configuração
1) Certifique-se de que o motor esteja funcionando corretamente. Proceda da seguinte maneira:		
Ajuste os parâmetros do motor usando os dados na plaqueta de identificação.	*Grupo do parâmetro 1-2* Dados do Motor*	Conforme especificado pela 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 se o encoder está conectado corretamente. Proceda da seguinte maneira:		
Pressione [Hand On]. Verifique se o motor está funcionando e observe o sentido de rotação (referido como sentido positivo).		Programe uma referência positiva.
3) Certifique-se de que os limites do conversor de frequência estejam definidos para valores seguros:		
Programe limites aceitáveis para as referências.	*Parâmetro 3-02 Referência Mínima*	0
	Parâmetro 3-03 Referência Máxima	50
Verifique se as configurações da rampa estão de acordo com a especificação do conversor de frequência e permitiram especificações de operação da 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 © 03/2019 Todos os direitos reservados.

Programe limites aceitáveis para a velocidade e frequência 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 de controle da velocidade	*Parâmetro 1-00 Modo Configuração*	*[1] Malha fech. veloc.*
Seleção do princípio de controle do motor	*Parâmetro 1-01 Principio de Controle do Motor*	*[1] VVC+*
5) Configure e escale a referência para o controle da velocidade:		
Programe a entrada analógica 53 como fonte da referência.	*Parâmetro 3-15 Fonte da Referência 1*	Não necessário (padrão)
Escala de 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 para o controle do motor e controle da velocidade:		
Configure 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 Fonte do Feedback do PID de Velocidade*	*[1] Encoder de 24 V*
7) Ajuste os parâmetros do PID de controle da velocidade:		
Use as orientações de ajuste quando relevantes ou ajuste manualmente.	*Grupo do parâmetro 7-0* Ctrl. do PID de Velocidade*	
8) Fim		
Salve a programação do parâmetro no LCP para proteção.	*Parâmetro 0-50 LCP Copy*	*[1] Todos para o LCP*

Tabela 2.6 Ordem de programação para controle do PID de velocidade

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

2.5.2 Controle do PID de processo

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

Tabela 2.7 mostra as configurações de controle nas quais 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	Não está disponível	Processo

Tabela 2.7 Configuração de controle

AVISO!

O controle do PID de processo funciona sob a programação do parâmetro padrão, mas o ajuste dos parâmetros é recomendado para otimizar o desempenho do controle de aplicativos.

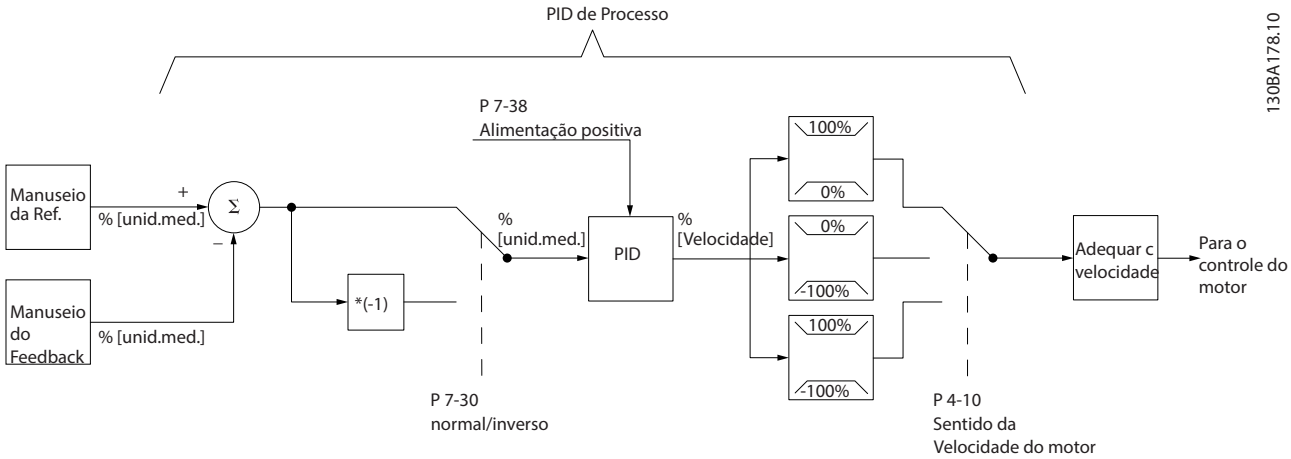


Ilustração 2.25 Diagrama de controle do PID de processo

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

2

2.5.3 Parâmetros relevantes de controle de processo

Parâmetro	Descrição da função
Parâmetro 7-20 Fonte de Feedback 1 PID de Processo	Selecione de qual fonte (entrada analógica ou de pulso) o PID de processo recebe seu feedback.
Parâmetro 7-22 Fonte de Feedback 2	Opcional: Determine se (e de onde) o PID de processo recebe um sinal de feedback adicional. Se uma fonte do feedback adicional for selecionada, os 2 sinais de feedback serão adicionados antes de serem usados no controle do PID de processo.
Parâmetro 7-30 Ctrl Normal/Inversão do PID de Processo	Em operação *[0] Normal*, o controle de processo responde com um aumento da velocidade do motor se o feedback for menor que a referência. Em operação *[1] Inversa*, o controle de processo responde com uma velocidade decrescente do motor.
Parâmetro 7-31 Anti Windup do PID do Processo	A função anti-término garante que quando um limite de frequência ou um limite de torque é atingido, o integrador é ajustado para um ganho que corresponde à frequência real. Isso evita a integração em um erro que não pode ser compensado por uma mudança de velocidade. Pressione *[0] Off* para desativar esta função.
Parâmetro 7-32 Velocidade Inicial do PID do Processo	Em algumas aplicações, atingir a velocidade/setpoint exigida pode levar muito tempo. Em tais aplicações, pode ser uma vantagem definir uma velocidade fixa do motor a partir do conversor de frequência antes que o controle de processo seja ativado. Programe uma velocidade fixa do motor definindo um valor inicial do PID de processo (velocidade) *parâmetro 7-32 Velocidade Inicial do PID do Processo*.
Parâmetro 7-33 Ganho Proporcional do PID de Processo	Quanto maior o valor, mais rápido será o controle. No entanto, um valor muito grande pode levar a oscilações.
Parâmetro 7-34 Tempo de Integr. do PID de velocid.	Elimina erros de velocidade de estado estável. Um valor menor significa uma reação mais rápida. Contudo, um valor muito pequeno pode levar a oscilações.
Parâmetro 7-35 Tempo de Difer. do PID de veloc	Fornece um ganho proporcional à taxa de alteração de feedback. Uma configuração de 0 desativa o diferenciador.
Parâmetro 7-36 Dif.do PID de Proc.- Lim. de Ganho	Se houver mudanças rápidas na referência ou feedback em uma determinada aplicação (o que significa que o erro muda rapidamente), o diferenciador pode em breve se tornar dominante 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 de Feed Forward do PID de Processo	Em aplicações onde há uma boa (e aproximadamente linear) correlação entre a referência do processo e a velocidade do motor necessária para obter essa referência, use o fator de feed forward para obter um melhor desempenho dinâmico do controle do PID de processo.
• *Parâmetro 6-16 Terminal 53 Const. de Tempo do Filtro* (Terminal analógico 53) • *Parâmetro 6-26 Terminal 54 Const. de Tempo do Filtro* (Terminal analógico 54)	Se houver oscilações do sinal de feedback de corrente/tensão, use um filtro passa-baixa para amortecer essas oscilações. Exemplo: Se o filtro passa-baixa tiver sido ajustado para 0,1 s, a velocidade limite será de 10 RAD/s (o inverso de 0,1 s), correspondendo a (10/(2 x π))=1,6 Hz. Isso significa que o filtro amortece todas as correntes/tensões que variam em mais de 1,6 oscilação por segundo. O controle é realizado somente em um sinal de feedback que varia por uma frequência (velocidade) menor que 1,6 Hz. O filtro passa-baixa melhora o desempenho do estado estável, mas a seleção de um tempo do filtro muito longo deteriora o desempenho dinâmico do controle do PID de processo.

Tabela 2.8 Parâmetros de controle de processo

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

2.5.4 Exemplo de controle do PID de processo

Ilustração 2.26 é um exemplo de um controle do PID de processo usado em um sistema de ventilação:

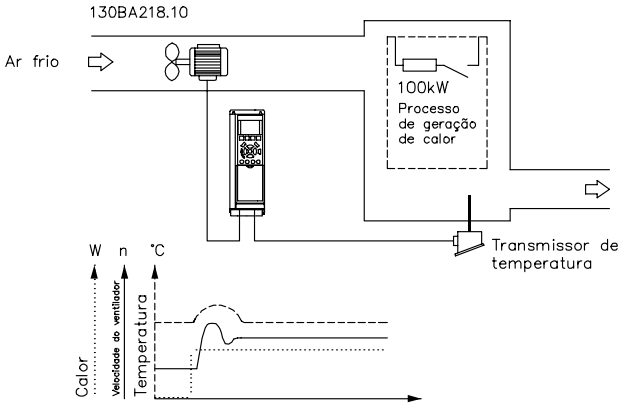


Ilustração 2.26 Controle do PID de processo em um sistema de ventilação

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

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

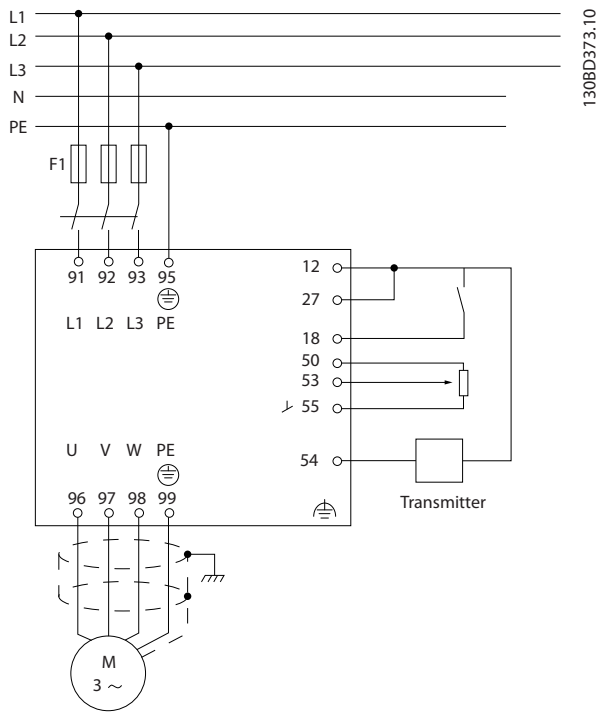


Ilustração 2.27 Transmissor de 2 fios

1. Partida/parada por meio do interruptor conectado ao terminal 18.
2. Referência de temperatura por meio do potenciômetro (-5 a +35 °C (23–95 °F), 0–10 V CC) conectado ao terminal 53.
3. Feedback de temperatura por meio do transmissor (-10 a +40 °C (14–104 °F), 4–20 mA) conectado ao terminal 54.

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

2

Função	Número do parâmetro	Configuração
Inicialize o conversor de frequência.	*Parâmetro 14-22 Modo Operação*	*[2] Inicialização* - execute um ciclo de energização - aperte reset.
1) Ajuste os parâmetros do motor:		
Ajuste os parâmetros do motor de acordo com os dados da plaqueta de identificação.	*Grupo do parâmetro 1-2* Dados do Motor*	Conforme 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 uma ordem de avanço direta como U-U; V-V; W-W, o eixo do motor geralmente gira no sentido horário visto na extremidade do eixo.		
Pressione [Hand On]. Verifique a direção do eixo aplicando uma referência manual.		
Se o motor girar no sentido oposto ao requerido: 1. Altere a direção do motor em *parâmetro 4-10 Sentido de Rotação do Motor*. 2. Desligue a rede elétrica e aguarde a descarga do barramento CC. 3. Inverta 2 fases do motor.	*Parâmetro 4-10 Sentido de Rotação do Motor*	Selecione a direção correta do eixo do motor.
Defina o modo de configuração.	*Parâmetro 1-00 Modo Configuração*	*[3] Processo.*
3) Defina a configuração de referência, que é o intervalo para o tratamento da referência. Ajuste a escala da entrada analógica *no grupo do parâmetro 6-** Entrada/Saída Analógica.*		
Definir unidades de referência/feedback. Definir referência mínima (10 °C (50 °F)). Definir referência máxima (80 °C (176 °F)). Se o valor definido for determinado a partir de um valor predefinido (parâmetro de matriz), defina outras fontes de 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 Preset Relative Reference* a *parâmetro 3-18 Relative Scaling Reference Resource [0] = Sem função.*
4) Ajuste os limites para o conversor de frequência:		
Ajuste 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
Defina limites de velocidade mínima. Ajuste o limite de velocidade máxima do motor. Defina 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
Defina *parâmetro 6-19 Modo do terminal 53* e *parâmetro 6-29 Modo do terminal 54* para o modo de tensão ou corrente.		

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

Função	Número do parâmetro	Configuração
5) Entradas analógicas de escala usadas para referência e feedback:		
Ajuste a baixa tensão do terminal 53. Ajuste a alta tensão do terminal 53. Ajuste o valor de feedback baixo do terminal 54. Ajuste o valor de feedback alto do terminal 54. Defina 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*
PID de processo anti-término.	*Parâmetro 7-31 Process PID Anti Windup*	*[1] Ligado*
Velocidade inicial do PID do processo.	*Parâmetro 7-32 Velocidade Inicial do PID do Processo*	300 RPM
Salvar parâmetros para o LCP.	*Parâmetro 0-50 Cópia do LCP*	*[1] Todos para o LCP*

Tabela 2.9 Exemplo de setup de controle do PID de processo

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

2

2.5.5 Otimização do controlador de processo

Depois de definir as configurações básicas, conforme 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 Proporcional 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. Dar partida no motor.
2. Programe *parâmetro 7-33 Ganho Proporcional 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 que o sinal de feedback tenha estabilizado. Diminua o ganho proporcional em 40-60%.
3. Defina *parâmetro 7-34 Tempo de Integr. do PID de velocid.* para 20 s e reduza o valor até que o sinal de feedback comece novamente a variar continuamente. Aumente o tempo de integração até que o sinal de feedback estabilize, seguido por um aumento de 15%-50%.
4. Use *parâmetro 7-35 Tempo de Difer. do PID de veloc* somente para sistemas de ação rápida (tempo de diferenciação). O valor típico é 4 vezes o tempo de integração definido. Use o diferenciador quando a configuração do ganho proporcional e do tempo de integração tiver sido totalmente otimizada. Certifique-se de que o filtro passa-baixa amorteça suficientemente as oscilações no sinal de feedback.

AVISO!

Se necessário, a partida/parada pode ser ativada várias vezes para provocar uma variação do sinal de feedback.

2.5.6 Método de sintonização Ziegler Nichols

Para sintonizar os controles do PID do conversor de frequência, a Danfoss recomenda o método de sintonização Ziegler Nichols .

AVISO!

Não use o método de sintonização Ziegler Nichols em aplicações que poderiam ser danificadas pelas oscilações criadas por 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 (conforme medido no feedback), isto é, até que o sistema se torne 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)* (chamado o objetivo final) é determinado como mostrado em *Ilustração 2.28* e deve ser medido quando a amplitude de oscilação é pequena.

1. Selecione somente controle proporcional, o que significa que o tempo integrado é definido para o valor máximo, enquanto o tempo de diferenciação está configurado para 0.
2. Aumente o valor do ganho proporcional até que o ponto de instabilidade (oscilações sustentadas) e o valor crítico do ganho, K_u, sejam atingidos.
3. Meça o período de oscilação para obter a constante de tempo crítica, P_u.
4. Use *Tabela 2.10* 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.

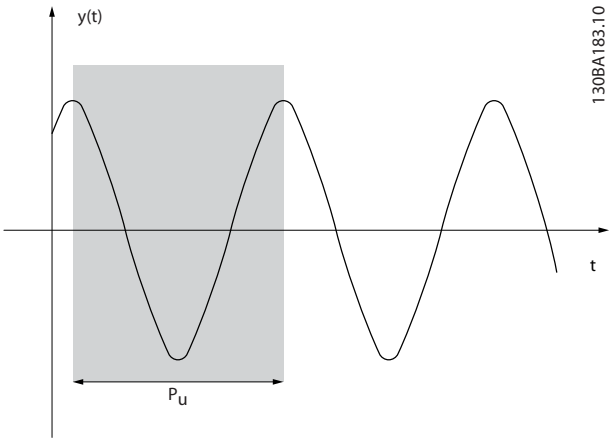


Ilustração 2.28 Sistema marginalmente estável

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

Tabela 2.10 Sintonização Ziegler Nichols para o regulador

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

2.6 Emissão EMC e imunidade

2.6.1 Aspectos gerais da emissão EMC

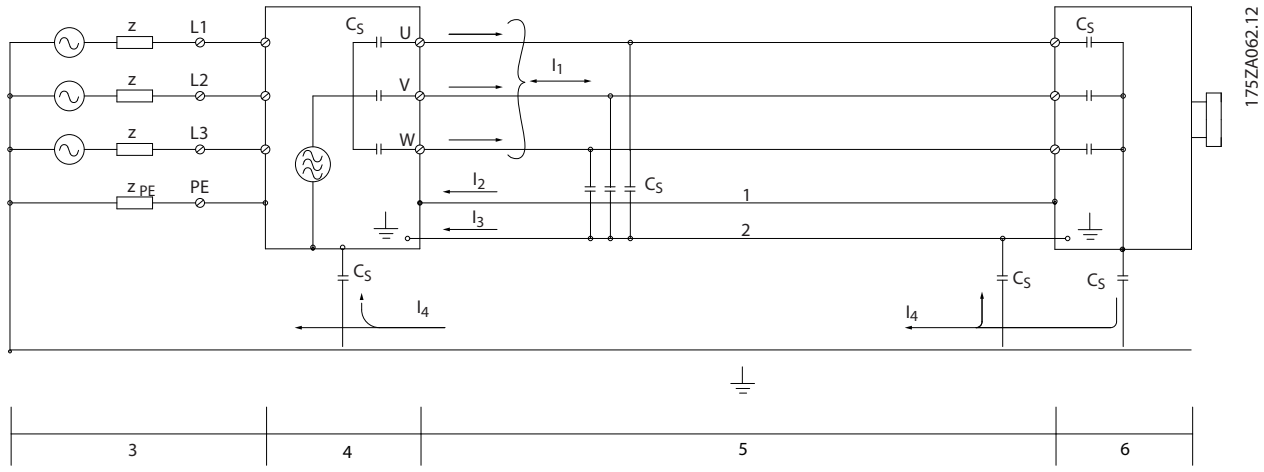
O transiente por faísca elétrica é conduzido em frequências na faixa de 150 kHz a 30 MHz. A interferência em suspensão no ar do sistema conversor de frequência na faixa de 30 MHz a 1 GHz é gerada a partir do conversor de frequência, do cabo de motor e do motor.
Correntes capacitivas no cabo de motor acoplado com 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 (consulte *Ilustração 2.29*) porque os cabos blindados têm maior capacitância em relação ao aterramento do que os cabos não blindados. Se a corrente de fuga não for filtrada, haverá uma maior interferência na rede elétrica na faixa de radiofrequência, abaixo de aproximadamente 5 MHz. Uma vez que a corrente de fuga (I_1) é levada de volta para a unidade através da blindagem (I_3), existe 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 metálico do motor. A melhor maneira de se 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 altas frequências, o que reduz o efeito da blindagem e aumenta a corrente de fuga (I_4).
Monte a blindagem no gabinete metálico em ambas as 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 malhas de corrente.

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.



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

Ilustração 2.29 Emissão EMC

Ao colocar a blindagem em uma placa de montagem para o conversor de frequência, use uma placa de montagem de metal para transportar as correntes de proteção de volta para a unidade. Garanta um bom contato elétrico da placa de montagem através dos parafusos de montagem com o chassi do conversor de frequência.

Ao usar cabos não blindados, alguns requisitos de emissão não são cumpridos, embora os requisitos de imunidade sejam observados.

Para reduzir o nível de interferência do sistema como um todo (unidade e instalação), faça com que os cabos do motor e do freio sejam os mais curtos possíveis. Evite colocar cabos com um nível de sinal sensível ao lado dos cabos da rede elétrica, do motor e do cabo do freio. A interferência nas frequências de rádio superior a 50 MHz (em suspensão no ar) é produzida especialmente por sistemas eletrônicos de controle.

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

2.6.2 Requisitos de emissão EMC

O resultado do teste em *Tabela 2.11* foram obtidos usando um sistema com um conversor de frequência (com a placa de montagem), um motor, e cabos de motor blindados.

