ENGINEERING TOMORROW

Guía de diseño

VLT® Parallel Drive Modules

250-1200 kW

vlt-drives.danfoss.com

Índice

1 Introducción 5

1.1 Propósito de la Guía de diseño 5

1.2 Versión del documento y del software 5

1.3 Recursos adicionales 5

2 Seguridad 6

2.1 Símbolos de seguridad 6

2.2 Personal cualificado 6

2.3 Medidas de seguridad 6

3 Homologaciones y certificados 8

3.1 Marca CE 8

3.2 Directiva de tensión baja 8

3.3 Directiva CEM 8

3.4 Directiva de máquinas 8

3.5 Conformidad con UL 8

3.6 Marcado RCM de conformidad 9

3.7 Normativa de control de exportación 9

4 Vista general de producto 10

4.1 Hoja de datos del módulo de convertidor 10

4.2 Hoja de datos de un sistema de dos convertidores de frecuencia 11

4.3 Hoja de datos de un sistema de cuatro convertidores de frecuencia 12

4.4 Componentes internos del 12

4.5 Ejemplos de refrigeración mediante canal posterior 15

5 Funciones del producto 17

5.1 Funciones automatizadas 17

5.2 Funciones programables 19

5.3 Safe Torque Off (STO) 21

5.4 Monitorización del sistema 22

6 Especificaciones 25

6.1 Dimensiones del módulo de convertidor de frecuencia 25

6.2 Dimensiones del cuadro de control 28

6.3 Dimensiones del sistema de dos convertidores de frecuencia 29

6.4 Dimensiones de sistema de cuatro convertidores de frecuencia 33

6.5 Especificaciones en función de la potencia 41

6.5.1 VLT® HVAC Drive FC 102 41

6.5.2 VLT® AQUA Drive FC 202 45

6.5.3 VLT® AutomationDrive FC 302 50

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

6.6 Alimentación de red al módulo de convertidor 55
6.7 Salida del motor y datos del motor 55
6.8 Especificaciones de transformador de 12 pulsos 55
6.9 Condiciones ambientales para módulos de convertidor 56
6.10 Especificaciones del cable 56
6.11 Entrada/salida de control y datos de control 56
6.12 Especificaciones de reducción de potencia 60

7 Información de pedido 63
7.1 Formulario de pedido 63
7.2 Configurador de convertidores de frecuencia 63
7.3 Opciones y accesorios 69
7.3.1 General Purpose Input Output Module MCB 101 69
7.3.2 Aislamiento galvánico en el VLT® General Purpose I/O MCB 101 70
7.3.3 Entradas digitales - Terminal X30/1-4 71
7.3.4 Entradas analógicas - Terminal X30/11, 12 71
7.3.5 Salidas digitales - Terminal X30/6, 7 71
7.3.6 Salida analógica - Terminal X30/8 71
7.3.7 VLT® Encoder Input MCB 102 72
7.3.8 VLT® Resolver Input MCB 103 73
7.3.9 VLT® Relay Card MCB 105 75
7.3.10 VLT® 24 V DC Supply MCB 107 77
7.3.11 VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 78
7.3.12 VLT® Extended Relay Card MCB 113 79
7.3.13 Resistencias de frenado 80
7.3.14 Filtros senoidales 80
7.3.15 Filtros dU/dt 81
7.3.16 Kit de montaje remoto para LCP 81
7.4 Lista de verificación del diseño del sistema 82

8 Consideraciones a tener en cuenta durante la instalación 84
8.1 Entorno de funcionamiento 84
8.2 Requisitos mínimos del sistema 85
8.3 Requisitos eléctricos para certificados y homologaciones 87
8.4 Fusibles y magnetotérmicos 88

9 CEM y armónicos 90
9.1 Aspectos generales de las emisiones CEM 90
9.2 Resultados de las pruebas de CEM 91
9.3 Requisitos en materia de emisiones 95
9.4 Requisitos de inmunidad 96

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

9.5 Recomendaciones relativas a CEM 97
9.6 Aspectos generales de los armónicos 100
9.7 Análisis de armónicos 100
9.8 Efecto de los armónicos en un sistema de distribución de potencia 101
9.9 Normas y requisitos de limitación armónica 102
9.10 Conformidad en materia de armónicos de los módulos de convertidor de frecuencia en paralelo VLT® 102
9.11 Aislamiento galvánico 102

10 Motor 104
10.1 Cables de motor 104
10.2 Aislamiento de las bobinas del motor 104
10.3 Corrientes en los cojinetes del motor 105
10.4 Protección térmica del motor 105
10.5 Conexiones del terminal del motor 107
10.6 Condiciones de funcionamiento extremas 111
10.7 Condiciones dU/dt 113
10.8 Conexión en paralelo de motores 113

11 Alimentación 116
11.1 Configuraciones de alimentación 116
11.2 Conexiones del terminal de alimentación 116
11.3 Configuración de desconector de doce pulsos 116

12 Cableado de control 119
12.1 Tendido de los cables de control 119
12.2 Terminales de control 120
12.3 Salida Relé [bin] 123

13 Frenado 124
13.1 Tipos de frenado 124
13.2 Resistencia de frenado 124

14 Controladores 129
14.1 Visión de conjunto de la velocidad y el control de par 129
14.2 Principio de control 129
14.3 Estructura de control en el control vectorial avanzado VVC+ 132
14.4 Estructura de control en control de flujo sin realimentación 133
14.5 Estructura de control en Flux con Realimentación del motor 133
14.6 Control de corriente interna en modo VVC+ 134
14.7 Control local y remoto 134
14.8 Controlador Smart Logic 135

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

15 Manejo de referencias 138
15.1 Límites referencia 139
15.2 Escalado de las referencias internas 140
15.3 Escalado de referencias de pulsos y analógicas y realimentación 140
15.4 Banda muerta alrededor de cero 141

16 Controles de PID 145
16.1 Controles de PID de velocidad 145
16.2 Controles de PID de procesos 148
16.3 Optimización de los controles de PID 152

17 Ejemplos de aplicaciones 154
17.1 Adaptación automática del motor (AMA) 154
17.2 Referencia analógica de velocidad 154
17.3 Arranque/parada 155
17.4 Reinicio de alarma externa 156
17.5 Referencia de velocidad con un potenciómetro manual 156
17.6 Aceleración/desaceleración 157
17.7 Conexión de red RS485 157
17.8 Termistor motor 157
17.9 Ajuste de relé con Smart Logic Control 158
17.10 Control de freno mecánico 159
17.11 Conexión del encoder 159
17.12 Dirección de encoder 160
17.13 Sistema de convertidor de lazo cerrado 160
17.14 Programación de límite de par y parada 160

18 Anexo 162
18.1 Exención de responsabilidad 162
18.2 Convenciones 162
18.3 Glosario 162

Índice 166

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

1 Introducción

1.1 Propósito de la Guía de diseño

La presente Guía de diseño ha sido confeccionada para ingenieros de proyectos y sistemas, asesores de diseño y especialistas en aplicaciones y productos. Se facilita información técnica para entender la capacidad del convertidor de frecuencia e integrarlo en los sistemas de control y seguimiento del motor. Se ofrecen detalles sobre el funcionamiento, los requisitos y las recomendaciones para la integración en el sistema. Se facilita información sobre las características de alimentación de entrada, de salida para el control del motor y las condiciones ambientales de funcionamiento del convertidor de frecuencia.

También se incluyen las funciones de seguridad, el seguimiento de averías, los informes de estado operativo, la capacidad de comunicación serie y las opciones programables. Se facilitan, asimismo, los detalles del diseño, como las necesidades de las instalaciones, los cables, los fusibles, el cableado de control, el tamaño y el peso de las unidades y otra información fundamental para planificar la integración del sistema.

Revisar la información detallada del producto en la fase de diseño permite el desarrollo de un sistema bien concebido, con una funcionalidad y un rendimiento óptimos.

VLT® es una marca registrada.

1.2 Versión del documento y del software

Este manual se revisa y se actualiza de forma periódica. Le agradecemos cualquier sugerencia de mejoras. La *Tabla 1.1* muestra las versiones de documento y software.

Edición	Comentarios	Versión de software
MG37N2xx	Especificaciones actualizadas	7.5x

Tabla 1.1 Versión del documento y del software

1.3 Recursos adicionales

Recursos disponibles para comprender la programación y las funciones avanzadas del convertidor de frecuencia:

- La *Guía de instalación de los* VLT® Parallel Drive Modules *de 250-1200 kW* proporciona instrucciones para la instalación mecánica y eléctrica de estos módulos de convertidor.
- El *Manual del usuario de los VLT® Parallel Drive Modules de 250-1200 kW* explica detalladamente los procedimientos de arranque, programación operativa básica y pruebas de funcionamiento. En la información más detallada se describen la interfaz de usuario, los ejemplos de aplicación, la resolución de problemas y las especificaciones.
- Consulte las guías de programación del VLT® HVAC Drive FC 102, del VLT® AQUA Drive FC 202 y del VLT® AutomationDrive FC 302, aplicables a la serie específica de VLT® Parallel Drive Modules utilizados para la creación del sistema de convertidores de frecuencia. La Guía de programación proporciona información más detallada sobre cómo trabajar con parámetros y aporta muchos ejemplos de aplicación.
- El *Manual de mantenimiento de la serie de convertidores VLT® con bastidor D* contiene información de mantenimiento detallada e incluye información aplicable a los VLT® Parallel Drive Modules.
- El *Manual de funcionamiento de Safe Torque Off para los convertidores de frecuencia VLT®* contiene instrucciones de seguridad y una descripción del funcionamiento y las especificaciones de la función Safe Torque Off.
- La Guía de diseño del *VLT® Brake Resistor MCE 101* describe cómo seleccionar la resistencia de frenado adecuada para cualquier aplicación.
- La *Guía de diseño del filtro de salida de la serie de convertidores VLT®* describe cómo seleccionar el filtro de salida adecuado para cualquier aplicación.
- Las *Instrucciones de instalación del kit de barra conductora de los VLT® Parallel Drive Modules* contienen información detallada sobre la instalación del kit opcional de barra conductora.
- Las *Instrucciones de instalación del kit de conducciones de los* VLT® Parallel Drive Modules contienen información detallada sobre la instalación del kit opcional de conducciones.

Danfoss proporciona publicaciones y manuales complementarios. Consulte *drives.danfoss.com/knowledge-center/technical-documentation/* para ver un listado.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

2 Seguridad

2

2.1 Símbolos de seguridad

En este manual se utilizan los siguientes símbolos:

⚠ADVERTENCIA

Indica situaciones potencialmente peligrosas que pueden producir lesiones graves o incluso la muerte.

⚠PRECAUCIÓN

Indica una situación potencialmente peligrosa que puede producir lesiones leves o moderadas. También puede utilizarse para alertar contra prácticas no seguras.

AVISO!

Indica información importante, entre la que se incluyen situaciones que pueden producir daños en el equipo u otros bienes.

2.2 Personal cualificado

Se precisan un transporte, un almacenamiento y una instalación correctos y fiables para que los VLT® Parallel Drive Modules funcionen de un modo seguro y sin ningún tipo de problemas. Este equipo únicamente puede ser instalado por personal cualificado.

El personal cualificado es aquel personal formado que está autorizado para realizar la instalación de equipos, sistemas y circuitos conforme a la legislación y la regulación vigentes. Asimismo, el personal debe estar familiarizado con las instrucciones y medidas de seguridad descritas en este manual.

2.3 Medidas de seguridad

⚠ADVERTENCIA

TENSIÓN ALTA

El sistema de convertidores de frecuencia contiene tensión alta cuando está conectado a la entrada de red de CA. Si no se garantiza que la instalación del sistema se restrinja al personal cualificado, pueden producirse lesiones graves e incluso accidentes mortales.

- El sistema de convertidores únicamente puede ser instalado por personal cualificado.

⚠ADVERTENCIA

TIEMPO DE DESCARGA

El módulo de convertidor contiene condensadores de enlace de CC. Una vez que se haya aplicado alimentación al convertidor, dichos condensadores podrán permanecer cargados incluso aunque se desconecte la alimentación. Puede haber tensión alta presente aunque las luces del indicador de advertencia estén apagadas. Si, después de desconectar la alimentación, no espera 20 minutos antes de realizar cualquier trabajo de reparación o tarea de mantenimiento, pueden producirse lesiones graves e incluso mortales.

1. **Pare el motor.**
2. **Desconecte la red de CA y las fuentes de alimentación de enlace de CC remotas, entre las que se incluyen baterías de emergencia, SAI y conexiones de enlace de CC a otros convertidores de frecuencia.**
3. **Desconecte o bloquee el motor PM.**
4. **Espere al menos 20 minutos a que los condensadores se descarguen por completo antes de efectuar trabajos de reparación o mantenimiento.**

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

⚠ADVERTENCIA

PELIGRO DE CORRIENTE DE FUGA (>3,5 mA)

Las corrientes de fuga superan los 3,5 mA. No realizar la conexión toma a tierra adecuada del sistema de convertidores de frecuencia puede causar lesiones graves e incluso mortales. Siga las normas locales y nacionales sobre la conexión protectora a tierra del equipo con una corriente de fuga >3,5 mA. La tecnología del convertidor de frecuencia implica una conmutación de alta frecuencia con alta potencia. Esta conmutación genera una corriente de fuga en la conexión a tierra. En ocasiones, una corriente de falta en los terminales de potencia de salida del sistema de convertidores de frecuencia puede contener un componente de CC, que puede cargar los condensadores de filtro y provocar una corriente a tierra transitoria. La corriente de fuga a tierra depende de las diversas configuraciones del sistema, incluidos el filtro RFI, los cables de motor apantallados y la potencia del sistema de convertidores de frecuencia. Si la corriente de fuga supera los 3,5 mA, la norma EN/CEI 61800-5-1 (estándar de producto de sistemas Power Drive) requerirá una atención especial.

La toma de tierra debe reforzarse de una de las siguientes maneras:

- **La correcta conexión a tierra del equipo debe estar garantizada por un instalador eléctrico certificado.**
- **Cable de conexión toma a tierra de al menos 10 mm^2 (6 AWG).**
- **Dos cables de conexión toma a tierra separados, conformes con las normas de dimensionamiento.**

Para obtener más información, consulte el apartado 543.7 de la norma EN 60364-5-54.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

3 Homologaciones y certificados

Los convertidores de frecuencia están diseñados conforme a las directivas descritas en este apartado.

Tabla 3.1 Homologaciones

3.1 Marca CE

La marca CE (Comunidad Europea) indica que el fabricante del producto cumple todas las directivas aplicables de la UE. Las directivas de la UE aplicables al diseño y fabricación de convertidores de frecuencia son la Directiva de tensión baja, la Directiva CEM y la Directiva de máquinas (para unidades con función de seguridad integrada).

El propósito de la marca CE es el de eliminar las barreras técnicas para el comercio libre entre los países de la CE y la EFTA, dentro de la ECU. La marca CE no regula la calidad del producto. Las especificaciones técnicas no pueden deducirse de la marca CE.

3.2 Directiva de tensión baja

Los convertidores de frecuencia están clasificados como componentes electrónicos y deben contar con la marca CE conforme a la Directiva 2014/35/UE de tensión baja. Esta directiva se aplica a todos los equipos eléctricos en el rango de tensión de 50-1000 V CA y 75-1500 V CC.

La directiva exige que el diseño del equipo debe asegurar que no se pongan en peligro la seguridad ni la salud de las personas y del ganado y que el valor del material se conserve hasta que el equipo esté instalado correctamente, mantenido y se use conforme a lo previsto. Las marcas CE de Danfoss cumplen con la Directiva de tensión baja y ofrecen una declaración de conformidad si así se solicita.

3.3 Directiva CEM

La compatibilidad electromagnética (EMC) significa que las interferencias electromagnéticas entre aparatos no afectan a su rendimiento. Los requisitos de protección básicos de la Directiva CEM 2014/30/UE indican que los dispositivos que generan interferencias electromagnéticas (EMI) o los dispositivos cuyo funcionamiento pueda verse afectado por las EMI deben diseñarse para limitar la generación de interferencias electromagnéticas y deben tener un grado adecuado de inmunidad a las EMI cuando se instalan correctamente, se mantienen y se usan conforme a lo previsto.

Un convertidor de frecuencia se puede utilizar como dispositivo independiente o como parte de una instalación más compleja. Los dispositivos que se utilizan independientemente o como parte de un sistema deben disponer de la marca CE. Los sistemas no deben tener la marca CE pero deben cumplir con los requisitos de protección básicos de la Directiva CEM.

3.4 Directiva de máquinas

Los convertidores de frecuencia se clasifican como componentes electrónicos sujetos a la Directiva de tensión baja, aunque los convertidores de frecuencia con una función de seguridad integrada deben cumplir con la Directiva de máquinas 2006/42/CE. Los convertidores de frecuencia sin función de seguridad no se incluyen en la Directiva de máquinas. Si un convertidor de frecuencia está integrado en un sistema de maquinaria, Danfoss proporciona información sobre los aspectos de seguridad relativos al convertidor.

La Directiva de máquinas 2006/42/CE se aplica a máquinas que consten de un conjunto de componentes o dispositivos interconectados de los cuales al menos uno pueda realizar movimientos mecánicos. La directiva exige que el diseño del equipo debe asegurar que no se pongan en peligro la seguridad ni la salud de las personas y del ganado y que el valor del material se conserve hasta que el equipo esté instalado correctamente, mantenido y se use conforme a lo previsto.

Cuando los convertidores de frecuencia se utilizan en máquinas con al menos una parte móvil, el fabricante de la máquina debe proporcionar una declaración de cumplimiento de todas las normas y medidas de seguridad pertinentes. Las marcas CE de Danfoss cumplen con la Directiva de máquinas para convertidores de frecuencia con una función de seguridad integrada y ofrecen una declaración de conformidad si así se solicita.

3.5 Conformidad con UL

Para garantizar que el convertidor de frecuencia cumpla los requisitos de seguridad de las normas UL, consulte el *capétulo 8.3 Requisitos eléctricos para certificados y homologaciones*.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

3.6 Marcado RCM de conformidad

El sello RCM indica el cumplimiento de los estándares técnicos aplicables de compatibilidad electromagnética (CEM). El sello RCM es necesario para la distribución de dispositivos eléctricos y electrónicos en el mercado australiano y en el neozelandés. Las disposiciones normativas de la marca RCM solo conciernen a las emisiones por conducción y radiación. En el caso de los convertidores de frecuencia, se aplicarán los límites de emisiones especificados en la norma EN/CEI 61800-3. Podrá emitirse una declaración de conformidad si así se solicita.

3.7 Normativa de control de exportación

Los convertidores de frecuencia pueden estar sujetos a normativas regionales y/o nacionales de control de exportaciones.

Aquellos convertidores de frecuencia sujetos a normativas de control de exportaciones se clasificarán con un código ECCN.

El código ECCN se incluye en los documentos adjuntos al convertidor de frecuencia.

En caso de reexportación, recaerá en el exportador la responsabilidad de garantizar la conformidad con las normativas pertinentes de control de exportaciones.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

4 Vista general de producto

4.1 Hoja de datos del módulo de convertidor

- Potencia de salida para 380-500 V
  - HO: 160-250 kW (250-350 CV).
- Potencia de salida para 525-690 V
  - HO: 160-315 kW (200-450 CV).
- Peso
  - 125 kg (275 lb).
- Clasificación de protección
  - IP 00.
  - NEMA tipo 00.

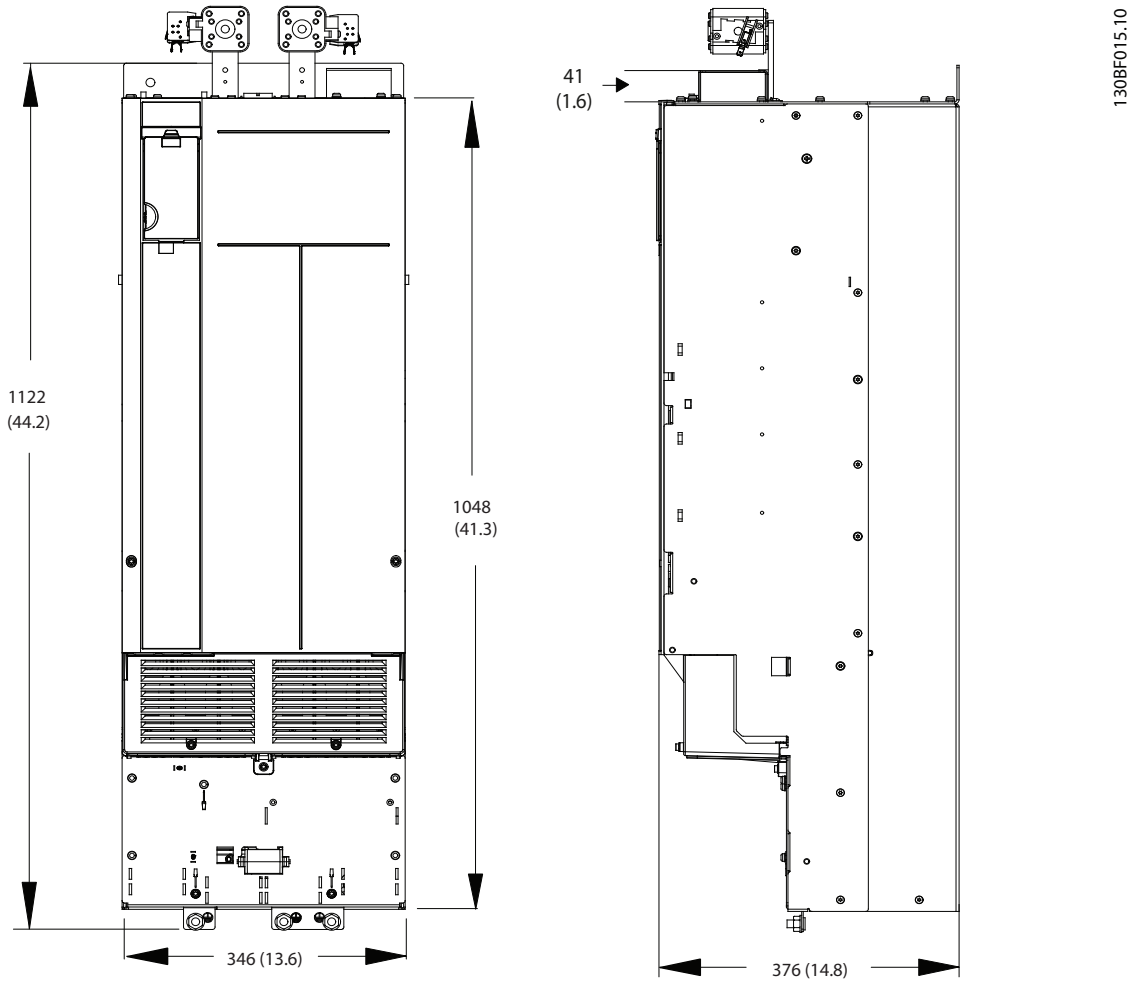


Ilustración 4.1 Dimensiones del módulo de convertidor de frecuencia

Opciones de Danfoss disponibles:

- Sistema de módulos de dos convertidores de frecuencia
- Sistema de módulos de cuatro convertidores de frecuencia

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

4.2 Hoja de datos de un sistema de dos convertidores de frecuencia

- Potencia de salida para 380-500 V
  - HO: 250-450 kW (350-600 CV).
  - NO: 315-500 kW (450-600 CV).
- Potencia de salida para 525-690 V
  - HO: 250-560 kW (300-600 CV).
  - NO: 315-630 kW (350-650 CV).
- Peso
  - 450 kg (992 lb).
- Clasificación de protección
  - IP54 (mostrado). Clasificación IP según los requisitos del cliente.
  - NEMA tipo 12 (mostrado).

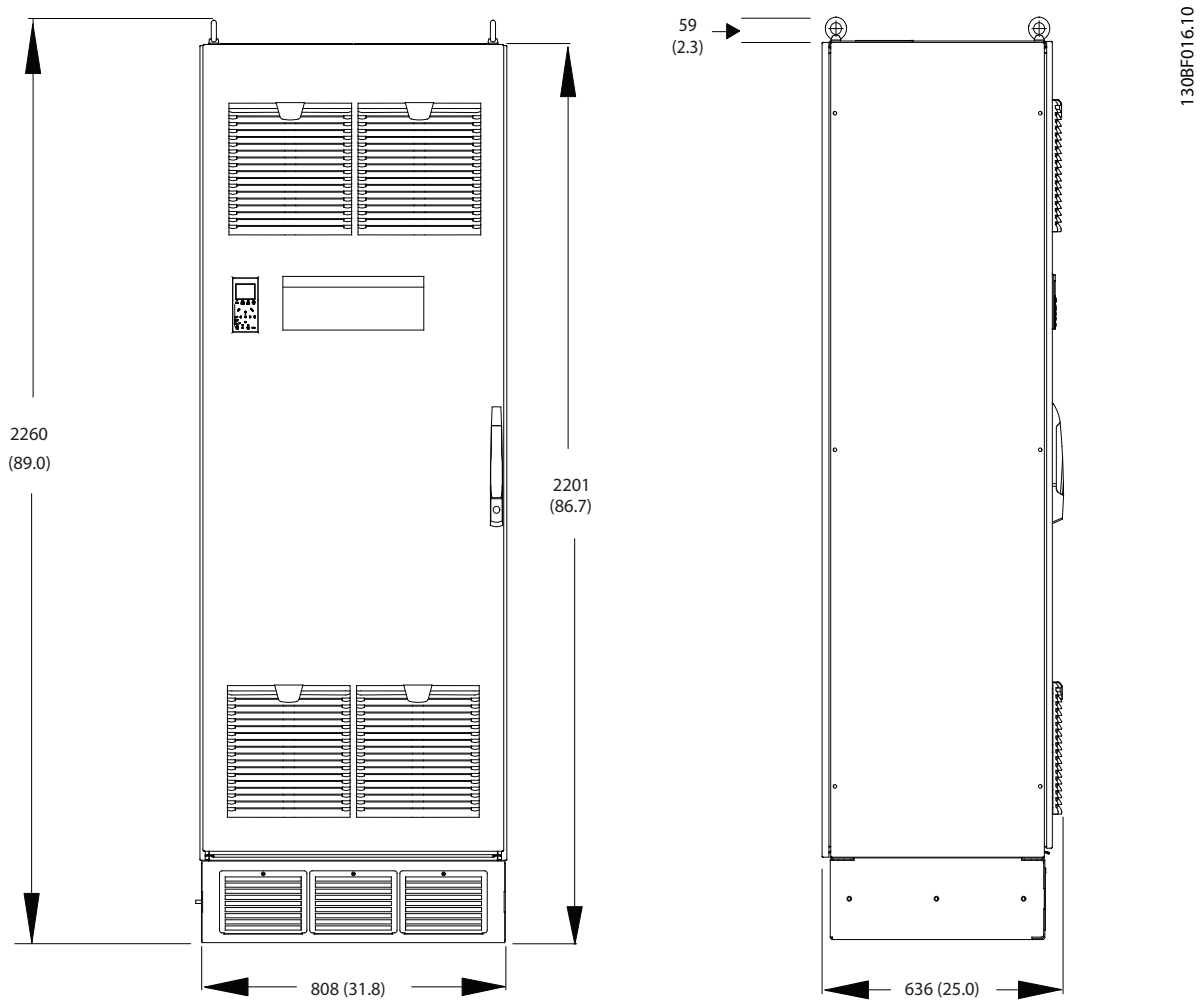


Ilustración 4.2 Sistema de dos convertidores de frecuencia con dimensiones mínimas de alojamiento

Opciones de Danfoss disponibles:

- Kit de barra conductora de 6 pulsos
- Kit de barra conductora de 12 pulsos
- Kit de refrigeración de entrada y salida posterior
- Kit de refrigeración de entrada posterior y salida superior
- Kit de refrigeración de entrada inferior y salida posterior
- Kit de refrigeración de entrada inferior y salida superior

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

4.3 Hoja de datos de un sistema de cuatro convertidores de frecuencia

- Potencia de salida para 380-500 V
  - HO: 500-800 kW (650-1200 CV).
  - NO: 560-1000 kW (750-1350 CV).
- Potencia de salida para 525-690 V
  - HO: 630-1000 kW (650-1150 CV).
  - NO: 710-1200 kW (750-1350 CV).
- Peso
  - 910 kg (2000 lb).
- Clasificación de protección
  - IP54 (mostrado). Clasificación IP según los requisitos del cliente.
  - NEMA tipo 12 (mostrado).

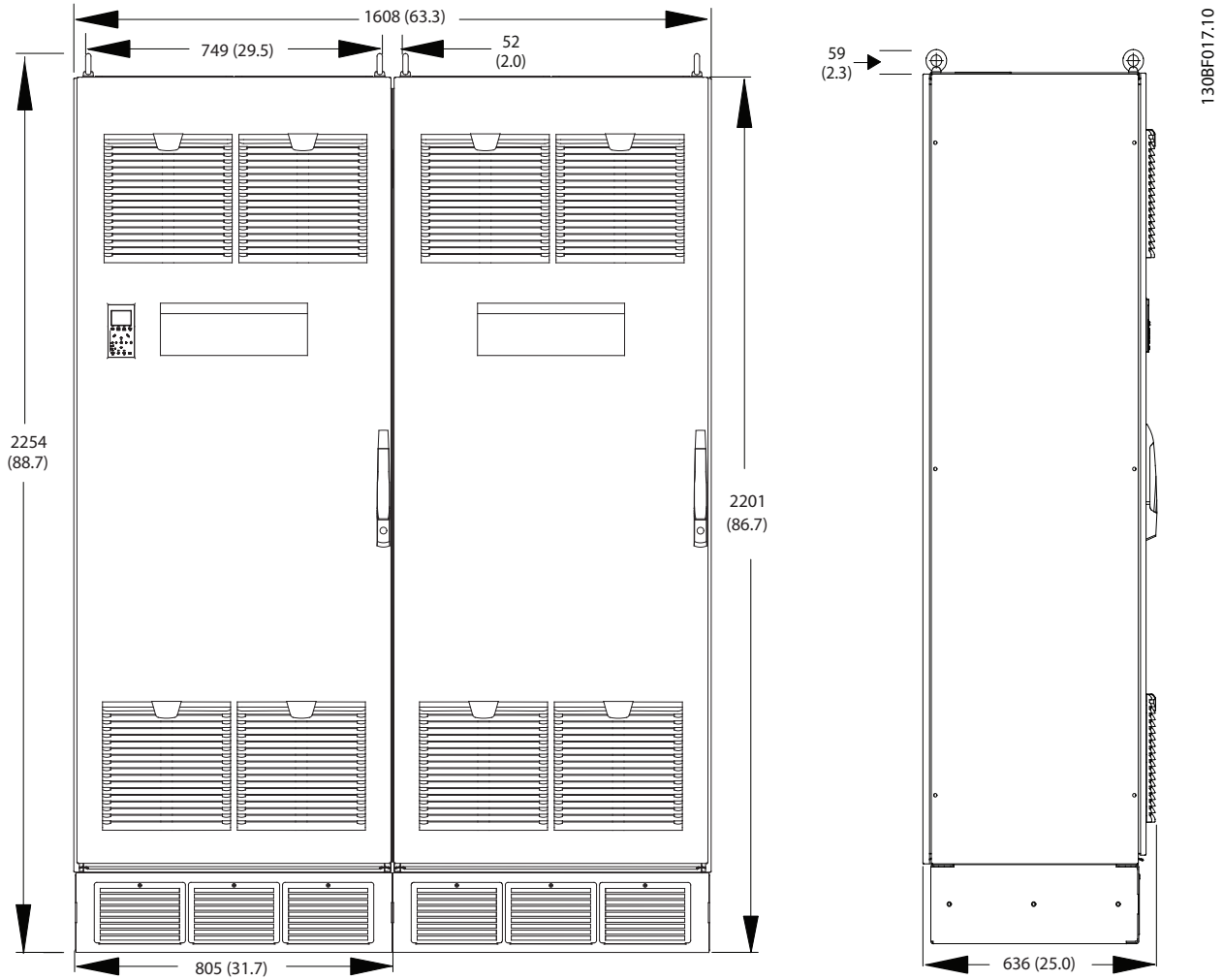


Ilustración 4.3 Sistema de cuatro convertidores de frecuencia con dimensiones mínimas de alojamiento

Opciones de Danfoss disponibles:

- Kit de barra conductora de 6 pulsos
- Kit de barra conductora de 12 pulsos
- Kit de refrigeración de entrada y salida posterior
- Kit de refrigeración de entrada posterior y salida superior
- Kit de refrigeración de entrada inferior y salida posterior
- Kit de refrigeración de entrada inferior y salida superior

4.4 Componentes internos del

El instalador diseña el sistema de convertidores para cumplir unos requisitos específicos de potencia, utilizando el kit básico de los VLT® Parallel Drive Modules y los kits de las opciones seleccionadas. El kit básico está compuesto por el hardware de conexión y 2 o 4 módulos de convertidor conectados en paralelo.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

El kit básico contiene los siguientes componentes:

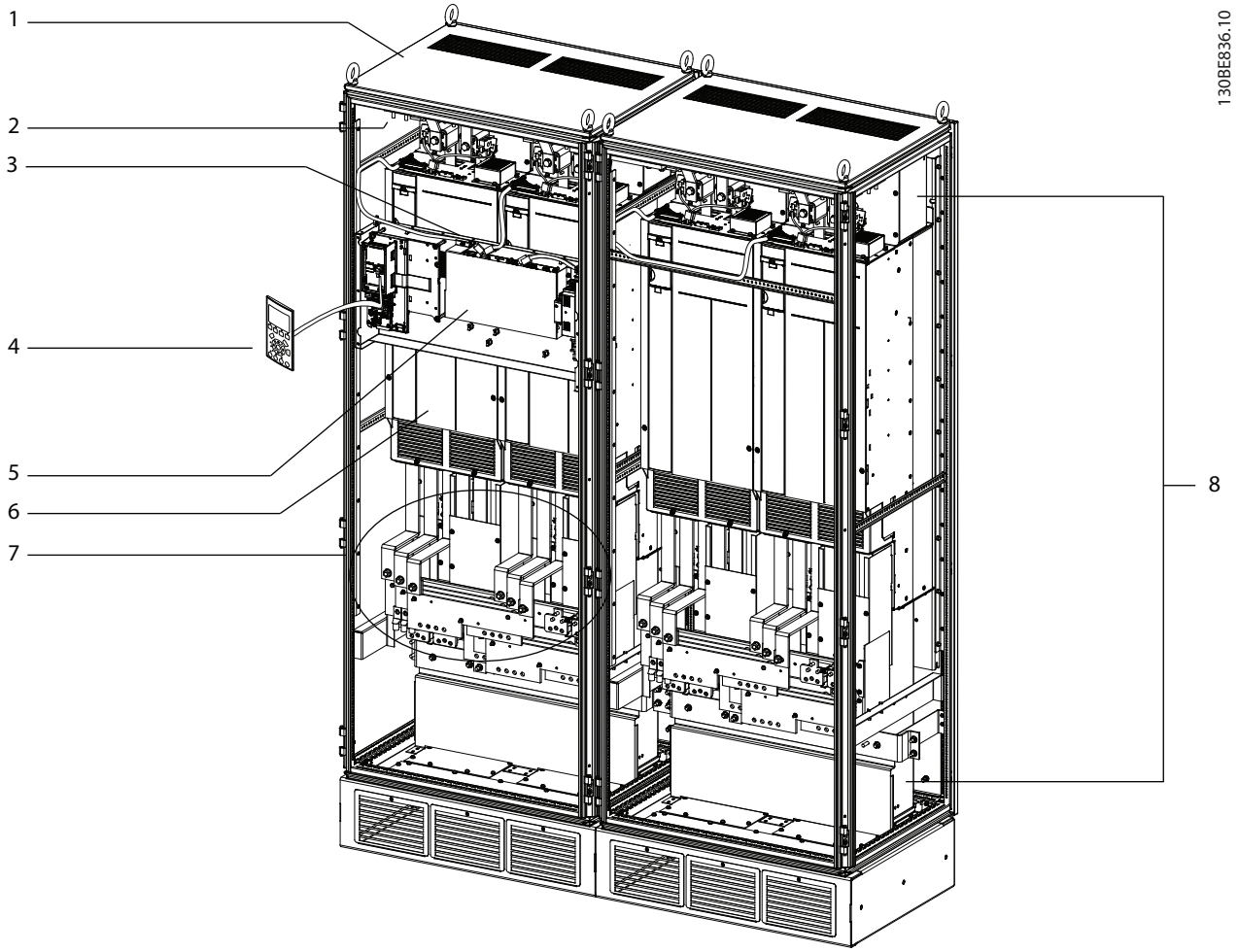
- Módulos de convertidor de frecuencia
- Cuadro de control
- Mazos de cables
  - Cable plano con terminal de 44 pines (en ambos extremos del cable).
  - Cable de relé con terminal de 16 pines (en un extremo del cable).
  - Cable microrruptor de fusible de CC con terminales de dos pines (en un extremo del cable).
- Fusibles de CC
- Microrruptores

Otros componentes, como los kits de barras conductoras y los kits de conductos de refrigeración del canal posterior, están disponibles como opciones para personalizar el sistema de convertidores de frecuencia.