		Tamanho do gabinete e potência nominal	Classe A grupo 2/EN 55011 Ambiente industrial		Classe A grupo 1/EN 55011 Ambiente industrial	
			Categoria C3/EN/IEC 61800-3 Segundo ambiente		Categoria C2/EN/IEC 61800-3 Restrito ao primeiro ambiente	
			Conduzido	Irradiado	Conduzido	Irradiado
A1 Filtro	J1	0,37–2,2 kW (0,5–3,0 hp), 380–480 V	–	–	25 m (82 pés)	Sim
	J2	3,0–5,5 kW (4,0–7,5 hp), 380–480 V	–	–	25 m (82 pés)	Sim
	J3	7,5 kW (10 hp), 380–480 V	–	–	25 m (82 pés)	Sim
	J4	11–15 kW (15–20 hp), 380–480 V	–	–	25 m (82 pés)	Sim
	J5	18,5–22 kW (25–30 hp), 380–480 V	–	–	25 m (82 pés)	Sim
A2 Filtro	J1	0,37–2,2 kW (0,5–3,0 hp), 380–480 V	5 m (16,4 pés)	Sim[1)]	–	–
	J2	3,0–5,5 kW (4,0–7,5 hp), 380–480 V	5 m (16,4 pés)	Sim[1)]	–	–
	J3	7,5 kW (10 hp), 380–480 V	5 m (16,4 pés)	Sim[1)]	–	–
	J4	11–15 kW (15–20 hp), 380–480 V	5 m (16,4 pés)	Sim[1)]	–	–
	J5	18,5–22 kW (25–30 hp), 380–480 V	5 m (16,4 pés)	Sim[1)]	–	–
	J6	30–45 kW (40–60 hp), 380–480 V	25 m (82 pés)	Sim[1)]	–	–
	J7	55–75 kW (75–100 hp), 380–480 V	25 m (82 pés)	Sim[1)]	–	–

Tabela 2.11 Emissão EMC (tipo de filtro: Interno)

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

2.6.3 Requisitos de imunidade EMC

Os requisitos de imunidade para conversores de frequência dependem do ambiente em que estão instalados. Os requisitos para ambiente industrial são mais rigorosos que os requisitos para ambientes residencial e de escritório. Todos os conversores de frequência Danfoss atendem aos requisitos do ambiente industrial. Portanto, também estão em conformidade com os requisitos mais baixos do ambiente doméstico e de escritório, com uma grande margem de segurança.

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

- Um conversor de frequência (com opções, se relevante).
- Um cabo de controle blindado.
- Uma caixa de controle com potenciômetro, cabo de motor e motor.

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 causadas por seres humanos.
- **EN 61000-4-3 (IEC 61000-4-3) Imunidade irradiada:** Simulação de amplitude modulada dos efeitos do radar, e equipamento de comunicação por rádio e equipamento de comunicações móveis.
- **EN 61000-4-4 (IEC 61000-4-4) Transiente de ruptura:** 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 um raio próximo às instalações.
- **EN 61000-4-6 (IEC 61000-4-6) Imunidade conduzida:** Simulação do efeito de equipamento de radiotransmissão, ligado aos cabos de conexão.

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

Os requisitos de imunidade devem seguir o padrão do produto IEC 61800-3. Consulte *Tabela 2.12* para obter mais detalhes.

Faixa da tensão: 380–480 V					
Padrão do produto	**61800-3**				
Teste	**ESD**	**Imunidade irradiada**	**Ruptura**	**Surto**	**Imunidade conduzida**
Critério de aceitação	**B**	**B**	**B**	**A**	**A**
Cabo da 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	Sem blindagem: 1 kV/42 Ω CM	10 V_{RMS}
Cabo padrão/fieldbus	–	–	Comprimento > 2 m (6,6 pés) 1 kV CCC	Sem blindagem: 1 kV/42 Ω CM	10 V_{RMS}
Cabo do LCP	–	–	Comprimento > 2 m (6,6 pés) 1 kV CCC	–	10 V_{RMS}
Gabinete	4 kV CD 8 kV AD	10 V/m	–	–	–

Tabela 2.12 Requisitos de imunidade EMC

Definição:
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 braçadeira de acoplamento capacitivo

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

2.7 Isolação Galvânica

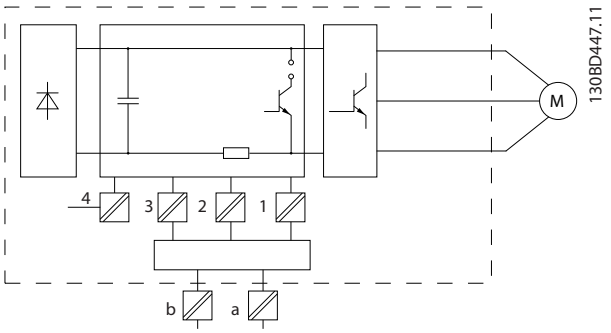
A PELV oferece proteção através de tensão extra baixa. A proteção contra choque elétrico é garantida quando a alimentação elétrica é do tipo PELV e a instalação é efetuada como descrito nas normas locais/nacionais sobre alimentações PELV.

Todos os terminais de controle e terminais de relé 01-03/04-06 estão em conformidade com a PELV (tensão extra baixa de proteção). Isso não se aplica à perna 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 que compõem o isolamento elétrico, conforme mostrado em *Ilustração 2.30*, também atendem aos requisitos para isolamento mais alto e ao teste relevante, conforme descrito na EN 61800-5-1.
A isolação galvânica da PELV pode ser mostrada em 3 locais (consulte *Ilustração 2.30*):

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



1	Fonte de alimentação (SMPS) para cassete de controle
2	Comunicação entre cartão de potência e cassete de controle
3	Relés do cliente

Ilustração 2.30 Isolação Galvânica

A interface entre o padrão RS485 e o circuito de E/S (PELV) é funcionalmente isolada.

⚠ADVERTÊNCIA

Antes de tocar em qualquer parte elétrica, certifique-se de que as demais entradas de tensão tenham sido desconectadas, como a divisão da carga (conexão do circuito intermediário CC) e a conexão do motor para backup cinético. Espere pelo menos o tempo indicado na *Tabela 1.2*. Deixar de cumprir essas recomendações poderá resultar em morte ou ferimentos graves.

2.8 Corrente de fuga para o terra

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

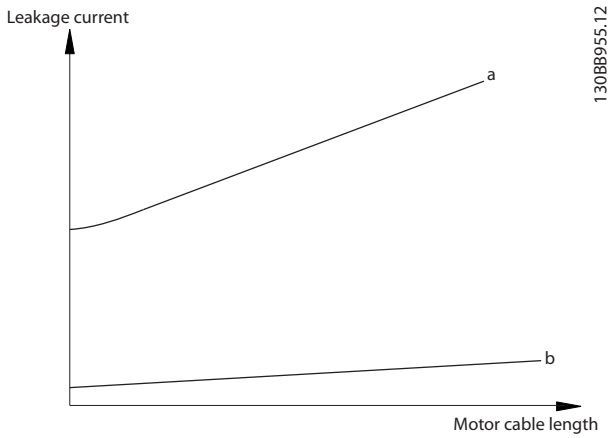


Ilustração 2.31 Influência do comprimento do cabo e da potência na corrente de fuga, P_a>P_b

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

A corrente de fuga também depende da distorção da linha.

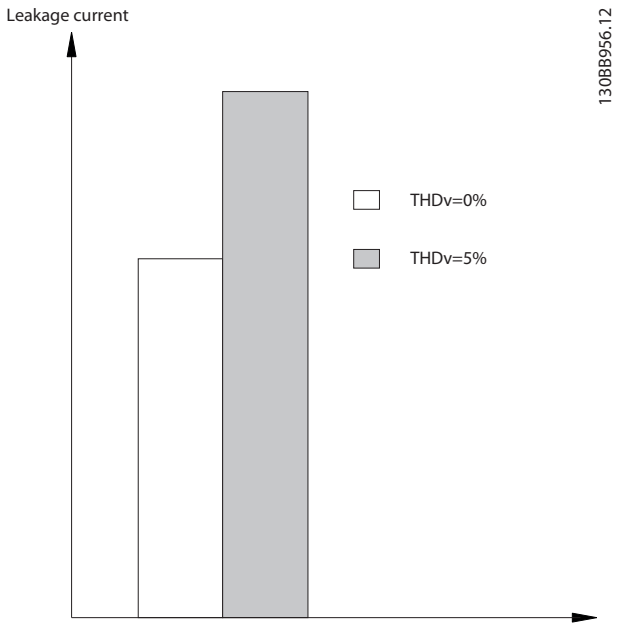


Ilustração 2.32 Influência da distorção de linha na corrente de fuga

AVISO!

Corrente de fuga alta pode causar o desligamento dos RCDs. Para evitar esse problema, remova o parafuso de RFI (tamanhos de gabinete J1 a J5) ou programe *parâmetro 14-50 Filtro de RFI* para *[0] Off* (tamanhos de gabinete J6 e J7) quando um filtro estiver sendo carregado.

EN/IEC61800-5-1 (Padrão do produto para sistema de conversor de potência) exige cuidados especiais caso a corrente de fuga exceda 3,5 mA. O aterramento deve ser reforçado de 1 das seguintes maneiras:

- Fio de aterramento (terminal 95) de pelo menos 10 mm^2.
- 2 fios de aterramento separados que cumprem as regras de dimensionamento.

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

Usando RCDs

Onde os dispositivos de corrente residual (RCDs), também conhecidos como disjuntores para a corrente de fuga à terra (ELCBs), são utilizados, cumpram com o seguinte:

- Use apenas RCDs do tipo B, os quais são capazes de detectar correntes CA e CC.
- Use RCDs com um atraso de influxo para evitar falhas causadas por correntes de aterramento transientes.
- Dimensione RCDs de acordo com a configuração do sistema e as considerações ambientais.

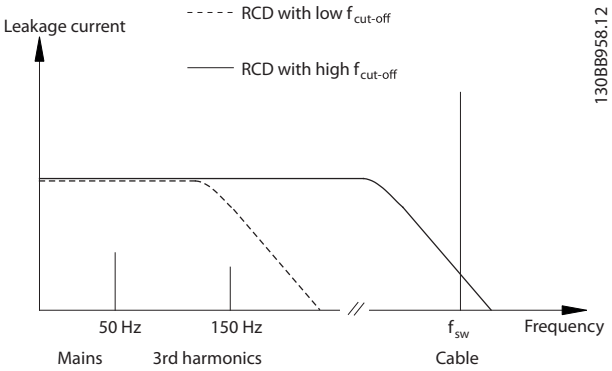


Ilustração 2.33 Principais contribuições para a corrente de fuga

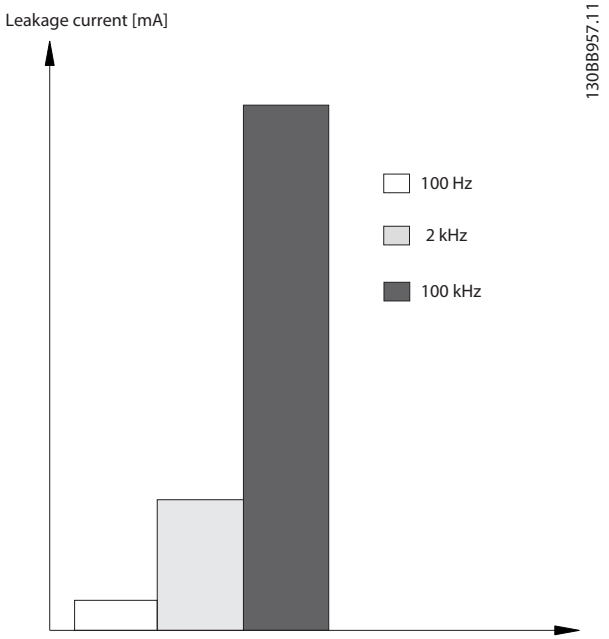


Ilustração 2.34 Influência da frequência de desativação do RCD no que é respondido/medido

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

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

2.9 Funções de freio

2.9.1 Freio mecânico de retenção

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

AVISO!

Quando o freio de retenção é incluído em uma corrente de segurança, o conversor de frequência não pode fornecer um controle seguro de um freio mecânico. Inclua um circuito de redundância para o controle de frenagem na instalação completa.

2.9.2 Frenagem Dinâmica

A frenagem dinâmica é estabelecida por:

- Resistor de freio: Um IGBT do freio mantém a sobretensão abaixo de um certo limite, direcionando a energia de frenagem do motor para o resistor de frenagem conectado (*parâmetro 2-10 Função de Frenagem = [1] Resistor de freio*).
  Ajuste o limite em *parâmetro 2-14 Redução da tensão de frenagem*, com uma faixa de 70 V.
- Freio CA: A energia de frenagem é distribuída no motor ao alterar as condições de perda no motor. A função de freio CA não pode ser usada em aplicações com ciclos de alta frequência, pois essa situação 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 de frenagem

Para lidar com demandas mais altas por frenagem geradora, um resistor de frenagem é necessário. O uso de um resistor de frenagem garante que o calor será absorvido no resistor de frenagem e não no conversor de frequência. Para obter mais informações, consulte o *Guia de Design do VLT® Brake Resistor MCE 101*.

Se a quantidade de energia cinética transferida para o resistor em cada período de frenagem não for conhecida, a potência média pode ser calculada 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. A *Ilustração 2.35* 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

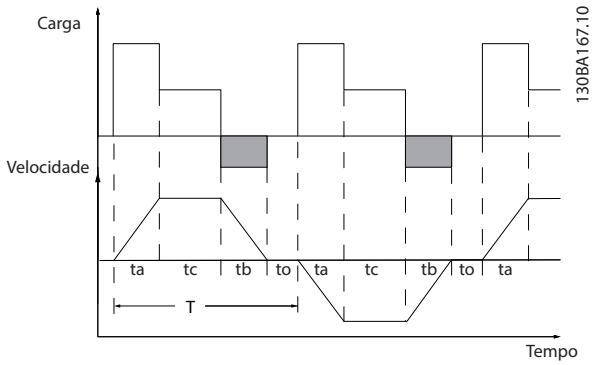


Ilustração 2.35 Ciclo de frenagem típico

Faixa de potência	0,37–75 kW (0,5–100 hp)[1)]
380–480 V	
Tempo de ciclo (s)	120
Ciclo útil da frenagem com torque 100%	Contínua
Ciclo útil de frenagem em sobretorque (150/160%)	40%

Tabela 2.13 Frenagem em nível de torque de sobrecarga alto

1) Para conversores de frequência de 30–75 kW (40–100 hp), um resistor de frenagem externo é necessário para atender a especificação em Tabela 2.13.

A Danfoss oferece resistores de frenagem com ciclo útil de 10% e 40%. Se for aplicado um ciclo útil de 10%, os resistores de frenagem 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 tenha sido projetado para suportar o tempo de frenagem necessário.

A carga máxima permitida no resistor de frenagem é declarada como uma potência de pico em um determinado ciclo útil intermitente e pode ser calculada como:

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

2

Cálculo da resistência de frenagem

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

em que

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

Como pode ser visto, o resistor de frenagem depende da tensão do barramento CC (U_{dc}).

Tamanho	Freio ativo $U_{dc,br}$	Advertência antes da desativação	Desativação (desarme)
FC 360 3x380–480 V	770 V	800 V	800 V

O limite pode ser ajustado em *parâmetro 2-14 Redução da tensão de frenagem*, com faixa de 70 V.

AVISO!

Certifique-se de que o resistor de frenagem pode lidar com uma tensão de 410 ou 820 V.

A Danfoss recomenda o cálculo da resistência do freio R_{rec} de acordo com a fórmula abaixo. A resistência do freio recomendada garante que o conversor de frequência seja capaz de frear com o maior torque de frenagem ($M_{br(\%)}$) de 160%.

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

η_{motor} é tipicamente em 0,80 (≤ 75 kW/100 hp); 0,85 (11–22 kW/15–30 hp).
η_{VLT} é tipicamente em 0,97.

Para FC 360, R_{rec} em um torque de frenagem de 160% 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 com uma potência no eixo ≤ 7,5 kW (10 hp)
2) Para conversores de frequência com uma potência no eixo de 11–75 kW (15–100 hp)

AVISO!

A resistência do resistor de frenagem não deve ser superior ao valor recomendado pela Danfoss. Se um resistor de frenagem com um valor ôhmico mais alto for selecionado, o torque de frenagem de 160% pode não ser alcançado porque o conversor de frequência pode ser desativado por razões de segurança.
A resistência deve ser maior que R_{min}.

AVISO!

Se ocorrer um curto-circuito no transistor do freio, a dissipação de energia no resistor de frenagem somente poderá ser evitada por meio de um interruptor de rede elétrica ou um contator que desconecte a rede elétrica do conversor de frequência. (O contator pode ser controlado pelo conversor de frequência).

AVISO!

Não toque no resistor de frenagem porque ele pode aquecer durante a frenagem. Coloque o resistor de frenagem em um ambiente seguro para evitar risco de incêndio.

2.9.4 Controle com função de frenagem

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

AVISO!

-Monitorar a potência de frenagem não é uma função de segurança. Um interruptor térmico é necessário para evitar que a potência de frenagem exceda o limite. O circuito do resistor de frenagem não é protegido contra fuga para o terra.

Controle de sobretensão (OVC) (resistor de frenagem exclusivo) pode ser selecionado como uma alternativa da função de freio em *parâmetro 2-17 Controle de Sobretensão*. Esta função está ativa para todas as unidades. A função garante que um desarme pode ser evitado se a tensão do barramento CC aumentar. Isto é feito aumentando-se 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 o desarme do conversor de frequência. Nesta situação, o tempo de desaceleração é estendido.

AVISO!

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

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

2.10 Smart Logic Controller

Smart Logic Control (SLC) é uma sequência de ações definidas pelo usuário (consulte *parâmetro 13-52 SL Controller Action* [x]) executada pelo SLC quando o evento associado definido pelo usuário (consulte *parâmetro 13-51 SL Controller Event* [x]) é avaliado como verdadeiro pelo SLC.
A condição de um evento pode ser um status específico ou que a saída de uma regra lógica ou de um operando de comparador se torne verdadeira. Isso leva a uma ação associada, como mostrado em *Ilustração 2.36*.

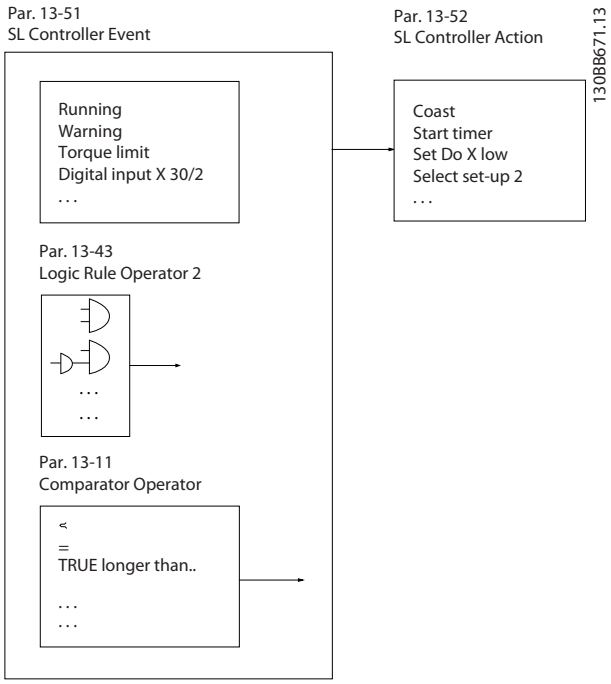


Ilustração 2.36 Ação associada

Eventos e ações são numerados e conectados em pares (estados). Isso significa que quando o evento [0] é preenchido (atinge o valor real), a ação [0] é executada. Depois disso, as condições do evento [1] são avaliadas e, se avaliadas como verdadeiras, a ação [1] é executada e assim por diante. Somente 1 evento é avaliado por vez. Se um evento for avaliado como falso, nada acontece (no SLC) durante o intervalo de varredura atual e nenhum outro evento é avaliado. Quando o SLC é iniciado, ele avalia o evento [0] (e somente o evento [0]) a cada intervalo de varredura. Somente quando o evento [0] é avaliado como verdadeiro, o SLC executa a ação [0] e inicia a avaliação do evento [1]. É possível programar de 1 a 20 eventos e ações. Quando o último evento/ação foi executado, a sequência recomeça a partir do evento [0]/ação [0]. *Ilustração 2.37* mostra um exemplo com 3 eventos/ações:

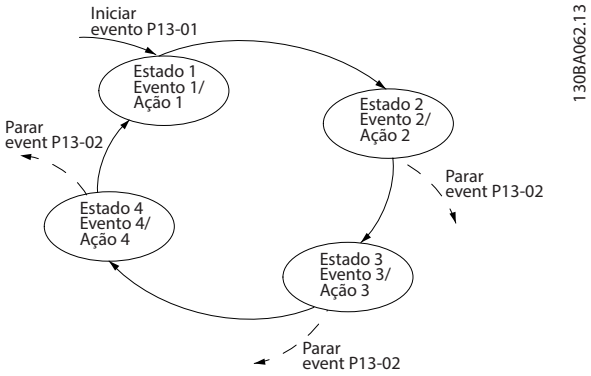


Ilustração 2.37 Sequência com 3 eventos/ações

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

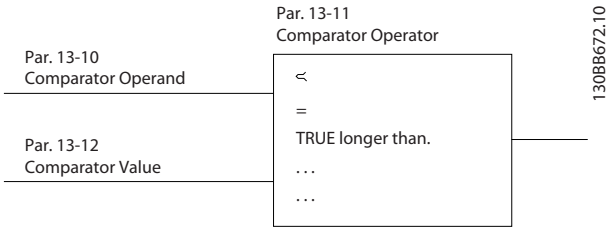


Ilustração 2.38 Comparadores

Regras lógicas
Combine até 3 entradas booleanas (entradas verdadeiro/falso) de temporizadores, comparadores, entradas digitais, bits de status e eventos usando os operadores lógicos e, ou e não.