En la *Ilustración 4.4* se muestra un sistema con cuatro módulos de convertidor de frecuencia. Un sistema de dos módulos de convertidor de frecuencia es parecido, salvo en cuanto al hardware de conexión utilizado. En el sistema de convertidores de frecuencia ilustrado se muestran el kit de refrigeración y kit de opción de barra conductora. No obstante, el instalador puede utilizar otros métodos de conexión, como barras conductoras o cables eléctricos fabricados a medida.

AVISO!

El instalador será responsable de los detalles de la construcción del sistema de convertidores de frecuencia, incluidas las conexiones. Asimismo, si el instalador no utiliza el diseño recomendado por Danfoss, deberá obtener las autorizaciones normativas por separado.



 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

Área	Denominación	Funciones
1	Alojamiento (suministrado por el instalador)	Utilizado para albergar los módulos de convertidor y otros componentes del sistema de convertidores de frecuencia.
2	Barras conductoras de CC (parte de el kit opcional de barra conductora)	Se utilizan para conectar en paralelo los terminales de CC de los módulos de convertidor de frecuencia. El kit puede encargarse a Danfoss o puede fabricarlo el cuadrista.
3	Mazo de cables	Se utiliza para conectar varios componentes al armario de control.
4	LCP	Módulo de control local, que se muestra instalado en la puerta del alojamiento. Permite al operador controlar el sistema y el motor.
5	Cuadro de control	Se compone de una MDCIC (tarjeta de interfaz de control de varias unidades), una tarjeta de control, un LCP, un relé de seguridad y una SMPS (fuente de alimentación de modo conmutado). La MDCIC comunica el LCP y la tarjeta de control con la tarjeta de potencia de cada módulo de convertidor.
6	Módulos de convertidor de frecuencia	Pueden instalarse dos o cuatro módulos de convertidor en paralelo para crear un sistema de convertidores de frecuencia.
7	Kit de barra conductora (opcional)	Se utiliza para conectar en paralelo los terminales de alimentación, del motor y de conexión toma a tierra de los módulos de convertidor de frecuencia. Puede encargarse a Danfoss como kit opcional o puede fabricarlo el cuadrista.
8	Refrigeración de entrada inferior y salida posterior (opcional)	Se utiliza para introducir aire por la base del alojamiento, a través del canal posterior del módulo de convertidor de frecuencia, y expulsarlo por la parte superior del alojamiento. Reduce en un 85 % el calor en el interior del alojamiento. Puede solicitarse a Danfoss como kit opcional. Consulte la *capétulo 4.5.1 Ejemplos de refrigeración mediante canal posterior*.

Ilustración 4.4 Visión general de un sistema de cuatro convertidores de frecuencia sin pantallas EMI/CEM

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

4.5 Ejemplos de refrigeración mediante canal posterior

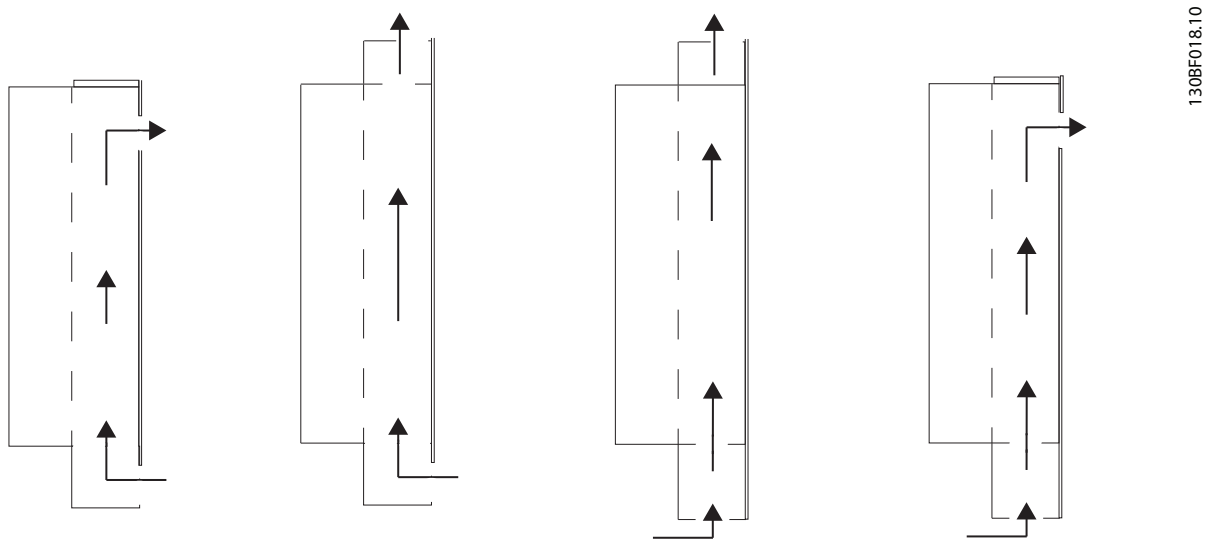


Ilustración 4.5 Flujo de aire del kit de refrigeración (de izquierda a derecha), entrada/salida posterior, entrada posterior / salida superior, entrada inferior / salida superior, entrada inferior / salida posterior.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

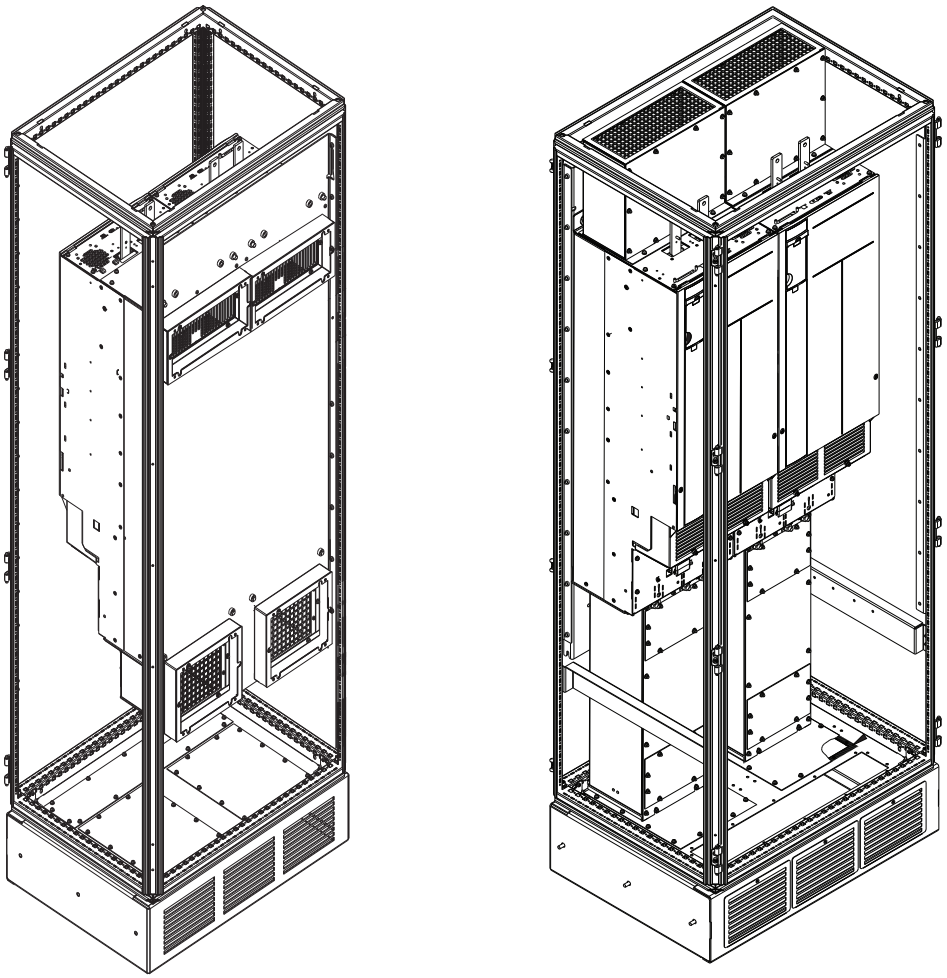


Ilustración 4.6 Armario de dos convertidores de frecuencia con kit de refrigeración de entrada/salida posterior (izquierda) y kit de refrigeración de entrada inferior / salida superior (derecha)

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

5 Funciones del producto

5.1 Funciones automatizadas

Estas funciones automatizadas se dividen en tres categorías:

- Activadas por defecto, pero pueden desactivarse en la programación.
- Desactivadas por defecto, pero pueden activarse en la programación.
- Siempre activadas.

5.1.1 Optimización automática de la energía

La optimización automática de energía (AEO) se utiliza en aplicaciones de HVAC. Esta función dirige el convertidor de frecuencia para que controle continuamente la carga del motor y ajuste la tensión de salida para obtener la máxima eficacia posible. Con una carga ligera, la tensión disminuye y la intensidad del motor se reduce al mínimo. El motor saca provecho porque aumenta la eficacia, se reduce el calor y el funcionamiento es más silencioso. No es necesario seleccionar una curva de V/Hz porque el convertidor de frecuencia ajusta automáticamente la tensión del motor.

5.1.2 Modulación automática de frecuencia de conmutación

El convertidor de frecuencia genera pulsos eléctricos cortos para formar un patrón de onda de CA. La frecuencia portadora es el ritmo de estos pulsos. Una frecuencia portadora baja (ritmo de pulsos lento) causa ruido en el motor, de modo que es preferible una frecuencia portadora más alta. Una frecuencia portadora alta, sin embargo, genera calor en el convertidor de frecuencia, lo que puede limitar la cantidad de corriente disponible en el motor. El uso de transistores bipolares de puerta aislada (IGBT) implica una conmutación a alta velocidad.

La modulación automática de frecuencia de conmutación regula estas condiciones automáticamente para ofrecer la frecuencia portadora más elevada sin sobrecalentar el convertidor de frecuencia. Al ofrecer una frecuencia portadora alta regulada, se silencia el ruido de funcionamiento del motor a velocidades bajas, cuando el ruido audible es crítico, y se produce una plena potencia de salida al motor cuando la demanda lo requiere.

5.1.3 Reducción de potencia automática para una frecuencia portadora alta

El convertidor de frecuencia está diseñado para un funcionamiento continuo a plena carga a frecuencias portadoras comprendidas entre las frecuencias mínima y máxima que se indican en la *Tabla 5.1*. Si la frecuencia portadora es superior a la frecuencia máxima, se reducirá automáticamente la potencia de la intensidad de salida del convertidor de frecuencia.

Potencia kW (CV)	Frecuencia de conmutación Hz	Mínima Hz	Máxima Hz	Ajustes de fábrica Hz
250 (350)	3000	2000	8000	3000
315 (450)	2000	1500	6000	2000
355 (500)	2000	1500	6000	2000
400 (550)	2000	1500	6000	2000
450 (600)	2000	1500	6000	2000
500 (650)	2000	1500	6000	2000
560 (750)	2000	1500	6000	2000
630 (900)	2000	1500	6000	2000
710 (1000)	2000	1500	6000	2000
800 (1200)	2000	1500	6000	2000

Tabla 5.1 Intervalos de funcionamiento de frecuencia portadora para 380-500 V

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

Potencia kW (CV)	Frecuencia de conmutación Hz	Mínima Hz	Máxima Hz	Ajustes de fábrica Hz
250 (300)	3000	2000	8000	3000
315 (350)	2000	1500	6000	2000
355 (400)	2000	1500	6000	2000
400 (400)	2000	1500	6000	2000
500 (500)	2000	1500	6000	2000
560 (600)	2000	1500	6000	2000
630 (650)	2000	1500	6000	2000
710 (750)	2000	1500	6000	2000
800 (950)	2000	1500	6000	2000
900 (1050)	2000	1500	6000	2000
1000 (1150)	2000	1500	6000	2000

Tabla 5.2 Intervalos de funcionamiento de frecuencia portadora para 525-690 V

5.1.4 Reducción de potencia automática por sobretemperatura

Se aplica una reducción de potencia automática por sobretemperatura para evitar la desconexión del convertidor de frecuencia en caso de temperatura elevada. Los sensores de temperatura interna miden las condiciones existentes para evitar que se sobrecalienten los componentes de alimentación. El convertidor de frecuencia puede reducir automáticamente su frecuencia portadora para mantener su temperatura de funcionamiento dentro de límites seguros. Tras reducir la frecuencia portadora, el convertidor de frecuencia también puede reducir la corriente y la frecuencia de salida hasta en un 30 % para evitar una desconexión por sobretemperatura.

5.1.5 Rampa automática

Un motor que intenta acelerar una carga demasiado rápidamente para la intensidad disponible puede provocar la desconexión del convertidor de frecuencia. Lo mismo sucede en caso de una desaceleración demasiado rápida. La rampa automática protege de esta posibilidad aumentando la tasa de rampa del motor (aceleración o desaceleración) para adaptarla a la corriente disponible.

5.1.6 Control del límite de corriente

Si una carga supera la capacidad de corriente del convertidor de frecuencia en funcionamiento normal (de un convertidor o un motor demasiado pequeños), el límite de intensidad reduce la frecuencia de salida para frenar el motor y reducir la carga. Un temporizador ajustable está disponible para limitar el funcionamiento en estas condiciones a 60 s o menos. El límite predeterminado de fábrica es el 110 % de la corriente nominal del motor, para reducir al mínimo el estrés por sobreintensidad.

5.1.7 Protección ante cortocircuitos

El convertidor de frecuencia proporciona una protección inherente frente a cortocircuitos con un circuito de desconexión por fallo que actúa rápidamente. Se mide la corriente en cada una de las tres fases de salida. Transcurridos 5-10 ms, si la corriente es superior al valor permitido, se desconectarán todos los transistores del inversor. Este circuito proporciona la detección de corriente más rápida posible y la mayor protección contra molestas desconexiones. Un cortocircuito entre dos fases de salida puede causar una desconexión por sobreintensidad.

5.1.8 Protección de fallo a tierra

Tras recibir realimentación desde los sensores de corriente, los circuitos de control acumulan las corrientes trifásicas de cada módulo de convertidor. Si la suma de las tres corrientes de fase de salida es distinta de cero, esto indica una corriente de fuga. Si la desviación desde cero supera una cantidad predeterminada, el convertidor de frecuencia emitirá un alarma de fallo a tierra.

5.1.9 Rendimiento de fluctuación de potencia

El convertidor de frecuencia soporta fluctuaciones de red como:

- Transitorios.
- Cortes momentáneos.
- Caídas cortas de tensión.
- Sobretensiones.

El convertidor de frecuencia compensa automáticamente las tensiones de entrada de un ±10 % del valor nominal para ofrecer un par y una tensión nominal del motor completos. Con el reinicio automático seleccionado, el convertidor de frecuencia se enciende automáticamente tras una desconexión de tensión. Y con la función de

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

motor en giro, el convertidor de frecuencia se sincroniza con el giro del motor antes del arranque.

5.1.10 Arranque suave del motor

El convertidor de frecuencia suministra al motor la cantidad correcta de intensidad para superar la inercia de la carga y poner el motor a la velocidad correcta. Esta acción evita que toda la tensión de red se aplique a un motor parado o que gira lentamente, lo cual genera una alta corriente y calor. Esta función inherente de arranque suave reduce la carga térmica y el estrés mecánico, alarga la vida del motor y genera un funcionamiento más silencioso del sistema.

5.1.11 Amortiguación de resonancia

Los ruidos de resonancias del motor a alta frecuencia se pueden eliminar mediante amortiguación de resonancia. Está disponible la amortiguación de frecuencia automática o seleccionada manualmente.

5.1.12 Ventiladores controlados por temperatura

Los ventiladores de refrigeración interna se controlan por temperatura mediante sensores que están dentro del convertidor de frecuencia. El ventilador de refrigeración a menudo no funciona durante el funcionamiento a baja carga, cuando está en el modo reposo o en espera. Esta función reduce el ruido, aumenta el rendimiento y alarga la vida útil del ventilador.

5.1.13 Conformidad con CEM

Las interferencias electromagnéticas (EMI) o las interferencias de radiofrecuencia (RFI) son perturbaciones que pueden afectar al circuito eléctrico a causa de la inducción o radiación electromagnética de una fuente externa. El convertidor de frecuencia está diseñado para cumplir con la norma de producto CEI 61800-3 relativa a CEM. Para obtener más información sobre el rendimiento de CEM, consulte el *capétulo 9.2 Resultados de las pruebas de CEM*.

5.2 Funciones programables

Las siguientes funciones son las funciones más comunes programadas para su uso en el convertidor de frecuencia a fin de obtener un rendimiento mejorado del sistema. Requieren una programación o configuración mínimas. Entender que estas funciones están disponibles puede optimizar el diseño de un sistema y, posiblemente, evitar la introducción de componentes o funciones duplicados. Consulte la *Guía de programación* específica del producto para obtener instrucciones sobre la activación de estas funciones.

5.2.1 Adaptación automática del motor

La adaptación automática del motor (AMA) es un procedimiento de prueba automatizado utilizado para medir las características eléctricas del motor. El AMA proporciona un modelo electrónico preciso del motor. Permite que el convertidor de frecuencia calcule el rendimiento y la eficacia óptimos con el motor. Llevar a cabo el procedimiento AMA también aumenta al máximo la función de optimización automática de energía del convertidor de frecuencia. El AMA se realiza sin que el motor esté girando y sin desacoplar la carga del motor.

5.2.2 Protección térmica del motor

La protección térmica del motor se puede proporcionar de dos maneras.

Uno de los métodos utiliza un termistor de motor. El convertidor de frecuencia supervisa la temperatura del motor a medida que varían la velocidad y la carga, a fin de detectar situaciones de sobrecalentamiento.

El otro método calcula la temperatura del motor midiendo la corriente, la frecuencia y el tiempo de funcionamiento. El convertidor de frecuencia muestra la carga térmica del motor en forma de porcentaje y puede emitir una advertencia cuando llega a un valor de consigna de sobrecarga programable. Las opciones programables en la sobrecarga permiten que el convertidor de frecuencia detenga el motor, reduzca la salida o ignore la condición. Incluso a velocidades bajas, el convertidor de frecuencia cumple con las normas de sobrecarga electrónica del motor I^2t de clase 20.

5.2.3 Controlador PID integrado

El controlador integrado proporcional, integral y derivativo (PID) está disponible, lo que elimina la necesidad de dispositivos de control auxiliares. El controlador PID mantiene un control constante de los sistemas de lazo cerrado en los que se deben mantener regulados la presión, el flujo, la temperatura u otros requisitos del sistema. El convertidor de frecuencia puede ofrecer control autosuficiente de la velocidad del motor en respuesta a las señales de realimentación de los sensores remotos.

El convertidor de frecuencia acomoda dos señales de realimentación de dos dispositivos diferentes. Esta función permite regular un sistema con diferentes requisitos de realimentación. El convertidor de frecuencia toma decisiones de control comparando las dos señales para optimizar el rendimiento del sistema.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

5.2.4 Rearranque automático

El convertidor de frecuencia puede programarse para reiniciar el motor automáticamente tras una pequeña desconexión, como una fluctuación o pérdida de potencia momentáneas. Esta característica elimina la necesidad de reiniciar manualmente y mejorar el funcionamiento automatizado para sistemas controlados remotamente. Se pueden limitar tanto la cantidad de intentos de reinicio como la duración entre intentos.

5.2.5 Motor en giro

La función de motor en giro permite que el convertidor de frecuencia se sincronice con un motor en funcionamiento girando hasta ir a máxima velocidad en cualquier dirección. Esta función evita desconexiones causadas por sobreintensidad. Además, reduce al mínimo la tensión mecánica del sistema, ya que el motor no sufre ningún cambio abrupto de la velocidad cuando se inicia el convertidor de frecuencia.

5.2.6 Modo reposo

El modo de reposo detiene automáticamente el motor cuando la demanda es baja durante un periodo determinado. Cuando la demanda del sistema aumenta, el convertidor de frecuencia vuelve a reiniciar el motor. El modo reposo genera ahorro energético y reduce el desgaste del motor. A diferencia de lo que sucede con un temporizador de retardo, el convertidor de frecuencia siempre está listo para funcionar cuando se alcanza la demanda de activación predeterminada.

5.2.7 Permiso de arranque

El convertidor de frecuencia puede esperar por una señal remota que indique que el sistema está preparado para arrancar. Cuando esta función está activada, el convertidor de frecuencia permanece parado hasta recibir el permiso para arrancar. El permiso de arranque garantiza que el sistema o los equipos auxiliares estén en un estado adecuado antes de que se permita al convertidor de frecuencia arrancar el motor.

5.2.8 Par completo a velocidad reducida

El convertidor de frecuencia sigue una curva V/Hz variable para ofrecer un par del motor completo incluso a velocidades reducidas. El par de salida completo puede coincidir con la velocidad de funcionamiento máxima diseñada del motor. Esta curva de par variable se diferencia de los convertidores de par variable que ofrecen un par del motor reducido a velocidad baja y de los convertidores de par constante que proporcionan un exceso de tensión, calor y ruido del motor a una velocidad inferior a la máxima.

5.2.9 Bypass de frecuencia

En algunas aplicaciones, el sistema puede tener velocidades de funcionamiento que crean una resonancia mecánica. Esto puede generar un ruido excesivo y puede dañar los componentes mecánicos del sistema. El convertidor de frecuencia dispone de cuatro anchos de banda de frecuencia de bypass programables, que permiten al motor evitar velocidades que generen resonancia en el sistema.

5.2.10 Precalentador del motor

Para precalentar un motor en un entorno húmedo o frío, puede suministrarse continuamente una pequeña cantidad de corriente de CC en el motor para protegerlo de la condensación y de un arranque en frío. Esta función puede eliminar la necesidad de resistencia calefactora.

5.2.11 4 ajustes programables

El convertidor de frecuencia tiene cuatro ajustes que se pueden programar independientemente. Utilizando un ajuste múltiple, es posible alternar entre funciones programadas independientemente activadas por entradas digitales o una orden de serie. Los ajustes independientes se utilizan, por ejemplo, para cambiar las referencias, para el funcionamiento día/noche o verano/invierno o para controlar varios motores. El ajuste activo se muestra en el LCP.

Los datos de ajuste se pueden copiar de un convertidor de frecuencia a otro descargando la información desde el LCP extraíble.

5.2.12 Freno de CC

Algunas aplicaciones pueden requerir el frenado de un motor hasta una velocidad baja o su parada. La aplicación de corriente de CC frena el motor y puede eliminar la necesidad de disponer de un freno de motor independiente. El freno de CC puede configurarse para su activación a una frecuencia predeterminada o tras recibir una señal. La tasa de frenado también se puede programar.

5.2.13 Par de arranque alto

Para las cargas de inercia elevada o de alta fricción, hay par extra disponible para el arranque. La corriente de arranque desde el 110 % hasta un máximo del 160 % puede ajustarse a un periodo limitado.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

5.2.14 Bypass

Una opción disponible es un bypass automático o manual, que permitirá al motor funcionar a plena velocidad cuando el convertidor de frecuencia no esté en funcionamiento y permite asimismo realizar el mantenimiento habitual o un bypass de emergencia.

5.2.15 Funcionamiento ininterrumpido con pérdida de potencia

Durante una pérdida de potencia, el convertidor de frecuencia sigue haciendo rotar el motor hasta que la tensión del enlace de CC desciende por debajo del nivel mínimo de funcionamiento, que es un 15 % inferior a la tensión nominal más baja del convertidor de frecuencia. Los convertidores de frecuencia tienen una capacidad nominal de funcionamiento de 380-460 V, 550-600 V y algunos de 690 V. Tras la carga, el tiempo de funcionamiento ininterrumpido con pérdida de potencia dependerá del convertidor de frecuencia y de la tensión de red existente en el momento de la pérdida de potencia.

5.2.16 Sobrecarga

Cuando el par necesario para mantenerse o acelerar a una frecuencia determinada supera el límite de intensidad, el convertidor de frecuencia intenta seguir funcionando. Automáticamente, reducirá la tasa de aceleración o la frecuencia de salida. Si no se reduce lo suficiente la demanda de sobrecorriente, el convertidor de frecuencia se apagará y emitirá un fallo en 1,5 s. El nivel del límite de intensidad es programable. El retardo de desconexión por sobrecorriente se utiliza para especificar el tiempo que opera el convertidor de frecuencia al límite de intensidad antes de apagarse. El nivel límite puede ajustarse entre 0 y 60 s o para funcionamiento infinito, en función del convertidor de frecuencia y de la protección térmica del motor.

5.3 Safe Torque Off (STO)

El VLT® AutomationDrive FC 302 se suministra de fábrica con la función de Safe Torque Off a través del terminal de control 37. La función de STO también está disponible en el VLT® HVAC Drive FC 102 y el VLT® AQUA Drive FC 202.

La STO desactiva la tensión de control de los semiconductores de potencia de la etapa de salida del convertidor de frecuencia, lo que a su vez impide que genere la tensión necesaria para que el motor gire. Cuando se activa la Safe Torque Off (T37), el convertidor de frecuencia emite una alarma, desconecta la unidad y hace que el motor entre en modo de inercia hasta que se detiene. Será necesario un reinicio manual. La función de Safe Torque Off puede utilizarse para detener el convertidor de frecuencia en situaciones de parada de emergencia. En el modo de funcionamiento normal, cuando no se necesite la función de Safe Torque Off, utilice la función de parada normal. Si se utiliza el rearranque automático, deben cumplirse los requisitos indicados en el párrafo 5.3.2.5 de la norma ISO 12100-2.

La función de Safe Torque Off del VLT® AutomationDrive FC 302 puede utilizarse con motores síncronos, asíncronos y de magnetización permanente. Pueden producirse dos fallos en los semiconductores de potencia. Si esto sucede al usar motores síncronos o de magnetización permanente, puede generarse una rotación residual en el motor. La rotación puede calcularse así: ángulo=360/(número de polos). La aplicación que usa motores síncronos o de magnetización permanente debe tener en cuenta esta posibilidad y garantizar que no se trate de un problema crítico de seguridad. Esta situación no es aplicable a motores asíncronos.

5.3.1 Responsabilidad

El usuario es responsable de garantizar que el personal sabe cómo instalar y hacer funcionar la función de Safe Torque Off porque:

- Ha leído y comprendido las normas de seguridad relativas a la salud, la seguridad y la prevención de accidentes.
- Ha entendido las indicaciones generales y de seguridad incluidas en esta descripción y en la descripción ampliada del *Manual de funcionamiento de Safe Torque Off de los convertidores de frecuencia VLT®*.
- Conoce a la perfección las normas generales y de seguridad de la aplicación específica.

El usuario se define como integrador, operario y personal de mantenimiento y reparación.

5.3.2 Información adicional

Para obtener más información acerca de la función Safe Torque Off, incluidas su instalación y puesta en servicio, consulte el *Manual de funcionamiento de Safe Torque Off de los convertidores de frecuencia VLT®*.

5.3.3 Instalación de dispositivo externo de seguridad en combinación con la VLT® PTC Thermistor Card MCB 112

Si se conecta el módulo de termistor de la MCB 112 con certificación Ex, que utiliza el terminal 37 como su canal de desconexión en relación con la seguridad, entonces debe añadirse una Y entre la salida X44/12 de la MCB 112 y el sensor relacionado con la seguridad (botón de parada de

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

emergencia o conmutador de seguridad) que activa la función de Safe Torque Off. La salida al terminal 37 de Safe Torque Off será alta (24 V) solo si también son altas la señal de la salida X44/12 de la MCB 112 y la señal del sensor de seguridad. Si al menos una de las dos señales es baja, la salida al terminal 37 también debe ser baja. El dispositivo de seguridad y el propio Y lógico debe realizarse en conformidad con CEI 61508, SIL 2. La conexión desde la salida del dispositivo de seguridad con Y lógico seguro al terminal 37, Safe Torque Off, debe tener protección contra cortocircuitos. En la *Ilustración 5.1* se muestra una entrada de reinicio para el dispositivo de seguridad externo. En esta instalación, por ejemplo, ajuste *[7] PTC 1 y relé W* o *[8] PTC 1 y relé A/W* en el *parámetro 5-19 Terminal 37 parada segura*. Consulte el *Manual de funcionamiento de la VLT® PTC Thermistor Card MCB 112* para obtener más información.

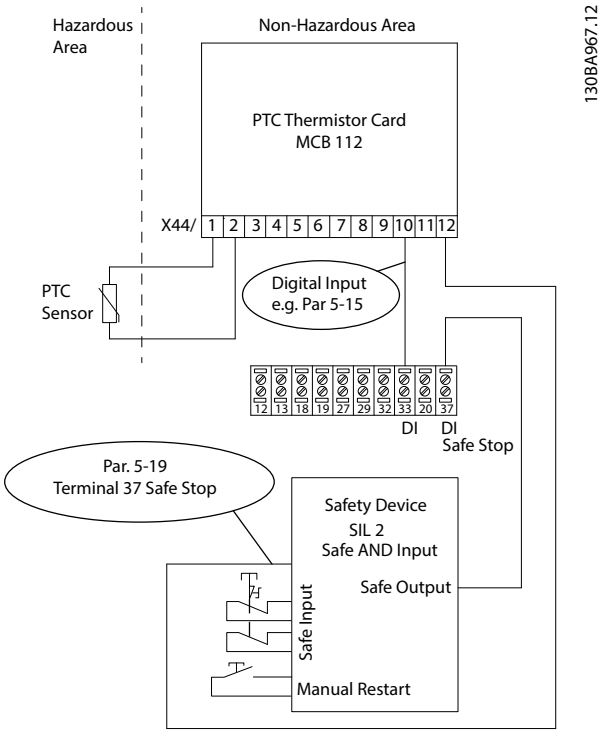


Ilustración 5.1 Ilustración de los aspectos esenciales para la instalación de una combinación de una aplicación de Safe Torque Off y una aplicación MCB 112

Ajustes de parámetros para dispositivo externo de seguridad con la MCB 112

Si está conectada la MCB 112, las selecciones *[4]* a *[9]* aparecen disponibles para el *parámetro 5-19 Terminal 37 parada segura* (terminal 37 Safe Torque Off).