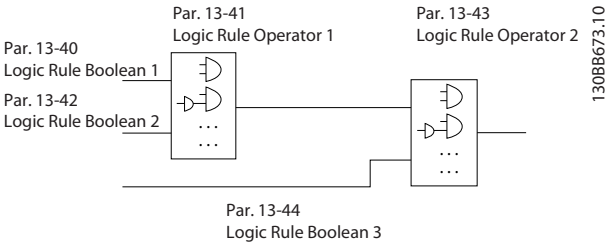


Ilustração 2.39 Regras lógicas

2.11 Condições de funcionamento extremas

Curto-circuito (entre duas fases do motor)
O conversor de frequência é protegido contra curtos--circuitos por medição de corrente em cada uma das 3 fases do motor ou no barramento CC. Um curto-circuito entre 2 fases de saída causa uma sobrecorrente no conversor de frequência. O conversor de frequência é desligado individualmente quando a corrente de curto-

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

-circuito excede o valor permitido (*alarme 16, Bloqueio por desarme*).

Chaveamento na saída
O 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 nos seguintes casos:

- A carga aciona o motor (a uma frequência de saída constante do conversor de frequência).
- Se o momento de inércia for alto durante a desaceleração (desaceleração da rampa), o atrito é baixo e o tempo de desaceleração da rampa é muito curto para que a energia seja dissipada como uma perda no conversor de frequência, o motor e a instalação.
- O ajuste incorreto da compensação de escorregamento pode causar uma tensão do barramento CC mais alta.

A unidade de controle pode tentar corrigir a rampa se possível (*parâmetro 2-17 Controle de Sobretensão*).
O conversor de frequência é desligado para proteger os transistores e os capacitores do barramento CC quando um determinado nível de tensão é atingido.
Para selecionar o método usado para o controle do nível de tensão do barramento CC, consulte *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 em operação até que a tensão do barramento CC caia abaixo do nível mínimo de parada, que é de 320 V. A tensão de rede antes da queda da rede elétrica e a carga do motor determinam o tempo até o inversor parar por inércia.

Sobrecarga estática no modo VVC+
Quando o conversor de frequência está 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 alcançado, e a unidade de controle reduz a frequência de saída para reduzir a carga.
Se a sobrecarga for excessiva, pode ocorrer uma corrente que desative o conversor de frequência após aproximadamente 5-10 s.

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

2.11.1 Proteção térmica do motor

Para proteger a aplicação contra danos graves, o conversor oferece vários recursos dedicados.

Limite de torque
O limite de torque protege o motor contra sobrecarga 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* controla o tempo antes da advertência do 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 da advertência do limite de corrente desarmar.

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

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

ETR (relé térmico eletrônico)
A função ETR do conversor mede a corrente real, a velocidade e o tempo para calcular a temperatura do motor. A função também protege o motor contra superaquecimento (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 é mostrada na *Ilustração 2.40*.

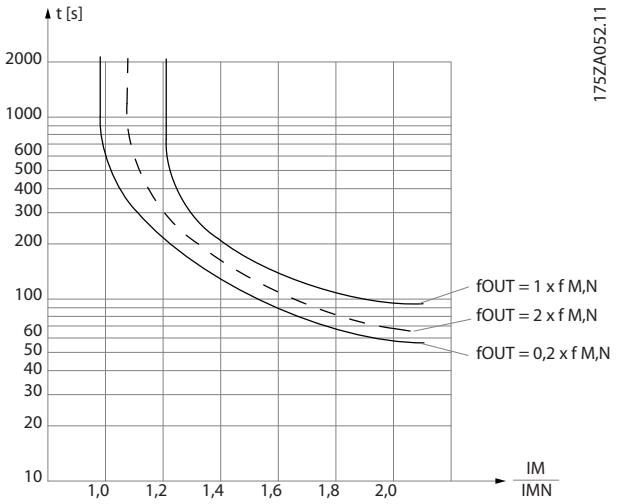


Ilustração 2.40 ETR

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

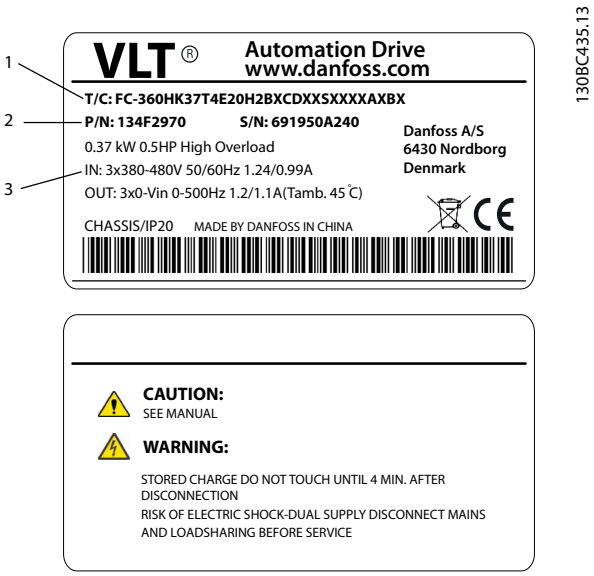
O eixo X mostra a relação entre I_{motor} e I_{motor} nominal. O eixo Y mostra o tempo em segundos antes de o ETR desativar e desarmar o conversor. As curvas mostram a velocidade nominal característica ao dobro da velocidade nominal e a 0,2 x a velocidade nominal.
A uma velocidade mais baixa, o ETR desativa com menos calor devido ao menor resfriamento do motor. Desse modo, o motor é protegido contra superaquecimento, mesmo em velocidades baixas. O recurso do ETR calcula a temperatura do motor baseado 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 © 03/2019 Todos os direitos reservados.

3 Código do tipo e seleção

3.1 Solicitação de pedido

Confirme se o equipamento corresponde aos requisitos e às informações sobre pedidos, verificando a potência, os dados de tensão e os dados de sobrecarga na plaqueta de identificação do conversor de frequência.



1	Código do tipo
2	Número de pedido
3	Especificações

Ilustração 3.1 Plaquetas de identificação 1 e 2

1–6: Nome do produto	
7: Sobrecarga	H: Serviço pesado Q: Função normal[1)]
8–10: Potência	0,37–75 kW (0,5–100 hp). Por exemplo: K37: 0,37 kW[2)] (0,5 hp) 1K1: 1,1 kW (1,5 hp) 11 K: 11 kW (15 hp)
11–12: Classe de tensão	T4: 380–480 V 3 fases
13–15: Classe IP	E20: IP20
16–17: RFI	H1: C2 classe[3)] H2: Classe C3
18: Circuito de frenagem	X: Não B: Embutido[4)]
19: LCP	X: Não
20: Revestimento do PCB	C: 3C3
21: Terminais de rede elétrica	D: Divisão de carga
29–30: Fieldbus embutido	AX: Não A0: PROFIBUS AL: PROFINET
31–32: Opção B	BX: Sem opção

Tabela 3.1 Código do tipo: Seleção de diferentes recursos e opções

Para opções e acessórios, consulte a seção Opções e acessórios no Guia de Design do VLT® AutomationDrive FC 360.
1) Somente 11–75 kW (15–100 hp) para funções variantes normais. PROFIBUS e PROFINET não estão disponíveis para a função normal.
2) Para todas as potências, consulte capétulo 4.1.1 Alimentação de rede elétrica 3x380–480 V CA.
3) Há um filtro de RFI H1 disponível para 0,37–22 kW (0,5–30 hp).
4) 0,37–22 kW (0,5–30 hp) com circuito de frenagem embutido. 30–75 kW (40–100 hp) somente com circuito de frenagem externo.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
F	C	-	3	6	0	H				T	4	E	2	0	H	1	X	X	C	D	X	X	S	X	X	X	X	A	X	B	X
						Q									H	2	B											A	0		
																												A	L		

130BC437.11

Ilustração 3.2 String do código do tipo

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

3.2 Códigos de compra: Opções, acessórios e peças de reposição

Descrição	Códigos de compra
VLT® Control Panel LCP 21	132B0254[1)]
Kit para montagem remota do LCP com cabo de 3 m	132B0102[2)]
Tampa cega, FC 360	132B0262[1)]
Adaptador LCP gráfico	132B0281
VLT® Control Panel LCP 102	130B1107
VLT® Encoder Input MCB 102, FC 360	132B0282
VLT® Resolver Input MCB 103, FC 360	132B0283
Tampa de terminal para MCB, J1, FC 360	132B0263
Tampa de terminal para MCB, J2, FC 360	132B0265
Tampa de terminal para MCB, J3, FC 360	132B0266
Tampa de terminal para MCB, J4, FC 360	132B0267
Tampa de terminal para MCB, J5, FC 360	132B0268
Kit de montagem de placa de desacoplamento, J1	132B0258
Kit de montagem de placa de desacoplamento, J2, J3	132B0259
Kit de montagem de placa de desacoplamento, J4, J5	132B0260
Kit de montagem de placa de desacoplamento, J6	132B0284
Kit de montagem de placa de desacoplamento, J7	132B0285
Cabo de montagem remota LCP, 3 m (10 pés)	132B0132
VLT® Control Panel LCP 21 - Kit do conversor RJ45	132B0254

Tabela 3.2 Códigos de compra para opções e acessórios

1) 2 tipos de pacotes, 6 peças ou 72 peças.

2) 2 peças em 1 pacote.

Descrição	Códigos de compra
Cassete de controle padrão	132B0255
Cassete de controle (com PROFIBUS)	132B0256
Cassete de controle (com PROFINET)	132B0257
Ventilador 50x15 IP21 para J1 0,37–1,5 kW (0,5–2 hp)	132B0275
Ventilador 50x20 IP21 para J1 2,2 kW (3 hp)	132B0276
Ventilador 60x20 IP21 para J2	132B0277
Ventilador 70x20 IP21 para J3	132B0278
Ventilador 92x38 IP21 para J4	132B0279
Ventilador 120x38 IP21 para J5	132B0280
Ventilador 92x38 IP21 para J6	132B0295
Ventilador 120x38 IP21 para J7	132B0313
Relé e placa RS485 para J1 – J5	132B0264
Cartão de controle de potência, 30 kW (40 hp)	132B0287
Cartão de controle de potência, 37 kW (50 hp)	132B0290
Cartão de controle de potência, 45 kW (60 hp)	132B0291
Cartão auxiliar RFI, J6	132B0292
Módulo retificador, 30–37 kW (40–50 hp)	132B0293
Módulo retificador, 45 kW (60 hp)	132B0294
Tampa frontal, J6	132B0296
Terminal de rede elétrica, J6	132B0297
Terminal do motor, J6	132B0298
Terminais de comunicação serial CC, J6	132B0299
Cabo de alimentação do cartão de controle de potência, J6	132B0300
Cabo de extensão do ventilador, J6	132B0301
Lâmina de isolamento RFI, J6	132B0302
Suporte para cartão de potência e barra do barramento, J6	132B0303
Cartão de controle de potência, 55 kW (75 hp)	132B0305
Cartão de controle de potência, 75 kW (100 hp)	132B0306
Cartão de potência, J7	132B0307
Cartão auxiliar RFI, J7	132B0308
Módulo retificador, J7	132B0309
Módulo IGBT com cabo do conversor do gate, J7	132B0310
Capacitor CC, 55 kW (75 hp)	132B0311
Capacitor CC, 75 kW (100 hp)	132B0312
Tampa frontal, J7	132B0314
Rede elétrica, terminal do motor, 55 kW (75 hp)	132B0315
Terminais de comunicação serial CC, 55 kW (75 hp)	132B0316
Rede elétrica, terminais de comunicação serial CC, 75 kW (100 hp)	132B0317
Cabo sensor de temperatura, J7	132B0318
Cabo de alimentação do cartão de controle de potência, J7	132B0319
Cabo de extensão do ventilador, J7	132B0320
Lâmina de isolamento RFI, J7	132B0321
Lâmina de influxo de isolamento, J7	132B0322

Tabela 3.3 Códigos de compra para peças de reposição

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

3.3 Códigos de compra: Resistores de frenagem

A Danfoss oferece uma ampla variedade de diferentes resistores especialmente projetados para nossos conversores de frequência. Consulte *capétulo 2.9.4 Controle com função de frenagem* para o dimensionamento dos resistores de frenagem. Esta seção apresenta uma lista contendo os números de pedido para os resistores de frenagem.

3

3.3.1 Códigos de compra: Resistores de frenagem 10%

FC 360	$P_{m\ (HO)}$	R_{min}	$R_{br.\ nom}$	R_{rec}	$P_{br\ avg}$	Núm. de Código.	Período	Seção transversal do cabo[1)]	Relé térmico	Torque máximo de freio com R_{rec}
T4	[kW]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[kW]	175Uxxxx	[s]	[mm²]	[A]	[%]
HK37	0,37	890	1041,98	989	0,030	3000	120	1,5	0,3	139
HK55	0,55	593	693,79	659	0,045	3001	120	1,5	0,4	131
HK75	0,75	434	508,78	483	0,061	3002	120	1,5	0,4	129
H1K1	1,1	288	338,05	321	0,092	3004	120	1,5	0,5	132
H1K5	1,5	208	244,41	232	0,128	3007	120	1,5	0,8	145
H2K2	2,2	139	163,95	155	0,190	3008	120	1,5	0,9	131
H3K0	3	100	118,86	112	0,262	3300	120	1,5	1,3	131
H4K0	4	74	87,93	83	0,354	3335	120	1,5	1,9	128
H5K5	5,5	54	63,33	60	0,492	3336	120	1,5	2,5	127
H7K5	7,5	38	46,05	43	0,677	3337	120	1,5	3,3	132
H11K	11	27	32,99	31	0,945	3338	120	1,5	5,2	130
H15K	15	19	24,02	22	1,297	3339	120	1,5	6,7	129
H18K	18,5	16	19,36	18	1,610	3340	120	1,5	8,3	132
H22K	22	16	18,00	17	1,923	3357	120	1,5	10,1	128
H30K	30	11	14,6	13	2,6	3341	120	2,5	13,3	150
H37K	37	9	11,7	11	3,2	3359	120	2,5	15,3	150
H45K	45	8	9,6	9	3,9	3065	120	10	20	150
H55K	55	6	7,8	7	4,8	3070	120	10	26	150
H75K	75	4	5,7	5	6,6	3231	120	10	36	150

Tabela 3.4 FC 360 - Rede elétrica: 380–480 V (T4), Ciclo útil de 10%

1) Todo cabeamento deve estar sempre em conformidade com as normas nacionais e locais, sobre seções transversais do cabo e temperatura ambiente.

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

3.3.2 Códigos de compra: Resistor de frenagem 40%

FC 360	$P_{m\ (HO)}$	R_{min}	$R_{br.\ nom}$	R_{rec}	$P_{br\ avg}$	Núm. de Código.	Período	Seção transversal do cabo[1)]	Relé térmico	Torque máximo de freio com R_{rec}
T4	[kW]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[kW]	175Uxxxx	[s]	[mm²]	[A]	[%]
HK37	0,37	890	1041,98	989	0,127	3101	120	1,5	0,4	139
HK55	0,55	593	693,79	659	0,191	3308	120	1,5	0,5	131
HK75	0,75	434	508,78	483	0,260	3309	120	1,5	0,7	129
H1K1	1,1	288	338,05	321	0,391	3310	120	1,5	1	132
H1K5	1,5	208	244,41	232	0,541	3311	120	1,5	1,4	145
H2K2	2,2	139	163,95	155	0,807	3312	120	1,5	2,1	131
H3K0	3	100	118,86	112	1,113	3313	120	1,5	2,7	131
H4K0	4	74	87,93	83	1,504	3314	120	1,5	3,7	128
H5K5	5,5	54	63,33	60	2,088	3315	120	1,5	5	127
H7K5	7,5	38	46,05	43	2,872	3316	120	1,5	7,1	132
H11K	11	27	32,99	31	4,226	3236	120	2,5	11,5	130
H15K	15	19	24,02	22	5,804	3237	120	2,5	14,7	129
H18K	18,5	16	19,36	18	7,201	3238	120	4	19	132
H22K	22	16	18,00	17	8,604	3203	120	4	23	128
H30K	30	11	14,6	13	11,5	3206	120	10	32	150
H37K	37	9	11,7	11	14,3	3210	120	10	38	150
H45K	45	8	9,6	9	17,5	3213	120	16	47	150
H55K	55	6	7,8	7	21,5	3216	120	25	61	150
H75K	75	4	5,7	5	29,6	3219	120	35	81	150

Tabela 3.5 FC 360 - Rede elétrica: 380–480 V (T4), Ciclo útil de 40%

1) Todo cabeamento deve estar sempre em conformidade com as normas nacionais e locais, sobre seções transversais do cabo e temperatura ambiente.

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

4 Especificações

4.1 Alimentação de rede elétrica 3x380–480 V CA

Potência no eixo típica do conversor de frequência [kW (hp)]	**HK37 0,37 (0,5)**	**HK55 0,55 (0,75)**	**HK75 0,75 (1)**	**H1K1 1,1 (1,5)**	**H1K5 1,5 (2)**	**H2K2 2,2 (3)**	**H3K0 3 (4)**	**H4K0 4 (5,5)**	**H5K5 5,5 (7,5)**	**H7K5 7,5 (10)**
Características nominais de proteção do gabinete metálico IP20	J1	J1	J1	J1	J1	J1	J2	J2	J2	J3
Corrente de saída										
Potência no eixo [kW]	0,37	0,55	0,75	1,1	1,5	2,2	3	4	5,5	7,5
Contínua (3x380–440 V) [A]	1,2	1,7	2,2	3	3,7	5,3	7,2	9	12	15,5
Contínua (3x441-480 V) [A]	1,1	1,6	2,1	2,8	3,4	4,8	6,3	8,2	11	14
Intermitente (sobrecarga 60 s) [A]	1,9	2,7	3,5	4,8	5,9	8,5	11,5	14,4	19,2	24,8
Contínua kVA (400 V CA) [kVA]	0,84	1,18	1,53	2,08	2,57	3,68	4,99	6,24	8,32	10,74
Contínua kVA (480 V CA) [kVA]	0,9	1,3	1,7	2,5	2,8	4,0	5,2	6,8	9,1	11,6
Corrente de entrada máxima										
Contínua (3x380–440 V) [A]	1,2	1,6	2,1	2,6	3,5	4,7	6,3	8,3	11,2	15,1
Contínua (3x441-480 V) [A]	1,0	1,2	1,8	2,0	2,9	3,9	4,3	6,8	9,4	12,6
Intermitente (sobrecarga 60 s) [A]	1,9	2,6	3,4	4,2	5,6	7,5	10,1	13,3	17,9	24,2
Especificações adicionais										
Máxima seção transversal do cabo (rede elétrica, motor, freio e divisão da carga) [mm^2 (AWG)]	4 (12)									
Perda de energia estimada na carga máxima nominal [W][2)]	20,88	25,16	30,01	40,01	52,91	73,97	94,81	115,5	157,54	192,83
Peso [kg (lb)], características nominais de proteção IP20 do gabinete metálico	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)	3,6 (7,9)	3,6 (7,9)	4,1 (9,0)
Eficiência [%][3)]	96,2	97,0	97,2	97,4	97,4	97,6	97,5	97,6	97,7	98,0

Tabela 4.1 Alimentação de rede elétrica 3x380–480 V AC - serviço pesado[1)]

Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

Potência no eixo típica do conversor de frequência [kW (hp)]	H11K 11 (15)	H15K 15 (20)	H18K 18,5 (25)	H22K 22 (30)	H30K 30 (40)	H37K 37 (50)	H45K 45 (60)	H55K 55 (75)	H75K 75 (100)
Características nominais de proteção do gabinete metálico IP20	J4	J4	J5	J5	J6	J6	J6	J7	J7
Corrente de saída									
Contínua (3x380–440 V) [A]	23	31	37	42,5	61	73	90	106	147
Contínua (3x441-480 V) [A]	21	27	34	40	52	65	77	96	124
Intermitente (sobrecarga 60 s) [A]	34,5	46,5	55,5	63,8	91,5	109,5	135	159	220,5
Contínua kVA (400 V CA) [kVA]	15,94	21,48	25,64	29,45	42,3	50,6	62,4	73,4	101,8
Contínua kVA (480 V CA) [kVA]	17,5	22,4	28,3	33,3	43,2	54,0	64,0	79,8	103,1
Corrente de entrada máxima									
Contínua (3x380–440 V) [A]	22,1	29,9	35,2	41,5	57	70,3	84,2	102,9	140,3
Contínua (3x441-480 V) [A]	18,4	24,7	29,3	34,6	49,3	60,8	72,7	88,8	121,1
Intermitente (sobrecarga 60 s) [A]	33,2	44,9	52,8	62,3	85,5	105,5	126,3	154,4	210,5
Especificações adicionais									
Tamanho máximo do cabo (rede elétrica, motor, freio) [mm^2 (AWG)]	16 (6)				50 (1/0)				95 (3/0)
Perda de energia estimada na carga máxima nominal [W][2)]	289,53	393,36	402,83	467,52	630	848	1175	1250	1507
Peso [kg (lb)], características nominais de proteção IP20 do gabinete metálico	9,4 (20,7)	9,5 (20,9)	12,3 (27,1)	12,5 (27,6)	22,4 (49,4)	22,5 (49,6)	22,6 (49,8)	37,3 (82,2)	38,7 (85,3)
Eficiência [%][3)]	97,8	97,8	98,1	97,9	98,1	98,0	97,7	98,0	98,2

Tabela 4.2 Alimentação de rede elétrica 3x380–480 V AC - serviço pesado[1)]

Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

4

Potência no eixo típica do conversor de frequência [kW (hp)]	Q11K 11 (15)	Q15K 15 (20)	Q18K 18,5 (25)	Q22K 22 (30)	Q30K 30 (40)	Q37K 37 (50)	Q45K 45 (60)	Q55K 55 (75)	Q75K 75 (100)
Características nominais de proteção do gabinete metálico IP20	J4	J4	J5	J5	J6	J6	J6	J7	J7
Corrente de saída									
Contínua (3x380–440 V) [A]	23	31	37	42,5	61	73	90	106	147
Contínua (3x441-480 V) [A]	21	27	34	40	52	65	77	96	124
Intermitente (sobrecarga 60 s) [A]	25,3	34,1	40,7	46,8	67,1	80,3	99	116,6	161,7
Contínua kVA (400 V CA) [kVA]	15,94	21,48	25,64	29,45	42,3	50,6	62,4	73,4	101,8
Contínua kVA (480 V CA) [kVA]	17,5	22,4	28,3	33,3	43,2	54,0	64,0	79,8	103,1
Corrente de entrada máxima									
Contínua (3x380–440 V) [A]	22,1	29,9	35,2	41,5	57	70,3	84,2	102,9	140,3
Contínua (3x441-480 V) [A]	18,4	24,7	29,3	34,6	49,3	60,8	72,7	88,8	121,1
Intermitente (sobrecarga 60 s) [A]	24,3	32,9	38,7	45,7	62,7	77,3	92,6	113,2	154,3
Especificações adicionais									
Tamanho máximo do cabo (rede elétrica, motor, freio) [mm^2 (AWG)]	16 (6)				50 (1/0)				95 (3/0)
Perda de energia estimada na carga máxima nominal [W][2)]	289,53	393,36	402,83	467,52	630	848	1175	1250	1507
Peso [kg (lb)], características nominais de proteção IP20 do gabinete metálico	9,4 (20,7)	9,5 (20,9)	12,3 (27,1)	12,5 (27,6)	22,4 (49,4)	22,5 (49,6)	22,6 (49,8)	37,3 (82,2)	38,7 (85,3)
Eficiência [%][3)]	97,8	97,8	98,1	97,9	98,1	98,0	97,7	98,0	98,2

Tabela 4.3 Alimentação de rede elétrica 3x380-480 V CA - serviço normal[1)]

1) Serviço pesado=150-160% corrente durante 60 s; serviço normal=110% corrente durante 60 s.

2) 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). Motores com menor eficiência aumentam a perda de energia no conversor de frequência e motores com alta eficiência reduzem a perda de energia.

Aplica-se ao dimensionamento do resfriamento do conversor de frequência. Se a frequência de chaveamento for maior que a configuração padrão, as perdas de energia podem aumentar. LCP e típico consumo de energia do cartão de controle estão incluídos. Outras opções e a carga do cliente podem adicionar até 30 W às perdas (embora normalmente sejam apenas 4 W extras para um cartão de controle totalmente carregado, fieldbus ou opções para o slot B).

Para sabe os dados de perda de energia de acordo com EN 50598-2, consulte www.danfoss.com/vltenergyefficiency.

3) Medido usando cabos de motor blindados de 5 m com carga nominal e frequência nominal para os tamanhos de gabinete J1–J5 e usando cabos do motor blindados de 33 m com carga nominal e frequência nominal para tamanhos de gabinete J6 e J7. Para obter a classe de eficiência energética, consulte Condições do ambiente em capétulo 4 Especificações. Para saber as perdas de carga parcial, consulte www.danfoss.com/vltenergyefficiency.

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

4.2 Especificações Gerais

Alimentação de rede elétrica (L1, L2, L3)	
Terminais de alimentação	L1, L2, L3
Tensão de alimentação	380–480 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 as fases da 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)
Chaveamento na alimentação de entrada L1, L2, L3 (energizações) ≤7,5 kW (10 hp)	Máximo 2 vezes/minuto
Chaveamento na alimentação de entrada L1, L2, L3 (energizações) 11–75 kW (15–100 hp)	Máximo de 1 vez/minuto

A unidade é adequada para uso em um circuito capaz de fornecer menos do que 5000 Ampères RMS simétricos, 480 V no máximo.

Saída do Motor (U, V, W)	
Tensão de saída	0–100% da tensão de alimentação
Frequência de saída em modo U/f (para motor AM)	0–500 Hz
Frequência de saída em modo VVC+ (para motor AM)	0–200 Hz
Frequência de saída em modo VVC+ (para motor PM)	0–400 Hz
Chaveamento na saída	Ilimitado
Tempo de rampa	0,01–3600 s

Características do torque	
Torque de partida (sobrecarga alta)	Máximo 160% durante 60 s[1)2)]
Torque de sobrecarga (sobrecarga alta)	Máximo 160% durante 60 s[1)2)]
Torque de partida (sobrecarga normal)	Máximo 110% durante 60 s[1)2)]
Torque de sobrecarga (sobrecarga normal)	Máximo 110% durante 60 s[1)2)]
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 de 150% para conversores de frequência de 11–75 kW (15–100 hp).
2) Uma vez a cada 10 minutos.

Comprimentos de cabo e seções transversais[1)]	
Comprimento de cabo de motor máximo, blindado	50 m (164 pés)
Comprimento de cabo de motor máximo, não blindado	0,37-22 kW (0,5-30 hp): 75 m (246 pés), 30–75 kW (40–100 hp): 100 m (328 pés)
Seção transversal máxima para terminais de controle, fio flexível/rígido	2,5 mm²/14 AWG
Seção transversal máxima para terminais de controle	0,55 mm²/30 AWG

1) Para cabos de energia, consulte Tabela 4.1 a Tabela 4.3.

Entradas digitais	
Entradas digitais programáveis	7
Número do terminal	18, 19, 27[1)], 29[1)], 31, 32, 33
Lógica	PNP ou NPN
Nível de tensão	0–24 V CC
Nível de tensão, lógica 0 PNP	< 5 VCC
Nível de tensão, lógica 1 PNP	> 10 VCC
Nível de tensão, lógica 0 NPN	> 19 VCC
Nível de tensão, lógica 1 NPN	< 14 VCC
Tensão máxima na entrada	28 V CC
Faixa de frequência de pulso	4 Hz-32 kHz

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

Largura de pulso mínima (ciclo útil)	4,5 ms
Resistência de entrada, R_i	Aproximadamente 4 kΩ

1) Os terminais 27 e 29 também podem ser programados como saídas.

Entradas analógicas	
Número de entradas analógicas	2
Número do terminal	53, 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 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% do fundo de escala
Largura de banda	100 Hz

As entradas analógicas são isoladas galvanicamente da tensão de alimentação (PELV) e de outros terminais de alta tensão.

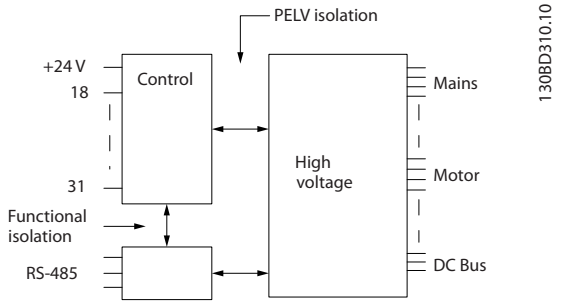


Ilustração 4.1 Entradas Analógicas

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.

Entradas de pulso	
Entradas de pulso programáveis	2
Número do terminal do pulso	29, 33
Frequência máxima nos terminais 29, 33	32 kHz (acionado por push-pull)
Frequência máxima nos 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 V CC
Resistência de entrada, R_i	Aproximadamente 4 kΩ
Precisão da entrada de pulso	Erro máximo: 0,1% do fundo de escala

Saídas analógicas	
Número de saídas analógicas programáveis	2
Número do terminal	45, 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

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

Resolução na saída analógica	10 bits

A saída analógica 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).

Saídas digitais	
Saídas digitais/de pulso programáveis	2
Número do terminal	27, 29[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) Os terminais 27 e 29 também podem ser programados como saídas.

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

Cartão de controle, saída 24 V CC	
Número do terminal	12
Carga máxima	100 mA

A fonte de alimentação de 24 V CC está isolada galvanicamente da tensão de alimentação (PELV), mas está no mesmo potencial das entradas e saídas digital e analógica.

Saídas do relé	
Saídas de relé programáveis	2
Relé 01 e 02	01–03 (NF), 01–02 (NA), 04–06 (NF), 04–05 (NA)
Carga máxima do terminal (CA-1)[1)] em 01–02/04–05 (NA) (carga resistiva)	250 V CA, 3 A
Carga máxima do terminal (CA-15)[1)] em 01–02/04–05 (NA) (carga indutiva @ cosφ 0,4)	250 V CA, 0,2 A
Carga máxima do terminal (CC-1)[1)] em 01–02/04–05 (NA) (carga resistiva)	30 V CC, 2 A
Carga máxima do terminal (CC-13)[1)] em 01–02/04–05 (NA) (carga indutiva)	24 V CC, 0,1 A
Carga máxima do terminal (CA-1)[1)] em 01–03/04–06 (NF) (carga resistiva)	250 V CA, 3 A
Carga máxima do terminal (CA-15)[1)]em 01–03/04–06 (NF) (carga indutiva @ cosφ 0,4)	250 V CA, 0,2 A
Carga máxima do terminal (CC-1)[1)] em 01–03/04–06 (NF) (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 t 4 e 5.
Os contatos do relé são isolados galvanicamente do resto do circuito por isolação reforçada.
Os relés podem ser usados em diferentes cargas (carga resistiva ou carga indutiva) com diferentes ciclos de vida útil. O ciclo de vida útil depende da configuração da carga específica.

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.

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

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

Precisão da velocidade (malha fechada)	±0,1% da velocidade nominal

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

Condições ambiente	
Tamanho do gabinete J1-J7	IP20
Teste de vibração, todos os tamanhos de gabinete	1,0 g
Umidade relativa	5–95% (IEC 721-3-3); Classe 3K3 (não condensante) durante a operação
Ambiente agressivo (IEC 60068-2-43) teste com H_2S	Classe Kd
O método de teste está em conformidade com a IEC 60068-2-43 H_2S (10 dias)	
Temperatura ambiente (no modo de chaveamento 60 AVM)	
- com derating	Máximo 55 °C (131 °F) [1)2)]
- em corrente de saída contínua plena com alguma potência	Máximo 50 °C (122 °F)
- em corrente de saída contínua plena	Máximo 45 °C (113 °F)
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 a +65/70 °C (-13 a +149/158 °F)
Altitude máxima acima do nível do mar, sem derating	1.000 m (3,281 pés)
Altitude máxima acima do nível do mar, sem derating	3.000 m (9.843 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
Classe de eficiência energética[3)]	IE2

1) Consulte capétulo 4.7 Condições especiais para:

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

2) Para evitar a superaquecimento do cartão de controle nas variantes PROFIBUS e PROFINET de VLT® AutomationDrive FC 360, evite carga de E/S digital/analógica completa em temperatura ambiente superior a 45 °C (113 °F).
3) 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.*

Desempenho do cartão de controle	
Intervalo de varredura	1 ms

Proteção e recursos

- Proteção de motor térmica eletrônica contra sobrecarga.
- O monitoramento de temperatura do dissipador de calor garante que o conversor de frequência desarme quando a temperatura atingir um nível predefinido. Uma temperatura de sobrecarga não pode ser redefinida até que a temperatura do dissipador de calor esteja abaixo do limite de temperatura.
- O conversor de frequência está protegido contra curtos-circuitos nos terminais U, V, W do motor.
- Se estiver faltando uma fase da rede elétrica, o conversor de frequência desarma ou emite uma advertência (dependendo da carga e da programação do parâmetro).
- O monitoramento da tensão no circuito intermediário garante que o conversor de frequência desarme quando a tensão do circuito intermediário estiver muito baixa ou muito alta.
- O conversor de frequência está protegido contra falhas de aterramento nos terminais do motor U, V, W.

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

4.3 Fusíveis

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, disjuntor e máquinas contra curto-circuito e sobrecorrente de acordo com as regulamentações nacionais/internacionais.

AVISO!

As recomendações não cobrem a proteção do circuito de derivação para UL.

Tabela 4.4 lista os fusíveis recomendados que foram testados.

⚠ADVERTÊNCIA

RISCO DE FERIMENTOS PESSOAIS E DANOS AO EQUIPAMENTO
Mau funcionamento ou falha em seguir as recomendações pode resultar em risco pessoal e danos ao conversor de frequência e a outros equipamentos.

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

AVISO!

O uso de fusíveis ou disjuntores é obrigatório para garantir a conformidade com a IEC 60364 para CE.

A Danfoss recomenda usar os fusíveis em *Tabela 4.4* em um circuito capaz de fornecer 100.000 A_{rms} (simétrico), 380–480 V dependendo das características nominais de tensão do conversor de frequência. Com o fusível adequado, as características nominais da corrente de curto circuito (SCCR) do conversor de frequência é de 100.000 A_{rms}.

Tamanho do gabinete	Potência [kW (hp)]	Fusível em conformidade com a CE
J1	0,37–1,1 (0,5–1,5)	gG-10
	1,5 (2)	
	2,2 (3)	
J2	3,0 (4)	gG-25
	4,0 (5,5)	
	5,5 (7,5)	
J3	7,5 (10)	gG-32
J4	11–15 (15–20)	gG-50
J5	18,5 (25)	gG-80
	22 (30)	
J6	30 (40)	gG-125
	37 (50)	
	45 (60)	
J7	55 (75)	aR-250
	75 (100)	

Tabela 4.4 Fusível CE, 380–480 V, tamanhos do gabinete J1–J7

4.4 Eficiência

Eficiência do conversor de frequência (η_{VLT})
A carga do conversor de frequência não influi muito na sua eficiência. No geral, a eficiência é a mesma que a frequência nominal do motor $f_{M,N}$, mesmo se o motor fornecer 100% do torque nominal do eixo ou somente 75%, por exemplo, no caso de cargas parciais.

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

A eficiência diminui um pouco quando a frequência de chaveamento é definida para um valor acima do valor padrão. A eficiência também é levemente reduzida se a tensão de rede for de 480 V ou se o cabo de motor for maior que 30 m.

Cálculo da eficiência do conversor de frequência
Calcule a eficiência do conversor de frequência em diferentes cargas com base em *Ilustração 4.2*. O fator neste gráfico deve ser multiplicado pelo fator de eficiência específico, listado nas tabelas de especificação:

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

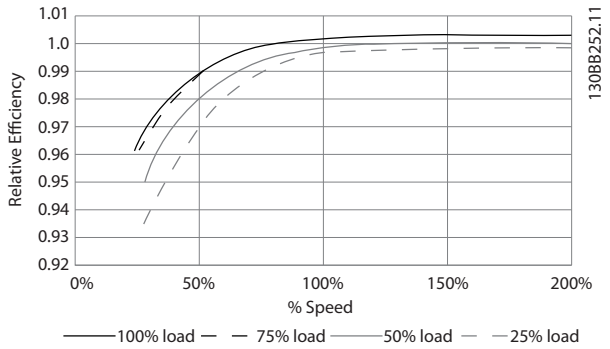


Ilustração 4.2 Curvas de eficiência típica

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 como no caso em que a operação é realizada com o motor conectado diretamente à 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, tanto quando é controlada pelo conversor de frequência quanto quando é executada diretamente na rede elétrica.

Nos motores pequenos, a influência da característica U/f sobre a eficiência é marginal. No entanto, em motores a partir de 11 kW (15 hp), as vantagens são significativas.

De modo geral a frequência de chaveamento não afeta a eficiência de motores pequenos. Os motores de 11 kW (15 hp) e acima atingem melhorias de eficiência de 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}):
$\eta_{SYSTEMA} = \eta_{VLT} \times \eta_{MOTOR}$

4.5 Ruído acústico

O ruído acústico do conversor de frequência é proveniente de 3 fontes:

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

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

Tamanho do gabinete	50% velocidade do ventilador [dBA]	Velocidade máxima de ventilador [dBA]
J1 (0,37–2,2 kW/0,5–3,0 hp)	N.A.[1)]	51
J2 (3,0–5,5 kW/4,0–7,5 hp)	N.A.[1)]	55
J3 (7,5 kW/10 hp)	N.A.[1)]	54
J4 (11–15 kW/15–20 hp)	52	66
J5 (18,5–22 kW/25–30 hp)	57,5	63
J6 (30–45 kW/40–60 hp)	56	71
J7 (55–75 kW/75–100 hp)	63	72

Tabela 4.5 Valores medidos típicos

1) Para J1-J3, a velocidade do ventilador é fixa.

4.6 Condições dU/dt

No chaveamento de um transistor na ponte do conversor de frequência, a tensão no motor aumenta por uma razão dU/dt, dependendo destes 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 provoca um U_{PICO} de overshoot na tensão do motor, antes do motor estabilizar em um nível, dependendo da tensão no circuito intermediário. 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, os motores sem isolamento da bobina de fase serão afetados. Quanto mais longo o cabo de motor, maiores o tempo de subida e a tensão de pico.