Las selecciones *[1]* Alarma parada seg.* y *[3] Advert. parada seg.* del *parámetro 5-19 Terminal 37 parada segura* todavía están disponibles, pero se utilizan únicamente para instalaciones sin MCB 112 u otro tipo de dispositivos de seguridad externos. Si en el *parámetro 5-19 Terminal 37 parada segura* se selecciona por error *[1]* Alarma parada seg.* o *[3] Advert. parada seg.* y se activa el MCB 112, el convertidor de frecuencia reacciona con la *alarma 72, Fallo peligroso* y pone el motor en inercia de manera segura, sin necesidad de rearranque automático.

Las selecciones *[4] Alarma PTC 1* y *[5] Advertencia PTC 1* del *parámetro 5-19 Terminal 37 parada segura* solo se seleccionan cuando la MCB 112 utiliza la función de Safe Torque Off. Si se seleccionan por error [4] o [5] en el *parámetro 5-19 Terminal 37 parada segura* y el dispositivo externo de seguridad dispara la función de Safe Torque Off, el convertidor de frecuencia reacciona con una *alarma 72, Fallo peligroso* y pone el convertidor de frecuencia en inercia de manera segura, sin rearranque automático.

Las selecciones *[6]* a *[9]* en el *parámetro 5-19 Terminal 37 parada segura* deben seleccionarse para la combinación de un dispositivo de seguridad externo y la MCB 112.

AVISO!

***[7] Las selecciones PTC 1 y relé W* y *[8] PTC 1 y relé A/W* en el *parámetro 5-19 Terminal 37 parada segura* activan el rearranque automático cuando el dispositivo de seguridad externo se desactiva de nuevo.**

El rearranque automático solo está permitido en los siguientes casos:

- La prevención de reinicio no intencionado se implementa mediante otras partes de la instalación de la Safe Torque Off.
- Puede excluirse la presencia física de alguien en la zona peligrosa cuando la Safe Torque Off no está activada. En particular, debe cumplirse el parágrafo 5.3.2.5 de la norma ISO 12100-2 2003.

Para obtener información sobre la MCB 112, consulte el *capétulo 7.3.11 VLT® PTC Thermistor Card MCB 112* y el *Manual de funcionamiento de la VLT® PTC Thermistor Card MCB 112*

5.4 Monitorización del sistema

El convertidor de frecuencia supervisa muchos aspectos del funcionamiento del sistema, entre los que se incluyen:

- Condiciones de alimentación.
- Carga y rendimiento del motor.
- Estado del convertidor de frecuencia.

Una alarma o advertencia no indica necesariamente que haya un problema en el propio convertidor de frecuencia. Puede tratarse de una situación externa al convertidor de frecuencia, que se supervisa para estudiar los límites de rendimiento. El convertidor de frecuencia incluye diversas respuestas preprogramadas ante fallos, advertencias y alarmas. Pueden seleccionarse funciones adicionales de alarma y advertencia para mejorar o modificar el rendimiento del sistema.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

En este apartado se describen las funciones comunes de alarma y advertencia. Entender que estas funciones están disponibles puede optimizar el diseño de un sistema y, posiblemente, evitar la introducción de componentes o funciones duplicados.

5.4.1 Funcionamiento con temperatura excesiva

De forma predeterminada, el convertidor de frecuencia emite una alarma y se desconecta ante una temperatura excesiva. Si se selecciona *Reducción automática y advertencia*, el convertidor de frecuencia emitirá un aviso de la situación pero continuará funcionando e intentará enfriarse por sí mismo reduciendo su frecuencia portadora. Después, si es necesario, reducirá la frecuencia de salida.

5.4.2 Advertencias de referencia alta o baja

En el modo de funcionamiento de lazo abierto, la señal de referencia determina directamente la velocidad del convertidor de frecuencia. La pantalla muestra una advertencia parpadeante de referencia alta o baja cuando se alcanza el máximo o el mínimo programado.

5.4.3 Advertencia de realimentación alta o baja

En el modo de funcionamiento de lazo cerrado, el convertidor de frecuencia supervisa los valores seleccionados de realimentación alta y baja. La pantalla mostrará una advertencia parpadeante de valor alto o bajo cuando corresponda. El convertidor de frecuencia también puede monitorizar las señales de realimentación en el modo de funcionamiento de lazo abierto. Mientras las señales no afecten al funcionamiento del convertidor de frecuencia en lazo abierto, pueden resultar útiles para indicar el estado del sistema localmente o mediante comunicación serie. El convertidor de frecuencia puede trabajar con 39 unidades de medida diferentes.

5.4.4 Desequilibrio de tensión de alimentación o pérdida de fase

Una corriente de rizado excesiva en el bus de CC indica un desequilibrio de red de tensión de alimentación o una pérdida de fase. Cuando se pierde una fase de alimentación al convertidor de frecuencia, la acción predeterminada es emitir una alarma y desconectar la unidad para proteger los condensadores del bus de CC. Otras opciones son emitir una advertencia y reducir la intensidad de salida al 30 % de la corriente total o emitir una advertencia y continuar con el funcionamiento normal. Hacer funcionar una unidad conectada a una línea desequilibrada puede ser deseable hasta que se corrija el desequilibrio.

5.4.5 Advertencia de frecuencia alta

Útil en la conexión por etapas de equipos adicionales, como bombas o ventiladores. El convertidor de frecuencia puede emitir una advertencia cuando la velocidad del motor sea elevada. Puede introducirse un ajuste específico de alta frecuencia en el convertidor de frecuencia. Cuando la salida de la unidad sobrepasa el límite ajustado, la unidad emite una advertencia de alta frecuencia. Una salida digital del convertidor de frecuencia puede indicar la conexión de dispositivos externos.

5.4.6 Advertencia de baja frecuencia

Es útil para desconectar equipos por etapas. El convertidor de frecuencia podrá emitir una advertencia cuando la velocidad del motor sea baja. Puede seleccionarse un ajuste de frecuencia baja específica para la advertencia y para la desconexión de dispositivos externos. La unidad no emitirá ninguna advertencia de baja frecuencia cuando se detenga ni tras el arranque mientras no se haya alcanzado la frecuencia de funcionamiento.

5.4.7 Advertencia de corriente alta

Esta función es similar a la advertencia de alta frecuencia (véase el *capítulo 5.4.5 Advertencia de frecuencia alta*), con la excepción de que se utiliza un ajuste de corriente alta para emitir una advertencia y conectar equipos adicionales. La función no está activa cuando la unidad está parada ni en el arranque mientras no se alcanza la intensidad de funcionamiento configurada.

5.4.8 Advertencia de intensidad baja

Esta función es similar a la advertencia de baja frecuencia (véase el *capítulo 5.4.6 Advertencia de baja frecuencia*), con la excepción de que se utiliza un ajuste de intensidad baja para emitir una advertencia y conectar equipos adicionales. La función no está activa cuando la unidad está parada ni en el arranque mientras no se alcanza la intensidad de funcionamiento configurada.

5.4.9 Advertencia de correa rota / ausencia de carga

Esta función puede usarse para supervisar una correa trapezoidal. Una vez que se ha guardado en el convertidor un límite de intensidad baja, si se detecta una pérdida de carga, el convertidor de frecuencia puede programarse para emitir una alarma y realizar una desconexión o para continuar en funcionamiento y emitir una advertencia.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

5.4.10 Interfaz serie perdida

El convertidor de frecuencia puede detectar una pérdida de comunicación serie. Se puede seleccionar un retardo de tiempo de hasta 18 000 s para evitar una respuesta debida a interrupciones en el bus de comunicación serie. Cuando se supere el retardo, las opciones disponibles serán:

- Mantener la última velocidad.
- Funcione a máxima velocidad.
- Funcione a una velocidad predeterminada.
- Se detenga y emita una advertencia.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

6 Especificaciones

6.1 Dimensiones del módulo de convertidor de frecuencia

6.1.1 Dimensiones exteriores

En la *Ilustración 6.1* se muestran las dimensiones del módulo de convertidor con relación a su instalación.

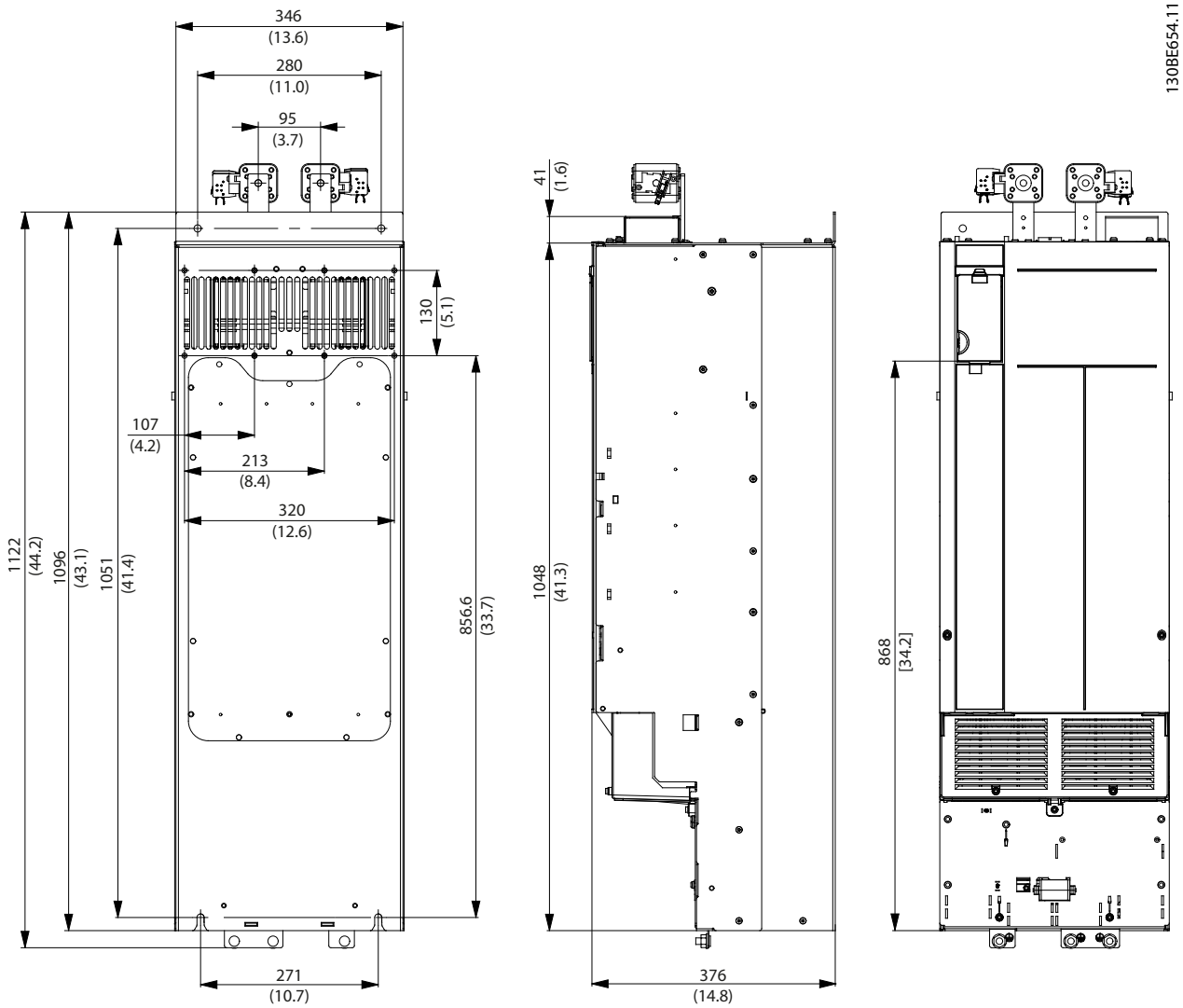


Ilustración 6.1 Dimensiones de instalación de los VLT® Parallel Drive Modules

Descripción	Peso del módulo [kg (lb)]	Longitud × anchura × profundidad [mm (in)]
Módulo del convertidor de frecuencia	125 (275)	1121,7 × 346,2 × 375 (44,2 × 13,6 × 14,8)

Tabla 6.1 Peso y dimensiones del módulo de convertidor

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

6.1.2 Dimensiones del terminal

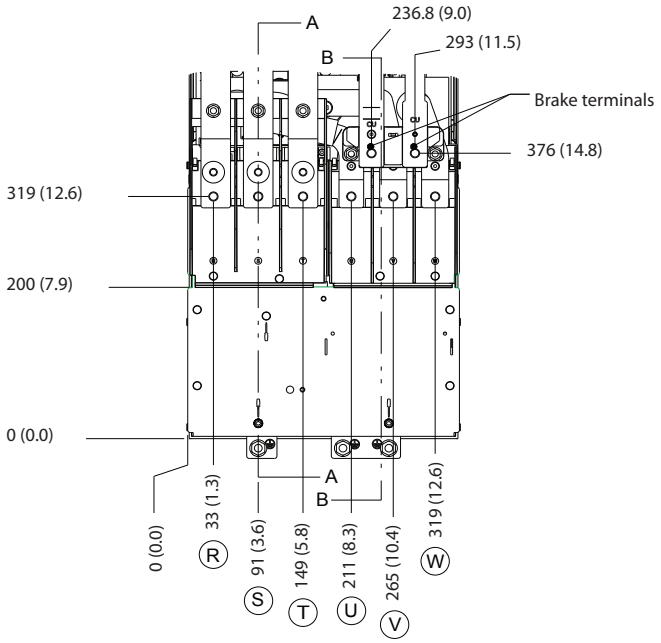


Ilustración 6.2 Dimensiones del terminal del módulo de convertidor de frecuencia (vista frontal)

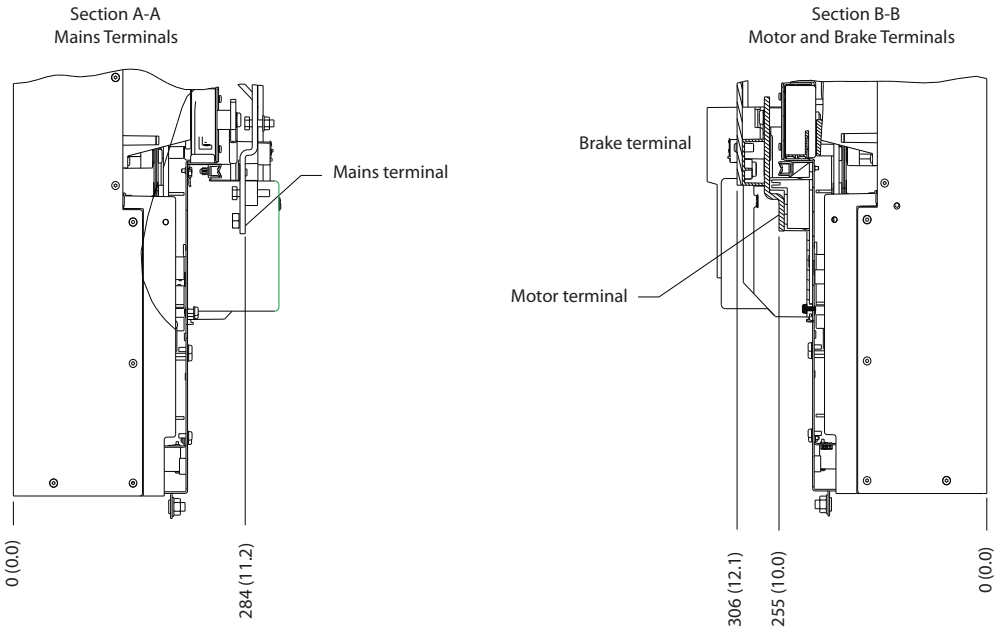


Ilustración 6.3 Dimensiones del terminal del módulo de convertidor de frecuencia (vistas laterales)

Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

6.1.3 Dimensiones del bus de CC

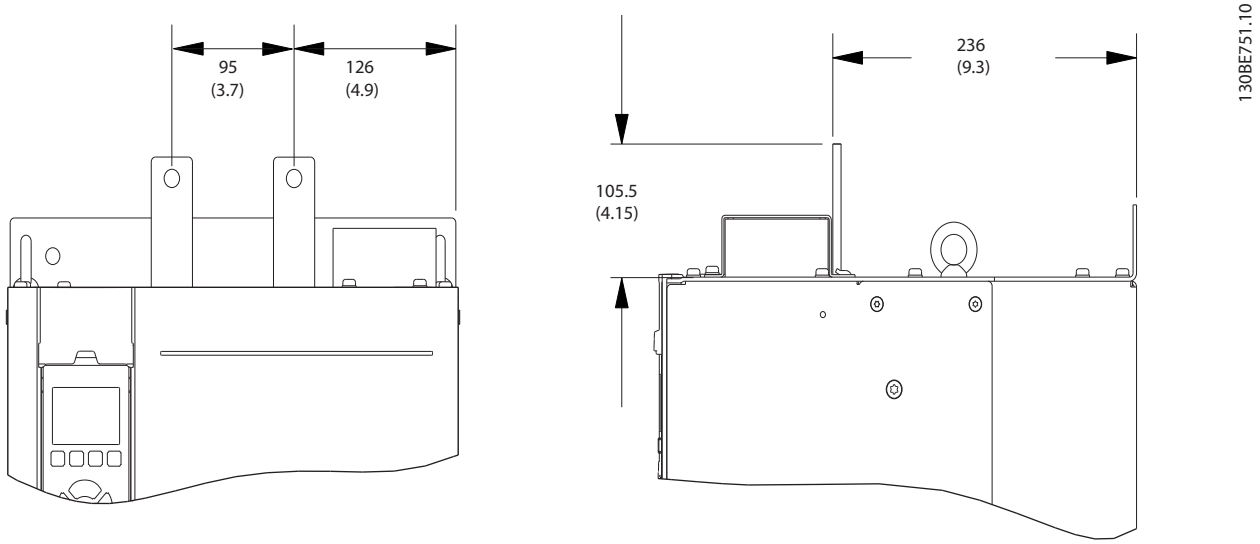


Ilustración 6.4 Dimensiones del bus de CC (vistas frontal y lateral)

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

6.2 Dimensiones del cuadro de control

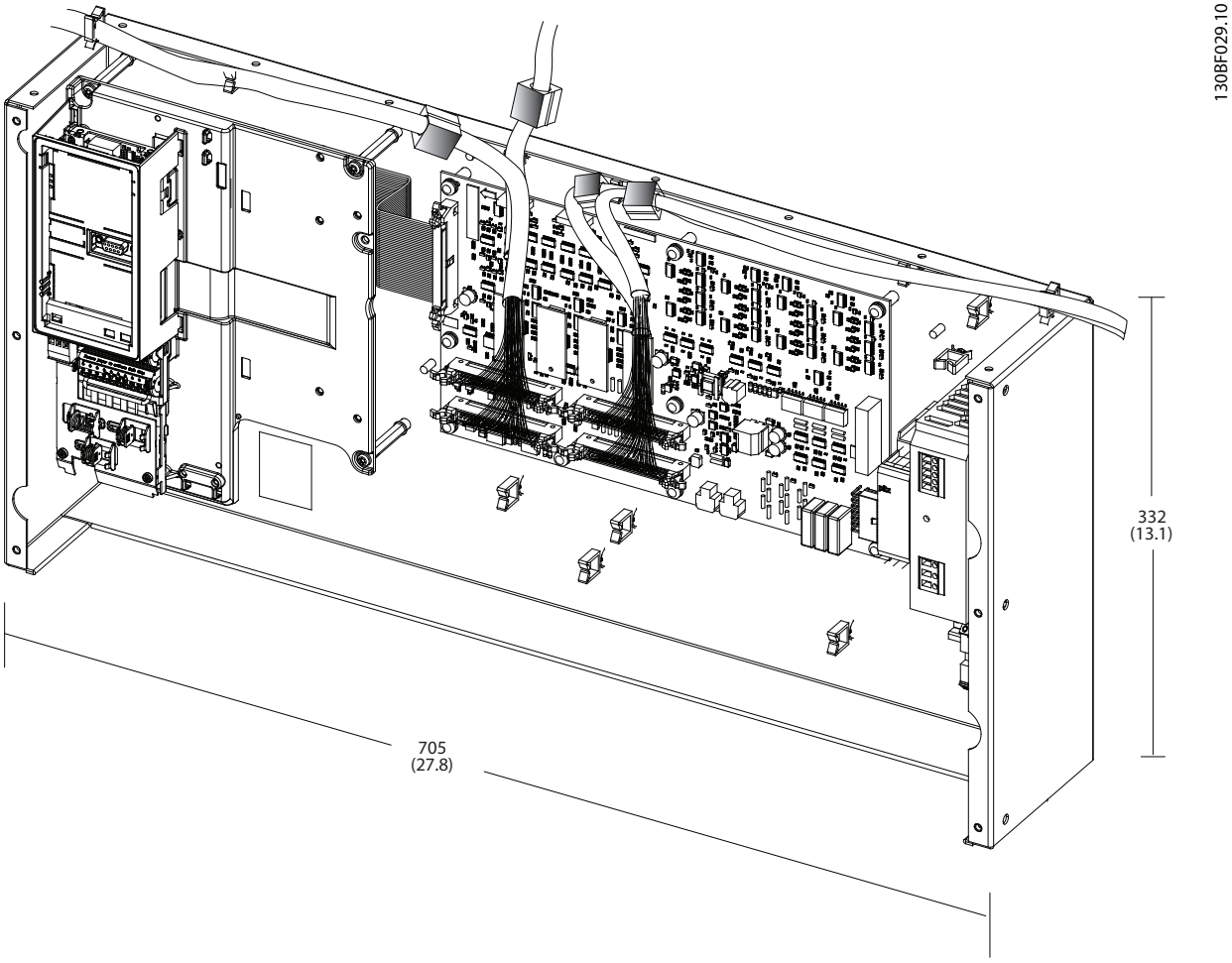


Ilustración 6.5 Dimensiones del cuadro de control

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

6.3 Dimensiones del sistema de dos convertidores de frecuencia

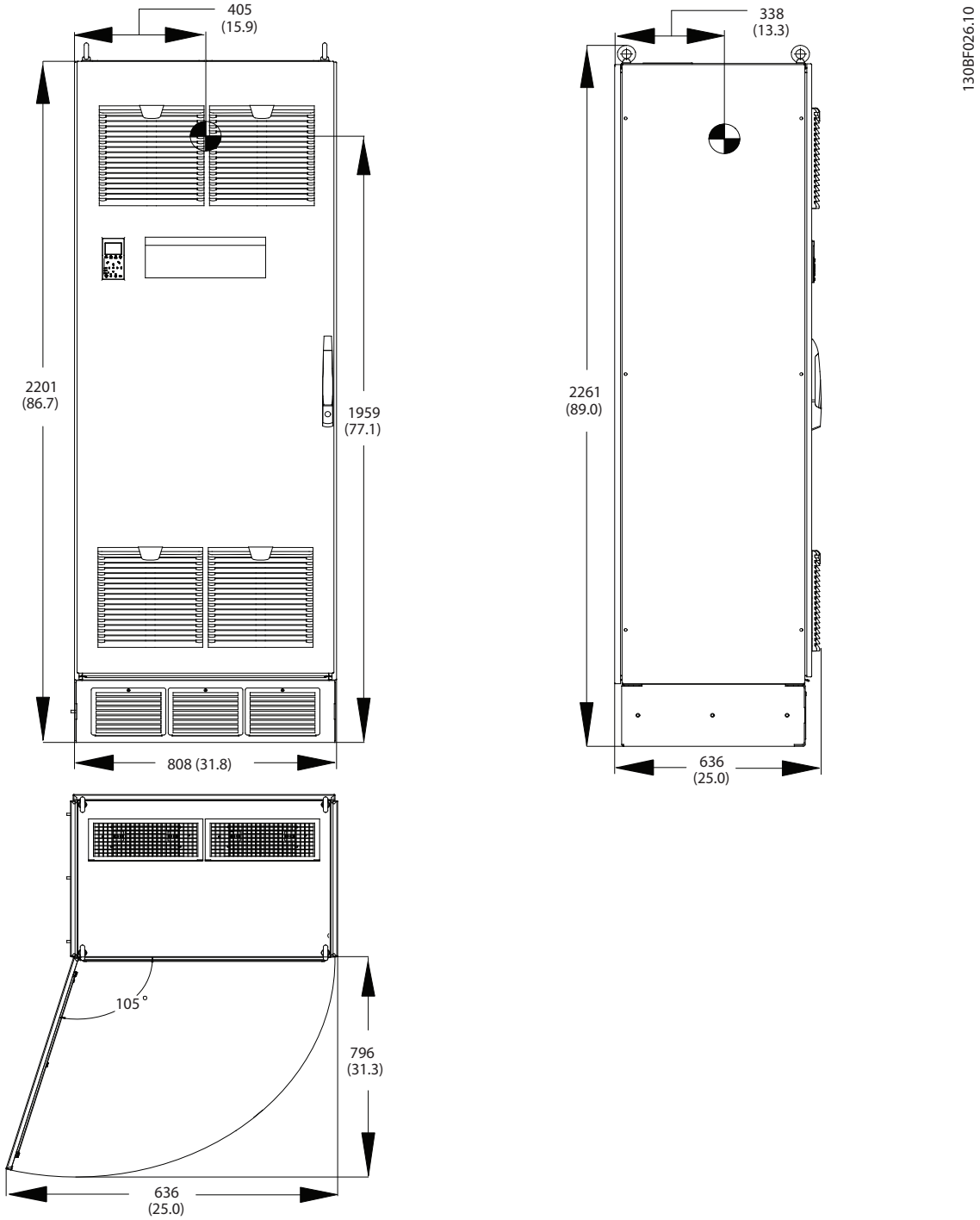
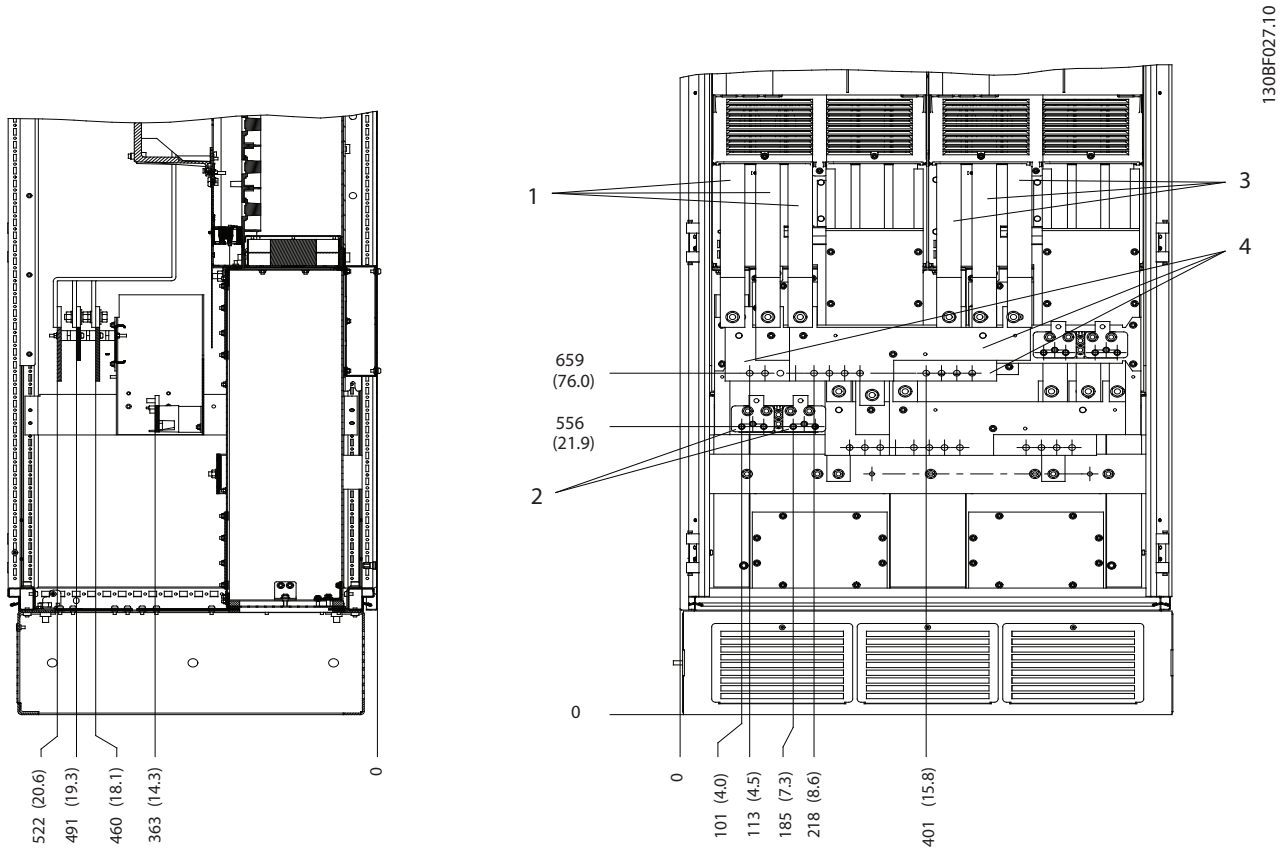


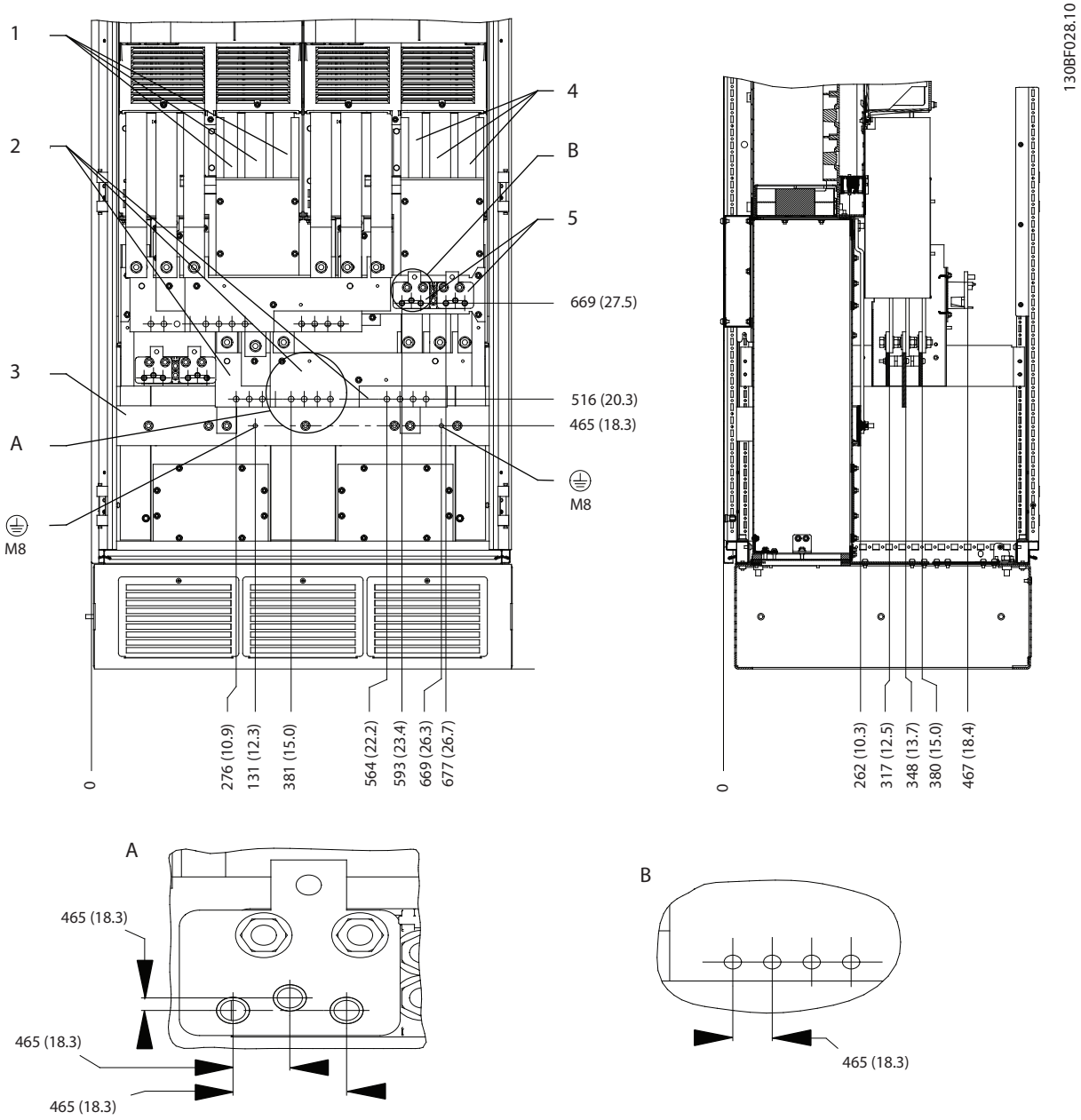
Ilustración 6.6 Dimensiones exteriores del sistema de dos convertidores de frecuencia (vista frontal, lateral y de apertura de puertas)

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.



1	Barras conductoras de puente de alimentación (módulo 1)	3	Barras conductoras de puente de alimentación (módulo 2)
2	Terminales de freno	4	Terminales de red

Ilustración 6.7 Terminales de alimentación del sistema de dos convertidores de frecuencia (vista lateral y frontal)



1	Barras conductoras de puente de motor (módulo 1)	4	Barras conductoras de puente de motor (módulo 2)
2	Terminales del motor	5	Terminales de freno
3	Terminales de conexión toma a tierra	–	–

Ilustración 6.8 Terminales de conexión toma a tierra y de motor en sistema de dos convertidores de frecuencia (vistas frontales y laterales)

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

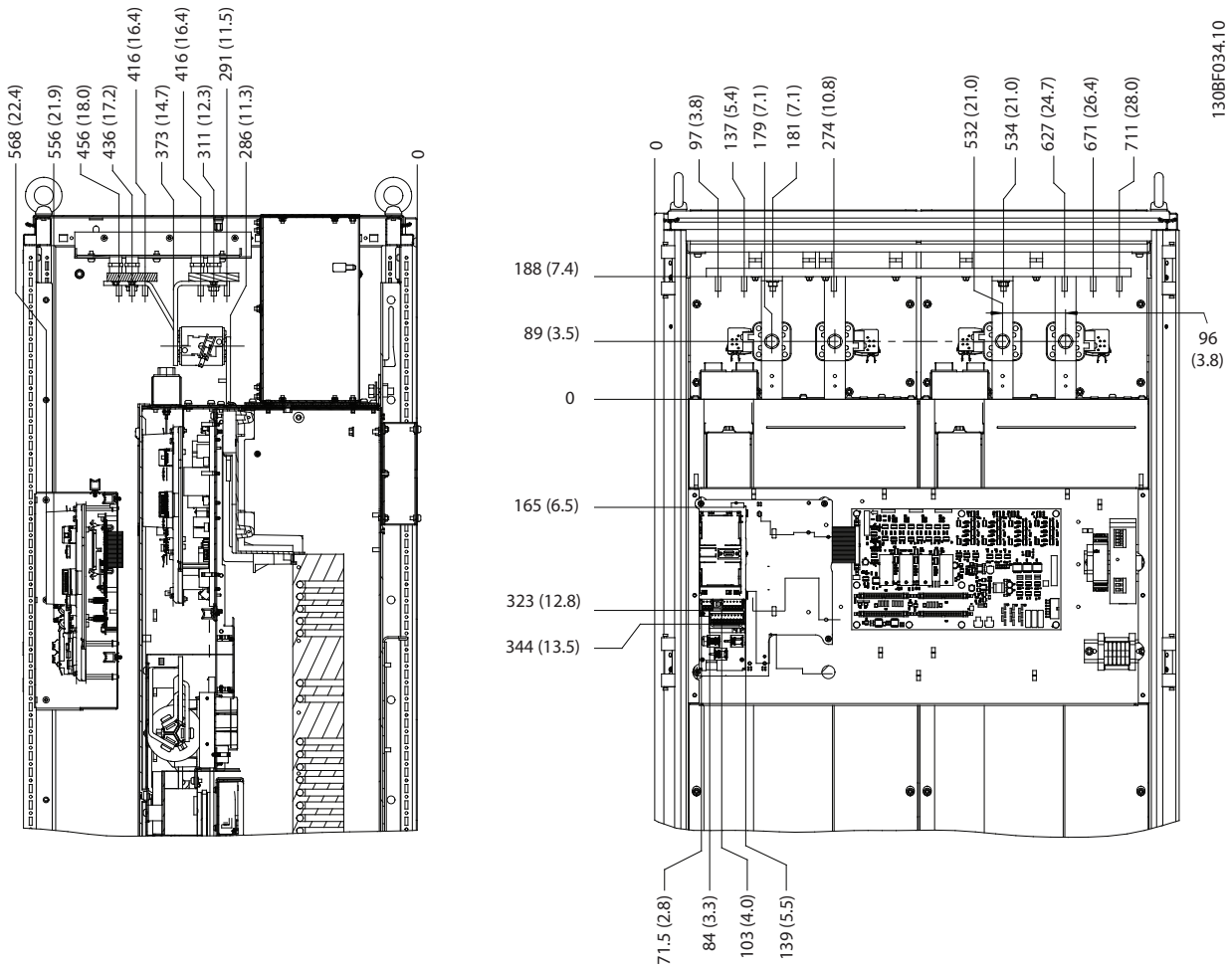


Ilustración 6.9 Relés y bus de CC en sistema de dos convertidores de frecuencia (vista frontal y lateral)

6.4 Dimensiones de sistema de cuatro convertidores de frecuencia

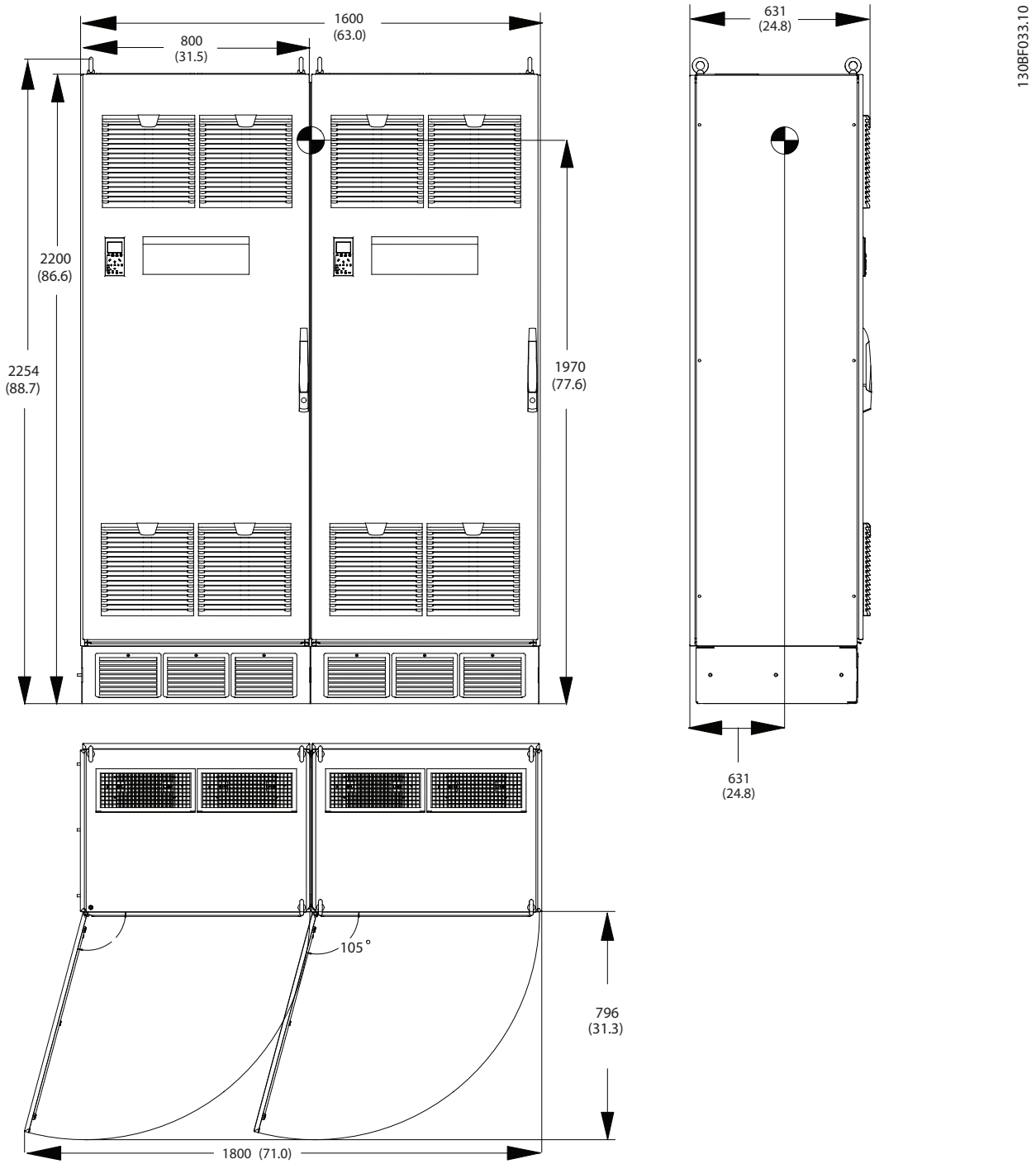


Ilustración 6.10 Dimensiones exteriores de sistema de cuatro convertidores de frecuencia (vista frontal, lateral y de apertura de puertas)

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

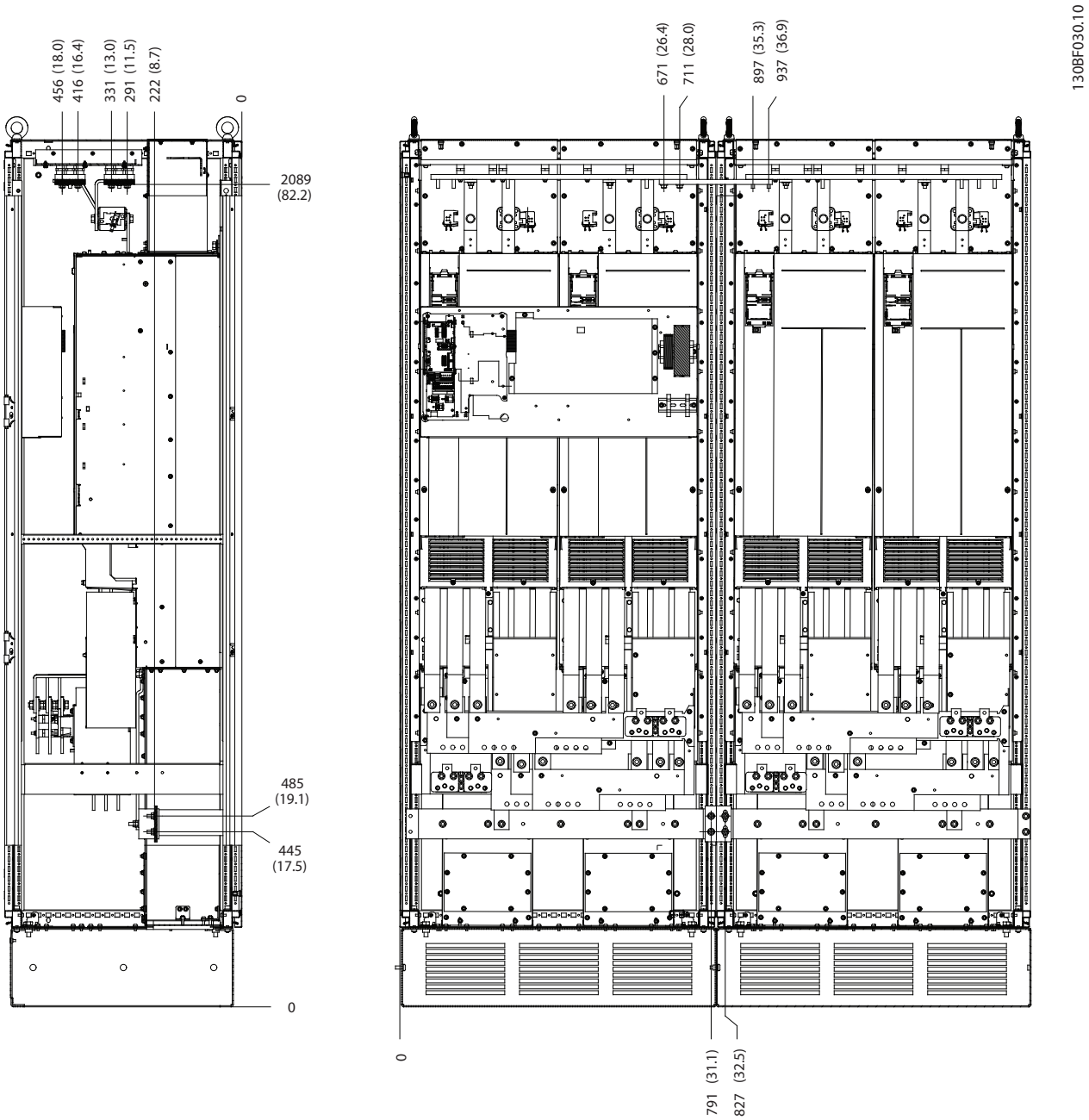
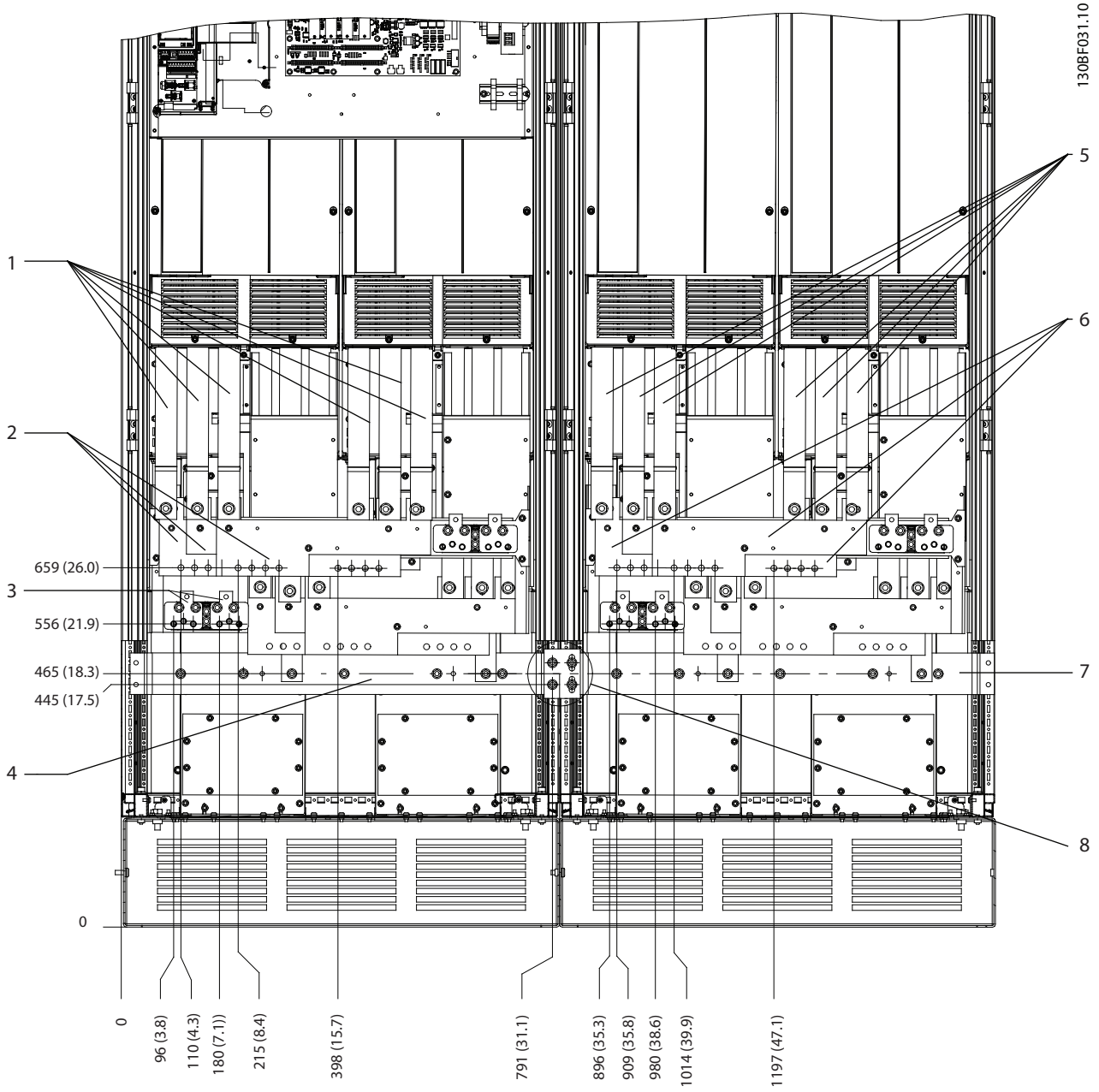


Ilustración 6.11 Conexiones de puente para cuatro convertidores de frecuencia (vista frontal y lateral)



1	Barras conductoras de puente de alimentación (módulos 1 y 2)	5	Barras conductoras de puente de alimentación (módulos 3 y 4)
2	Terminales de alimentación (módulos 1 y 2)	6	Terminales de alimentación (módulos 3 y 4)
3	Terminales de freno (módulos 1 y 2)	7	Terminales de conexión toma a tierra (módulos 3 y 4)
4	Terminales de conexión toma a tierra (módulos 1 y 2)	8	Conexión del terminal de tierra (véase la *Ilustración 6.13*)

Ilustración 6.12 Terminales de conexión toma a tierra y de alimentación en sistema de cuatro convertidores de frecuencia (vista frontal)

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

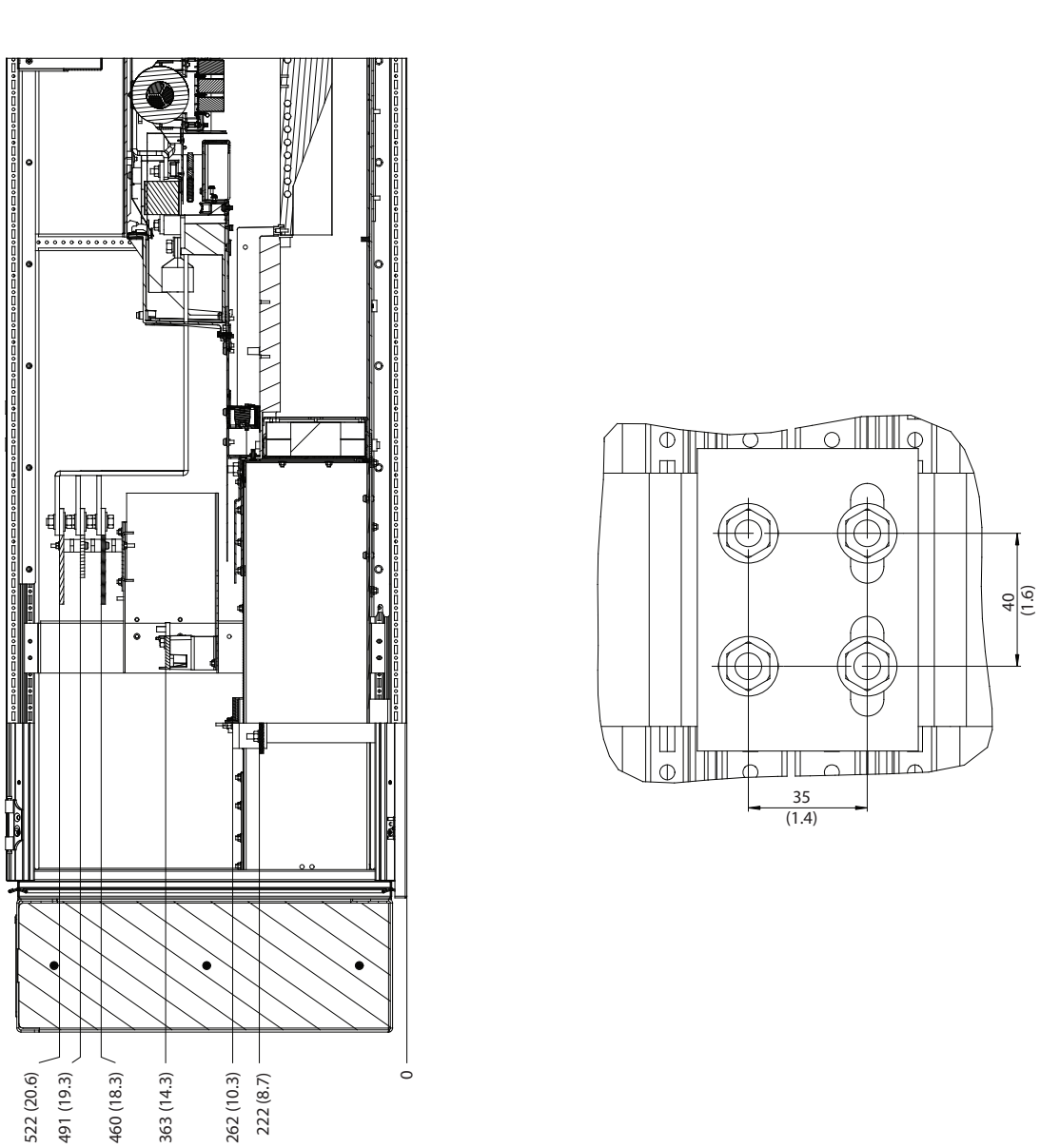
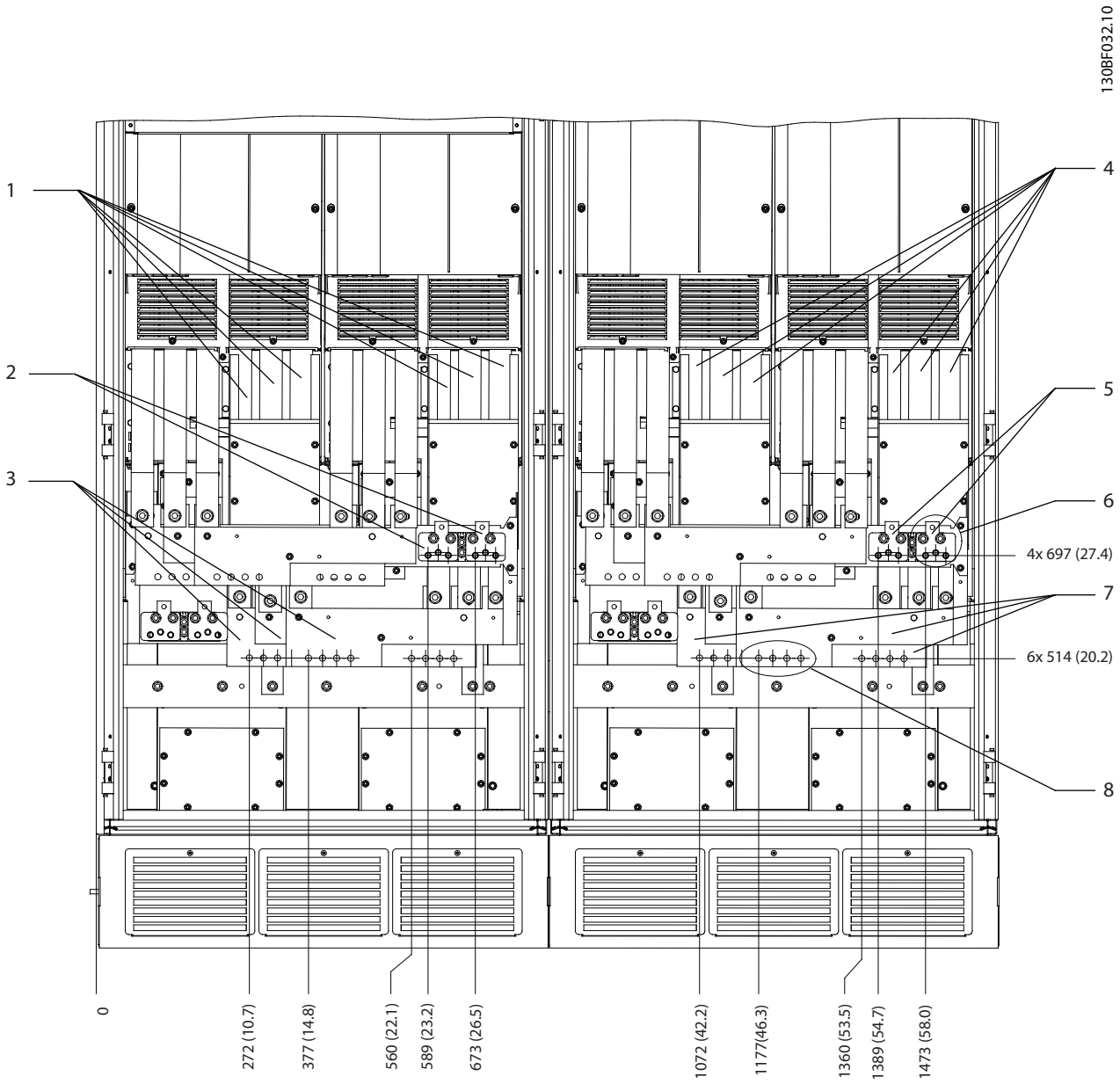


Ilustración 6.13 Terminales de conexión toma a tierra y de alimentación en sistemas de cuatro convertidores de frecuencia (vista lateral, izquierda y vista del terminal de conexión toma a tierra, derecha)

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.



1	Barras conductoras de puente del motor (módulos 1 y 2)	5	Terminales de freno (módulos 3 y 4)
2	Terminales de freno (módulos 1 y 2)	6	Detalle del terminal de freno (véase la *Ilustración 6.15*)
3	Terminales del motor (módulos 1 y 2)	7	Terminales del motor (módulos 3 y 4)
4	Barras conductoras de puente del motor (módulos 3 y 4)	8	Detalle del terminal del motor (véase la *Ilustración 6.15*)

Ilustración 6.14 Terminales de freno y de motor en sistema de cuatro convertidores de frecuencia (vista frontal)

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

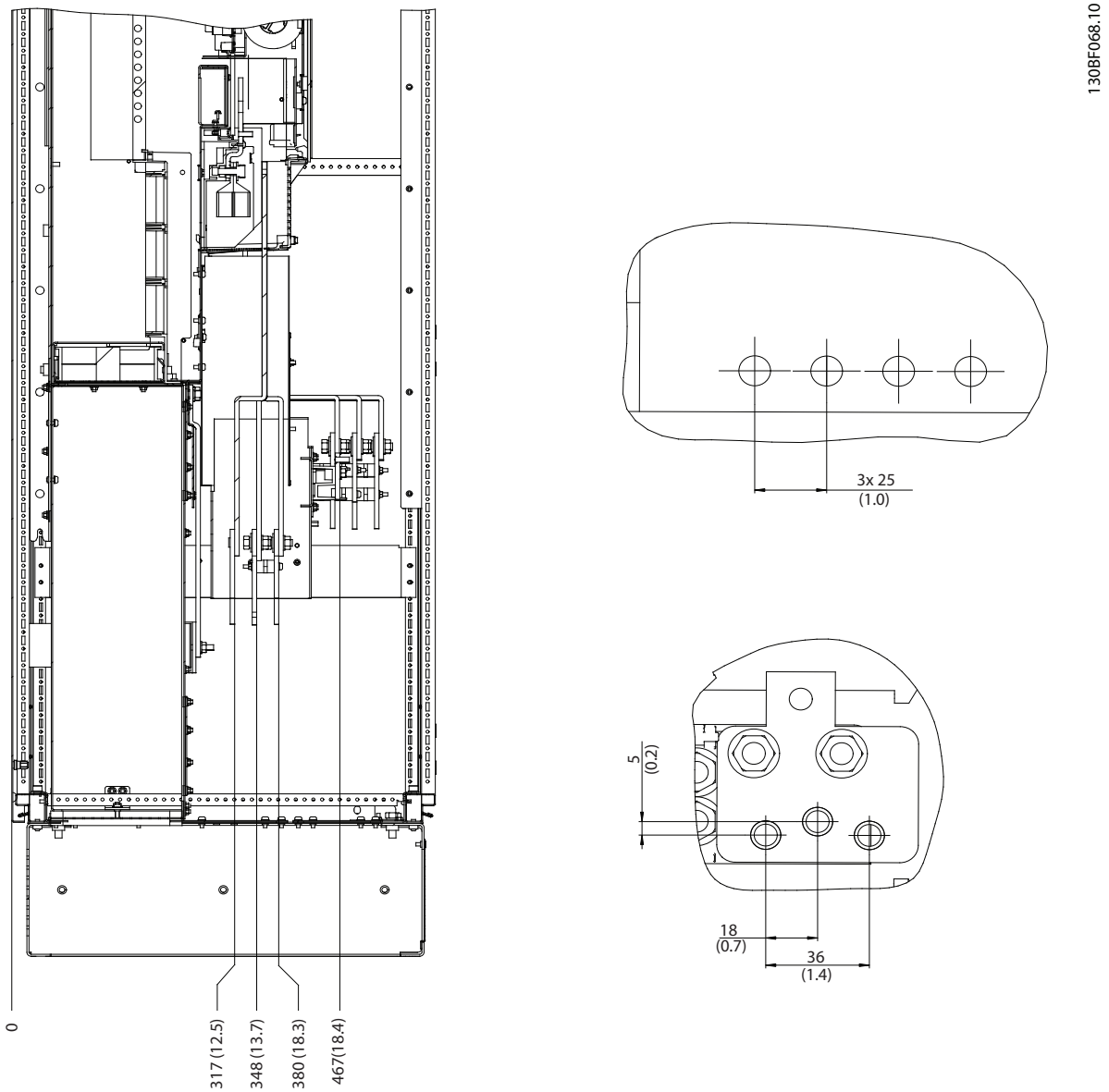
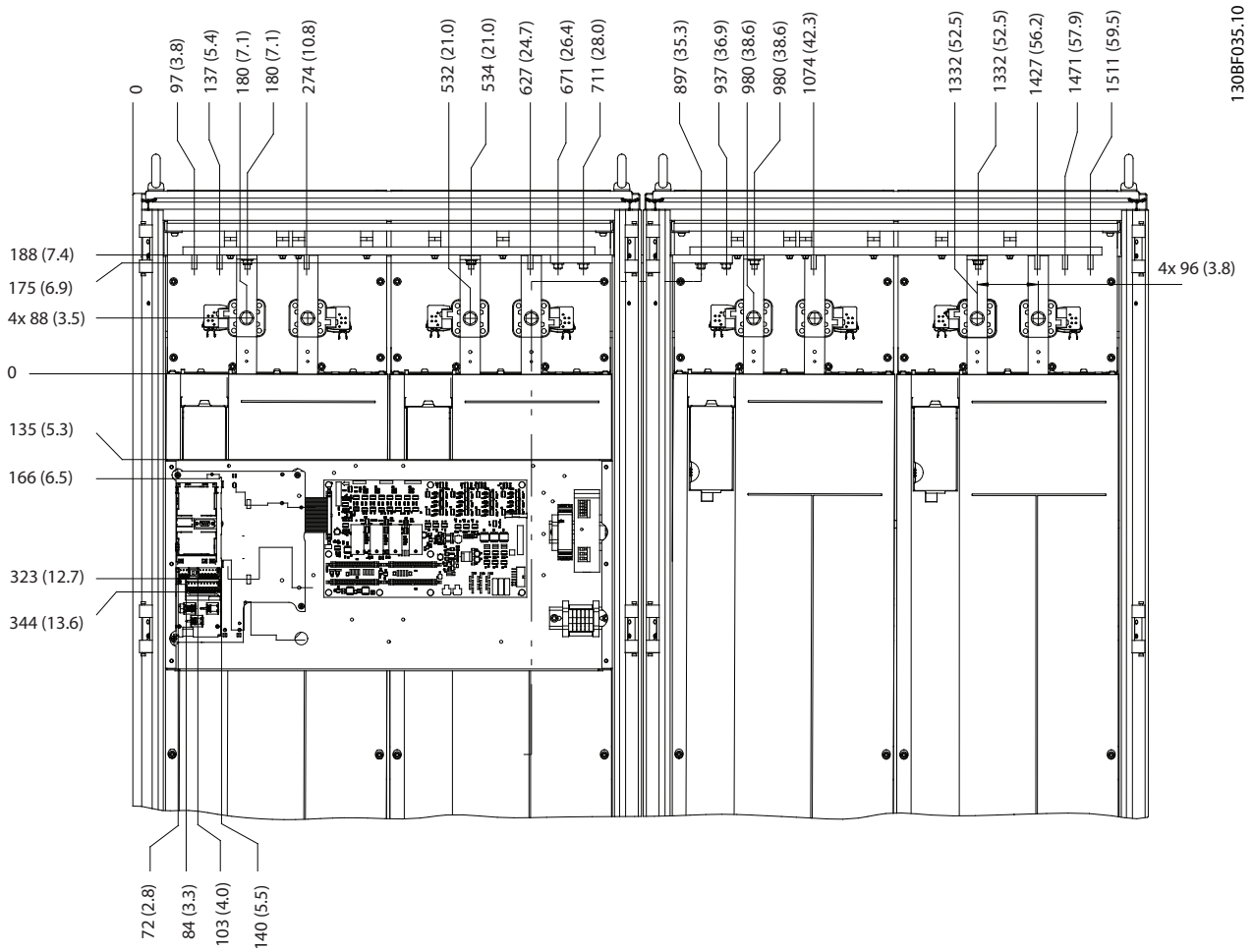
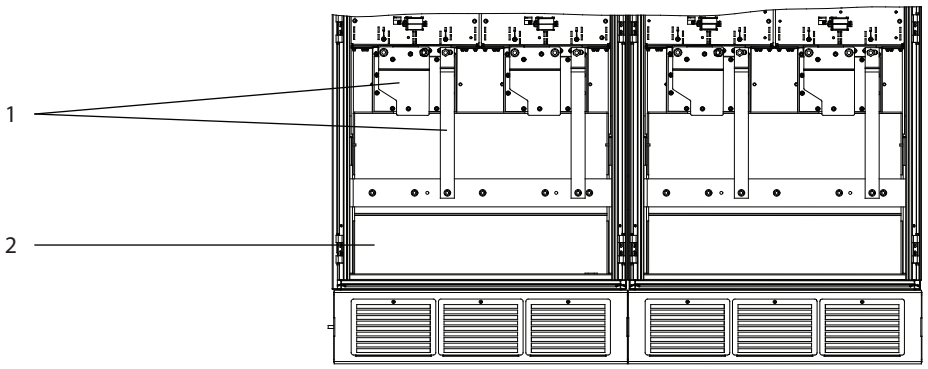


Ilustración 6.15 Terminales de freno y del motor en sistema de cuatro convertidores de frecuencia (vista lateral, izquierda, terminales del motor, arriba a la derecha, y terminales de freno, abajo a la derecha)

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.