A tensão de pico nos terminais do motor é causada pelo chaveamento dos IGBTs. O FC 360 está em conformidade com a norma IEC 60034-25 relativa a motores projetados para serem controlados por conversores de frequência. O FC 360 também está em conformidade com a norma IEC 60034-17 relativa aos controles do motor Norm por conversores de frequência.
Os seguintes dados dU/dt são medidos no lado do terminal do motor:

Comprimento de cabo [m (pés)]	Tensão de rede elétrica [V]	Tempo de subida [µs]	U_{PEAK} [kV]	dU/dt [kV/µs]
5 (16,4)	400	0,164	0,98	5,4
50 (164)	400	0,292	1,04	2,81
5 (16,4)	480	0,168	1,09	5,27
50 (164)	480	0,32	1,23	3,08

Tabela 4.6 Dados de dU/dt para FC 360, 2,2 kW (3,0 hp)

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

Comprimento de cabo [m (pés)]	Tensão de rede elétrica [V]	Tempo de subida [µs]	U_{PEAK} [kV]	dU/dt [kV/µs]
5 (16,4)	400	0,18	0,86	3,84
50 (164)	400	0,376	0,96	2,08
5 (16,4)	480	0,196	0,97	3,98
50 (164)	480	0,38	1,19	2,5

Tabela 4.7 Dados de dU/dt para FC 360, 5,5 kW (7,5 hp)

Comprimento de cabo [m (pés)]	Tensão de rede elétrica [V]	Tempo de subida [µs]	U_{PEAK} [kV]	dU/dt [kV/µs]
5 (16,4)	400	0,166	0,992	4,85
50 (164)	400	0,372	1,08	2,33
5 (16,4)	480	0,168	1,1	5,2
50 (164)	480	0,352	1,25	2,85

Tabela 4.8 Dados de dU/dt para FC 360, 7,5 kW (10 hp)

Comprimento de cabo [m (pés)]	Tensão de rede elétrica [V]	Tempo de subida [µs]	U_{PEAK} [kV]	dU/dt [kV/µs]
5 (16,4)	400	0,224	0,99	3,54
50 (164)	400	0,392	1,07	2,19
5 (16,4)	480	0,236	1,14	3,87
50 (164)	480	0,408	1,33	2,61

Tabela 4.9 Dados de dU/dt para FC 360, 15 kW (20 hp)

Comprimento de cabo [m (pés)]	Tensão de rede elétrica [V]	Tempo de subida [µs]	U_{PEAK} [kV]	dU/dt [kV/µs]
5 (16,4)	400	0,272	0,947	2,79
50 (164)	400	0,344	1,03	2,4
5 (16,4)	480	0,316	1,01	2,56
50 (164)	480	0,368	1,2	2,61

Tabela 4.10 Dados de dU/dt para FC 360, 22 kW (30 hp)

Comprimento de cabo [m (pés)]	Tensão de rede elétrica [V]	Tempo de subida [µs]	U_{PEAK} [kV]	dU/dt [kV/µs]
5 (16,4)	400	0,212	0,81	3,08
53 (174)	400	0,294	0,94	2,56
5 (16,4)	480	0,228	0,95	3,37
53 (174)	480	0,274	1,11	3,24

Tabela 4.11 Dados de dU/dt para FC 360, 37 kW (50 hp)

Comprimento de cabo [m (pés)]	Tensão de rede elétrica [V]	Tempo de subida [µs]	U_{PEAK} [kV]	dU/dt [kV/µs]
5 (16,4)	400	0,14	0,64	3,60
50 (164)	400	0,548	0,95	1,37
5 (16,4)	480	0,146	0,70	3,86
50 (164)	480	0,54	1,13	1,68

Tabela 4.12 Dados de dU/dt para FC 360, 45 kW (60 hp)

Comprimento de cabo [m (pés)]	Tensão de rede elétrica [V]	Tempo de subida [µs]	U_{PEAK} [kV]	dU/dt [kV/µs]
5 (16,4)	400	0,206	0,91	3,52
54 (177)	400	0,616	1,03	1,34
5 (16,4)	480	0,212	1,06	3,99
54 (177)	480	0,62	1,23	1,59

Tabela 4.13 Dados de dU/dt para FC 360, 55 kW (75 hp)

Comprimento de cabo [m (pés)]	Tensão de rede elétrica [V]	Tempo de subida [µs]	U_{PEAK} [kV]	dU/dt [kV/µs]
5 (16,4)	400	0,232	0,81	2,82
50 (164)	400	0,484	1,03	1,70
5 (16,4)	480	0,176	1,06	4,77
50 (164)	480	0,392	1,19	2,45

Tabela 4.14 Dados de dU/dt para FC 360, 75 kW (100 hp)

4.7 Condições especiais

Em algumas condições especiais, em que a operação do conversor de frequência é contestada, considere a possibilidade de derating. Em algumas condições, o derating deve ser feito manualmente.
Em outras condições, o conversor de frequência executa automaticamente um grau de derating quando necessário. O derating é feito para garantir o desempenho em

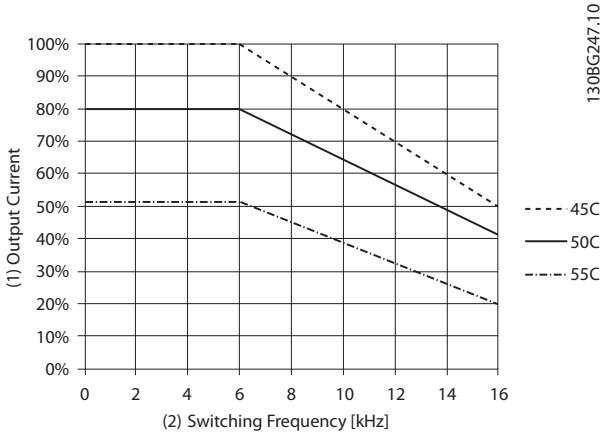
 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

estágios críticos em que a alternativa poderia ser um desarme.

4.7.1 Derating manual

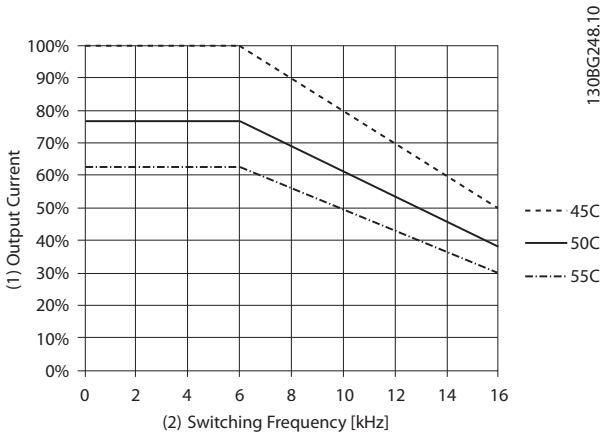
O derating manual deve ser considerado para:

- Pressão do ar – para instalação em altitudes acima de 1.000 m (3.281 pés).
- Velocidade do motor – em operação contínua a RPM baixas em aplicações de torque constante.
- A temperatura ambiente – acima 45 °C (113 °F), para uns tipos acima 50 °C (122 °F); para obter detalhes, consulte *Ilustração 4.3* a *Ilustração 4.9*, *Tabela 4.15* e *Tabela 4.16*.



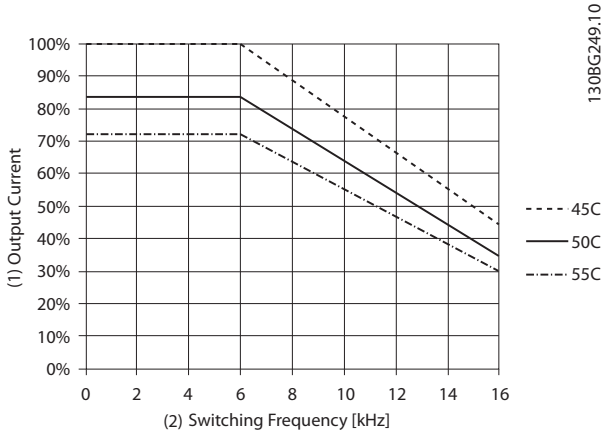
(1)	Corrente de saída
(2)	Frequência de chaveamento [kHz]

Ilustração 4.3 Curva de derating J1



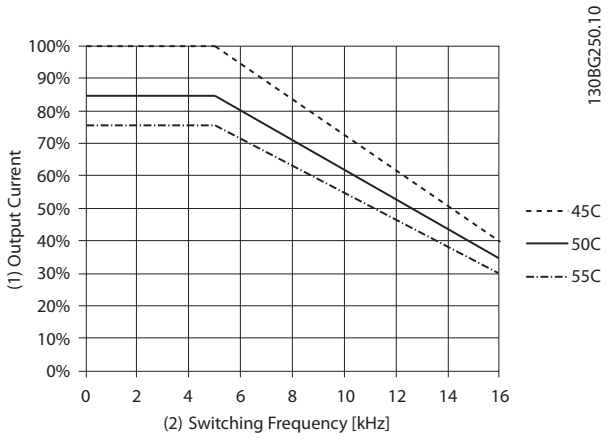
(1)	Corrente de saída
(2)	Frequência de chaveamento [kHz]

Ilustração 4.4 Curva de derating J2



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

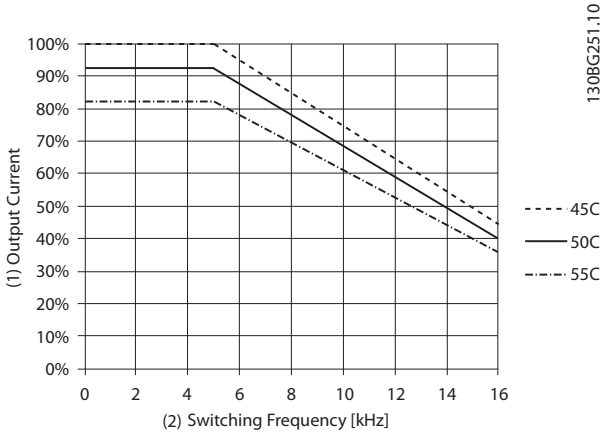
Ilustração 4.5 Curva de derating J3



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

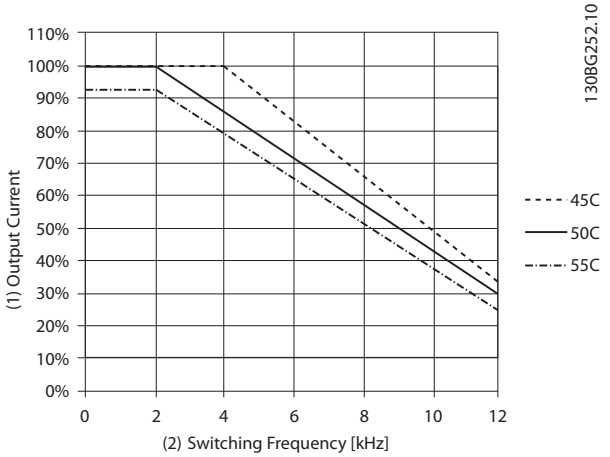
Ilustração 4.6 Curva de derating J4

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.



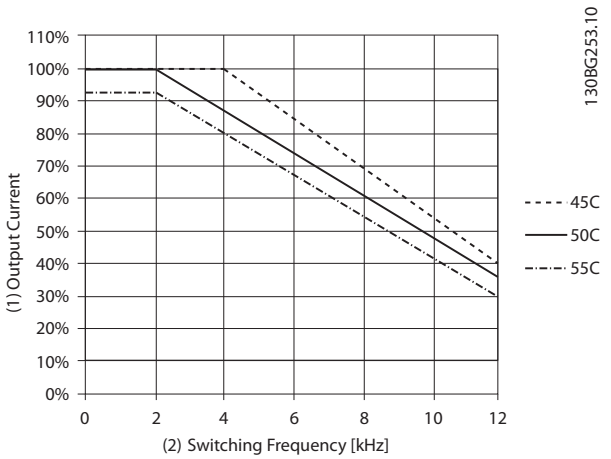
(1)	Corrente de saída
(2)	Frequência de chaveamento [kHz]

Ilustração 4.7 Curva de derating J5



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

Ilustração 4.8 Curva de derating J6



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

Ilustração 4.9 Curva de derating J7

Tamanho do gabinete	Potência [kW (hp)]	Corrente de saída máxima a 45 °C	Corrente de saída máxima a 50 °C
J1	0,37 (0,5)	1,2	1,2
	0,55 (0,75)	1,7	1,7
	0,75 (1,0)	2,2	2,2
	1,1 (1,5)	3,0	3,0
	1,5 (2,0)	3,7	3,0
	2,2 (3,0)	5,3	4,1
J2	3 (4)	7,2	7,2
	4 (5,5)	9,0	9,0
	5,5 (7,5)	12,0	10,2
J3	7,5 (10)	15,5	13,1
J4	11 (15)	23,0	23,0
	15 (20)	31,0	26,0
J5	18,5 (25)	37,0	37,0
	22 (30)	42,5	40,0
J6	30 (40)	61	61
	37 (50)	73	73
	45 (60)	90	77
J7	55 (75)	106	106
	75 (100)	147	125

Tabela 4.15 Derating a 380 V

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

Tamanho do gabinete	Potência [kW]	Corrente de saída máxima a 45 °C	Corrente de saída máxima a 50 °C
J1	0,37 (0,5)	1,1	1,1
	0,55 (0,75)	1,6	1,6
	0,75 (1,0)	2,1	2,1
	1,1 (1,5)	3,0	2,8
	1,5 (2,0)	3,4	2,8
	2,2 (3,0)	4,8	3,8
J2	3 (4)	6,3	6,3
	4 (5,5)	8,2	8,2
	5,5 (7,5)	11,0	9,4
J3	7,5 (10)	14,0	11,9
J4	11 (15)	21,0	21,0
	15 (20)	27,0	22,6
J5	18,5 (25)	34,0	34,0
	22 (30)	40,0	37,7
J6	30 (40)	52	52
	37 (50)	65	65
	45 (60)	77	76
J7	55 (75)	96	96
	75 (100)	124	117

Tabela 4.16 Derating a 480 V

4.7.2 Derating automático

O conversor de frequência verifica constantemente se há níveis críticos:

- Alta temperatura crítica no cartão de controle ou no dissipador de calor.
- Alta carga do motor.
- Baixa velocidade do motor.
- Sinais de proteção (sobretensão/subtensão, sobrecarga de corrente, falha de aterramento e curto-circuito) são acionados.

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

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

	Tamanho do gabinete	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7
Potência [kW (hp)]	**Trifásico 380–480 V**	0,37–2,2 (0,5–3,0)	3,0–5,5 (4,0–7,5)	7,5 (10)	11–15 (15–20)	18,5–22 (25–30)	30–45 (40–60)	55–75 (75–100)
Dimensões [mm (pol)]	Altura A	210 (8,3)	272,5 (10,7)	272,5 (10,7)	317,5 (12,5)	410 (16,1)	515 (20,3)	550 (21,7)
	Largura B	75 (3,0)	90 (3,5)	115 (4,5)	133 (5,2)	150 (5,9)	233 (9,2)	308 (12,1)
	Profundidade C	168 (6,6)	168 (6,6)	168 (6,6)	245 (9,6)	245 (9,6)	241 (9,5)	323 (12,7)
	Profundidade C com opção B	173 (6,8)	173 (6,8)	173 (6,8)	250 (9,8)	250 (9,8)	241 (9,5)	323 (12,7)
Peso [kg (lb)]	IP20	0,37–1,5 kW/ 0,5–2,0 hp: 2,3 (5,1)	3,6 (7,9)	4,1 (9,0)	11 kW/15 hp: 9,4 (20,7)	18,5 kW/25 hp: 12,3 (27,1)	30 kW/40 hp: 22,4 (49,4) 37 kW/50 hp: 22,5 (49,6)	55 kW/75 hp: 37,3 (82,2)
		2,2 kW/3,0 hp: 2,5 (5,5)			15 kW/20 hp: 9,5 (20,9)	22 kW/30 hp: 12,5 (27,6)	45 kW/60 hp: 22,6 (49,8)	75 kW/100 hp: 38,7 (85,3)
Orifício para montagem [mm (pol)]	a	198 (7,8)	260 (10,2)	260 (10,2)	297,5 (11,7)	390 (15,4)	495 (19,49)	521 (20,5)
	b	60 (2,4)	70 (2,8)	90 (3,5)	105 (4,1)	120 (4,7)	200 (7,87)	270 (10,63)
	c	5 (0,2)	6,4 (0,25)	6,5 (0,26)	8 (0,32)	7,8 (0,31)	140 (5,5)	204 (8,0)
	d	9 (0,35)	11 (0,43)	11 (0,43)	12,4 (0,49)	12,6 (0,5)	8,5 (0,33)	8,5 (0,33)
	e	4,5 (0,18)	5,5 (0,22)	5,5 (0,22)	6,8 (0,27)	7 (0,28)	8,5 (0,33)	8,5 (0,33)
	f	7,3 (0,29)	8,1 (0,32)	9,2 (0,36)	11 (0,43)	11,2 (0,44)	8,5 (0,33)	8,5 (0,33)

Tabela 4.17 Tamanhos do gabinete metálico, valor nominal da potência e dimensões

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

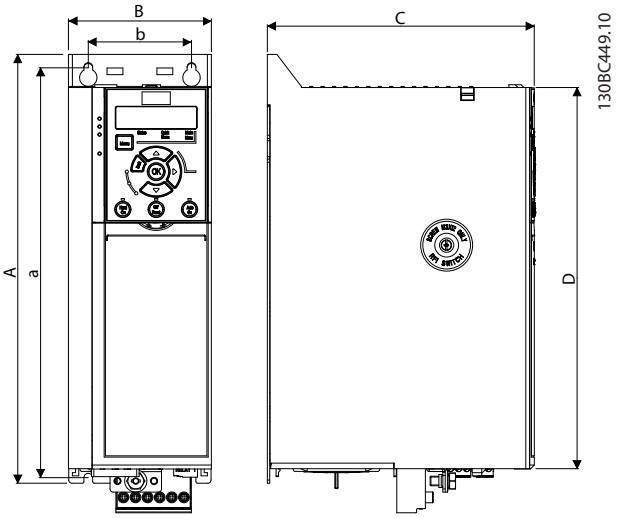


Ilustração 4.10 Dimensões

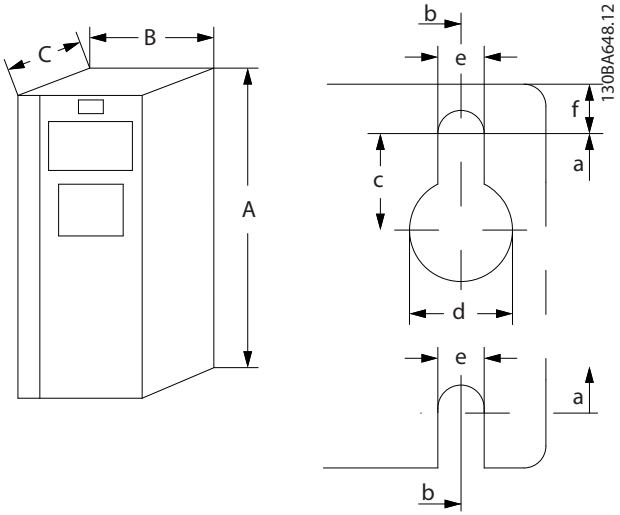


Ilustração 4.11 Orifícios para montagem superior e inferior J1–J5

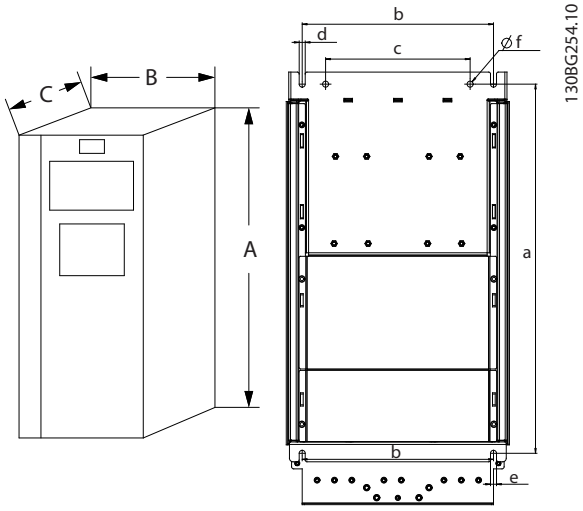


Ilustração 4.12 Orifícios para montagem superior e inferior J6--J7

Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

5 Instalação e setup do RS485

5.1 Introdução

5.1.1 Visão Geral

RS485 é uma interface do barramento de 2 fios compatível com a topologia de rede de multi-distribuição. Os nós podem ser conectados como um barramento ou através de cabos suspensos de uma linha tronco comum. 32 nós no total podem ser conectados a um segmento de rede.
Repetidores dividem segmentos de rede; consulte *Ilustração 5.1*.

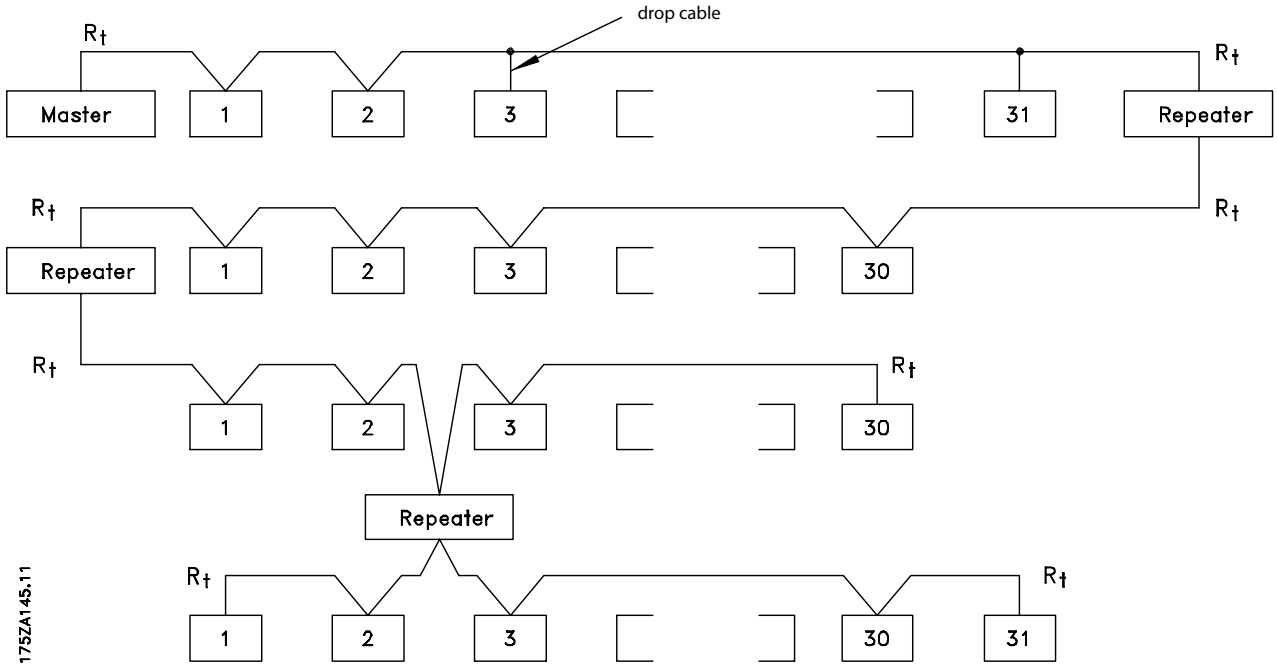


Ilustração 5.1 Interface de barramento RS485

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 único entre todos os segmentos.