1	Barras conductoras de puente de conexión toma a tierra (módulo 1)	2	Pantalla de conexión toma a tierra (módulo 1)

Ilustración 6.16 Pantalla de conexión a tierra y bus de CC / relés en sistema de cuatro convertidores de frecuencia (vista frontal)

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

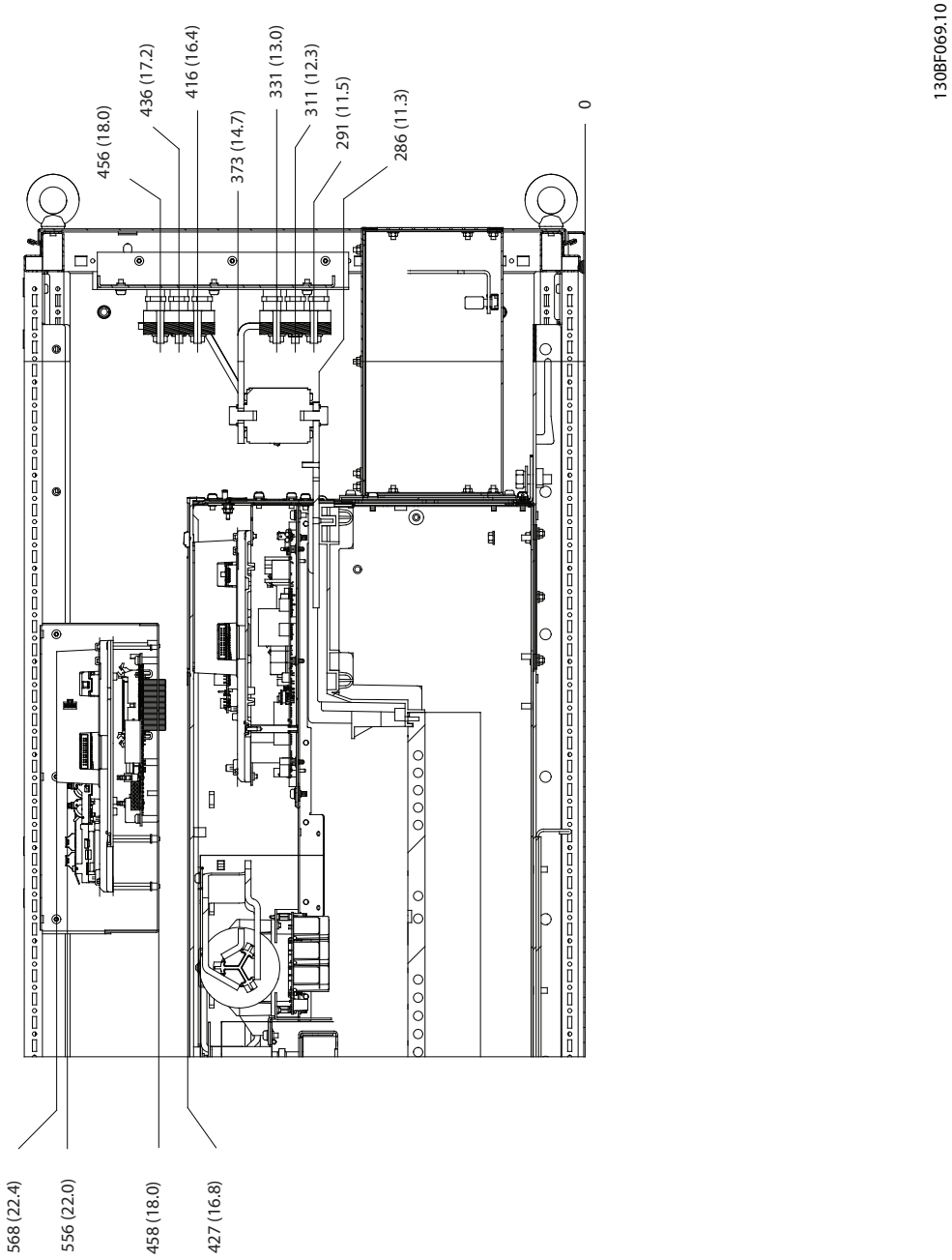


Ilustración 6.17 Relés y bus de CC en sistema de cuatro convertidores de frecuencia (vista lateral)

6.5 Especificaciones en función de la potencia

6.5.1 VLT® HVAC Drive FC 102

Intervalo de potencia	N315	N355	N400	N450	N500
Módulos de convertidor de frecuencia	2	2	2	2	2
Configuración del rectificador	Doce pulsos				Seis pulsos / doce pulsos
Carga alta/normal	NO	NO	NO	NO	NO
Eje de salida típico a 400 V [kW]	315	355	400	450	500
Eje de salida típico a 460 V [CV]	450	500	600	600	700/650
Clasificación de protección	IP00				
Rendimiento	0,98				
Frecuencia de salida [Hz]	0–590				
Desconexión por sobretemperatura del disipador [°C (°F)]	110 (230)				
Desconexión por ambiente de la tarjeta de potencia [°C (°F)]	80 (176)				
Intensidad de salida [A]					
Continua (a 380-440 V)	588	658	745	800	880
Intermitente (60 s sobrecarga) a 400 V	647	724	820	880	968
Continua (a 460/500 V)	535	590	678	730	780
Intermitente (60 s sobrecarga) a 460/500 V	588	649	746	803	858
Continua (a 400 V) [kVA]	407	456	516	554	610
Continua (a 460 V) [kVA]	426	470	540	582	621
Continua (a 500 V) [kVA]	463	511	587	632	675
Intensidad de entrada [A]					
Continua (a 400 V)	567	647	733	787	875
Continua (a 460/500 V)	516	580	667	718	759
Pérdidas de potencia [W]					
Módulos de convertidor a 400 V	5825	6110	7069	7538	8468
Módulos de convertidor a 460 V	4998	5964	6175	6609	7140
Barras conductoras de CA a 400 V	550	555	561	565	575
Barras conductoras de CA a 460 V	548	551	556	560	563
Barras conductoras de CC durante la regeneración	93	95	98	101	105
Dimensión máxima del cable [mm² (mcm)]					
Red[1)]	4 × 120 (250)				4 × 150 (300)
Motor	4 × 120 (250)				4 × 150 (300)
Freno	4 × 70 (2/0)			4 × 95 (3/0)	
Terminales de regeneración	4 × 120 (250)		4 × 150 (300)	6 × 120 (250)	
Fusibles de red externos máximos					
configuración de seis pulsos	–	–	–	–	600 V, 1600 A
configuración de doce pulsos	700 A, 600 V				–

Tabla 6.2 FC 102, alimentación de red de 380-480 V CA (sistema de dos convertidores)

1) En las unidades de 12 pulsos, los cables entre los terminales en estrella y en triángulo deben ser idénticos en número y longitud.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

Intervalo de potencia	N560	N630	N710	N800	N1M0
Módulos de convertidor de frecuencia	4	4	4	4	4
Configuración del rectificador	Seis pulsos / doce pulsos				
Carga alta/normal	NO	NO	NO	NO	NO
Eje de salida típico a 400 V [kW]	560	630	710	800	1000
Eje de salida típico a 460 V [CV]	750	900	1000	1200	1350
Clasificación de protección	IP00				
Rendimiento	0,98				
Frecuencia de salida [Hz]	0–590				
Desconexión por sobretemperatura del disipador [°C (°F)]	110 (230)				
Desconexión por ambiente de la tarjeta de potencia [°C (°F)]	80 (176)				
Intensidad de salida [A]					
Continua (a 380-440 V)	990	1120	1260	1460	1720
Intermitente (60 s sobrecarga) a 400 V	1089	1232	1386	1606	1892
Continua (a 460/500 V)	890	1050	1160	1380	1530
Intermitente (60 s sobrecarga) a 460/500 V	979	1155	1276	1518	1683
Continua (a 400 V) [kVA]	686	776	873	1012	1192
Continua (a 460 V) [kVA]	709	837	924	1100	1219
Continua (a 500 V) [kVA]	771	909	1005	1195	1325
Intensidad de entrada [A]					
Continua (a 400 V)	964	1090	1227	1422	1675
Continua (a 460/500 V)	867	1022	1129	1344	1490
Pérdidas de potencia [W]					
Módulos de convertidor a 400 V	8810	10199	11632	13253	16463
Módulos de convertidor a 460 V	7628	9324	10375	12391	13958
Barras conductoras de CA a 400 V	665	680	695	722	762
Barras conductoras de CA a 460 V	656	671	683	710	732
Barras conductoras de CC durante la regeneración	218	232	250	276	318
Dimensión máxima del cable [mm² (mcm)]					
Red[1)]	4 × 185 (350)	8 × 120 (250)			
Motor	4 × 185 (350)	8 × 120 (250)			
Freno	8 × 70 (2/0)			8 × 95 (3/0)	
Terminales de regeneración	6 × 120 (250)	8 × 120 (250)		8 × 150 (300)	10 × 150 (300)
Fusibles de red externos máximos					
configuración de seis pulsos	600 V, 1600 A	600 V, 2000 A		600 V, 2500 A	
configuración de doce pulsos	600 V, 700 A	600 V, 900 A			600 V, 1500 A

Tabla 6.3 FC 102, alimentación de red de 380-480 V CA (sistema de cuatro convertidores)

1) En las unidades de 12 pulsos, los cables entre los terminales en estrella y en triángulo deben ser idénticos en número y longitud.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

Intervalo de potencia	N315	N400	N450	N500	N560	N630
Módulos de convertidor de frecuencia	2	2	2	2	2	2
Configuración del rectificador	Doce pulsos					
Carga alta/normal	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Eje de salida típico a 525-550 V [kW]	250	315	355	400	450	500
Eje de salida típico a 575 V [CV]	350	400	450	500	600	650
Eje de salida típico a 690 V [kW]	315	400	450	500	560	630
Clasificación de protección	IP00					
Rendimiento	0,98					
Frecuencia de salida [Hz]	0–590					
Desconexión por sobretemperatura del disipador [°C (°F)]	110 (230)					
Desconexión por ambiente de la tarjeta de potencia [°C (°F)]	80 (176)					
Intensidad de salida [A]						
Continua (a 550 V)	360	418	470	523	596	630
Intermitente (60 s sobrecarga) a 550 V	396	360	517	575	656	693
Continua (a 575/690 V)	344	400	450	500	570	630
Intermitente (60 s sobrecarga) a 575/690 V	378	440	495	550	627	693
Continua (a 550 V), kVA	343	398	448	498	568	600
Continua (a 575 V), kVA	343	398	448	498	568	627
Continua (a 690 V), kVA	411	478	538	598	681	753
Intensidad de entrada [A]						
Continua (a 550 V)	355	408	453	504	574	607
Continua (a 575 V)	339	490	434	482	549	607
Continua (a 690 V)	352	400	434	482	549	607
Pérdidas de potencia [W]						
Módulos de convertidor a 575 V	4401	4789	5457	6076	6995	7431
Módulos de convertidor a 690 V	4352	4709	5354	5951	6831	7638
Barras conductoras de CA a 575 V	540	541	544	546	550	553
Barras conductoras de CC durante la regeneración	88	88,5	90	91	186	191
Dimensión máxima del cable [mm^2 (mcm)]						
Red[1)]	2 × 120 (250)	4 × 120 (250)				
Motor	2 × 120 (250)	4 × 120 (250)				
Freno	4 × 70 (2/0)				4 × 95 (3/0)	
Terminales de regeneración	4 × 120 (250)					
Fusibles de red externos máximos	700 V, 550 A		700 V, 630 A			

Tabla 6.4 FC 102, alimentación de red de 525-690 V CA (sistema de dos convertidores)

1) En las unidades de 12 pulsos, los cables entre los terminales en estrella y en triángulo deben ser idénticos en número y longitud.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

Intervalo de potencia	N710	N800	N900	N1M0	N1M2
Módulos de convertidor de frecuencia	4	4		4	4
Configuración del rectificador	Seis pulsos / doce pulsos				
Carga alta/normal	NO	NO	NO	NO	NO
Eje de salida típico a 525-550 V [kW]	560	670	750	850	1000
Eje de salida típico a 575 V [CV]	750	950	1050	1150	1350
Eje de salida típico a 690 V [kW]	710	800	900	1000	1200
Clasificación de protección	IP00				
Rendimiento	0,98				
Frecuencia de salida [Hz]	0–590				
Desconexión por sobretemperatura del disipador [°C (°F)]	110 (230)				
Desconexión por ambiente de la tarjeta de potencia [°C (°F)]	80 (176)				
Intensidad de salida [A]					
Continua (a 550 V)	763	889	988	1108	1317
Intermitente (60 s sobrecarga) a 550 V	839	978	1087	1219	1449
Continua (a 575/690 V)	730	850	945	1060	1260
Intermitente (60 s sobrecarga) a 575/690 V	803	935	1040	1166	1590
Continua (a 550 V)	727	847	941	1056	1056
Continua (a 575 V)	727	847	941	1056	1056
Continua (a 690 V)	872	1016	1129	1267	1506
Intensidad de entrada [A]					
Continua (a 550 V)	743	866	962	1079	1282
Continua (a 575 V)	711	828	920	1032	1227
Continua (a 690 V)	711	828	920	1032	1227
Pérdidas de potencia [W]					
Módulos de convertidor a 575 V	8683	10166	11406	12852	15762
Módulos de convertidor a 690 V	8559	9996	11188	12580	15358
Barras conductoras de CA a 575 V	644	653	661	672	695
Barras conductoras de CC durante la regeneración	198	208	218	231	256
Dimensión máxima del cable [mm² (mcm)]					
Red[1)]	4 × 120 (250)	6 × 120 (250)			8 × 120 (250)
Motor	4 × 120 (250)	6 × 120 (250)			8 × 120 (250)
Freno	8 × 70 (2/0)			8 × 95 (3/0)	
Terminales de regeneración	4 × 150 (300)	6 × 120 (250)		6 × 150 (300)	8 × 120 (250)
Fusibles de red externos máximos					
configuración de seis pulsos	700 V, 1600 A				700 V, 2000 A
configuración de doce pulsos	700 V, 900 A			700 V, 1500 A	

Tabla 6.5 FC 102, alimentación de red de 525-690 V CA (sistema de cuatro convertidores)

1) En las unidades de 12 pulsos, los cables entre los terminales en estrella y en triángulo deben ser idénticos en número y longitud.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

6.5.2 VLT® AQUA Drive FC 202

Intervalo de potencia	N315		N355		N400		N450		N500	
Módulos de convertidor de frecuencia	2		2		2		2		2	
Configuración del rectificador	Doce pulsos								Seis pulsos / doce pulsos	
Carga alta/normal	HO	NO	HO	NO	HO	NO	HO	NO	HO	NO
Eje de salida típico a 400 V [kW]	250	315	315	355	355	400	400	450	450	500
Eje de salida típico a 460 V [CV]	350	450	450	500	500	600	550	600	600	650
Clasificación de protección	IP00									
Rendimiento	0,98									
Frecuencia de salida [Hz]	0–590									
Desconexión por sobretemperatura del disipador [°C (°F)]	110 (230)									
Desconexión por ambiente de la tarjeta de potencia [°C (°F)]	80 (176)									
Intensidad de salida [A]										
Continua (a 400 V)	480	588	600	658	658	745	695	800	810	880
Intermitente (60 s sobrecarga) a 400 V	720	647	900	724	987	820	1043	880	1215	968
Continua (a 460/500 V)	443	535	540	590	590	678	678	730	730	780
Intermitente (60 s sobrecarga) a 460/500 V	665	588	810	649	885	746	1017	803	1095	858
Continua (a 400 V) [kVA]	333	407	416	456	456	516	482	554	554	610
Continua (a 460 V) [kVA]	353	426	430	470	470	540	540	582	582	621
Continua (a 500 V) [kVA]	384	463	468	511	511	587	587	632	632	675
Intensidad de entrada [A]										
Continua (a 400 V)	463	567	590	647	647	733	684	787	779	857
Continua (a 460/500 V)	427	516	531	580	580	667	667	718	711	759
Pérdidas de potencia [W]										
Módulos de convertidor a 400 V	4505	5825	5502	6110	6110	7069	6375	7538	7526	8468
Módulos de convertidor a 460 V	4063	4998	5384	5964	5271	6175	6070	6609	6604	7140
Barras conductoras de CA a 400 V	545	550	551	555	555	561	557	565	566	575
Barras conductoras de CA a 460 V	543	548	548	551	551	556	556	560	560	563
Barras conductoras de CC durante la regeneración	93	93	95	95	98	98	101	101	105	105
Dimensión máxima del cable [mm² (mcm)]										
Red[1)]	4 × 120 (250)								4 × 150 (300)	
Motor	4 × 120 (250)								4 × 150 (300)	
Freno	4 × 70 (2/0)						4 × 95 (3/0)			
Terminales de regeneración	4 × 120 (250)				6 × 120 (250)		6 × 120 (250)			
Fusibles de red externos máximos										
configuración de seis pulsos	–		–		–		–		600 V, 1600 A	
configuración de doce pulsos	600 V, 700 A								600 V, 900 A	

Tabla 6.6 FC 202, alimentación de red de 380-480 V CA (sistema de dos convertidores)

1) En las unidades de 12 pulsos, los cables entre los terminales en estrella y en triángulo deben ser idénticos en número y longitud.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

Intervalo de potencia	N560		N630		N710		N800		N1M0	
Módulos de convertidor de frecuencia	4		4		4		4		4	
Configuración del rectificador	Seis pulsos / doce pulsos									
Carga alta/normal	HO	NO	HO	NO	HO	NO	HO	NO	HO	NO
Eje de salida típico a 400 V [kW]	500	560	560	630	630	710	710	800	800	1000
Eje de salida típico a 460 V [CV]	650	750	750	900	900	1000	1000	1200	1200	1350
Clasificación de protección	IP00									
Rendimiento	0,98									
Frecuencia de salida [Hz]	0–590									
Desconexión por sobretemperatura del disipador [°C (°F)]	110 (230)									
Desconexión por ambiente de la tarjeta de potencia [°C (°F)]	80 (176)									
Intensidad de salida [A]										
Continua (a 400 V)	880	990	990	1120	1120	1260	1260	1460	1460	1720
Intermitente (60 s sobrecarga) a 400 V	1320	1089	1485	1232	1680	1386	1890	1606	2190	1892
Continua (a 460/500 V)	780	890	890	1050	1050	1160	1160	1380	1380	1530
Intermitente (60 s sobrecarga) a 460/500 V	1170	979	1335	1155	1575	1276	1740	1518	2070	1683
Continua (a 400 V) [kVA]	610	686	686	776	776	873	873	1012	1012	1192
Continua (a 460 V) [kVA]	621	709	709	837	837	924	924	1100	1100	1219
Continua (a 500 V) [kVA]	675	771	771	909	909	1005	1005	1195	1195	1325
Intensidad de entrada [A]										
Continua (a 400 V)	857	964	964	1090	1090	1227	1127	1422	1422	1675
Continua (a 460 V)	759	867	867	1022	1022	1129	1129	1344	1344	1490
Pérdidas de potencia [W]										
Módulos de convertidor a 400 V	7713	8810	8918	10199	10181	11632	11390	13253	13479	16463
Módulos de convertidor a 460 V	6641	7628	7855	9324	9316	10375	12391	12391	12376	13958
Barras conductoras de CA a 400 V	655	665	665	680	680	695	695	722	722	762
Barras conductoras de CA a 460 V	647	656	656	671	671	683	683	710	710	732
Barras conductoras de CC durante la regeneración	218	218	232	232	250	250	276	276	318	318
Dimensión máxima del cable [mm² (mcm)]										
Red[1)]	4 × 185 (350)		8 × 125 (250)							
Motor	4 × 185 (350)		8 × 125 (250)							
Freno	8 × 70 (2/0)						8 × 95 (3/0)			
Terminales de regeneración	6 × 125 (250)		8 × 125 (250)				8 × 150 (300)		10 × 150 (300)	
Fusibles de red externos máximos										
configuración de seis pulsos	600 V, 1600 A		600 V, 2000 A				600 V, 2500 A			
configuración de doce pulsos	600 V, 900 A				600 V, 1500 A					

Tabla 6.7 FC 202, alimentación de red de 380-480 V CA (sistema de cuatro convertidores)

1) En las unidades de 12 pulsos, los cables entre los terminales en estrella y en triángulo deben ser idénticos en número y longitud.

Intervalo de potencia	N315		N400		N450	
Módulos de convertidor de frecuencia	2		2		2	
Configuración del rectificador	Doce pulsos					
Carga alta/normal	HO	NO	HO	NO	HO	NO
Eje de salida típico a 525-550 V [kW]	200	250	250	315	315	355
Eje de salida típico a 575 V [CV]	300	350	350	400	400	450
Eje de salida típico a 690 V [kW]	250	315	315	400	355	450
Clasificación de protección	IP00					
Rendimiento	0,98					
Frecuencia de salida [Hz]	0–590					
Desconexión por sobretemperatura del disipador [°C (°F)]	110 (230)					
Desconexión por ambiente de la tarjeta de potencia [°C (°F)]	80 (176)					
Intensidad de salida [A]						
Continua (a 550 V)	303	360	360	418	395	470
Intermitente (60 s sobrecarga) a 550 V	455	396	560	460	593	517
Continua (a 575/690 V)	290	344	344	400	380	450
Intermitente (60 s sobrecarga) a 575/690 V	435	378	516	440	570	495
Continua (a 550 V)	289	343	343	398	376	448
Continua (a 575 V)	289	343	343	398	378	448
Continua (a 690 V)	347	411	411	478	454	538
Intensidad de entrada [A]						
Continua (a 550 V)	299	355	355	408	381	453
Continua (a 575 V)	286	339	339	490	366	434
Continua (a 690 V)	296	352	352	400	366	434
Pérdidas de potencia [W]						
Módulos de convertidor a 575 V	3688	4401	4081	4789	4502	5457
Módulos de convertidor a 690 V	3669	4352	4020	4709	4447	5354
Barras conductoras de CA a 575 V	538	540	540	541	540	544
Barras conductoras de CC durante la regeneración	88	88	89	89	90	90
Dimensión máxima del cable [mm² (mcm)]						
Red[1)]	2 × 120 (250)		4 × 120 (250)			
Motor	2 × 120 (250)		4 × 120 (250)			
Freno	4 × 70 (2/0)					
Terminales de regeneración	4 × 120 (250)					
Fusibles de red externos máximos	700 V, 550 A					

Tabla 6.8 FC 202, alimentación de red de 525-690 V CA (sistema de dos convertidores)

1) En las unidades de 12 pulsos, los cables entre los terminales en estrella y en triángulo deben ser idénticos en número y longitud.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

Intervalo de potencia	N500		N560		N630	
Módulos de convertidor de frecuencia	2		2		2	
Configuración del rectificador	Doce pulsos					
Carga alta/normal	HO	NO	HO	NO	HO	NO
Eje de salida típico a 525-550 V [kW]	315	400	400	450	450	500
Eje de salida típico a 575 V [CV]	400	500	500	600	600	650
Eje de salida típico a 690 V [kW]	400	500	500	560	560	630
Clasificación de protección	IP00					
Rendimiento	0,98					
Frecuencia de salida [Hz]	0–590					
Desconexión por sobretemperatura del disipador [°C (°F)]	110 (230)					
Desconexión por ambiente de la tarjeta de potencia [°C (°F)]	80 (176)					
Intensidad de salida [A]						
Continua (a 550 V)	429	523	523	596	596	630
Intermitente (60 s sobrecarga) a 550 V	644	575	785	656	894	693
Continua (a 575/690 V)	410	500	500	570	570	630
Intermitente (60 s sobrecarga) a 575/690 V	615	550	750	627	627	693
Continua (a 550 V) [kVA]	409	498	498	568	568	600
Continua (a 575 V) [kVA]	408	498	598	568	568	627
Continua (a 690 V) [kVA]	490	598	598	681	681	753
Intensidad de entrada [A]						
Continua (a 550 V)	413	504	504	574	574	607
Continua (a 575 V)	395	482	482	549	549	607
Continua (a 690 V)	395	482	482	549	549	607
Pérdidas de potencia [W]						
Módulos de convertidor a 575 V	4892	6076	6016	6995	6941	7431
Módulos de convertidor a 690 V	4797	5951	5886	6831	6766	7638
Barras conductoras de CA a 575 V	542	546	546	550	550	553
Barras conductoras de CC durante la regeneración	91	91	186	186	191	191
Dimensión máxima del cable [mm² (mcm)]						
Red[1)]	4 × 120 (250)					
Motor	4 × 120 (250)					
Freno	4 × 70 (2/0)		4 × 95 (3/0)			
Terminales de regeneración	4 × 120 (250)					
Fusibles de red externos máximos	700 V, 630 A					

Tabla 6.9 FC 202, alimentación de red de 525-690 V CA (sistema de dos convertidores)

1) En las unidades de 12 pulsos, los cables entre los terminales en estrella y en triángulo deben ser idénticos en número y longitud.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

Intervalo de potencia	N710		N800		N900		N1M0		N1M2	
Módulos de convertidor de frecuencia	4		4		4		4		4	
Configuración del rectificador	Seis pulsos / doce pulsos									
Carga alta/normal	HO	NO	HO	NO	HO	NO	HO	NO	HO	NO
Eje de salida típico a 525-550 V [kW]	500	560	560	670	670	750	750	850	850	1000
Eje de salida típico a 575 V [CV]	650	750	750	950	950	1050	1050	1150	1150	1350
Eje de salida típico a 690 V [kW]	630	710	710	800	800	900	900	1000	1000	1200
Clasificación de protección	IP00									
Rendimiento	0,98									
Frecuencia de salida [Hz]	0–590									
Desconexión por sobretemperatura del disipador [°C (°F)]	110 (230)									
Desconexión por ambiente de la tarjeta de potencia [°C (°F)]	80 (176)									
Intensidad de salida [A]										
Continua (a 550 V)	659	763	763	889	889	988	988	1108	1108	1317
Intermitente (60 s sobrecarga) a 550 V	989	839	1145	978	1334	1087	1482	1219	1662	1449
Continua (a 575/690 V)	630	730	730	850	850	945	945	1060	1060	1260
Intermitente (60 s sobrecarga) a 575/690 V	945	803	1095	935	1275	1040	1418	1166	1590	1590
Continua (a 550 V) [kVA]	628	727	727	847	847	941	941	1056	1056	1255
Continua (a 575 V) [kVA]	627	727	727	847	847	941	941	1056	1056	1255
Continua (a 690 V) [kVA]	753	872	872	1016	1016	1129	1129	1267	1267	1506
Intensidad de entrada [A]										
Continua (a 550 V)	642	743	743	866	866	962	1079	1079	1079	1282
Continua (a 575 V)	613	711	711	828	828	920	1032	1032	1032	1227
Continua (a 690 V)	613	711	711	828	828	920	1032	1032	1032	1227
Pérdidas de potencia [W]										
Módulos de convertidor a 575 V	7469	8683	8668	10166	10163	11406	11292	12852	12835	15762
Módulos de convertidor a 690 V	7381	8559	8555	9996	9987	11188	11077	12580	12551	15358
Barras conductoras de CA a 575 V	637	644	644	653	653	661	661	672	672	695
Barras conductoras de CC durante la regeneración	198	198	208	208	218	218	231	231	256	256
Dimensión máxima del cable [mm² (mcm)]										
Red[1)]	4 × 120 (250)		6 × 120 (250)						8 × 120 (250)	
Motor	4 × 120 (250)		6 × 120 (250)						8 × 120 (250)	
Freno	8 × 70 (2/0)						8 × 95 (3/0)			
Terminales de regeneración	4 × 150 (300)		6 × 120 (250)				6 × 150 (300)		8 × 120 (250)	
Fusibles de red externos máximos										
configuración de seis pulsos	700 V, 1600 A								700 V, 2000 A	
configuración de doce pulsos	700 V, 900 A						700 V, 1500 A			

Tabla 6.10 FC 202, alimentación de red de 525-690 V CA (sistema de cuatro convertidores)

1) En las unidades de 12 pulsos, los cables entre los terminales en estrella y en triángulo deben ser idénticos en número y longitud.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

6.5.3 VLT® AutomationDrive FC 302

Intervalo de potencia	N250		N315		N355		N400		N450	
Módulos de convertidor de frecuencia	2		2		2		2		2	
Configuración del rectificador	Doce pulsos								Seis pulsos / doce pulsos	
Carga alta/normal	HO	NO	HO	NO	HO	NO	HO	NO	HO	NO
Eje de salida típico a 400 V [kW]	250	315	315	355	355	400	400	450	450	500
Eje de salida típico a 460 V [CV]	350	450	450	500	500	600	550	600	600	650
Salida típica de eje a 500 V [kW]	315	355	355	400	400	500	500	530	530	560
Clasificación de protección	IP00									
Rendimiento	0,98									
Frecuencia de salida [Hz]	0–590									
Desconexión por sobretemperatura del disipador [°C (°F)]	110 (230)									
Desconexión por ambiente de la tarjeta de potencia [°C (°F)]	80 (176)									
Intensidad de salida [A]										
Continua (a 380-440 V)	480	588	600	658	658	745	695	800	810	880
Intermitente (60 s sobrecarga) a 400 V	720	647	900	724	987	820	1043	880	1215	968
Continua (a 460/500 V)	443	535	540	590	590	678	678	730	730	780
Intermitente (60 s sobrecarga) a 460/500 V	665	588	810	649	885	746	1017	803	1095	858
Continua (a 400 V) [kVA]	333	407	416	456	456	516	482	554	554	610
Continua (a 460 V) [kVA]	353	426	430	470	470	540	540	582	582	621
Continua (a 500 V) [kVA]	384	463	468	511	511	587	587	632	632	675
Intensidad de entrada [A]										
Continua (a 400 V)	463	567	590	647	647	733	684	787	779	857
Continua (a 460/500 V)	427	516	531	580	580	667	667	718	711	759
Pérdidas de potencia [W]										
Módulos de convertidor a 400 V	4505	5825	5502	6110	6110	7069	6375	7538	7526	8468
Módulos de convertidor a 460 V	4063	4998	5384	5964	5721	6175	6070	6609	6604	7140
Barras conductoras de CA a 400 V	545	550	551	555	555	561	557	565	566	575
Barras conductoras de CA a 460 V	543	548	548	551	556	556	556	560	560	563
Dimensión máxima del cable [mm² (mcm)]										
Red[1)]	4 × 120 (250)								4 × 150 (300)	
Motor	4 × 120 (250)								4 × 150 (300)	
Freno	4 × 70 (2/0)								4 × 95 (3/0)	
Terminales de regeneración	4 × 120 (250)				4 × 150 (300)		6 × 120 (250)			
Fusibles de red externos máximos										
configuración de seis pulsos	–		–		–		–		600 V, 1600 A	
configuración de doce pulsos	600 V, 700 A								600 V, 900 A	

Tabla 6.11 FC 302, alimentación de red de 380-500 V CA (sistema de dos convertidores)

1) En las unidades de 12 pulsos, los cables entre los terminales en estrella y en triángulo deben ser idénticos en número y longitud.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

Intervalo de potencia	N500		N560		N630		N710		N800	
Módulos de convertidor de frecuencia	4		4		4		4		4	
Configuración del rectificador	Seis pulsos / doce pulsos									
Carga alta/normal	HO	NO	HO	NO	HO	NO	HO	NO	HO	NO
Eje de salida típico a 400 V [kW]	500	560	560	630	630	710	710	800	800	1000
Eje de salida típico a 460 V [CV]	650	750	750	900	900	1000	1000	1200	1200	1350
Salida típica de eje a 500 V [kW]	560	630	630	710	710	800	800	1000	1000	1100
Clasificación de protección	IP00									
Rendimiento	0,98									
Frecuencia de salida [Hz]	0–590									
Desconexión por sobretemperatura del disipador [°C (°F)]	110 (230)									
Desconexión por ambiente de la tarjeta de potencia [°C (°F)]	80 (176)									
Intensidad de salida [A]										
Continua (a 380-440 V)	880	990	990	1120	1120	1260	1260	1460	1460	1720
Intermitente (60 s sobrecarga) a 400 V	1320	1089	1485	1232	1680	1386	1890	1606	2190	1892
Continua (a 460/500 V)	780	890	890	1050	1050	1160	1160	1380	1380	1530
Intermitente (60 s sobrecarga) a 460/500 V	1170	979	1335	1155	1575	1276	1740	1518	2070	1683
Continua (a 400 V) [kVA]	610	686	686	776	776	873	873	1012	1012	1192
Continua (a 460 V) [kVA]	621	709	709	837	837	924	924	1100	1100	1219
Continua (a 500 V) [kVA]	675	771	771	909	909	1005	1005	1195	1195	1325
Intensidad de entrada [A]										
Continua (a 400 V)	857	964	964	1090	1090	1227	1227	1422	1422	1675
Continua (a 460/500 V)	759	867	867	1022	1022	1129	1129	1344	1344	1490
Pérdidas de potencia [W]										
Módulos de convertidor a 400 V	7713	8810	8918	10199	10181	11632	11390	13253	13479	16463
Módulos de convertidor a 460 V	6641	7628	7855	9324	9316	10375	12391	12391	12376	13958
Barras conductoras de CA a 400 V	655	665	665	680	680	695	695	722	722	762
Barras conductoras de CA a 460 V	647	656	656	671	671	683	683	710	710	732
Barras conductoras de CC durante la regeneración	218	218	232	232	250	276	276	276	318	318
Dimensión máxima del cable [mm² (mcm)]										
Red[1)]	4 × 185 (350)		8 × 120 (250)							
Motor	4 × 185 (350)		8 × 120 (250)							
Freno	8 × 70 (2/0)						8 × 95 (3/0)			
Terminales de regeneración	6 × 125 (250)		8 × 125 (250)				8 × 150 (300)		10 × 150 (300)	
Fusibles de red externos máximos										
configuración de seis pulsos	600 V, 1600 A		600 V, 2000 A				600 V, 2500 A			
configuración de doce pulsos	600 V, 900 A				600 V, 1500 A					

Tabla 6.12 FC 302, alimentación de red de 380-500 V CA (sistema de cuatro convertidores)

1) En las unidades de 12 pulsos, los cables entre los terminales en estrella y en triángulo deben ser idénticos en número y longitud.

6

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

Intervalo de potencia	N250		N315		N355		N400	
Módulos de convertidor de frecuencia	2		2		2		2	
Configuración del rectificador	Doce pulsos							
Carga alta/normal	HO	NO	HO	NO	HO	NO	HO	NO
Eje de salida típico a 525-550 V [kW]	200	250	250	315	315	355	315	400
Eje de salida típico a 575 V [CV]	300	350	350	400	400	450	400	500
Eje de salida típico a 690 V [kW]	250	315	315	400	355	450	400	500
Clasificación de protección	IP00							
Rendimiento	0,98							
Frecuencia de salida [Hz]	0–590							
Desconexión por sobretemperatura del disipador [°C (°F)]	110 (230)							
Desconexión por ambiente de la tarjeta de potencia [°C (°F)]	80 (176)							
Intensidad de salida [A]								
Continua (a 550 V)	303	360	360	418	395	470	429	523
Intermitente (60 s sobrecarga) a 550 V	455	396	560	360	593	517	644	575
Continua (a 575/690 V)	290	344	344	400	380	450	410	500
Intermitente (60 s sobrecarga) a 575/690 V	435	378	516	440	570	495	615	550
Continua (a 550 V) [kVA]	289	343	343	398	376	448	409	498
Continua (a 575 V) [kVA]	289	343	343	398	378	448	408	498
Continua (a 690 V) [kVA]	347	411	411	478	454	538	490	598
Intensidad de entrada [A]								
Continua (a 550 V)	299	355	355	408	381	453	413	504
Continua (a 575 V)	286	339	339	490	366	434	395	482
Continua (a 690 V)	296	352	352	400	366	434	395	482
Pérdidas de potencia [W]								
Módulos de convertidor a 600 V	3688	4401	4081	4789	4502	5457	4892	6076
Módulos de convertidor a 690 V	3669	4352	4020	4709	4447	5354	4797	5951
Barras conductoras de CA a 575 V	538	540	540	541	540	544	542	546
Barras conductoras de CC durante la regeneración	88	88	89	89	90	90	91	91
Dimensión máxima del cable [mm² (mcm)]								
Red[1)]	2 × 120 (250)		4 × 120 (250)					
Motor	2 × 120 (250)		4 × 120 (250)					
Freno	4 × 70 (2/0)							
Terminales de regeneración	4 × 120 (250)							
Fusibles de red externos máximos	700 V, 550 A							

Tabla 6.13 FC 302, alimentación de red de 525-690 V CA (sistema de dos convertidores)

1) En las unidades de 12 pulsos, los cables entre los terminales en estrella y en triángulo deben ser idénticos en número y longitud.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

Intervalo de potencia	N500		N560	
Módulos de convertidor de frecuencia	2		2	
Configuración del rectificador	Doce pulsos			
Carga alta/normal	HO	NO	HO	NO
Eje de salida típico a 525-550 V [kW]	400	450	450	500
Eje de salida típico a 575 V [CV]	500	600	600	650
Eje de salida típico a 690 V [kW]	500	560	560	630
Clasificación de protección	IP00			
Rendimiento	0,98			
Frecuencia de salida [Hz]	0–590			
Desconexión por sobretemperatura del disipador [°C (°F)]	110 (230)			
Desconexión por ambiente de la tarjeta de potencia [°C (°F)]	80 (176)			
Intensidad de salida [A]				
Continua (a 550 V)	523	596	596	630
Intermitente (60 s sobrecarga) a 550 V	785	656	894	693
Continua (a 575/690 V)	500	570	570	630
Intermitente (60 s sobrecarga) a 575/690 V	750	627	627	693
Continua (a 550 V) [kVA]	498	568	568	600
Continua (a 575 V) [kVA]	498	568	568	627
Continua (a 690 V) [kVA]	598	681	681	753
Intensidad de entrada [A]				
Continua (a 550 V)	504	574	574	607
Continua (a 575 V)	482	549	549	607
Continua (a 690 V)	482	549	549	607
Pérdidas de potencia [W]				
Módulos de convertidor a 600 V	6016	6995	6941	7431
Módulos de convertidor a 690 V	5886	6831	6766	7638
Barras conductoras de CA a 575 V	546	550	550	553
Barras conductoras de CC durante la regeneración	186	186	191	191
Dimensión máxima del cable [mm² (mcm)]				
Red[1)]	4 × 120 (250)			
Motor	4 × 120 (250)			
Freno	4 × 95 (3/0)			
Terminales de regeneración	4 × 120 (250)			
Fusibles de red externos máximos	700 V, 630 A			

Tabla 6.14 FC 302, alimentación de red de 525-690 V CA (sistema de dos convertidores)

1) En las unidades de 12 pulsos, los cables entre los terminales en estrella y en triángulo deben ser idénticos en número y longitud.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

Intervalo de potencia	N630		N710		N800		N900		N1M0	
Módulos de convertidor de frecuencia	4		4		4		4		4	
Configuración del rectificador	Seis pulsos / doce pulsos									
Carga alta/normal	HO	NO	HO	NO	HO	NO	HO	NO	HO	NO
Eje de salida típico a 525-550 V [kW]	500	560	560	670	670	750	750	850	850	1000
Eje de salida típico a 575 V [CV]	650	750	750	950	950	1050	1050	1150	1150	1350
Eje de salida típico a 690 V [kW]	630	710	710	800	800	900	900	1000	1000	1200
Clasificación de protección	IP00									
Rendimiento	0,98									
Frecuencia de salida [Hz]	0–590									
Desconexión por sobretemperatura del disipador [°C (°F)]	110 (230)									
Desconexión por ambiente de la tarjeta de potencia [°C (°F)]	80 (176)									
Intensidad de salida [A]										
Continua (a 550 V)	659	763	763	889	889	988	988	1108	1108	1317
Intermitente (60 s sobrecarga) a 550 V	989	839	1145	978	1334	1087	1482	1219	1662	1449
Continua (a 575/690 V)	630	730	730	850	850	945	945	1060	1060	1260
Intermitente (60 s sobrecarga) a 575/690 V	945	803	1095	935	1275	1040	1418	1166	1590	1590
Continua (a 550 V) [kVA]	628	727	727	847	847	941	941	1056	1056	1255
Continua (a 575 V) [kVA]	627	727	727	847	847	941	941	1056	1056	1255
Continua (a 690 V) [kVA]	753	872	872	1016	1016	1129	1129	1267	1267	1506
Intensidad de entrada [A]										
Continua (a 550 V)	642	743	743	866	866	962	1079	1079	1079	1282
Continua (a 575 V)	613	711	711	828	828	920	1032	1032	1032	1227
Continua (a 690 V)	613	711	711	828	828	920	1032	1032	1032	1227
Pérdidas de potencia [W]										
Módulos de convertidor a 600 V	7469	8683	8668	10166	10163	11406	11292	12852	12835	15762
Módulos de convertidor a 690 V	7381	8559	8555	9996	9987	11188	11077	12580	12551	15358
Barras conductoras de CA a 575 V	637	644	644	653	653	661	661	672	672	695
Barras conductoras de CC durante la regeneración	198	198	208	208	218	218	231	231	256	256
Dimensión máxima del cable [mm² (mcm)]										
Red[1)]	4 × 120 (250)		6 × 120 (250)						8 × 120 (250)	
Motor	4 × 120 (250)		6 × 120 (250)						8 × 120 (250)	
Freno	8 × 70 (2/0)						8 × 95 (3/0)			
Terminales de regeneración	4 × 150 (300)		6 × 120 (250)				6 × 150 (300)		8 × 120 (250)	
Fusibles de red externos máximos										
configuración de seis pulsos	700 V, 1600 A								700 V, 2000 A	
configuración de doce pulsos	700 V, 900 A						700 V, 1500 A			

Tabla 6.15 FC 302, alimentación de red de 525-690 V CA (sistema de cuatro convertidores)

1) En las unidades de 12 pulsos, los cables entre los terminales en estrella y en triángulo deben ser idénticos en número y longitud.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

6.6 Alimentación de red al módulo de convertidor

Alimentación de red[1)]	
Terminales de la fuente de alimentación	R/91, S/92, T/93
Tensión de alimentación[2)]	380-480, 500 V 690 V, ±10 %, 525-690 V ±10 %
Frecuencia de alimentación	50/60 Hz ±5 %
Máximo desequilibrio temporal entre fases de red	3,0 % de la tensión de alimentación nominal
Factor de potencia real (λ)	≥0,98 nominal con carga nominal
Factor de potencia de desplazamiento (cos φ)	(Aproximadamente 1)
Conmutación en la alimentación de entrada L1, L2 y L3	Una vez cada dos minutos, como máximo
Ambiente conforme a la norma EN 60664-1	Categoría de sobretensión III / grado de contaminación 2

1) La unidad es adecuada para su uso en un circuito capaz de proporcionar no más de 85 000 amperios simétricos RMS, 480/600 V.

2) Tensión de red baja / corte de tensión de red:
durante un episodio de tensión de red baja, el módulo de convertidor sigue funcionando hasta que la tensión del enlace de CC desciende por debajo del nivel de parada mínimo, que generalmente es un 15 % inferior a la tensión de alimentación nominal más baja. No se puede esperar un arranque y un par completo con una tensión de red inferior al 10 % por debajo de la tensión de alimentación nominal más baja. El módulo de convertidor se desconecta al detectar un corte de red.

6

6.7 Salida del motor y datos del motor

Salida del motor	
Terminales del motor	U/96, V/97, W/98
Tensión de salida	0-100 % de la tensión de alimentación
Frecuencia de salida	0-590 Hz
Conmutador en la salida	Ilimitada
Tiempos de rampa	1-3600 s

Características de par	
Par de sobrecarga (par constante)	Máximo del 150 % durante 60 s[1)]
Par de arranque	Máximo del 180 % hasta 0,5 s[1)]
Par de sobrecarga (par variable)	Máximo del 110 % durante 1 s[1)]
Par de arranque (par variable)	Máximo del 135 % durante 1 s

1) Porcentaje relativo al par nominal.

Rendimiento	
Rendimiento	98%[1)]

1) Rendimiento medido en intensidad nominal. Para conocer la clase de rendimiento energético, consulte el capítulo 6.9 Condiciones ambientales para módulos de convertidor. Para conocer las pérdidas a carga parcial, consulte www.danfoss.com/vltenergyefficiency.

6.8 Especificaciones de transformador de 12 pulsos

Conexión	Dy11 d0 o Dyn 11d0
Cambio de fase entre secundarios	30°
Diferencia de tensión entre secundarios	<0,5 %
Impedancia de cortocircuito de secundarios	>5%
Diferencia de impedancia de cortocircuito entre secundarios	<5 % de impedancia de cortocircuito
Otros	No está permitida la conexión a tierra de los secundarios. Se recomienda una pantalla estática

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

6.9 Condiciones ambientales para módulos de convertidor

Ambiente	
Clasificación IP	IP00
Ruido acústico	84 dB (en funcionamiento a plena carga)
Prueba de vibración	1,0 g
Vibración y golpes (CEI 60721-33-3)	Clase 3M3
Humedad relativa máxima	5-95 % (CEI 721-3-3; clase 3K3 [sin condensación]) durante el funcionamiento
Entorno agresivo (CEI 60068-2-43) prueba H_2S	Clase Kd
Gases agresivos (CEI 60721-3-3)	Clase 3C3
Temperatura ambiente[1)]	Máximo 45 °C (113 °F) (por promedio de 24 horas, máximo 40 °C [104 °F])
Temperatura ambiente mínima durante el funcionamiento a escala completa	0 °C (32 °F)
Temperatura ambiente mínima con rendimiento reducido	–10 °C (14 °F)
Temperatura durante el almacenamiento/transporte	De –25 a 65 °C (de –13 a 149 °F)
Altitud máxima sobre el nivel del mar sin reducción de potencia[1)]	1000 m (3281 ft)
Normas CEM, emisión	EN 61800-3
Normas CEM, inmunidad	EN 61800-4-2, EN 61800-4-3, EN 61800-4-4, EN 61800-4-5 y EN 61800-4-6
Clase de rendimiento energético[2)]	IE2

1) Consulte el capétulo 6.12 Especificaciones de reducción de potencia para informarse sobre la reducción de potencia para una temperatura ambiente elevada y para grandes altitudes.
2) Determinada conforme a la norma EN 50598-2 en:

- *Carga nominal.*
- *90 % de la frecuencia nominal.*
- *Ajustes de fábrica de la frecuencia de conmutación.*
- *Ajustes de fábrica del patrón de conmutación.*

6.10 Especificaciones del cable

Longitudes de cable y secciones transversales para cables de control[1)]	
Longitud máxima del cable de motor, apantallado	150 m (492 ft)
Longitud máxima del cable de motor, sin apantallar	300 m (984 ft)
Sección transversal máxima a los terminales de control, cable rígido o flexible sin manguitos en los extremos	1,5 mm^2 / 16 AWG
Sección transversal máxima a los terminales de control, cable flexible con manguitos en los extremos	1 mm^2/18 AWG
Sección transversal máxima a los terminales de control, cable flexible con manguitos en los extremos y abrazadera	0,5 mm^2 / 20 AWG
Sección transversal mínima para los terminales de control	0,25 mm^2 / 24 AWG
Sección transversal máxima para terminales de 230 V	2,5 mm^2/14 AWG
Sección transversal mínima para terminales de 230 V	0,25 mm^2 / 24 AWG

1) Para obtener información sobre los cables de alimentación, consulte las tablas de datos eléctricos del capétulo 6.5 Especificaciones en función de la potencia.

6.11 Entrada/salida de control y datos de control

Entradas digitales	
Entradas digitales programables	4 (6)[1)]
Número de terminal	18, 19, 27[1)], 29[1)], 32, 33
Lógica	PNP o NPN
Nivel de tensión	0-24 V CC
Nivel de tensión, 0 lógico PNP	<5 V CC
Nivel de tensión, 1 lógico PNP	>10 V CC
Nivel de tensión, «0» lógico NPN[2)]	>19 V CC
Nivel de tensión, «1» lógico NPN[2)]	<14 V CC
Tensión máxima de entrada	28 V CC

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

Rango de frecuencia de pulsos	0-110 kHz
(Ciclo de trabajo) anchura de pulsos mínima	4,5 ms
Resistencia de entrada, R_i	Aproximadamente 4 kΩ

Todas las entradas digitales están galvánicamente aisladas de la tensión de alimentación (PELV) y de otros terminales de tensión alta.
1) Los terminales 27 y 29 también pueden programarse como salidas.
2) Excepto el terminal de entrada 37 de Safe Torque Off.

Safe Torque Off (STO) Terminal 37[1), 2)] (El terminal 37 es de lógica PNP fija)	
Nivel de tensión	0-24 V CC
Nivel de tensión, 0 lógico PNP	<4 V CC
Nivel de tensión, 1 lógico PNP	>20 V CC
Tensión máxima de entrada	28 V CC
Intensidad de entrada típica a 24 V	50 mA_{rms}
Intensidad de entrada típica a 20 V	60 mA_{rms}
Capacitancia de entrada	400 nF

Todas las entradas digitales están galvánicamente aisladas de la tensión de alimentación (PELV) y de otros terminales de tensión alta.
1) Consulte el Manual de funcionamiento de Safe Torque Off para los convertidores de frecuencia VLT® para obtener más información sobre el terminal 37 y Safe Torque Off.
2) Al usar un contactor con una bobina de CC con la STO, cree siempre un camino de retorno para la intensidad desde la bobina al desconectarlo. Esto puede conseguirse con un diodo de rueda libre a lo largo de la bobina. Como alternativa, también puede utilizar un MOV de 30 o 50 V para obtener un tiempo de respuesta más rápido. Pueden comprarse contactores típicos con este diodo.

Entradas analógicas	
N.º de entradas analógicas	2
Número de terminal	53, 54
Modos	Tensión o corriente
Selección de modo	Conmutador S201 y conmutador S202
Modo tensión	Conmutador S201 / conmutador S202 = OFF (U)
Nivel de tensión	De −10 V a 10 V (escalable)
Resistencia de entrada, R_i	Aproximadamente 10 kΩ
Tensión máxima	±20 V
Modo de corriente	Conmutador S201 / conmutador S202 = ON (I)
Nivel de corriente	0/4-20 mA (escalable)
Resistencia de entrada, R_i	Aproximadamente 200 Ω
Corriente máxima	30 mA
Resolución de entradas analógicas	10 bit (signo +)
Precisión de las entradas analógicas	Error máximo del 0,5 % de la escala total
Ancho de banda	20 Hz/100 Hz

Las entradas analógicas están galvánicamente aisladas de la tensión de alimentación (PELV) y de los demás terminales de tensión alta.

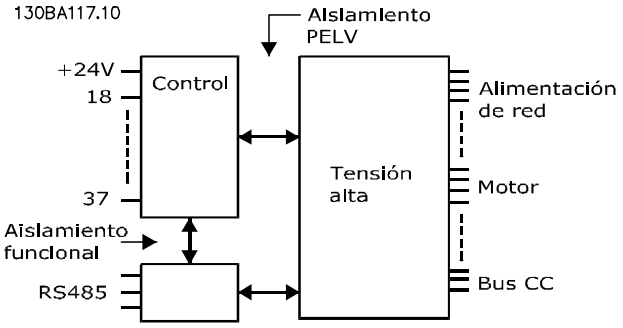


Ilustración 6.18 Aislamiento PELV

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

Entrada de pulsos	
Pulso programable	2/1
Número de terminal de pulso	29[1)], 32/33
Frecuencia máxima en los terminales 29 y 33	110 kHz (en contrafase)
Frecuencia máxima en los terminales 29 y 33	5 kHz (colector abierto)
Frecuencia mínima en los terminales 29 y 33	4 Hz
Nivel de tensión	0-24 V CC
Tensión máxima de entrada	28 V CC
Resistencia de entrada, R_i	Aproximadamente 4 kΩ
Precisión de la entrada de pulsos (0,1-1 kHz)	Error máximo: un 0,1 % de la escala completa
Precisión de la entrada de encoder (1-11 kHz)	Error máximo: 0,05 % de la escala completa

Las entradas de pulsos y encoder (terminales 29, 32 y 33) se encuentran galvánicamente aisladas de la tensión de alimentación (PELV) y demás terminales de tensión alta.
1) Las entradas de pulsos son la 29 y la 33.

6

Salida analógica	
Número de salidas analógicas programables	1
Número de terminal	42
Rango de intensidad en la salida analógica	0/4-20 mA
Carga máxima entre conexión a tierra y salida analógica	500 Ω
Precisión en la salida analógica	Error máximo: un 0,5 % de la escala completa
Resolución en la salida analógica	12 bits

La salida analógica está galvánicamente aislada de la tensión de alimentación (PELV) y de los demás terminales de tensión alta.

Tarjeta de control, comunicación serie RS485	
Número de terminal	68 (P, TX+, RX+), 69 (N, TX-, RX-)
N.º de terminal 61	Común para los terminales 68 y 69

El circuito de comunicación serie RS485 se encuentra separado funcionalmente de otros circuitos centrales y galvánicamente aislado de la tensión de alimentación (PELV).

Salidas digitales	
Salidas digitales / de pulsos programables	2
Número de terminal	27, 29[1)]
Nivel de tensión en la salida digital / salida de frecuencia	0–24 V
Intensidad de salida máxima (disipador o fuente)	40 mA
Carga máxima en salida de frecuencia	1 kΩ
Carga capacitiva máxima en salida de frecuencia	10 nF
Frecuencia de salida mínima en salida de frecuencia	0 Hz
Frecuencia de salida máxima en salida de frecuencia	32 kHz
Precisión de salida de frecuencia	Error máximo: un 0,1 % de la escala completa
Resolución de salidas de frecuencia	12 bits

1) Los terminales 27 y 29 también pueden programarse como entradas.
La salida digital está galvánicamente aislada de la tensión de alimentación (PELV) y de los demás terminales de tensión alta.

Tarjeta de control, salida de 24 V CC	
Número de terminal	12, 13
Tensión de salida	24 V +1, –3 V
Carga máxima	200 mA

El suministro externo de 24 V CC está galvánicamente aislado de la tensión de alimentación (PELV), aunque tiene el mismo potencial que las entradas y salidas analógicas y digitales.

Salidas de relé	
Salidas de relé programables	2
N.º de terminal del relé 01	1-3 (desconexión), 1-2 (conexión)
Máxima carga del terminal (CA-1)[1)] en 1-3 (NC), 1-2 (NO) (carga resistiva)	240 V CA, 2 A
Máxima carga del terminal (CA-15)[1)] (carga inductiva a cosφ 0,4)	240 V CA, 0,2 A

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

Máxima carga del terminal (CC-1)[1] en 1-2 (NO), 1-3 (NC) (carga resistiva)	60 V CC, 1 A
Máxima carga del terminal (CC-13)[1] (carga inductiva)	24 V CC, 0,1 A
N.º de terminal del relé 02 (solo VLT® AutomationDrive FC 302)	4-6 (desconexión), 4-5 (conexión)
Máxima carga del terminal (CA-1)[1] en 4-5 (NO) (carga resistiva)[2][3] Sobretensión cat. II	400 V CA, 2 A
Máxima carga del terminal (CA-15)[1] en 4-5 (NO) (carga inductiva a cosφ 0,4)	240 V CA, 0,2 A
Máxima carga del terminal (CC-1)[1] en 4-5 (NO) (carga resistiva)	80 V CC, 2 A
Máxima carga del terminal (CC-13)[1] en 4-5 (NO) (carga inductiva)	24 V CC, 0,1 A
Máxima carga del terminal (CA-1)[1] en 4-6 (NC) (carga resistiva)	240 V CA, 2 A
Máxima carga del terminal (CA-15)[1] en 4-6 (NC) (carga inductiva a cosφ 0,4)	240 V CA, 0,2 A
Máxima carga del terminal (CC-1)[1] en 4-6 (NC) (carga resistiva)	50 V CC, 2 A
Máxima carga del terminal (CC-13)[1] en 4-6 (NC) (carga inductiva)	24 V CC, 0,1 A
Mínima carga del terminal en 1-3 (NC), 1-2 (NO), 4-6 (NC), 4-5 (NO)	24 V CC 10 mA, 24 V CA 20 mA
Ambiente conforme a la norma EN 60664-1	Categoría de sobretensión III / grado de contaminación 2

1) CEI 60947 partes 4 y 5.
Los contactos del relé están galvánicamente aislados con respecto al resto del circuito con un aislamiento reforzado (PELV).
2) Categoría de sobretensión II.
3) Aplicaciones UL 300 V CA 2 A

6

Tarjeta de control, salida de 10 V CC	
Número de terminal	50
Tensión de salida	10,5 V ±0,5 V
Carga máxima	25 mA

El suministro de 10 V CC está galvánicamente aislado de la tensión de alimentación (PELV) y de los demás terminales de tensión alta.

Características de control	
Resolución de frecuencia de salida a 0-590 Hz	±0,003 Hz
Precisión repetida del arranque / de la parada precisos (terminales 18 y 19)	≤±0,1 ms
Tiempo de respuesta del sistema (terminales 18, 19, 27, 29, 32 y 33)	≤10 ms
Rango de control de velocidad (lazo abierto)	1:100 de velocidad síncrona
Intervalo de control de velocidad (lazo cerrado)	1:1000 de velocidad síncrona
Precisión de velocidad (lazo abierto)	30-4000 r/min: error ±8 r/min
Precisión de la velocidad (lazo cerrado), en función de la resolución del dispositivo de realimentación	0-6000 r/min: Error ±0,15 r/min

Todas las características de control se basan en un motor asíncrono de 4 polos

Rendimiento de la tarjeta de control	
Intervalo de exploración (VLT® HVAC Drive FC 102, VLT® Refrigeration Drive FC 103, VLT® AQUA Drive FC 202)	5 ms (VLT® AutomationDrive FC 302)
Intervalo de exploración (FC 302)	1 ms

Tarjeta de control, comunicación serie USB	
USB estándar	1,1 (velocidad máxima)
Conector USB	Conector de dispositivos USB tipo B

La conexión al PC se realiza por medio de un cable USB de dispositivo o host estándar.
La conexión USB se encuentra galvánicamente aislada de la tensión de alimentación (PELV) y del resto de los terminales de tensión alta.
La conexión a tierra USB no se encuentra galvánicamente aislada de la conexión a tierra de protección. Utilice únicamente un ordenador portátil aislado como conexión entre el PC y el terminal USB del convertidor de frecuencia.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

6.12 Especificaciones de reducción de potencia

Tenga en cuenta la reducción de potencia cuando se cumplan alguna de las condiciones siguientes:

- Presión atmosférica baja en funcionamiento por encima de los 1000 m (3281 ft).
- Temperatura ambiente alta.
- Frecuencia de conmutación alta.
- Funcionamiento a baja velocidad.
- Cables de motor largos.
- Cables con una gran sección transversal.

Si se dan estas condiciones, Danfoss recomienda subir al siguiente nivel de potencia.

6.12.1 Reducción de potencia por altitud y por temperatura ambiente

La capacidad de refrigeración del aire disminuye al disminuir la presión atmosférica.

A una altitud igual o inferior a 1000 m (3281 ft) no es necesario reducir la potencia.
Por encima de los 1000 m (3281 ft), debe reducirse la temperatura ambiente ($T_{AMB.}$) o la intensidad de salida máxima ($I_{MÁX.}$). Consulte la *Ilustración 6.19*.

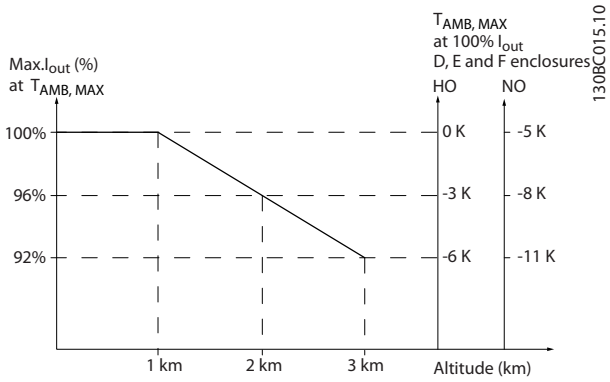


Ilustración 6.19 Reducción de potencia de la intensidad de salida en función de la altitud a $T_{AMB,\ MÁX.}$

La *Ilustración 6.19* muestra que a una temperatura de 41,7 °C (107 °F), está disponible el 100 % de la corriente nominal de salida. A una temperatura de 45 °C (113 °F) ($T_{AMB,\ MÁX.}$-3 K), está disponible el 91 % de la corriente nominal de salida.

6.12.2 Reducción de potencia en función de la frecuencia de conmutación y la temperatura ambiente

AVISO!

REDUCCIÓN DE POTENCIA DE FÁBRICA

En los VLT® Parallel Drive Modules la potencia ya está reducida para la temperatura de funcionamiento (55 °C (131 °F) $T_{AMB,MÁX}$ y 50 °C (122 °F) $T_{AMB,AVG}$).

Los siguientes gráficos indican si debe reducirse la potencia de la intensidad de salida en función de la frecuencia de conmutación y de la temperatura ambiente. Al hacer referencia a los gráficos, I_{sal} indica el porcentaje de la corriente nominal de salida y fsw indica la frecuencia de conmutación.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

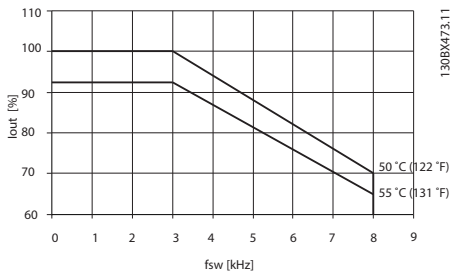
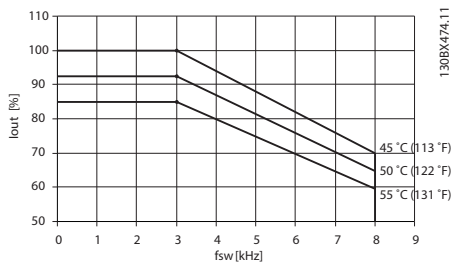
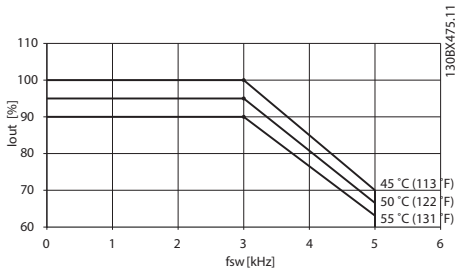
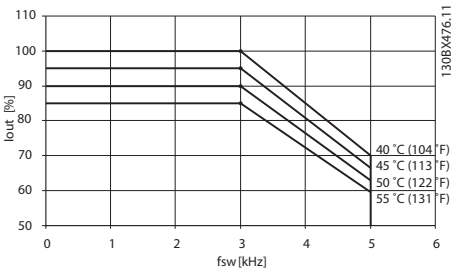
Intervalo de tensión	Patrón de conmutación	Sobrecarga alta HO, 150 %	Sobrecarga normal NO, 110 %
380-500 V	60 AVM		
	SFAVM		

Tabla 6.16 Reducción de potencia en función de la frecuencia de conmutación, 250 kW a 400 V CA (350 CV a 460 V CA)

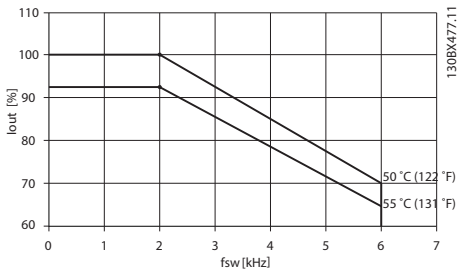
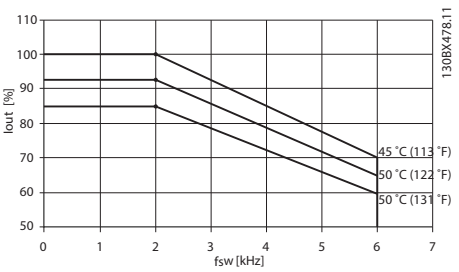
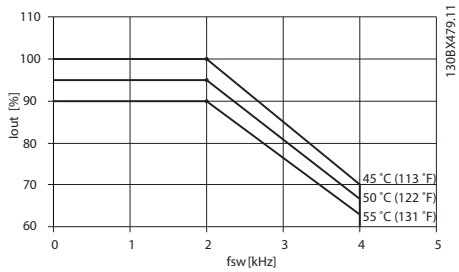
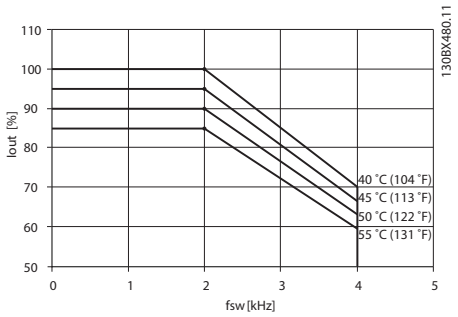
Intervalo de tensión	Patrón de conmutación	Sobrecarga alta HO, 150 %	Sobrecarga normal NO, 110 %
525-690 V	60 AVM		
	SFAVM		

Tabla 6.17 Reducción de potencia en función de la frecuencia de conmutación, 250 kW a 690 V CA (300 CV a 575 V CA)

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

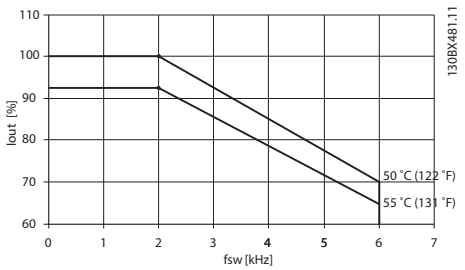
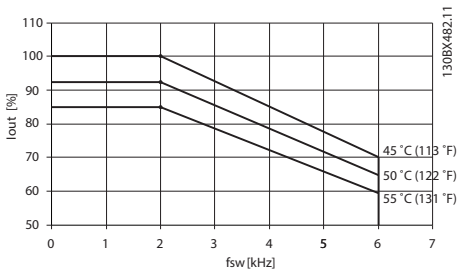
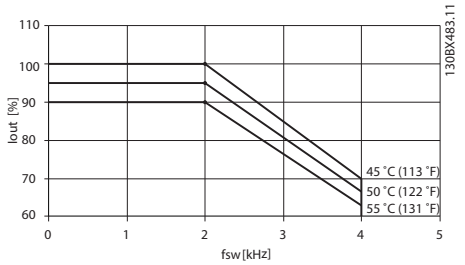
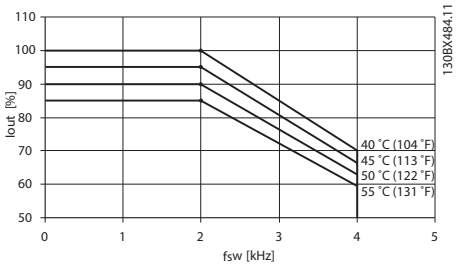
Intervalo de tensión	Patrón de conmutación	Sobrecarga alta HO, 150 %	Sobrecarga normal NO, 110 %
380-500 V	60 AVM		
	SFAVM		

Tabla 6.18 Reducción de potencia en función de la frecuencia de conmutación, 315-800 kW a 400 V CA (450-1200 CV a 460 V CA)

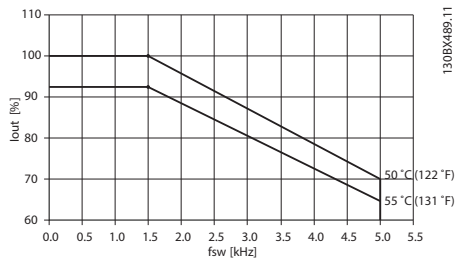
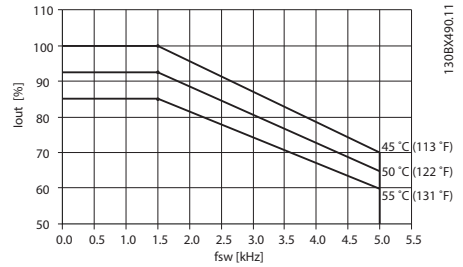
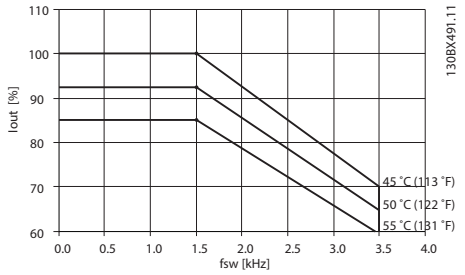
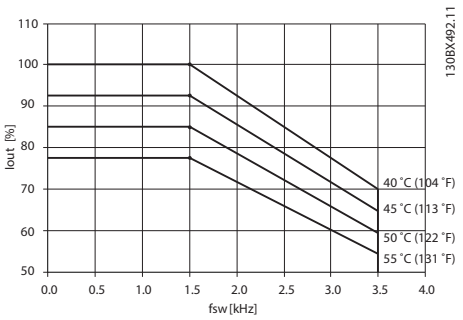
Intervalo de tensión	Patrón de conmutación	Sobrecarga alta HO, 150 %	Sobrecarga normal NO, 110 %
525-690 V	60 AVM		
	SFAVM		

Tabla 6.19 Reducción de potencia en función de la frecuencia de conmutación, 315-1000 kW a 400 V CA (350-1150 CV a 575 V CA)

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

7 Información de pedido

7.1 Formulario de pedido

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
F	C	-								T											X	X	S	X	X	X	X	A		B		C					D	

130BC530.10

Tabla 7.1 Código descriptivo

Grupos de productos	1–3	
Serie de convertidores de frecuencia	4–6	
Generación de código	7	
Potencia de salida	8–10	
Fases	11	
Tensión de red	12	
Protección Tamaño de la protección Clase de protección Tensión de alimentación de control	13–15	
Configuración de hardware	**16–23**	
Filtro RFI / convertidor de frecuencia de bajos armónicos / 12 pulsos	16–17	
Freno	18	
Pantalla (LCP)	19	
PCB barnizada	20	
Opción de red	21	
Adaptación A	22	
Adaptación B	23	
Versión de software	24–27	
Idioma del software	28	
Opciones A	29–30	
Opciones B	31–32	
Opciones C0, MCO	33–34	
Opciones C1	35	
Software de opción C	36–37	
Opciones D	38–39	

Tabla 7.2 Ejemplo de código descriptivo para encargar un convertidor de frecuencia

No todas las opciones están disponibles para cada modelo. Para comprobar si está disponible la versión apropiada, consulte en Internet el configurador de convertidores de frecuencia.