Cada segmento deve estar com terminação em ambas as extremidades; para isso utilize a chave de terminação (S801) dos conversores de frequência ou um banco de resistores de terminação polarizado. Sempre use cabos de par trançado blindados (STP) para cabeamento de barramento e siga as boas práticas de instalação.

A conexão do terra de baixa impedância da blindagem em cada nó é importante, inclusive em frequências altas. Assim, conecte uma grande superfície da blindagem a terra, por exemplo, com uma braçadeira de cabo ou uma bucha condutora. Às vezes, é necessário aplicar cabos de equalização de potencial para manter o mesmo potencial de aterramento em toda a rede, particularmente em instalações com cabos longos.
Para evitar descasamento de impedância, use o mesmo tipo de cabo em toda a rede. Ao conectar um motor ao conversor de frequência, utilize sempre um cabo de motor blindado.

Cabo	Par trançado blindado (STP)
Impedância [Ω]	120
Comprimento de cabo [m (pés)]	Máximo 1.200 m (3.937 pés), incluindo linhas de dispositivo. Máximo 500 m (1.640 pés) entre estações.

Tabela 5.1 Especificações de cabo

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

5.1.2 Conexão de rede

Conecte o conversor de frequência à rede RS485 da seguinte forma (consulte 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 blindados.

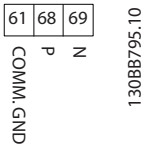


Ilustração 5.2 Conexão de rede

5.1.3 Setup de hardware

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

A configuração de fábrica para o interruptor é OFF.

5.1.4 Programação dos parâmetros da 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!** **O intervalo de endereços depende do protocolo selecionado em *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 em *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 em *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. Esta função é para contornar 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.
Parâmetro 8-37 Atraso Máximo Entre Caracteres	Se a transmissão for interrompida, especifique um tempo de atraso máximo entre 2 bytes recebidos para garantir o tempo limite. **AVISO!** **A seleção padrão depende do protocolo selecionado em *parâmetro 8-30 Protocolo*.**

Tabela 5.2 Programação dos parâmetros da comunicação do Modbus

5.1.5 Precauções com EMC

Para obter uma operação livre de interferências da rede RS485, a Danfoss recomenda as seguintes precauções de EMC.

AVISO!

Observe as normas locais e nacionais relevantes, por exemplo, em relação à conexão do aterramento de proteção. Para evitar o acoplamento de ruído de alta frequência entre os cabos, mantenha o cabo de comunicação RS485 longe dos cabos do motor e do resistor de frenagem. Normalmente, uma distância de 200 mm (8 pol.) é suficiente. Mantenha a maior distância possível entre os cabos, especialmente onde os cabos correm paralelamente por longas distâncias. Quando o cruzamento for inevitável, o cabo RS485 deve cruzar os cabos de motor e do resistor de frenagem em um ângulo de 90°.

5.2 Protocolo Danfoss FC

5.2.1 Visão Geral

O Protocolo Danfoss FC, também conhecido como barramento FC ou barramento padrão, é o fieldbus Danfoss padrão. 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 em si nunca pode transmitir sem

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

primeiro ser solicitado a fazê-lo, e a transferência direta de telegramas entre os escravos individuais não é possível. A comunicação ocorre no modo semi-duplex.
A função do mestre não pode ser transferida para um outro nó (sistema de mestre único).

A camada física é RS485, utilizando, assim, 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 FC fornece acesso à palavra de controle e à referência de barramento do conversor de frequência.

A palavra de controle permite ao mestre do Modbus 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 por freio CC.
  - Parada normal (rampa).
- Reinicializar após um desarme por falha.
- Funcionar em várias velocidades predefinidas.
- Funcionar em reverso.
- Alteração da configuração ativa.
- Controle dos 2 relés embutidos no conversor de frequência.

A referência de barramento é comumente usada para controle de velocidade. Também é possível acessar os parâmetros, ler seus valores e, onde for possível, inserir valores neles. O acesso aos parâmetros oferece uma gama de opções de controle, incluindo o controle do setpoint do conversor de frequência quando o controlador PI interno é usado.

5.3 Configuração de rede

Para ativar o protocolo FC do 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 garantido por meio de um bit de paridade. Este bit é definido como 1 quando atinge a paridade. Paridade é quando há um número igual de 1s nos 8 bits de dados e o bit de paridade no total. Um stop bit completa um caractere, consistindo em 11 bits ao todo.

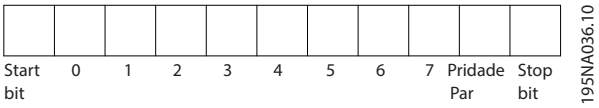


Ilustração 5.3 Conteúdo de um caractere

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.

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

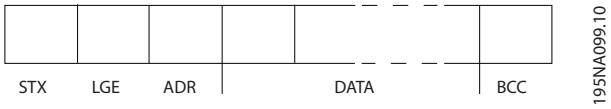


Ilustração 5.4 Estrutura do telegrama

5.4.3 Comprimento do telegrama (LGE)

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

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) 10 representa os caracteres fixos, enquanto n é variável (dependendo do tamanho do texto).

5.4.4 Endereço do conversor de frequência (ADR)

Formato de endereço 1–126

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

O escravo retorna o byte de endereço inalterado ao mestre no telegrama de resposta.

5.4.5 Byte de controle dos dados (BCC)

A soma de verificação é calculada como uma função XOR. Antes de receber o primeiro byte no telegrama, a soma de verificação calculada é 0.

5.4.6 O Campo de dados

A estrutura dos blocos de dados depende do tipo de telegrama. Existem 3 tipos de telegrama e o tipo se aplica para os telegramas de controle (mestre⇒escravo) e os telegramas de resposta (escravo⇒mestre).

Os 3 tipos de telegrama são:

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

- Palavra de controle e valor de referência (de mestre para escravo).
- Status word e a frequência de saída atual (do escravo para o mestre).

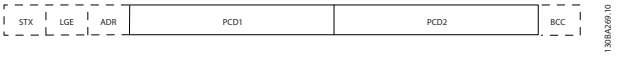


Ilustração 5.5 Bloco de processo

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

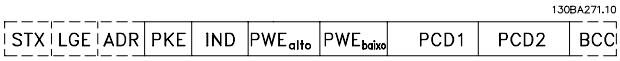


Ilustração 5.6 Bloco de parâmetros

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

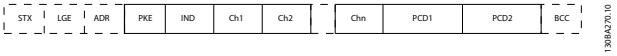


Ilustração 5.7 Bloco de texto

5.4.7 O Campo PKE

O campo PKE contém 2 subcampos:

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

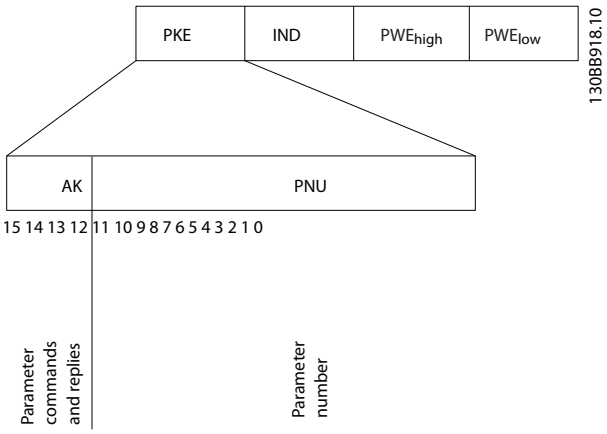


Ilustração 5.8 Campo PKE

Os bits 12-15 transferem os comandos de parâmetro do mestre para o escravo, e retornam as respostas dos escravos processados ao mestre.

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

Comandos de parâmetro mestre⇒escravo				
Número do bit				Comando de parâmetro
15	14	13	12	
0	0	0	0	Sem comando.
0	0	0	1	Leitura do valor do parâmetro.
0	0	1	0	Gravação do valor do parâmetro na RAM (palavra).
0	0	1	1	Gravação do valor do parâmetro na RAM (palavra dupla).
1	1	0	1	Gravação do valor do parâmetro na RAM e EEPROM (palavra dupla).
1	1	1	0	Gravação do valor do parâmetro na RAM e EEPROM (palavra).
1	1	1	1	Leitura de texto.

Tabela 5.5 Comandos de parâmetro

Resposta do escravo⇒mestre				
Número do bit				Resposta
15	14	13	12	
0	0	0	0	Nenhuma resposta.
0	0	0	1	Valor do parâmetro transferido (palavra).
0	0	1	0	Valor do parâmetro transferido (palavra dupla).
0	1	1	1	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 os seguintes relatórios de falha em *Tabela 5.7*.

Código de falha	Especificação do FC
0	Número de parâmetro ilegal.
1	Parâmetro não pode ser alterado.
2	Limite superior ou inferior excedido.
3	O sub-índice está corrompido.
4	Sem matriz.
5	Tipo de dados errado.
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 ao barramento para este parâmetro.
131	Não é possível gravar no setup de fábrica.
132	Sem acesso ao LCP.
252	Visualizador desconhecido.
253	Solicitação não suportada.
254	Atributo desconhecido.
255	Sem erro.

Tabela 5.7 Relatório do escravo

5.4.8 Número do parâmetro (PNU)

Bits de 0-11 números de parâmetros de transferência. A função do parâmetro relevante é definida na descrição do parâmetro no *Guia de Programação do VLT® AutomationDrive FC 360*.

5.4.9 Índice (IND)

O índice é usado com o número do parâmetro para parâmetros com 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 utilizado como índice.

5.4.10 Valor do Parâmetro (PWE)

O bloco de valor de parâmetro consiste em 2 palavras (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 contém várias opções de dados, por exemplo *parâmetro 0-01 Idioma*, selecione o valor de dados inserindo 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 2º byte do telegrama (LGE). Ao usar a transferência de texto, o caractere de índice indica se é um comando de leitura ou gravação.

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

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

5.4.11 Tipos de dados suportados pelo conversor de frequência

Sem sinal algébrico significa que não há sinal operacional no telegrama.

Tipos de dados	Descrição
3	Inteiro 16
4	Inteiro 32
5	Sem designação 8
6	Sem designação 16
7	Sem designação 32
9	String de texto

Tabela 5.8 Tipos de Dados

5.4.12 Conversão

O *guia de programação* contém as descrições dos 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 Palavras do processo (PCD)

O bloco de palavras do processo é dividido em 2 blocos de 16 bits, que sempre ocorrem na sequência definida.

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

Tabela 5.10 Palavras do processo (PCD)

5.5 Exemplos

5.5.1 Gravação de 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 palavra única em *parâmetro 4-14 Lim. Superior da Veloc do Motor [Hz]*:

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

Valor dos dados 1000, correspondente a 100 Hz, consulte *capítulo 5.4.12 Conversão*.

O telegrama parece com *Ilustração 5.9*.

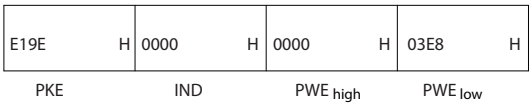


Ilustração 5.9 Telegrama

AVISO!

***Parâmetro 4-14 Lim. Superior da Veloc do Motor [Hz]* é uma palavra única, e o comando de parâmetro para gravar em 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*.

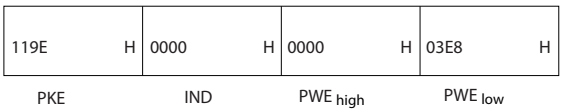


Ilustração 5.10 Resposta do mestre

5.5.2 Leitura de um valor de parâmetro

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

PKE = 1155 hex - Leitura do valor do parâmetro em *parâmetro 3-41 Tempo de Aceleração da Rampa 1*:

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

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

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

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*.

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

130BA267.10

Ilustração 5.12 Resposta

3E8 hex corresponde ao 1.000 decimal. O índice de conversão para *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 o tipo *Sem designação 32*.

5.6 Modbus RTU

5.6.1 Pré-requisitos de conhecimento

A Danfoss assume que o controlador instalado suporta as interfaces contidas neste manual e observa rigorosamente todos os requisitos e limitações estipulados no controlador e conversor de frequência.

O Modbus RTU embutido (unidade terminal remota) é projetado para se comunicar com qualquer controlador que suporte as interfaces definidas neste manual. Supõe-se que o usuário tenha pleno conhecimento das capacidades e limitações do controlador.

5.6.2 Visão Geral

Independentemente do tipo de redes de comunicação física, esta seção descreve o processo que um controlador usa para solicitar o acesso a outro dispositivo. Este processo inclui como o Modbus RTU responde a solicitações de outro dispositivo e como erros são detectados e reportados. Também estabelece um formato comum para o layout e conteúdo dos campos de telegramas.

Durante as comunicações através de uma rede Modbus RTU, o protocolo:

- Determina como cada controlador toma conhecimento do seu endereço de dispositivo.
- Reconhece um telegrama endereçado a ele.
- Determina quais as ações a serem tomadas.
- Extrai todos os dados ou outras informações contidas no telegrama.

Se for necessária uma resposta, o controlador monta o telegrama de resposta e o envia.
Os controladores se comunicam utilizando uma técnica mestre/escravo em que apenas o mestre pode iniciar transações (chamadas de consultas). Os escravos respondem fornecendo os dados solicitados ao mestre ou atuando conforme solicitado na consulta.
O mestre pode abordar escravos individuais ou iniciar um telegrama de broadcast para todos os escravos. Os escravos retornam uma resposta a consultas endereçadas a eles individualmente. Nenhuma resposta é devolvida às solicitações de broadcast do mestre.

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

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

O telegrama de resposta do dispositivo escravo é elaborado também usando o protocolo 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 no recebimento do telegrama, ou se o escravo for incapaz de executar a ação solicitada, o escravo monta e envia uma mensagem de erro. Como alternativa, ocorre um timeout.

5.6.3 Conversor de Frequência com Modbus RTU

O conversor de frequência se comunica no formato Modbus RTU através da interface RS485 embutida. O Modbus RTU fornece acesso à palavra de controle e à referência de barramento do conversor de frequência.

A palavra de controle permite ao mestre do Modbus controlar diversas funções importantes do conversor de frequência:

- Partida.
- Várias paradas:
  - Parada por inércia.
  - Parada rápida.
  - Parada por freio CC.
  - Parada normal (rampa).
- Reinicializar após um desarme por falha.
- Funcionar em várias velocidades predefinidas.
- Funcionar em reverso.
- Alterar a configuração ativa.
- Controlar o relé embutido do conversor de frequência.

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

A referência de barramento é comumente usada para controle de velocidade. Também é possível acessar os parâmetros, ler seus valores e quando possível, inserir valores. O acesso aos parâmetros oferece uma gama de opções de controle, incluindo o controle do setpoint do conversor de frequência quando o controlador PI interno é 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 comunicarem na rede Modbus usando o modo RTU (unidade terminal remota), com cada byte em um telegrama contendo 2 caracteres hexadecimais de 4 bits. O formato para cada byte é mostrado em *Tabela 5.12*.

Bit de partida	Byte de dados								Parada / paridade	Parada

Tabela 5.12 Formato para cada byte

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

Tabela 5.13 Detalhes do byte

5.8.2 Estrutura do telegrama do Modbus RTU

O dispositivo transmissor coloca um telegrama Modbus RTU em um quadro com um ponto de início e um ponto de término conhecidos. Isso permite que os dispositivos de recepção comecem a leitura no início do telegrama, leiam a parte que contém o endereço, determinem a qual dispositivo está endereçado (ou a todos os dispositivos se o telegrama for de broadcast) e reconheçam o término do telegrama. Telegramas parciais são detectados e os erros são definidos como resultado. Os caracteres para transmissão devem estar em formato hexadecimal 00-FF em cada campo. O conversor de frequência monitora continuamente o barramento da rede, também durante os intervalos de silêncio. 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 endereçados para 0 são telegramas de broadcast. Nenhuma resposta é permitida para telegramas de broadcast. Um quadro de telegrama típico é mostrado em *Tabela 5.14*.

Inicial	Endereço	Função	Dados	Verificação de CRC	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 do Modbus RTU

5.8.3 Campo de início/parada

Os telegramas começam com um período de silêncio de pelo menos 3,5 intervalos de 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 similar de pelo menos 3,5 caracteres marca o término do telegrama. Um novo telegrama pode começar depois desse período.

Transmite todo o quadro do telegrama como um fluxo contínuo. Se ocorrer um período de silêncio de mais de 1,5 caractere antes da conclusão do quadro, o dispositivo de recepção descarta o telegrama incompleto e assume que o próximo byte é o campo de endereço de um novo telegrama. Da mesma forma, se um novo telegrama começar antes do intervalo de 3,5 caracteres após um telegrama anterior, o dispositivo de recepção o considera uma continuação do telegrama anterior. Esse comportamento causa um timeout (sem resposta do escravo), uma vez que o valor no campo final de CRC não é válido para os telegramas combinados.

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

5.8.4 Campo de endereço

O campo de endereço de um quadro de telegrama contém 8 bits. Os endereços de dispositivos escravos válidos estão na faixa de 0 a 247 decimais. Os dispositivos escravos individuais recebem endereços no intervalo de 1 a 247. 0 é reservado para o modo de 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 sua resposta, ele coloca seu próprio endereço neste campo de endereço para permitir ao mestre saber qual o escravo está respondendo.

5.8.5 Campo de função

O campo de função de um quadro de telegrama contém 8 bits. Os códigos válidos estão na faixa de 1–FF. Os campos de função são usados para enviar telegramas entre mestre e escravo. Quando um telegrama é enviado de um dispositivo mestre para um escravo, o campo de código de função informa ao escravo que tipo de ação executar. Quando o escravo responde ao mestre, ele usa o campo de código de função para indicar que se trata de uma resposta normal (sem erros) ou que ocorreu algum tipo de erro (chamado de 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 de função original com o bit mais significativo configurado para 1 lógico. Além disso, o escravo coloca um código único no campo de dados do telegrama de resposta. Este código informa ao mestre qual o tipo do erro ocorrido 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 de dados

O campo de dados é construído usando conjuntos de 2 dígitos hexadecimais, na faixa de 00-FF hexadecimal. Esses dígitos são compostos por 1 caractere de RTU. O campo de dados dos telegramas enviados de um dispositivo mestre para um escravo contém informações complementares que o escravo deve usar para executar adequadamente.

As informações podem incluir itens, tais como:

- Endereços de bobinas ou registradores.
- A quantidade de itens a serem tratados.
- A contagem de bytes de dados reais no campo.

5.8.7 Campo de verificação CRC

Os telegramas incluem um campo de verificação de erros, operando com base em um método de verificação de redundância cíclica (CRC). O campo CRC verifica o conteúdo de todo o telegrama. É aplicado independentemente de qualquer método de verificação de paridade usado para os caracteres individuais do telegrama. O dispositivo de transmissão calcula o valor do CRC e acrescenta o CRC como o último campo no telegrama. O dispositivo de recepção recalcula um CRC durante o recebimento do telegrama e compara o valor calculado com o valor real recebido no campo CRC. 2 valores diferentes resultam em um timeout do bus. O campo de verificação de erros contém um valor binário de 16 bits implementado como 2 bytes de 8 bits. Após a implementação, o byte inferior do campo é acrescido primeiro, seguido pelo byte superior. O byte superior do CRC é o último byte enviado no telegrama.

5.8.8 Endereçamento do registrador da bobina

No Modbus, todos os dados são organizados em bobinas e registradores de retenção. As bobinas retêm um único bit, enquanto os registradores de retenção mantêm uma palavra de 2 bytes (isto é, 16 bits). Todos os endereços de dados nos telegramas Modbus são referenciados como 0. 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 registro 0000 no campo de endereço de dados do telegrama. O campo de código de função já especifica uma operação de registrador de retenção. Portanto, a referência 4XXXX fica implícita. O registrador de retenção 40108 é endereçado como registro 006Bhex (107 decimal).

Número da bobina	Descrição	Direção do sinal
1–16	Palavra de controle do conversor de frequência (consulte *Tabela 5.16*).	Mestre para escravo
17–32	Velocidade do conversor de frequência ou faixa de referência do setpoint 0x0–0xFFFF (-200% ... ~ 200%).	Mestre para escravo
33–48	Status word do conversor de frequência (consulte *Tabela 5.17*).	Escravo para mestre

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

Número da bobina	Descrição	Direção do sinal
49–64	Modo de malha aberta: Frequência de saída do conversor de frequência. Modo de malha fechada: Sinal de feedback do conversor de frequência.	Escravo para mestre
65	Controle de gravação do parâmetro (mestre para escravo).	Mestre para escravo
	0 = Alterações de parâmetros são gravadas na RAM do conversor de frequência.	
	1 = Alterações de parâmetros são gravadas em RAM e EEPROM do conversor de frequência.	
66–65536	Reservado.	–

Tabela 5.15 Registrador de bobinas

Bobina	0	1
01	Referência predefinida lsb	
02	Referência predefinida msb	
03	Freio CC	Sem freio CC
04	Parada por inércia	Sem parada por inércia
05	Parada rápida	Sem parada rápida
06	Congelar frequência	Sem congelar frequência
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	Setup do lsb	
15	–	
16	Sem reversão	Reversão

Tabela 5.16 Palavra de controle do conversor de frequência (perfil do FC)

Bobina	0	1
33	Controle não preparado	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	Fora do 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 © 03/2019 Todos os direitos reservados.

Endereço do barramento	Registrador do barramento[1)]	Registrador PLC	Conteúdo	Acesso	Descrição
0	1	40001	Reservado	–	Reservado para conversores de frequência legados VLT® 5000 e VLT® 2800.
1	2	40002	Reservado	–	Reservado para conversores de frequência legados VLT® 5000 e VLT® 2800.
2	3	40003	Reservado	–	Reservado para conversores de frequência legados VLT® 5000 e VLT® 2800.
3	4	40004	Gratuito	–	–
4	5	40005	Gratuito	–	–
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).
6	7	40007	Último código de falha	Somente leitura	Código de falha recebido do banco de dados de parâmetros; consulte o documento WHAT 38295 para obter 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 ao parâmetro	*Parâmetro 0-01 Idioma* (Registrador do Modbus = 10 número de parâmetro) Espaço de 20 bytes reservado para o parâmetro no mapa Modbus.
19	20	40020	*Parâmetro 0-02 Unidade da Veloc. do Motor*	Dependente do acesso ao parâmetro	*Parâmetro 0-02 Unidade da Veloc. do Motor* Espaço de 20 bytes reservado para o parâmetro no mapa Modbus.
29	30	40030	*Parâmetro 0-03 Definições Regionais*	Dependente do acesso ao parâmetro	*Parâmetro 0-03 Definições Regionais* Espaço de 20 bytes reservado para o parâmetro no mapa Modbus.

Tabela 5.18 Endereço/Registradores

1) O valor escrito no telegrama Modbus RTU deve ser 1 ou menor que o número do registrador. Por exemplo, leia o Registrador do Modbus 1 escrevendo o valor 0 no telegrama.

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

5.8.9 Como controlar o Conversor de Frequência

Esta seção descreve os códigos que podem ser usados nos campos de função e de 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 de 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 o contador de evento de comunicação.	B
Relatar ID do escravo	11

Tabela 5.19 Códigos de função

Função	Código de função	Código da sub-função	Sub-função
Diagnóstico	8	1	Reiniciar a comunicação.
		2	Retornar o registrador de diagnóstico.
		10	Limpar os contadores e o registrador de diagnóstico.
		11	Retornar o contador de mensagem do barramento.
		12	Retornar o contador de erros de comunicação do barramento.
		13	Retornar ao contador de erros do escravo.
		14	Retornar o 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 de código de exceção, consulte *capétulo 5.8.5 Campo de 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 só é aplicável a dispositivos mais recentes e não foi implementado na unidade selecionada. Também também pode indicar que o servidor (ou escravo) está no estado errado para processar uma solicitação deste tipo, por exemplo porque não está configurado e está sendo solicitado a retornar os valores do 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 registros, uma solicitação com deslocamento 96 e comprimento 4 é bem-sucedida, enquanto uma solicitação com deslocamento 96 e comprimento 5 gera uma 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). Isto 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 armazenamento em um registrador tenha um valor fora da expectativa do programa de aplicação, uma vez que o protocolo Modbus não está ciente da significância de qualquer valor de qualquer registro.
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 do parâmetro) é traduzido a partir do endereço do registro contido na mensagem de leitura ou gravação Modbus. O número do parâmetro é traduzido para Modbus como (10 x número do parâmetro) decimal. Exemplo: Leitura *parâmetro 3-12 Catch up/slow Down Value* (16 bits): O registrador de retenção 3120 contém os valores dos parâmetros. Um valor de 1352 (decimal) significa que o parâmetro está definido como 12,52%.

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

Leitura *parâmetro 3-14 Preset Relative Reference* (32 bits): Os registradores de retenção 3410 e 3411 mantêm os valores dos parâmetros. Um valor de 11300 (decimal) significa que o parâmetro está definido como 1113,00.

Para obter informações sobre os parâmetros, tamanho e índice de conversão, consulte o Guia de Programação.

5.9.2 Armazenagem de dados

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

5.9.3 IND (Índice)

Alguns parâmetros no conversor de frequência são parâmetros de matriz, por exemplo *parâmetro 3-10 Preset Reference*. Como o Modbus não suporta matrizes nos registradores de retenção, o conversor de frequência reservou o registrador de retenção 9 como ponteiro para a matriz. Antes de ler ou gravar um parâmetro de matriz, programe o registrador de retenção 9. Definir o registrador de retenção com o valor 2 faz com que todos os seguintes parâmetros de matriz de leitura/gravação sejam do índice 2.

5.9.4 Blocos de texto

Os parâmetros armazenados como strings de texto são acessados da mesma forma que os outros parâmetros. O tamanho máximo do bloco de texto é de 20 caracteres. Se uma solicitação de leitura de um parâmetro for para mais caracteres do que o parâmetro armazena, a resposta será truncada. Se a solicitação de leitura de um parâmetro for para menos caracteres do que o parâmetro armazena, a resposta é preenchida.

5.9.5 Fator de conversão

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

5.9.6 Valores de parâmetros

Tipo 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 hexadecimal de registro único predefinido para 1 registro (16 bits), e a função 10 hexadecimal de vários registros predefinidos para 2 registros (32 bits). Os tamanhos legíveis variam desde 1 registrador (16 bits) a 10 registradores (20 caracteres).

Tipo de dados não padronizados
Os tipo de dados não padronizados são strings de texto, e são armazenados como registradores 4x (40001–4FFFF). Os parâmetros são lidos usando a função 03 hex de leitura de registradores de retenção e gravados usando a função 10 hex de vários registradores predefinidos. Os tamanhos legíveis variam de 1 registro (2 caracteres) até 10 registros (20 caracteres).

5.10 Exemplos

Os exemplos a seguir mostram diversos comandos do Modbus RTU.

5.10.1 Ler o status da bobina (01 hex)

Descrição
Esta função lê o status ON/OFF (Ligado/Desligado) das saídas discretas (bobinas) no conversor de frequência. 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 das bobinas começam em 0, ou seja, a bobina 33 é endereçada como 32.

Exemplo de um pedido para ler as 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 HI	00
Endereço inicial LO	20 (decimal 32) 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 1 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 consulta. As outras bobinas seguem para o final de ordem alta deste byte, e da ordem baixa para a ordem alta nos bytes subsequentes.
Se a quantidade de bobina retornada não for um múltiplo de 8, os bits restantes no byte de dados final serão preenchidos com valores 0 (em direção ao final de maior ordem do byte). O campo de contagem de bytes especifica o número de bytes completos de dados.

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

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.

5.10.2 Forçar/gravar bobina única (05 hex)

Descrição
Esta função força a bobina para ON (ligado) ou OFF (desligado). Quando for broadcast, a função força as mesmas referências de bobina em todos os escravos anexados.

Consulta
O telegrama de consulta especifica a bobina 65 (controle de gravação do parâmetro) a ser forçada. Os endereços das bobinas começam em 0, 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 HI	00
Endereço de bobina LO	40 (64 decimal) Bobina 65
Forçar dados HI	FF
Forçar dados LO	00 (FF 00 = ON)
Verificação de erro (CRC)	–

Tabela 5.24 Consulta

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

Nome do campo	Exemplo (hex)
Endereço do escravo	01
Função	05
Forçar dados HI	FF
Forçar dados LO	00
Quantidade de bobinas HI	00
Quantidade de bobinas LO	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. Quando for broadcast, a função força as mesmas referências de bobina em todos os escravos anexados.

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

AVISO!

Os endereços das bobinas começam em 0, 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 HI	00
Endereço de bobina LO	10 (endereço de bobina 17)
Quantidade de bobinas HI	00
Quantidade de bobinas LO	10 (16 bobinas)
Contagem de bytes	02
Forçar dados HI (bobinas 8–1)	20
Forçar dados LO (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 HI	00
Endereço de bobina LO	10 (endereço de bobina 17)
Quantidade de bobinas HI	00
Quantidade de bobinas LO	10 (16 bobinas)
Verificação de erro (CRC)	–

Tabela 5.27 Resposta

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

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 de início e a quantidade de registradores a serem lidos. Os endereços de registro começam em 0, isto é, os registros 1 a 4 são endereçados como 0 a 3.

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

Nome do campo	Exemplo (hex)
Endereço do escravo	01
Função	03 (Ler registradores de retenção)
Endereço inicial HI	0B (Endereço do registrador 3029)
Endereço inicial LO	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, isto é, 2 registradores)
Verificação de erro (CRC)	–

Tabela 5.28 Consulta

Resposta
Os dados do registrador no telegrama de resposta são empacotados como 2 bytes por registrador, com o conteúdo binário justificado à direita dentro de cada byte. Para cada registro, 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 Registrador único predefinido (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 de registro começam em 0, isto é, o registro 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 HI	03 (endereço do registrador 999)
Endereço do registrador LO	E7 (endereço do registrador 999)
Dados HI predefinidos	00
Dados LO predefinidos	01
Verificação de erro (CRC)	–

Tabela 5.30 Consulta

Resposta
A resposta normal é um eco da consulta, devolvida depois que o conteúdo do registrador foi passado.

Nome do campo	Exemplo (hex)
Endereço do escravo	01
Função	06
Endereço do registrador HI	03
Endereço do registrador LO	E7
Dados HI predefinidos	00
Dados LO predefinidos	01
Verificação de erro (CRC)	–

Tabela 5.31 Resposta

5.10.6 Vários registros predefinidos (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 de registro começam em 0, isto é, o registro 1 é endereçado como 0. Exemplo de uma solicitação para predefinir 2 registradores (programar *parâmetro 1-24 Corrente do Motor* para 738 (7,38 A)):

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

Nome do campo	Exemplo (hex)
Endereço do escravo	01
Função	10
Endereço inicial HI	04
Endereço inicial LO	07
Número de registradores HI	00
Número de registradores LO	02
Contagem de bytes	04
Gravar dados HI (registrador 4: 1049)	00
Gravar dados LO (registrador 4: 1049)	00
Gravar dados HI (registrador 4: 1050)	02
Gravar dados LO (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 HI	04
Endereço inicial LO	19
Número de registradores HI	00
Número de registradores LO	02
Verificação de erro (CRC)	–

Tabela 5.33 Resposta

5.11 Perfil de Controle do FC da Danfoss

5.11.1 Palavra de controle de acordo com o perfil do FC (Protocolo 8–10 = Perfil do FC)

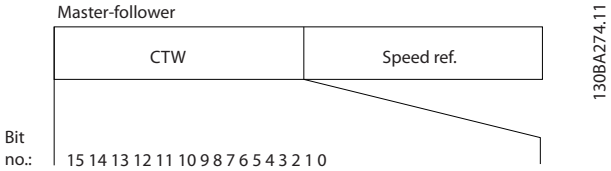


Ilustração 5.13 Palavra de controle de acordo com o perfil do FC

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	Setup de parâmetro	Seleção do lsb
15	Sem função	Reversão

Tabela 5.34 Palavra de controle de acordo com o perfil do FC

Explicação dos bits de controle

Bits 00/01

Os bits 00 e 01 são usados para selecionar entre os 4 valores de referência, os quais 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 os bits 00/01 se comportam com a função correspondente nas entradas digitais.

Bit 02, Freio CC

Bit 02 = 0: Leva à frenagem CC e parada. Defina a corrente e a duração de frenagem no *parâmetro 2-01 Corrente de Freio CC* e no *parâmetro 2-02 Tempo de Frenagem CC*.

Bit 02 = 1: Leva a rampa.

Bit 03, Parada por inércia

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

Bit 03 = 1: Se as outras condições de partida forem atendidas, o conversor de frequência acionará o motor.

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

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

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

Bit 05, Frequência de saída em espera
Bit 05 = 0: A frequência de saída atual (em Hz) congela. Altere a frequência de saída congelada apenas com as entradas digitais programadas para *[21] Acelerar* e *[22] Desacelerar* (*parâmetro 5-10 Terminal 18 Entrada Digital* a *parâmetro 5-13 Terminal 29, Entrada Digital*).

5

AVISO!

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

- **Bit 03 parada por inércia**
- **Bit 02 freio CC.**
- **Entrada digital programada para *[5] FrenagemCC,reverso*, *[2] Paradp/inérc,reverso* ou *[3] Parada por inércia e reinicio, inverso* (*parâmetro 5-10 Terminal 18 Entrada Digital* a *parâmetro 5-13 Terminal 29, Entrada Digital*).**

Bit 06, Parada/partida de rampa
Bit 06 = 0: Causa uma parada e desacelera o motor até parar por meio do parâmetro de desaceleração selecionado.
Bit 06 = 1: Se as outras condições de partida forem atendidas, o bit 06 permite que o conversor de frequência inicie o motor.

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

Bit 07, Reset
Bit 07 = 0: Sem reset.
Bit 07 = 1: Reinicializa um desarme. O reset é ativado na borda do sinal principal, ou seja, na transição do 0 lógico para o 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: A rampa 1 está ativa (*parâmetro 3-41 Tempo de Aceleração da Rampa 1* a *parâmetro 3-42 Tempo de Desaceleração da Rampa 1*).
Bit 09 = 1: A rampa 2 (*parâmetro 3-51 Tempo de Aceleração da Rampa 2* a *parâmetro 3-52 Tempo de Desaceleração da Rampa 2*) está ativa.

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

Bit 11, Relé 01
Bit 11 = 0: O relé não está ativo.
Bit 11 = 1: Relé 01 ativado se *[36] Bit 11 Control word* for selecionado em *parâmetro 5-40 Função do Relé*.

Bit 12, relé 02
Bit 12 = 0: Relé 02 não está ativado.
Bit 12 = 1: Relé 02 é ativado se *[37] Control word bit 12* for selecionado em *parâmetro 5-40 Função do Relé*.

Bit 13, Seleção de setup
Use o bit 13 para selecionar entre os 2 setups de menu, conforme *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* for selecionado em *parâmetro 0-10 Setup Ativo*.

Para definir como o bit 13 se comporta 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 no par. *parâmetro 8-54 Seleção da Reversão*. O bit 15 causa a reversão somente quando a comunicação serial *[2] Lógica OU* ou *[3] Lógica E* for selecionada.

5.11.2 Status word de acordo com o perfil do FC (STW)

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

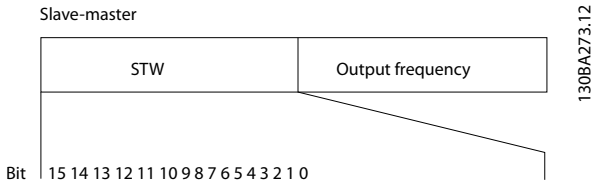


Ilustração 5.14 Status Word

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

Bit	Bit=0	Bit=1
00	Controle não preparado	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 barramento
10	Fora do limite de frequência	Limite de frequência OK
11	Sem operação	Em funcionamento
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 potência não recebe necessariamente nenhuma alimentação (se houver uma 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, mas o comando de parada por inércia está ativado através das entradas digitais ou por meio da comunicação serial.

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].

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, Não usado
O bit 05 não é usado na palavra de status.

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 funciona, mas a velocidade atual é diferente da referência de velocidade predefinida. Pode acontecer quando a velocidade aumenta/diminui durante a partida/parada.
Bit 08=1: A velocidade do motor corresponde à referência de velocidade predefinida.

Bit 09, Operação local/controle do barramento
Bit 09=0: [Off/Reset] é ativado na unidade de controle ou *[2] Local* em *parâmetro 3-13 Tipo de Referência* é selecionado. Não é possível controlar o conversor de frequência via comunicação serial.
Bit 09=1: É possível controlar o conversor de frequência via fieldbus/comunicação serial.

Bit 10, Fora do limite de frequência
Bit 10=0: A frequência de saída alcançou o valor 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 funcionamento
Bit 11=0: O motor não está funcionando.
Bit 11=1: O conversor de frequência tem um sinal de partida 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 retoma a operação assim que o superaquecimento se 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 inferior ao 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* está excedido.

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

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

5.11.3 Valor de referência da velocidade do barramento

O valor de referência de velocidade é transmitido para o conversor de frequência em um valor relativo em %. O valor é transmitido no formato de uma palavra de 16 bits. O valor inteiro 16384 (4000 hex) corresponde a 100%. Os números negativos são formatados usando o complemento de 2. A frequência de saída real (MAV) é escalonada da mesma maneira que a referência do barramento.

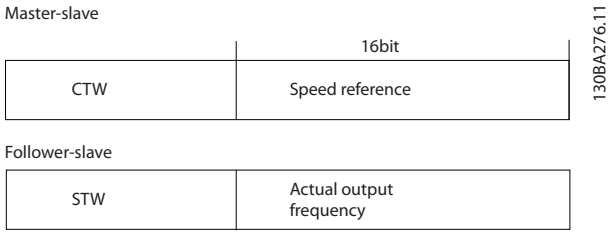


Ilustração 5.15 Frequência de saída real (MAV)

A referência e a MAV são escalonadas como a seguir:

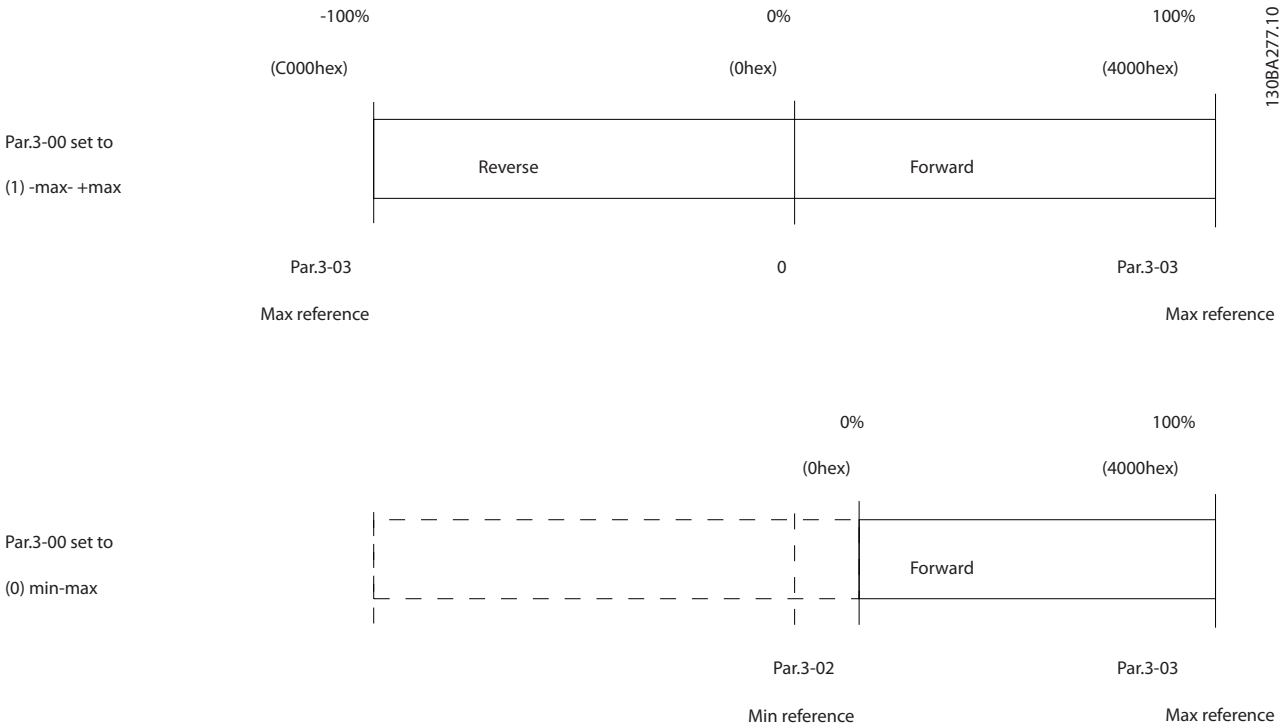


Ilustração 5.16 Referência e MAV

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

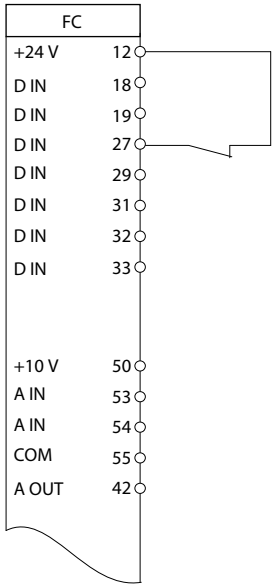
6 Exemplos de aplicações

6.1 Introdução

Os exemplos nesta seção têm a finalidade de referência rápida para aplicações comuns.

- A programação do parâmetro são os valores padrão regionais, a menos que indicado de outro modo (selecionados em *parâmetro 0-03 Definições Regionais*).
- Os parâmetros associados aos terminais e suas configurações estão mostrados ao lado dos desenhos
- As configurações de chaveamento necessárias para os terminais analógicos 53 ou 54 também são mostrados.