7.2 Configurador de convertidores de frecuencia

Es posible diseñar un convertidor de frecuencia de acuerdo a las necesidades de la aplicación, mediante el uso del sistema de números de pedido que se muestra en la *Tabla 7.1* y la *Tabla 7.2*.

Puede encargar convertidores estándar y convertidores con opciones integradas enviando una cadena de código descriptivo que describa el producto a la oficina local de ventas de Danfoss; por ejemplo:

FC-302N800T5E00P2BGC7XXSXXXXAXBXCXXXXDX

El significado de los caracteres de la cadena puede encontrarse en la *Tabla 7.3* y la *Tabla 7.4*.

Encuentre el convertidor de frecuencia adecuado para cada aplicación mediante el configurador de convertidores de frecuencia. El configurador de convertidores de frecuencia genera automáticamente un número de ventas de ocho dígitos que se debe enviar a la oficina de ventas local. También puede establecer una lista de proyectos con varios productos y enviársela a un representante de ventas de Danfoss.

El configurador de convertidores de frecuencia puede encontrarse en el sitio de Internet: *www.danfoss.com/Spain*.

Los convertidores de frecuencia se suministran automáticamente con un paquete de idioma correspondiente a la región desde la que se realiza el pedido. Cuatro paquetes regionales de idioma cubren los siguientes idiomas:

Paquete de idioma 1
Inglés, alemán, francés, danés, holandés, español, sueco, italiano y finlandés.

Paquete de idioma 2
Inglés, alemán, chino, coreano, japonés, tailandés, chino tradicional e indonesio bahasa.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

Paquete de idioma 3
Inglés, alemán, esloveno, búlgaro, serbio, rumano, húngaro, checo y ruso.

Paquete de idioma 4
Inglés, alemán, español, inglés americano, griego, portugués brasileño, turco y polaco.

Para realizar el pedido de convertidores de frecuencia con un paquete de idioma diferente, póngase en contacto con su oficina local de ventas de Danfoss.

Descripción	Pos.	Opción posible
Grupo de productos	1–6	102: FC 102 202: FC 202 302: FC 302
Generación de código	7	N
Potencia de salida	8–10	250 kW 315 kW 355 kW 400 kW 450 kW 500 kW 560 kW 630 kW 710 kW 800 kW 900 kW 1M0 kW 1M2 kW
Fases	11	Trifásicos (T)
Tensión de red	11–12	T 4: 380-480 V CA T 5: 380-500 V CA T 7: 525-690 V CA
Protección	13–15	E00: IP00 C00: IP00 con canal trasero de acero inoxidable
Filtro RFI, hardware	16–17	P2: Convertidor de frecuencia paralelo con filtro RFI, clase A2 (de 6 pulsos) P4: Convertidor de frecuencia paralelo con filtro RFI, clase A1 (de 6 pulsos) P6: Convertidor de frecuencia paralelo con filtro RFI, clase A2 (de 12 pulsos) P8: Convertidor de frecuencia paralelo con filtro RFI, clase A1 (de 12 pulsos)
Freno	18	X: Sin IGBT del freno B: IGBT del freno montado R: Terminales de regeneración S: Freno y regeneración T: Safe Torque Off (STO) U: Safe Torque Off con freno
Pantalla	19	G: Panel gráfico de control local (LCP)
PCB barnizada	20	C: PCB barnizada
Opción de red	21	J: Magnetotérmico y fusibles
Adaptación	22	X: Entradas de cables estándar
Adaptación	23	X: sin adaptación Q: panel de acceso a disipador
Versión de software	24–27	S067: Control de movimiento integrado
Idioma del software	28	X: Paquete de idioma estándar

Tabla 7.3 Código descriptivo de pedido de los VLT® Parallel Drive Modules

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

Descripción	Pos.	Opción posible
Opciones A	29- 30	AX: sin opción A A0: VLT® PROFIBUS DP MCA 101 A4: VLT® DeviceNet MCA 104 A6: VLT® CANopen MCA 105 A8: VLT® EtherCAT MCA 124 AG: VLT® LonWorks MCA 108 AJ: VLT® BACnet MCA 109 AT: VLT® PROFIBUS Converter MCA 113 AU: VLT® PROFIBUS Converter MCA 114 AL: VLT® PROFINET MCA 120 AN: VLT® EtherNet/IP MCA 121 AQ: VLT® Modbus TCP MCA 122 AY: VLT® EtherNet/IP MCA 121
Opciones B	31- 32	BX: sin opción BK: VLT® General Purpose I/O MCB 101 BR: VLT® Encoder Input MCB 102 BU: VLT® Resolver Input MCB 103 BP: VLT® Relay Card MCB 105 BY: VLT® Extended Cascade Controller MCO 101 BZ: VLT® Safe PLC I/O MCB 108 B0: VLT® Analog I/O MCB 109 B2: VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 B4: VLT® Sensor Input MCB-114 B6: VLT® Safety Option MCB 150 B7: VLT® Safety Options MCB 151
Opciones C0/ E0	33- 34	CX: sin opción C4: VLT® Motion Control Option MCO 305
Opciones C1 / A/B en adaptador de opción C	35	X: sin opción R: VLT® Extended Relay Card MCB 113 S: VLT® Advanced Cascade Controller MCO 102
Software de opción C / opciones E1	36- 37	XX: controlador estándar 10: VLT® Synchronizing Controller MCO 350 11: VLT® Position Controller MCO 351 12: VLT® Center Winder MCO 352
Opciones D	38- 39	DX: sin opción D0: VLT® 24 V DC Supply MCB 107

Tabla 7.4 Opciones de pedido

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

7.2.1 Filtros de salida

La conmutación de alta velocidad del convertidor produce algunos efectos secundarios que influyen en el motor y en el entorno circundante. Están disponibles dos tipos de filtros diferentes, el filtro dU/dt y el filtro senoidal, para corregir estos efectos secundarios. Para obtener más detalles, consulte la *Guía de diseño del filtro de salida de los convertidores VLT®*

380-500 V							Común		Individual	
400 V, 50 Hz		460 V, 60 Hz		500 V, 50 Hz		FsW				
kW	A	CV	A	kW	A	kHz	IP00	IP23	IP00	IP23
250	480	350	443	315	443	3	130B2849	130B2850	130B2844	130B2845
315	600	450	540	355	540	2	130B2851	130B2852	130B2844	130B2845
355	658	500	590	400	590	2	130B2851	130B2852	130B2844	130B2845
400	745	600	678	500	678	2	130B2853	130B2854	130B2844	130B2845
450	800	600	730	530	730	2	130B2853	130B2854	130B2847	130B2848
500	880	650	780	560	780	2	130B2853	130B2854	130B2847	130B2848
560	990	750	890	630	890	2	2×130B2849	2×130B2850	130B2847	130B2848
630	1120	900	1050	710	1050	2	3×130B2849	2×130B2850	130B2847	130B2848
710	1260	1000	1160	800	1160	2	3×130B2849	2×130B2850	130B2847	130B2848
800	1460	1200	1380	1000	1380	2	3×130B2851	3×130B2852	130B2849	130B2850

Tabla 7.5 Filtros dU/dt disponibles, 380-500 V

525-690 V							Común		Individual	
525 V, 50 Hz		575 V, 60 Hz		690 V, 50 Hz		FsW				
kW	A	CV	A	kW	A	kHz	IP00	IP23	IP00	IP23
250	360	350	344	315	344	2	130B2851	130B2852	130B2841	130B2842
300	395	400	410	355	380	1,5	130B2851	130B2852	130B2841	130B2842
315	429	450	450	400	410	1,5	130B2851	130B2852	130B2841	130B2842
400	523	500	500	500	500	1,5	130B2853	130B2854	130B2844	130B2845
450	596	600	570	560	570	1,5	130B2853	130B2854	130B2844	130B2845
500	630	650	630	630	630	1,5	130B2853	130B2854	130B2844	130B2845
560	763	750	730	710	730	1,5	130B2853	130B2854	130B2847	130B2848
670	889	950	850	800	850	1,5	130B2853	130B2854	130B2847	130B2848
750	988	1050	945	–	–	–	3×130B2849	3×130B2850	130B2847	130B2848
850	1108	1150	1060	1000	1060	1,5	3×130B2849	3×130B2850	130B2847	130B2848
1000	1317	1350	1260	1200	1260	1,5	3×130B2851	3×130B2852	130B2849	130B2850

Tabla 7.6 Filtros dU/dt disponibles, 525-690 V

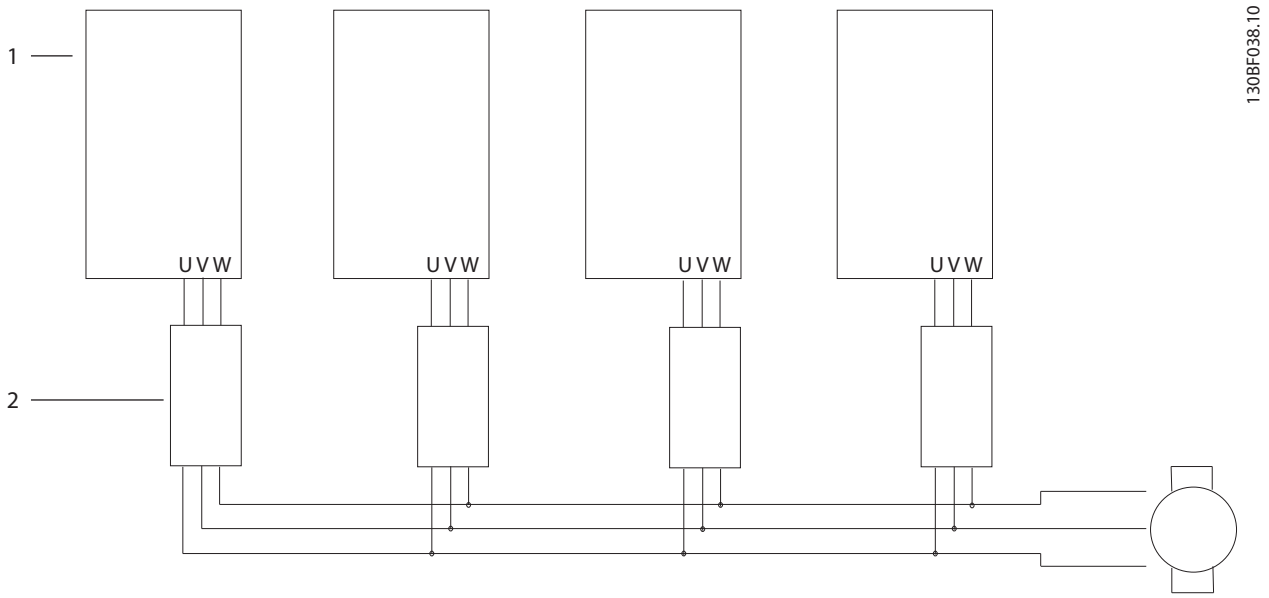
380-500 V							Común		Individual	
400 V, 50 Hz		460 V, 60 Hz		500 V, 50 Hz		FsW				
kW	A	CV	A	kW	A	kHz	IP00	IP23	IP00	IP23
250	480	350	443	315	443	3	130B3188	130B3189	130B3186	130B3187
315	600	450	540	355	540	2	130B3191	130B3192	130B3186	130B3187
355	658	500	590	400	590	2	130B3191	130B3192	130B3186	130B3187
400	745	600	678	500	678	2	130B3193	130B3194	130B3188	130B3189
450	800	600	730	530	730	2	2×130B3188	2×130B3189	130B3188	130B3189
500	880	650	780	560	780	2	2×130B3188	2×130B3189	130B3186	130B3187
560	990	750	890	630	890	2	2×130B3191	2×130B3192	130B3186	130B3187
630	1120	900	1050	710	1050	2	2×130B3191	2×130B3192	130B3186	130B3187
710	1260	1000	1160	800	1160	2	3×130B3188	2×130B3189	130B3188	130B3189
800	1460	1200	1380	1000	1380	2	3×130B3188	2×130B3189	130B3188	130B3189

Tabla 7.7 Filtros senoidales disponibles, 380-500 V

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

525-690 V							Común		Individual	
kW	A	CV	A	kW	A	kHz	IP00	IP23	IP00	IP23
525 V, 50 Hz		575 V, 60 Hz		690 V, 50 Hz		FsW				
250	360	350	344	315	344	2	130B4129	130B4151	130B4125	130B4126
300	395	400	410	355	380	1,5	130B4129	130B4151	130B4125	130B4126
315	429	450	450	400	410	1,5	130B4152	130B4153	130B4125	130B4126
400	523	500	500	500	500	1,5	130B4154	130B4153	130B4129	130B4151
450	596	600	570	560	570	1,5	130B4156	130B4157	–	–
500	630	650	630	630	630	1,5	130B4156	130B4157	130B4129	130B4151
560	763	750	730	710	730	1,5	2×130B4142	2×130B4143	130B4129	130B4151
670	889	950	850	800	850	1,5	2×130B4142	2×130B4143	130B4125	130B4126
750	988	1050	945	–	–	–	2×130B4142	2×130B4143	130B4129	130B4151
850	1108	1150	1060	1000	1060	1,5	3×130B4154	3×130B4155	130B4129	130B4151
1000	1317	1350	1260	1200	1260	1,5	3×130B4154	3×130B4155	130B4129	130B4151

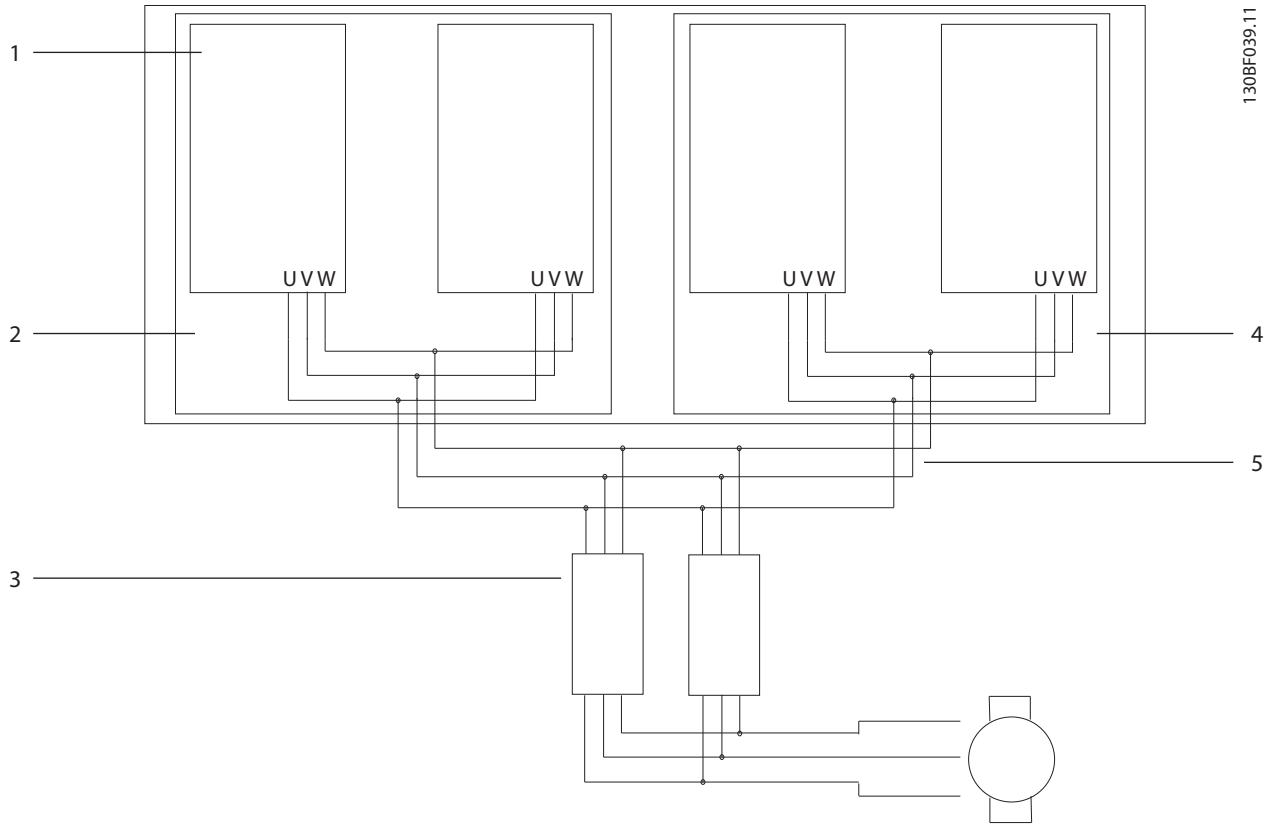
Tabla 7.8 Filtros senoidales disponibles, 525-690 V



1	Módulo del convertidor de frecuencia	2	Filtro

Ilustración 7.1 Configuración de filtro sin barras conductoras comunes (individual)

Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

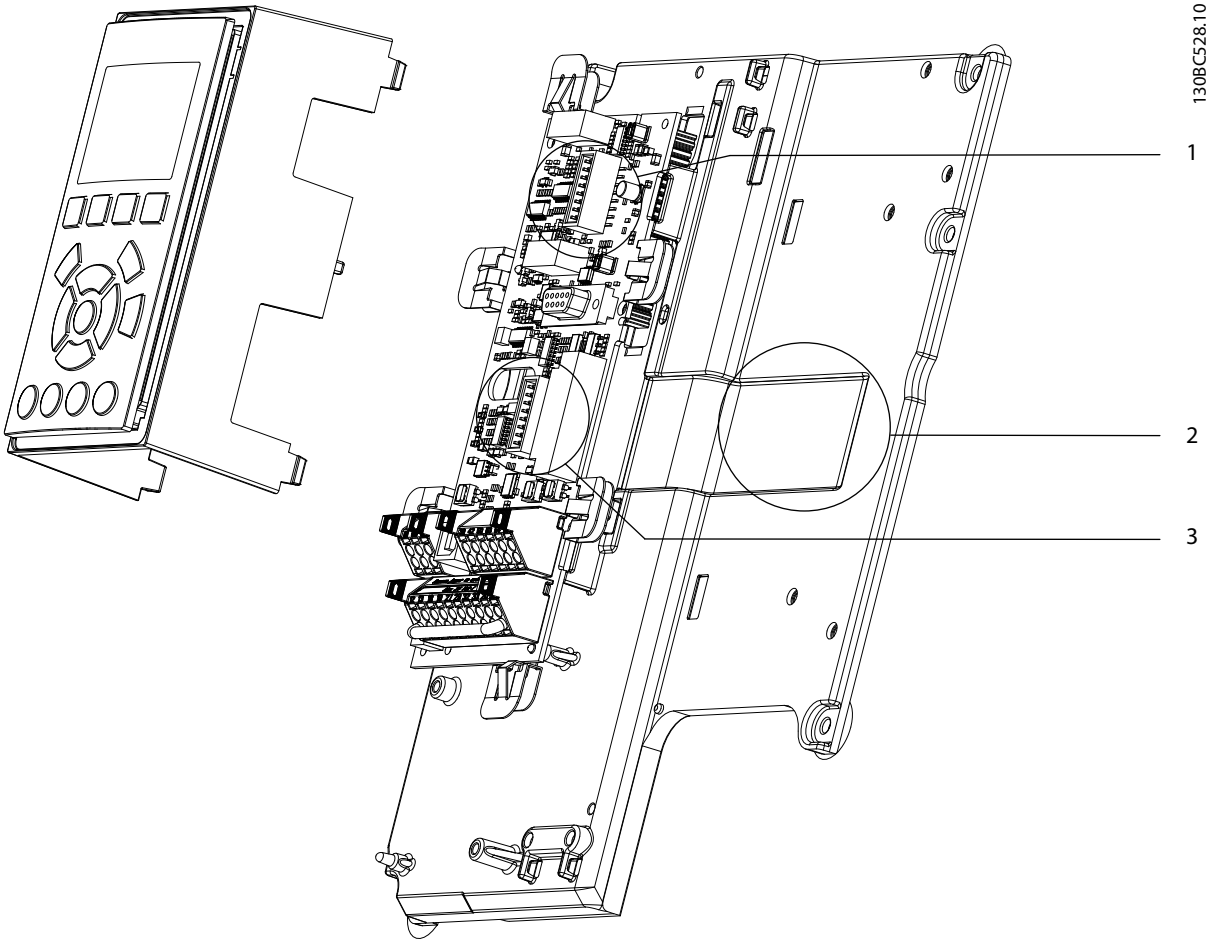


1	Módulo del convertidor de frecuencia	4	Armario 2
2	Armario 1	5	Cables
3	Filtro	–	–

Ilustración 7.2 Configuración de filtro con barras conductoras comunes (común)

7.3 Opciones y accesorios

Danfoss ofrece una amplia gama de opciones y accesorios para el VLT® AutomationDrive FC 302, el VLT® HVAC Basic Drive FC 102 y el VLT® AQUA Drive FC 202. Las siguientes opciones están instaladas en la tarjeta de control, en la ranura A, B o C. Consulte la *Ilustración 7.3*. Para obtener información más detallada, consulte las instrucciones que acompañan al equipo opcional.



1	Ranura A
2	ranura B
3	Ranura C

Ilustración 7.3 Opciones de ranura en la tarjeta de control

7.3.1 General Purpose Input Output Module MCB 101

El VLT® General Purpose I/O MCB 101 se utiliza para la extensión de las entradas y salidas digitales y analógicas del FC 102, del FC 103, del FC 202, del FC 301 y del FC 302. El MCB 101 debe encajarse en la ranura B del convertidor de frecuencia.

Contenido:

- Módulo de opción MCB 101.
- Dispositivo ampliado para el LCP.
- Tapa de terminal.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

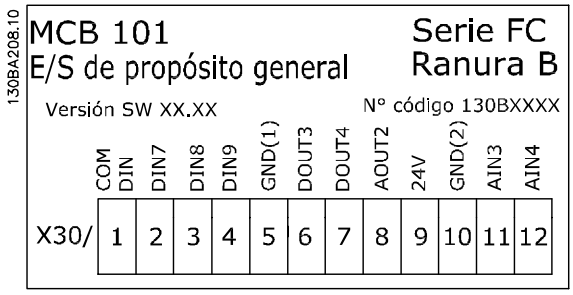


Ilustración 7.4 Módulo de opción MCB 101

7.3.2 Aislamiento galvánico en el VLT® General Purpose I/O MCB 101

Las entradas digitales/analógicas están aisladas galvánicamente del resto de las entradas/salidas en el MCB 101 y en la tarjeta de control del convertidor de frecuencia.

Las salidas digitales/analógicas del MCB 101 están aisladas galvánicamente del resto de las entradas/salidas del MCB 101, pero no de las de la tarjeta de control del convertidor de frecuencia.

Conecte los terminales 1 y 5 si las entradas digitales 7, 8 o 9 deben conmutarse mediante la fuente de alimentación interna de 24 V (terminal 9). Consulte el *Ilustración 7.5*.

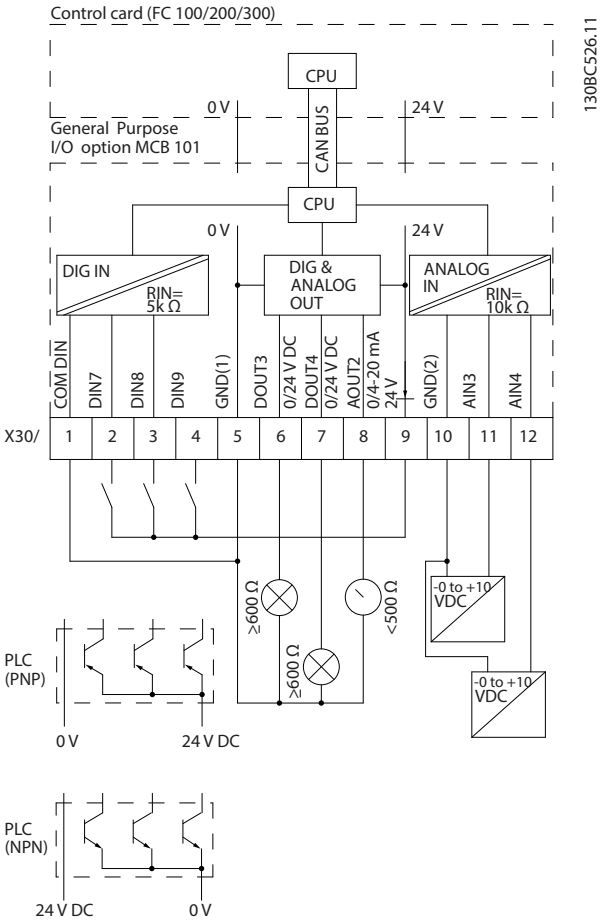


Ilustración 7.5 Diagrama básico

7.3.3 Entradas digitales - Terminal X30/1-4

Entrada digital	
Número de entradas digitales	4 (6)
Número de terminal	18, 19, 27, 29, 32, 33
Lógica	PNP o NPN
Nivel de tensión	0-24 V CC
Nivel de tensión, '0' lógico PNP (Tierra = 0 V)	<5 V CC
Nivel de tensión, '1' lógico PNP (Tierra = 0 V)	>10 V CC
Nivel de tensión, '0' lógico NPN (Tierra = 24 V)	<14 V CC
Nivel de tensión, '1' lógico NPN (Tierra = 24 V)	>19 V CC
Tensión máxima de entrada	28 V continuo
Rango de frecuencia de pulsos	0-110 kHz
Ciclo de trabajo, anchura de pulsos mínima	4,5 ms
Impedancia de entrada	>2 kΩ

7.3.4 Entradas analógicas - Terminal X30/11, 12

Entrada analógica	
N.º de entradas analógicas	2
Número de terminal	53, 54, X30.11, X30.12
Modos	Tensión
Nivel de tensión	De –10 V a 10 V
Impedancia de entrada	>10 kΩ
Tensión máxima	20 V
Resolución de entradas analógicas	10 bit (signo +)
Precisión de las entradas analógicas	Error máximo del 0,5 % de la escala total
Ancho de banda	100 Hz

7.3.5 Salidas digitales - Terminal X30/6, 7

Salidas digitales	
Número de salidas digitales	2
Número de terminal	X30,6, X30,7
Nivel de tensión en la salida digital / salida de frecuencia	0–24 V
Intensidad de salida máxima	40 mA
Carga máxima	≥600 Ω
Carga capacitiva máxima	<10 nF
Frecuencia de salida mínima	0 Hz
Frecuencia de salida máxima	≤32 kHz
Precisión de salida de frecuencia	Error máximo: un 0,1 % de la escala completa

7.3.6 Salida analógica - Terminal X30/8

Salida analógica	
Número de salidas analógicas	1
Número de terminal	42
Rango de intensidad en la salida analógica	0-20 mA
Carga máxima entre conexión a tierra y salida analógica	500 Ω
Precisión en la salida analógica	Error máximo: un 0,5 % de la escala completa
Resolución en la salida analógica	12 bits

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

7.3.7 VLT® Encoder Input MCB 102

El módulo VLT® Encoder Input MCB 102 se puede utilizar como fuente de realimentación para control de flujo en lazo cerrado (*parámetro 1-02 Realimentación encoder motor Flux*), y para control de velocidad en lazo cerrado (*parámetro 7-00 Fuente de realim. PID de veloc.*). Configure la opción de encoder en el *grupo de parámetros 17-** Opcs.realim. motor.*

El MCB 102 se utiliza para:

- Lazo cerrado VVC+.
- Control de velocidad del vector de flujo.
- Control de par del vector de flujo.
- Motor de magnetización permanente.

Tipos de encoder admitidos:

- Codificador incremental: tipo 5 V TTL, RS422, máxima frecuencia: 410 kHz.
- Codificador incremental: 1 Vpp, seno-coseno.
- Encoder HIPERFACE®: absoluto y seno-coseno (Stegmann/SICK).
- Encoder EnDat: absoluto y seno-coseno (Heidenhain), compatible con la versión 2.1.
- Encoder SSI: absoluto.

AVISO!

Los indicadores LED solamente son visibles cuando se retira el LCP. La reacción en caso de error en el encoder se puede seleccionar en el *parámetro 17-61 Control de señal de realimentación*: *[0] Desactivado*, *[1] Advertencia* o *[2] Desconexión*.

El kit de opción de encoder, cuando se encarga por separado, incluye lo siguiente:

- VLT® Encoder Input MCB 102.
- Montaje de sujeción LCP ampliado y tapa de terminales ampliada.

La opción de encoder no es compatible con los convertidores de frecuencia VLT® AutomationDrive FC 302 fabricados antes de la semana 50 de 2004.
Versión de software mínima: 2.03 (*parámetro 15-43 Versión de software*)

Designación de terminales X31	Codificador incremental (consulte la *Ilustración 7.6*)	Encoder SinCos HIPERFACE® (consulte la *Ilustración 7.7*)	Encoder EnDat	Encoder SSI	Descripción
1	NC			24 V[1)]	Salida de 24 V (21-25 V, $I_{máx}$ 125 mA)
2	NC	8 V CC			Salida de 8 V (7-12 V, $I_{máx}$: 200 mA)
3	5 VCC		5 VCC	5 V[1)]	Salida de 5 V (5 V ± 5 %, $I_{máx.}$: 200 mA)
4	GND (tierra)		GND (tierra)	GND (tierra)	GND (tierra)
5	Entrada A	+COS	+COS		Entrada A
6	Entrada A invertida	REFCOS	REFCOS		Entrada A invertida
7	Entrada B	+SIN	+SIN		Entrada B
8	Entrada B invertida	REFSIN	REFSIN		Entrada B invertida
9	Entrada Z	+Datos RS485	Salida de reloj	Salida de reloj	Entrada Z, O BIEN, +Datos RS485
10	Entrada Z invertida	-Datos RS485	Salida de reloj inv.	Salida de reloj inv.	Entrada Z, O BIEN, -Datos RS485
11	NC	NC	Entrada de datos	Entrada de datos	Uso futuro
12	NC	NC	Entrada de datos inv.	Entrada de datos inv.	Uso futuro
Máx. 5 V en X31,5-12					

Tabla 7.9 Descripciones de terminal de opción del encoder MCB 102 para tipos de encoder admitidos

1) Fuente de alimentación para encoder: consulte los datos en el encoder.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

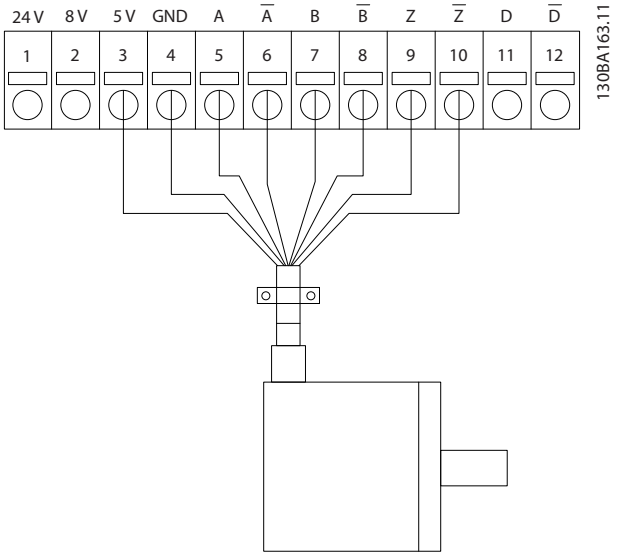


Ilustración 7.6 Codificador incremental

Longitud máxima de cable 150 m (492 ft).