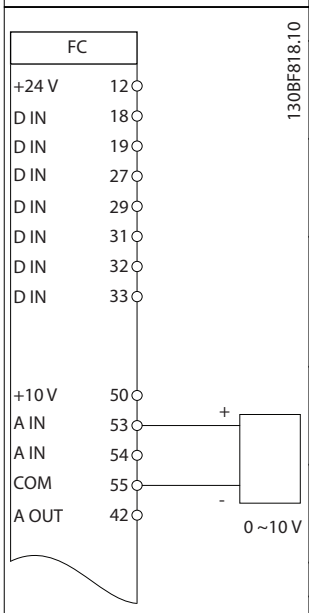
6.1.1 AMA



	Parâmetros	
	Função	**Configuração**
	Parâmetro 1-29 Automatic Motor Adaptation (AMA)	*[1] Ativar AMA completa*
	Parâmetro 5-12 Terminal 27 Digital Input	**[2] Paradp/ inérc,reverso*
	*=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 12 e 27 não estiverem conectados, programe *parâmetro 5-12 Terminal 27, Entrada Digital* para *[0] Sem operação*.**	

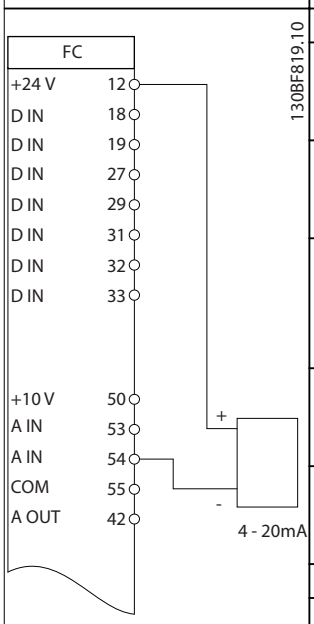
Tabela 6.1 AMA com T27 conectado

6.1.2 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 Hz
	Parâmetro 6-19 Modo do terminal 53	**[1] Tensão*
	*=Valor padrão	
	Notas/comentários:	

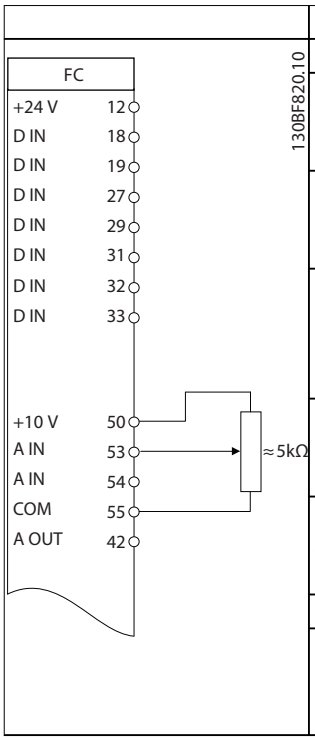
Tabela 6.2 Referência de Velocidade Analógica (Tensão)



	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 Hz
	Parâmetro 6-29 Modo do terminal 54	*[0] Corrente*
	*=Valor padrão	
	Notas/comentários:	

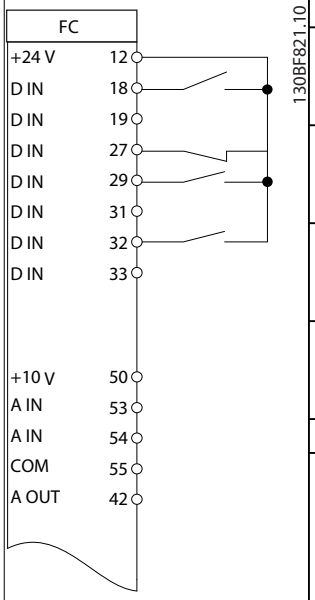
Tabela 6.3 Referência de Velocidade Analógica (Corrente)

 Danfoss A/S © 03/2019 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 Hz
	Parâmetro 6-19 Modo do terminal 53	*[1] Tensão
	*=Valor padrão	
	Notas/comentários:	

Tabela 6.4 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 Digital Input	*[21] Aceleração*
	Parâmetro 5-14 Terminal 32 Digital Input	*[22] Desace-leração*
	*=Valor padrão	
	Notas/comentários:	

Tabela 6.5 Aceleração/desaceleração

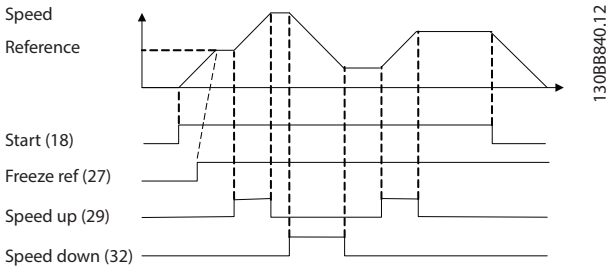
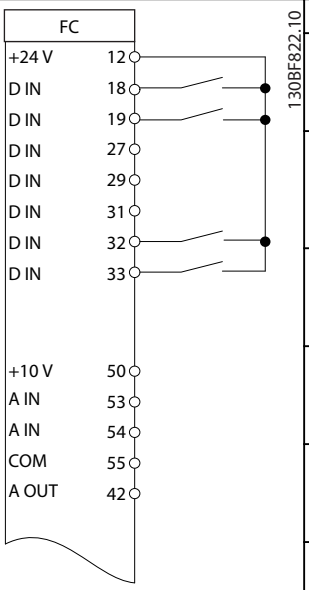


Ilustração 6.1 Aceleração/desaceleração

6.1.3 Partida/Parada

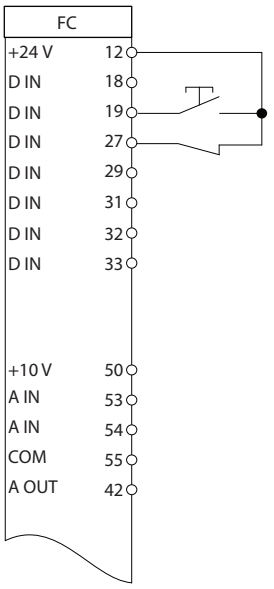


	Parâmetros	
	Função	**Configuração**
	Parâmetro 5-10 Terminal 18 Entrada Digital	*[8] Partida
	Parâmetro 5-11 Terminal 19 Digital Input	*[10] Reversão
	Parâmetro 5-12 Terminal 27, Entrada Digital	*[0] Sem operação*
	Parâmetro 5-14 Terminal 32 Digital Input	*[16] Ref predefinida bit 0*
	Parâmetro 5-15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

Tabela 6.6 Partida/parada com reversão e 4 velocidades predefinidas

Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

6.1.4 Reset do Alarme Externo



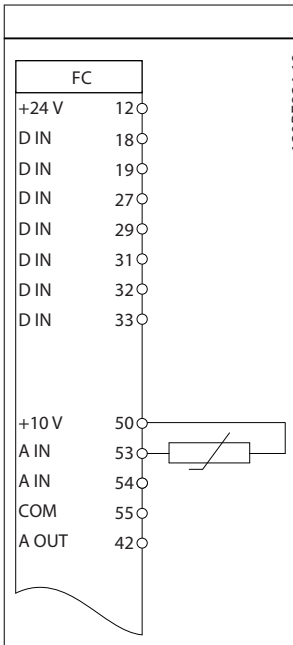
Parâmetros	
Função	**Configuração**
Parâmetro 5-11 Terminal 19, Entrada Digital	*[1] Reinicializar*
*=Valor padrão	
Notas/comentários:	

Tabela 6.7 Reset do Alarme Externo

6.1.5 Termistor do motor

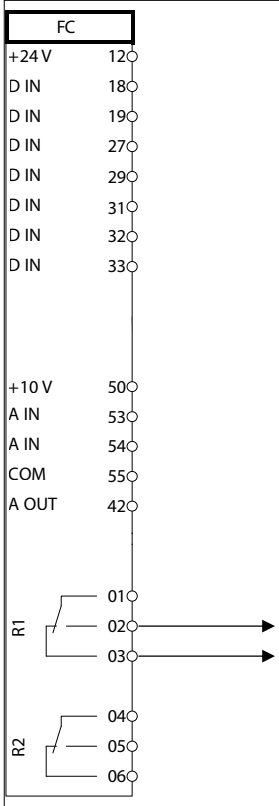
AVISO!

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 Modo do terminal 53	*[1] Tensão*
* = Valor padrão	
Notas/comentários: Se somente uma advertência for necessária, programe *parâmetro 1-90 Proteção Térmica do Motor* para *[1] Advrtnc d Termistor.*	

Tabela 6.8 Termistor do motor



Parâmetros	
Função	**Configuração**
Parâmetro 4-30 Motor Feedback Loss Function	[1] Advertência
Parâmetro 4-31 Motor Feedback Speed Error	100
Parâmetro 4-32 Motor Feedback Loss Timeout	5 s
Parâmetro 7-00 Speed PID Feedback Source	[2] MCB 102
Parâmetro 17-11 Resolution (PPR)	1024*
Parâmetro 13-00 Modo do SLC	[1] Ligado
Parâmetro 13-01 Start Event	[19] Advertência
Parâmetro 13-02 Stop Event	[44] Tecla Reset
Parâmetro 13-10 Comparator Operand	[21] Número de Advertência
Parâmetro 13-11 Comparator Operator	[1] ≈*
Parâmetro 13-12 Valor do Comparador	90
Parâmetro 13-51 SL Controller Event	[22] Comparador 0
Parâmetro 13-52 SL Controller Action	[32] Definir saída digital A baixa
Parâmetro 5-40 Function Relay	[80] Saída digitl A do SLC
*=Valor padrão	

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

	Parâmetros	
	Função	Configuração
	Notas/comentários: Se o limite no monitor de feedback for excedido, a *advertência 90 monitor de feedback* será emitida. O SLC monitora a *advertência 90 monitor de feedback*. Se a *advertência 90 monitor de feedback* for *verdadeira*, o relé 1 será acionado. O equipamento externo pode indicar que é necessária manutenção. Se o erro de feedback for inferior ao limite novamente dentro de 5 s, o conversor de frequência continuará e a advertência desaparecerá. Mas o relé 1 persiste até [Off/Reset] ser pressionado.	

Tabela 6.9 Usando SLC para programar um relé

6.1.6 Conexão do encoder

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

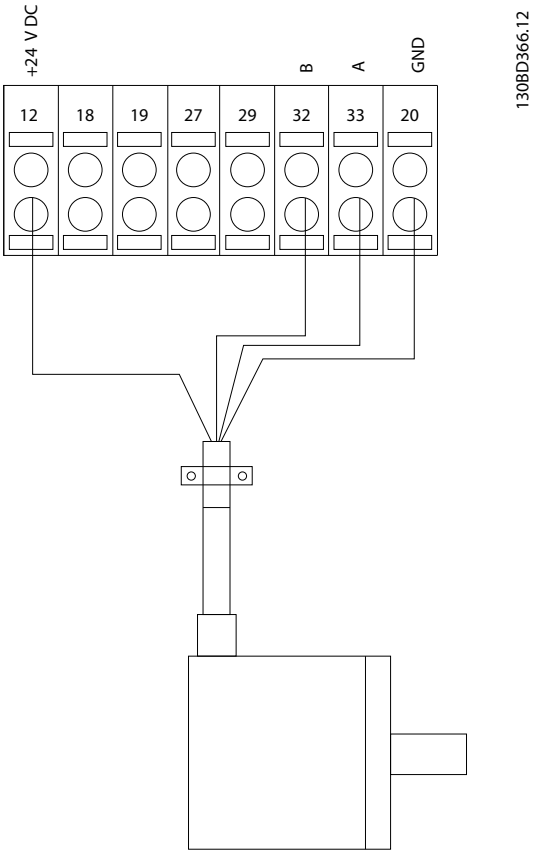


Ilustração 6.2 Encoder de 24 V ou 10–30 V

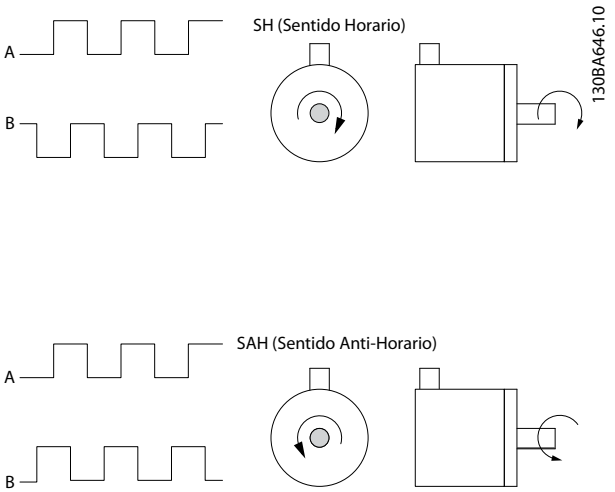


Ilustração 6.3 Encoder incremental de 24 V, comprimento máximo do cabo 5 m (16,4 pés)

Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

6.1.7 Sentido do encoder

A ordem na qual os pulsos entram no conversor de frequência determina a direção 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 de A.
O sentido é determinado olhando para a extremidade do eixo.

6.1.8 Sistema de conversor de malha fechada

Um sistema de conversor geralmente consiste em mais elementos, como:

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

Aplicações que exigem controle de freio mecânico geralmente precisam de um resistor de frenagem.

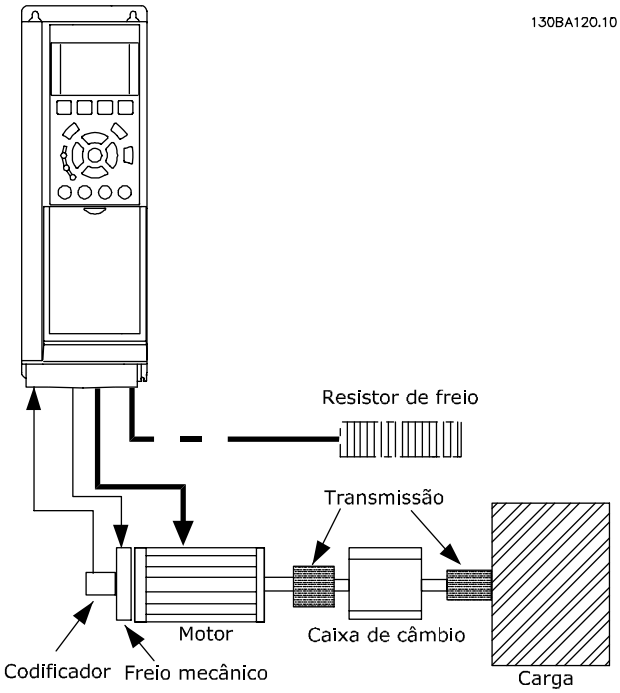


Ilustração 6.4 Programação básica para controle de velocidade da malha fechada

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

Índice

A

Abreviação ... 0
Adaptação automática do motor ... 7
AMA ... 7
AMA com T27 conectado ... 87
Aterramento ... 15, 17

B

Banda morta ... 27
Banda morta em torno de 0 ... 27
Bobina ... 80

C

Cabo blindado ... 15
Cabo de controle blindado ... 19
Cabos de controle ... 19
Cartão de controle
  Comunicação serial RS485 ... 59
  Desempenho ... 60
  Saída +10 V CC ... 59
  Saída 24 V CC ... 59
Catch-up/slow down ... 25
Chaveamento na saída ... 48
Ciclo de energização ... 8
Ciclo útil intermitente ... 7
Circuito intermediário ... 48, 62
Classe de eficiência energética ... 60
Código de exceção do Modbus ... 79
Código de função ... 79
Comandos do Modbus RTU ... 80
Compensação de escorregamento ... 8
Comprimento de cabo ... 57
Comprimento do fio ... 15
Comprimento do telegrama (LGE) ... 71
Comunicação do Modbus ... 69
Comunicação serial ... 7, 19
Condição ambiente ... 60
Condição de funcionamento extrema ... 48
Condições especiais ... 64
Conexão de energia ... 15
Conexão de rede ... 69
Conexão do terra ... 15
Configuração de rede ... 75
Congelar frequência de saída ... 6
Congelar referência ... 25
Controle
  Característica ... 59
  Fiação de controle ... 15
  Palavra de controle ... 83
Controle de corrente interna, modo VVC+ ... 22
Controle de torque ... 20
Controle do PID de processo ... 33
Controle do PID de velocidade ... 30
Corrente de fuga ... 43
Corrente de saída ... 59
Corrente nominal do motor ... 6
Curto-circuito ... 48

D

Delta aterrado ... 16
Delta flutuante ... 16
Derating ... 60
Desarme ... 8
Diretiva de baixa tensão ... 10
Diretiva de maquinaria ... 10
Diretiva EMC ... 10
Diretiva, baixa tensão ... 10
Diretiva, EMC ... 10
Diretiva, maquinaria ... 10

E

Eficiência ... 61
Eficiência energética ... 54, 55, 56
EMC ... 60
Energia de entrada ... 15
Entrada
  Potência de entrada ... 15
Entradas
  Entrada analógica ... 7
  Entrada digital ... 23
  analógicas ... 58
  de pulso ... 58
  digitais ... 57
Equipamento opcional ... 17
Estruturas de controle
  Malha aberta ... 23
ETR ... 7, 48
  consulte também *Relé térmico eletrônico*

F

Fator de potência ... 16
Feedback analógico ... 26
Feedback de pulso ... 26
Fiação de controle ... 15

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

Filtro de RFI.... 16
Fio de aterramento.... 15
Freio
Potência de frenagem.... 7
Resistor de frenagem.... 7
Freio CC.... 83
Freio mecânico de retenção.... 45
Função de frenagem.... 46
Fusível.... 61

I

IEC 61800-3.... 16, 60
IND.... 72

Í

Índice (IND).... 72

I

Instruções para descarte.... 10
Introdução à emissão EMC.... 39
Isolamento de ruído.... 15

J

Jog.... 6, 84

L

LCP.... 6, 7, 23
Ler a bobina.... 80
Ler registradores de retenção (03 hex).... 82
Limite de referência.... 25

M

Malha aberta.... 59
Malha de aterramento.... 19
Manter a frequência de saída.... 84
Marcação CE.... 10
Modbus RTU.... 74
Momento de inércia.... 48
Motor
Cabo de motor.... 15, 16
Fases do motor.... 48
Fiação do motor.... 15, 16
Proteção do motor.... 60
Proteção térmica.... 85
Proteção térmica do motor.... 48
Saída do motor.... 57
Sobretensão gerada pelo motor.... 48

N

Nível de tensão.... 57
Número do parâmetro (PNU).... 72

P

Parada por inércia.... 6, 84, 85
PELV.... 59, 89
PELV, tensão extra baixa de proteção.... 43
Perfil do FC
FC com Modbus RTU.... 70
Perfil do FC.... 83
Visão geral do protocolo.... 70
PID de velocidade.... 20, 22
Potência de frenagem.... 46
Potência do motor.... 15
Precaução de segurança.... 9
Precauções de EMC.... 69
Programação do terminal.... 19
Proteção.... 43
Proteção do circuito de derivação.... 61
Proteção e recurso.... 60

R

RCD.... 8
Rede elétrica
Alimentação (L1, L2, L3).... 57
Alimentação de rede elétrica.... 8
Dados da alimentação de rede elétrica.... 54
Queda da rede elétrica.... 48
Rede elétrica isolada.... 16
Redefinir alarme.... 23
Referência analógica.... 26
Referência de barramento.... 26
Referência de pulso.... 7, 26
Referência de velocidade.... 87
Referência predefinida.... 26
Registradores.... 80
Reinicializar.... 60
Relé térmico eletrônico.... 7
consulte também *ETR*
Requisito de imunidade EMC.... 41
Resistor de frenagem.... 45, 52
Resultado do teste de EMC.... 41
RS485
Instalação e setup do RS485.... 68
RS485.... 68, 70
Ruído acústico.... 62
Ruído elétrico.... 15

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

S

Saída analógica ... 58
Saída digital ... 59
Saída do relé ... 59
Saídas
  Saída analógica ... 7
Seção transversal ... 57
Setup do hardware ... 69
Sinal de entrada ... 19
Sobrecarga estática no modo VVC+ ... 48
Status word ... 84

T

Teclas de controle do LCP ... 23
Tempo de descarga ... 10
Tempo de subida ... 62
Tensão de alimentação ... 59
Tensão do motor ... 62
Tensão induzida ... 15
Termistor ... 8, 89
Tipo de dados, suportado ... 73
Torque
  Característica do torque ... 57
Torque de segurança ... 6

V

Vários conversores de frequência ... 16
Velocidade de sincronização do motor ... 6
Velocidade nominal do motor ... 6
Visão geral do Modbus RTU ... 74
VVC+ ... 8, 22

 Danfoss A/S © 03/2019 Todos os direitos reservados.

Danfoss A/S © 03/2019 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

130R0499 MG06B528 03/2019