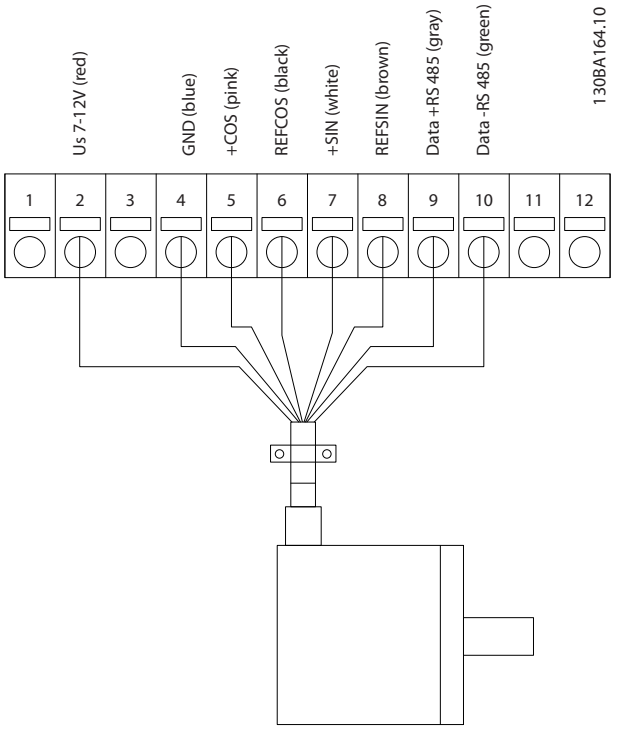


Ilustración 7.7 Encoder seno-coseno HIPERFACE

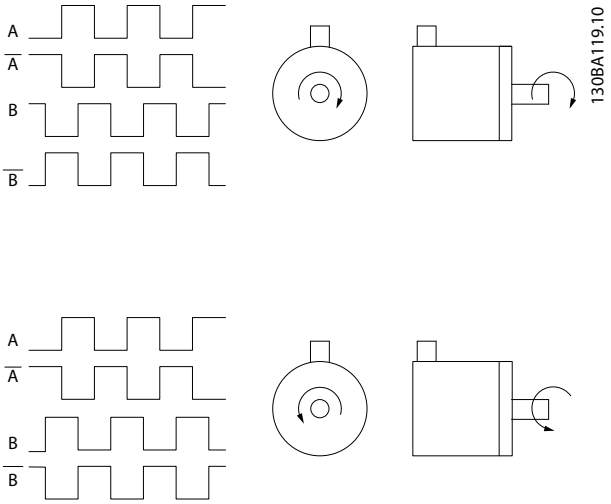


Ilustración 7.8 Dirección de rotación

7.3.8 VLT® Resolver Input MCB 103

La opción de resolver VLT® MCB 103 se utiliza como interfaz de la realimentación del motor del resolver al VLT® AutomationDrive FC 301/FC 302. Los resolvers se utilizan como dispositivos de realimentación del motor para motores síncronos sin escobillas y magnetización permanente.

Cuando se encarga por separado, el kit de opción de resolver incluye lo siguiente:

- Opción de resolver VLT® MCB 103.
- Montaje de sujeción LCP ampliado y tapa de terminales ampliada.

Selección de parámetros: *17-5 * Interfaz resolver*.

El MCB 103 es compatible con varios tipos de resolver de rotor.

Polos del resolver	*Parámetro 17-50 Polos*: 2 × 2
Tensión de entrada del resolver	*Parámetro 17-51 Tensión de entrada*: 2,0-8,0 V_{rms} × 7,0 V_{rms}
Frecuencia de entrada del resolver	*Parámetro 17-52 Frecuencia de entrada*:: 2-15 kHz × 10,0 kHz
Relación de transformación	*Parámetro 17-53 Proporción de transformación*: 0,1-1,1 × 0,5
Tensión de entrada secundaria	Máxima 4 V_{rms}
Carga secundaria	Aproximadamente 10 kΩ

Tabla 7.10 Especificaciones del resolver

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

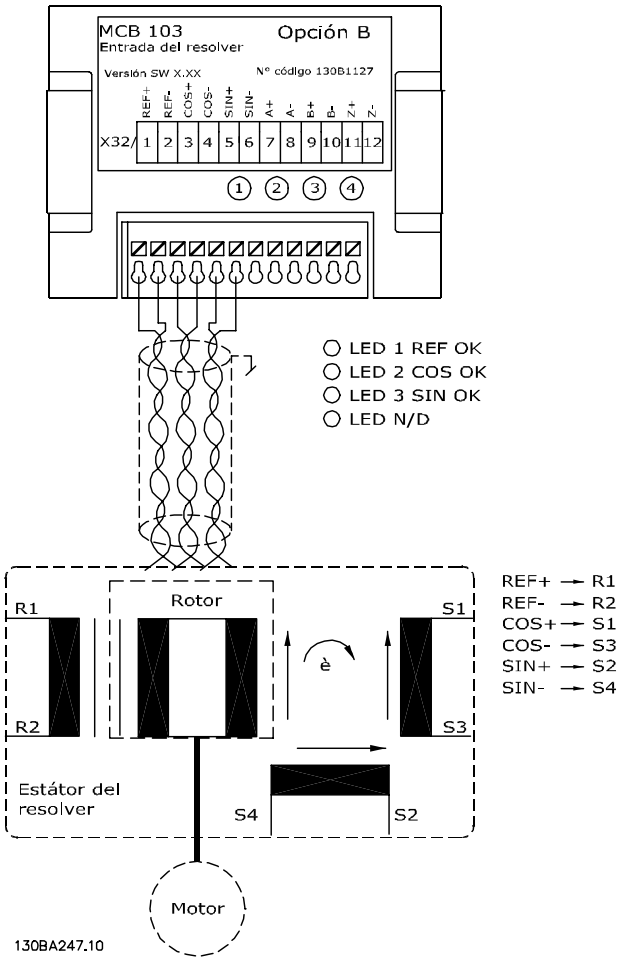


Ilustración 7.9 Resolver Input MCB 103 se utiliza con un motor de magnetización permanente

AVISO!

El MCB 103 puede utilizarse con tipos de resolver alimentados solamente por rotor. No es posible utilizar ningún tipo de resolver alimentado por estátor.

Indicadores LED

Los LED están activos cuando *parámetro 17-61 Control de señal de realimentación* está ajustado en *[1] Advertencia* o *[2] Desconexión*.

El LED 1 está encendido cuando la señal de referencia es correcta hacia el resolver

El LED 2 está encendido cuando la señal de coseno es correcta desde el resolver.

El LED 3 está encendido cuando la señal de seno es correcta desde el resolver.

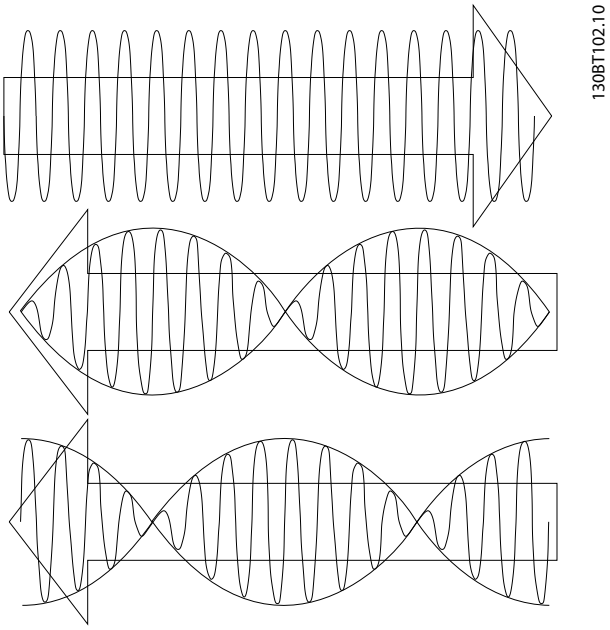


Ilustración 7.10 Motor de magnetización permanente (PM) con un resolver como realimentación de velocidad

Ejemplo de ajuste

En la *Ilustración 7.9*, se utiliza un motor de magnetización permanente (PM) con un resolver como realimentación de velocidad. Un motor PM debería funcionar en modo de flujo.

Cableado

La máxima longitud del cable es 150 m (492 ft) cuando se utiliza un tipo de cable de par trenzado.

AVISO!

Utilice únicamente cables apantallados para el motor y el chopper de frenado. Los cables del resolver deben estar apantallados y separados de los del motor. La pantalla del cable del resolver debe conectarse correctamente a la placa de desacoplamiento y al chasis (tierra) del lado del motor.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

Parámetro 1-00 Modo Configuración	*[1] Veloc. Lazo Cerrado*
Parámetro 1-01 Principio control motor	*[3] Lazo Cerrado Flux*
Parámetro 1-10 Construcción del motor	*[1] PM, non-salient SPM*
Parámetro 1-24 Intensidad motor	Placa de características
Parámetro 1-25 Veloc. nominal motor	Placa de características
Parámetro 1-26 Par nominal continuo	Placa de características
El AMA no es posible en motores de PM	
Parámetro 1-30 Resistencia estator (Rs)	Hoja de datos del motor
Parámetro 30-80 Inductancia eje d (Ld)	Hoja de datos del motor (mH)
Parámetro 1-39 Polos motor	Hoja de datos del motor
Parámetro 1-40 fcem a 1000 RPM	Hoja de datos del motor
Parámetro 1-41 Ángulo despalzamiento motor (Offset)	Hoja de datos del motor (normalmente cero)
Parámetro 17-50 Polos	Hoja de datos del resolver
Parámetro 17-51 Tensión de entrada	Hoja de datos del resolver
Parámetro 17-52 Frecuencia de entrada:	Hoja de datos del resolver
Parámetro 17-53 Proporción de transformación	Hoja de datos del resolver
Parámetro 17-59 Interfaz de resolver	*[1] Activado*

Tabla 7.11 Parámetros para ajustar

7.3.9 VLT® Relay Card MCB 105

La VLT® Relay Card MCB 105 incluye 3 piezas de contactos SPDT y debe colocarse en la ranura de opción B.

Datos eléctricos	
Máxima carga del terminal (CA-1)[1] (carga resistiva)	240 V CA 2 A
Máxima carga del terminal (CA-15)[1] (carga inductiva a cosφ 0,4)	240 V CA 0,2 A
Máxima carga del terminal (CC-1)[1] (carga resistiva)	24 V CC 1 A
Máxima carga del terminal (CC-13)[1] (carga inductiva)	24 V CC 0,1 A
Carga del terminal mínima (CC)	5 V 10 mA
Frecuencia de conmutación máxima en carga nominal / carga mínima	6 min^{-1} / 20^{-1}

1) CEI 947 partes 4 y 5

El kit opcional de relé, cuando se encarga por separado, incluye lo siguiente:

- VLT® Relay Card MCB 105.
- Montaje de sujeción LCP ampliado y tapa de terminales ampliada.
- Etiqueta para cubrir el acceso a los conmutadores S201 (A53), S202 (A54) y S801[1].
- Cintas de cable para sujetar los cables al modulo de relé.

1) **IMPORTANTE** La etiqueta DEBE estar en el bastidor del LCP para cumplir la aprobación UL.

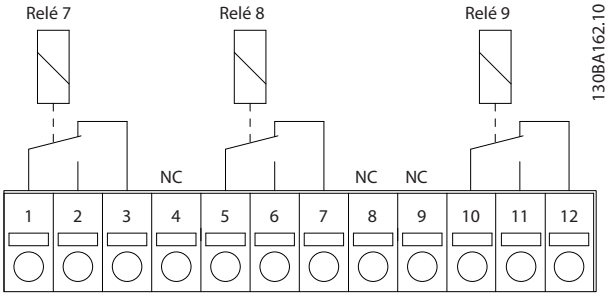


Ilustración 7.11 Desconexión de los terminales de relé

⚠ADVERTENCIA

Advertencia sobre alimentación doble. No combine sistemas de 24/48 V con sistemas de alta tensión.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

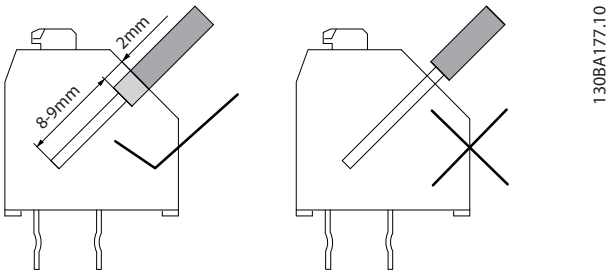


Ilustración 7.12 Longitud correcta del cable pelado

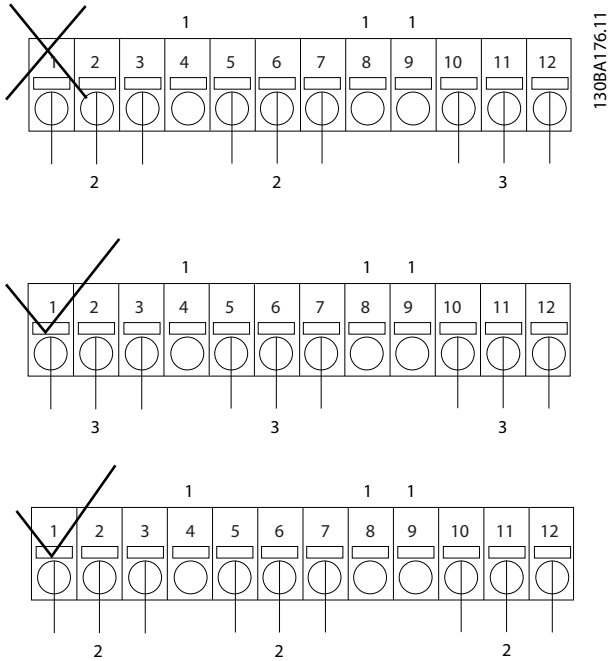


Ilustración 7.13 Método correcto para instalar partes activas y señales de control

7.3.10 VLT® 24 V DC Supply MCB 107

Puede instalarse un suministro externo de 24 V CC como un suministro de baja tensión para la tarjeta de control y para cualquier otra tarjeta de opciones instalada, que permite el funcionamiento completo del LCP sin conexión a la red.

Especificación del suministro externo de 24 V CC	
Intervalo de tensión de entrada	24 V CC ±15 % (máximo 37 V en 10 s)
Intensidad de entrada máxima	2,2 A
Intensidad de entrada media para	0,9 A
Longitud máxima de cable	75 m (246 ft)
Carga de capacitancia de entrada	10 uF
Retardo de arranque	0,6 s

Las entradas están protegidas.

Números de terminales:

- Terminal 35: suministro externo de –24 V CC.
- Terminal 36: suministro externo de 24 V CC.

Cuando el suministro externo de 24 V CC VLT® MCB 107 alimenta el circuito de control, la fuente de alimentación interna de 24 V se desconecta automáticamente. Para obtener información más detallada sobre instalación, consulte las instrucciones independientes que se suministran con el equipo opcional.

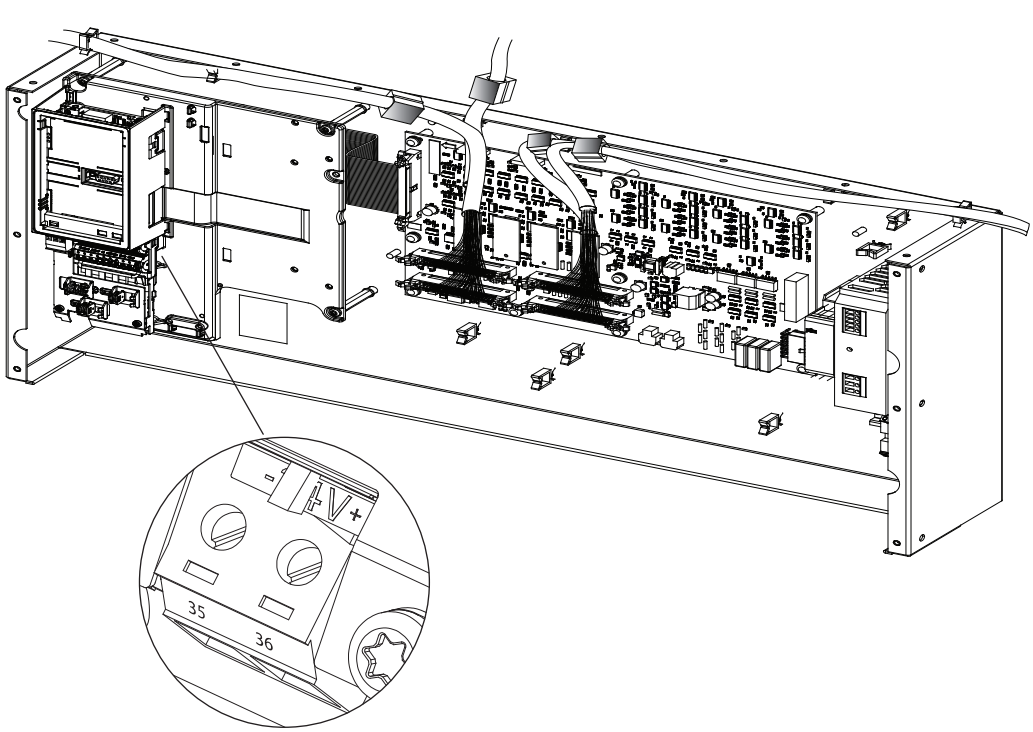


Ilustración 7.14 Conexión del suministro externo de 24 V CC

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

7.3.11 VLT® PTC Thermistor Card MCB 112

La opción de VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 hace posible controlar la temperatura de un motor eléctrico mediante una entrada de termistor PTC galvánicamente aislada. Se trata de una opción B para el VLT® HVAC Drive FC 102, el VLT® AQUA Drive FC 202 y el VLT® AutomationDrive FC 302 con Safe Torque Off (STO).

Para obtener información más detallada sobre el montaje e instalación de esta opción, consulte las instrucciones que se suministran con ella. Para ver distintas posibilidades de aplicación, consulte el *capétulo 17 Ejemplos de aplicaciones*.

X44/1 y X44/2 son las entradas del termistor. X44/12 activa la Safe Torque Off del convertidor de frecuencia (T-37) si los valores del termistor lo hacen necesario, y X44/10 informa al convertidor de frecuencia de que la petición de Safe Torque Off proviene de la MCB 112, para asegurar así una gestión adecuada de la alarma. Para utilizar la información de X44/10, una de las entradas digitales del convertidor de frecuencia (o una entrada digital de una opción instalada) debe ajustarse como Tarjeta PTC 1 [80]. El *Parámetro 5-19 Terminal 37 parada segura* debe configurarse con la función de Safe Torque Off deseada. El ajuste predeterminado es *[1] Alarma parada seg*.

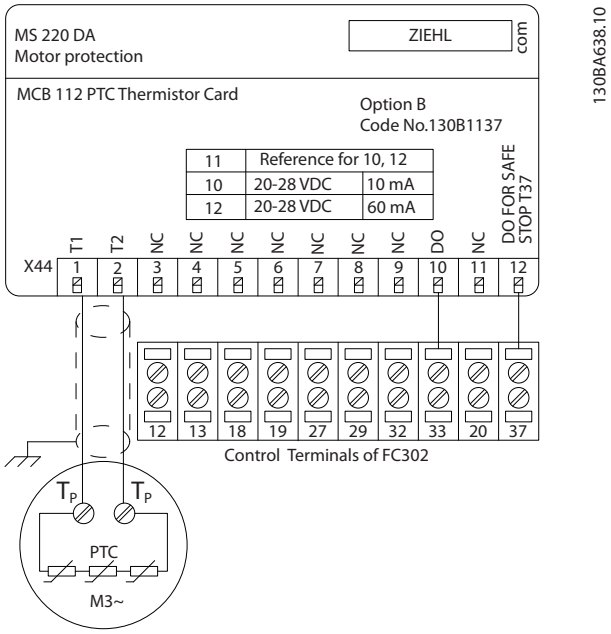


Ilustración 7.15 Instalación del MCB 112

Certificación ATEX con las series de convertidores 102/202/302

La VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 ha sido certificada para ATEX, lo que significa que las series de convertidores 102/202/302 junto con la MCB 112 pueden utilizarse ahora con motores en atmósferas potencialmente explosivas. Consulte la tarjeta del termistor para obtener más información.

Ilustración 7.16 Símbolo de atmósfera explosiva (ATEX)

Datos eléctricos

Conexión de resistencia	
PTC conforme con las normas DIN 44081 y DIN 44082	
Número	1-6 resistencias en serie
Valor de desconexión	3,3 Ω-3,65 Ω-3,85 Ω
Valor de reinicio	1,7 Ω-1,8 Ω-1,95 Ω

Tolerancia de disparo	± 6 °C (10,8 °F)
Resistencia total del lazo sensor	<1,65 Ω
Tensión del terminal	≤2,5 V para R ≤3,65 Ω, ≤9 V para R = ∞
Intensidad de sensor	≤1 mA
Cortocircuito	20 Ω≤R ≤40 Ω
Consumo de energía	60 mA

Condiciones de prueba	
EN 60 947-8	
Medida de resistencia a los transitorios de sobretensión	6000 V
Categoría de sobretensión	III
Grado de contaminación	2
Medida de tensión de aislamiento Vbis	690 V
Aislamiento galvánico hasta Vi	500 V
	–20 °C (–4 °F)-+60 °C (140 °F)
Temperatura ambiente permanente	Calor seco EN 60068-2-1
Humedad	5-95 %, condensación no permitida
Resistencia EMC	EN 61000-6-2
Emisiones CEM	EN 61000-6-4
Resistencia a la vibración	10-1000 Hz 1,14 g
Resistencia al impacto	50 g

Valores de sistema de seguridad	
EN 61508 para Tu = 75 °C (167 °F) continuados	
SIL	2 para ciclo de mantenimiento de 2 años 1 para ciclo de mantenimiento de 3 años
HFT	0
PDF (para test funcional anual)	$4{,}10 \times 10^{-3}$
SFF	78%
$\lambda_s + \lambda_{DD}$	8494 FIT
λ_{DU}	934 FIT
Número de pedido	130B1137

7.3.12 VLT® Extended Relay Card MCB 113

La VLT® Extended Relay Card MCB 113 añade 7 entradas digitales, 2 salidas analógicas y 4 relés SPDT a la E/S estándar del convertidor de frecuencia, siempre que se aumente la flexibilidad y se cumplan con las recomendaciones alemanas NAMUR NE37.
La MCB 113 es una opción C1 estándar de los convertidores Danfoss VLT® HVAC Drive FC 102, VLT® Refrigeration Drive FC 103, VLT® AQUA Drive FC 202, VLT® AutomationDrive FC 301 y VLT® AutomationDrive FC 302, y se detecta automáticamente tras el montaje.

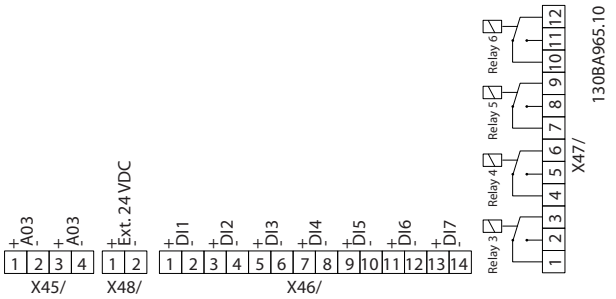


Ilustración 7.17 Conexiones eléctricas del MCB 113

Para garantizar el aislamiento galvánico entre el convertidor de frecuencia y la tarjeta de opción, conecte la MCB 113 a una fuente externa de 24 V en X58/. Si no se necesita aislamiento galvánico, la tarjeta de opción puede alimentarse a 24 V internamente desde el convertidor.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

AVISO!

Es aceptable combinar señales de 24 V con señales de alta tensión en los relés, siempre y cuando exista un relé no utilizado entre medias.

Para configurar la MCB 113, use los *grupos de parámetros 5-1* Entradas digitales, 6-7* Salida analógica 3, 6-8* Salida analógica 4, 14-8* Opciones, 5-4* Relés y 16-6* Entradas y salidas.*

AVISO!

En el *grupo de parámetros 5-4* Relés*, la matriz [2] es el relé 3, la matriz [3] es el relé 4, la matriz [4] es el relé 5 y la matriz [5] es el relé 6.

Datos eléctricos

Relés	
Números	4 SPDT
Carga a 250 V CA/30 V CC	8 A
Carga a 250 V CA / 30 V CC con cosφ = 0,4	3,5 A
Categoría de sobretensión (contacto-toma de tierra)	III
Categoría de sobretensión (contacto-contacto)	II
Combinación de señales de 250 V y 24 V	Posible con un relé intermedio no utilizado
Máximo retardo de respuesta	10 ms
	Aislado de la tierra / del chasis para uso en sistemas de redes informáticas.

Entradas digitales	
Números	7
Rango	0/24 V
Modo	PNP/NPN
Impedancia de entrada	4 kW
Nivel bajo disparo	6,4 V
Nivel alto disparo	17 V
Máximo retardo de respuesta	10 ms

Salidas analógicas	
Números	2
Rango	0/4-20 mA
Resolución	11 bits
Linealidad	<0,2 %

CEM	
CEM	Normas CEI 61000-6-2 y CEI 61800-3 en relación con la inmunidad ante ráfagas, descargas electrostáticas, sobretensión e inmunidad conducida

7.3.13 Resistencias de frenado

Se utilizan resistencias de frenado para disipar el exceso de energía del frenado regenerativo. La resistencia se selecciona conforme a su valor en ohmios, su velocidad de disipación de potencia y su tamaño físico. Danfoss ofrece una amplia variedad de resistencias diferentes especialmente diseñadas para nuestros convertidores de frecuencia. Para obtener más información, consulte el *capétulo 13.2.1 Selección de resistencia de frenado*. Asimismo, consulte la *Guía de diseño de la VLT® Brake Resistor MCE 101*.

7.3.14 Filtros senoidales

Cuando un convertidor de frecuencia controla un motor, se oyen ruidos de resonancias procedentes del motor. Este ruido, resultado del diseño del motor, aparece cada vez que se activa uno de los conmutadores del inversor en el convertidor de frecuencia. En este aspecto, la frecuencia del ruido de resonancia corresponde a la frecuencia de conmutación del convertidor de frecuencia.

Para el convertidor de frecuencia, Danfoss puede suministrar un filtro senoidal para amortiguar el ruido acústico del motor. El filtro reduce el tiempo de aceleración de la tensión, la tensión pico de carga U_{PICO} y la corriente de rizado ΔI al motor. El filtro tiene como resultado que la corriente y la tensión se vuelva casi senoidal, lo que reduce el ruido acústico del motor.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

La corriente de rizado en las bobinas del filtro senoidal también produce algo de ruido. El problema puede solucionarse integrando el filtro en un armario o protección similar.

Para obtener referencias de filtros senoidales específicos, consulte el *capétulo 7.2.1 Filtros de salida*.

7.3.15 Filtros dU/dt

La combinación de tensión rápida y un aumento de la corriente acentúa el aislamiento del motor. Estas fluctuaciones rápidas de energía pueden reflejarse en la línea de CC del inversor y puede producirse una parada. El filtro dU/dt está diseñado para reducir el tiempo de incremento de tensión y el cambio rápido de energía del motor. Esta intervención evita el desgaste prematuro y las descargas disruptivas en el aislamiento del motor.

Los filtros dU/dt tienen una influencia positiva en la radiación de ruido magnético en el cable que conecta el convertidor de frecuencia al motor. La forma de la onda de tensión sigue teniendo forma de pulsos, pero la velocidad de variación dU/dt se reduce en comparación con la instalación sin filtro.

7.3.16 Kit de montaje remoto para LCP

El LCP se puede llevar al frontal de un armario utilizando el kit de montaje remoto. También está disponible un kit LCP sin LCP. Para unidades IP66, el número de pedido es 130B1117. Utilice el número de pedido 130B1129 para unidades IP55.

Protección	IP54 frontal
Longitud máxima del cable entre el LCP y la unidad	3 m (9 ft 10 in)
Comunicación serie	RS485

Tabla 7.12 Datos técnicos para el montaje de un LCP en un IP66 Protección

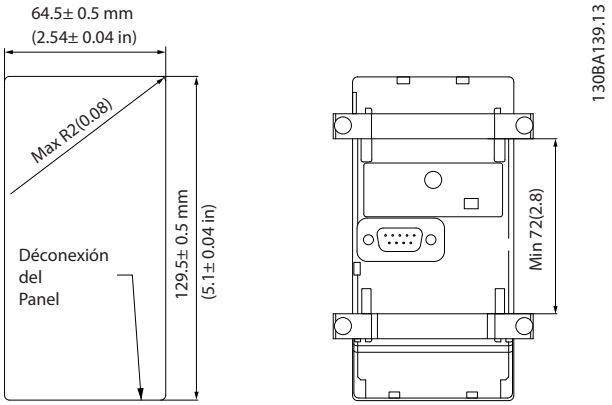


Ilustración 7.18 Dimensiones

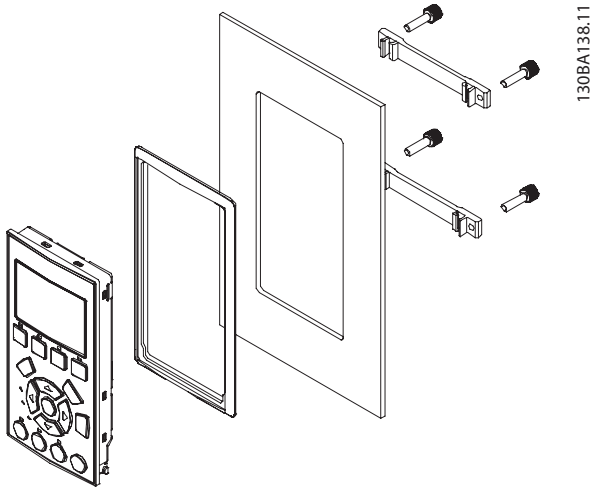


Ilustración 7.19 Número de pedido 130B1113, kit LCP con LCP gráfico, sujeciones, cable y junta

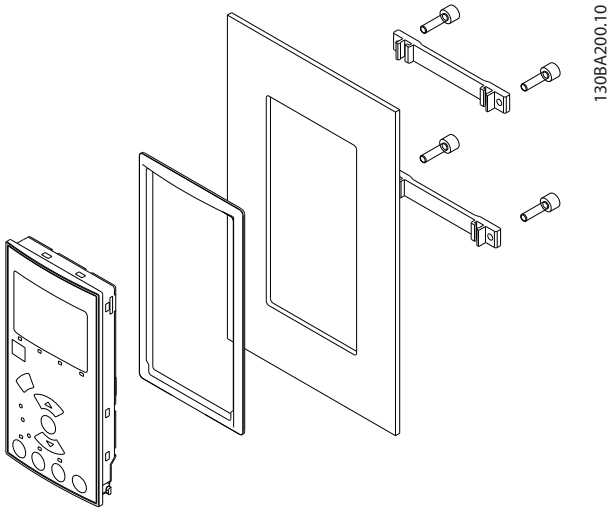


Ilustración 7.20 Número de pedido 130B1114, kit LCP con LCP numérico, sujeciones y junta

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

7.4 Lista de verificación del diseño del sistema

Tabla 7.13 proporciona una lista de verificación para integrar un convertidor de frecuencia en un sistema de control de motor. La función de la lista es servir de recordatorio de las categorías generales y las opciones necesarias para especificar los requisitos del sistema.

Categoría	Detalles	Notas	☑
Modelo de convertidor de frecuencia			
Potencia			
	Voltios		
	Corriente		
Características físicas			
	Dimensiones		
	Peso		
Condiciones ambientales de funcionamiento			
	Temperatura		
	Altitud		
	Humedad		
	Calidad del aire/polvo		
	Requisitos de reducción de potencia		
Tamaño de la protección			
Entrada			
Cables			
	Tipo		
	Longitud		
Fusibles			
	Tipo		
	Tamaño		
	Clasificación		
Opciones			
	Terminales		
	Contactos		
	Filtros		
Salida			
Cables			
	Tipo		
	Longitud		
Fusibles			
	Tipo		
	Tamaño		
	Clasificación		
Opciones			
	Filtros		
Control			
Cableado			
	Tipo		
	Longitud		
	Conexiones de terminal		
Comunicación			
	Protocolo		

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

Categoría	Detalles	Notas	☑
	Conexión		
	Cableado		
Opciones			
	Terminales		
	Contactos		
	Filtros		
Motor			
	Tipo		
	Clasificación		
	Tensión		
	Opciones		
Equipo y herramientas especiales			
	Movimiento y almacenamiento		
	Montaje		
	Conexión de la red de alimentación		

Tabla 7.13 Lista de verificación del diseño del sistema

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

8 Consideraciones a tener en cuenta durante la instalación

8.1 Entorno de funcionamiento

Para obtener especificaciones sobre las condiciones ambientales, consulte el *capétulo 6.9 Condiciones ambientales para módulos de convertidor*.

AVISO!

CONDENSACIÓN

La humedad puede condensarse en los componentes electrónicos y provocar cortocircuitos. Evite la instalación en áreas con escarcha. Instale un calefactor de armario cuando la unidad esté más fría que el aire ambiental. El funcionamiento en modo de espera reducirá el riesgo de condensación mientras la disipación de potencia mantenga los circuitos sin humedad.

Los gases agresivos, como el sulfuro de hidrógeno, el cloro o el amoníaco, pueden dañar los componentes mecánicos y eléctricos. Los VLT® Parallel Drive Modules utilizan placas de circuitos con barnizado protector para reducir los efectos de los gases agresivos. Para conocer las especificaciones y clasificaciones de los barnizados de protección, consulte el *capétulo 6.9 Condiciones ambientales para módulos de convertidor*.

Al instalar la unidad en entornos con mucho polvo, tenga en cuenta lo siguiente:

Mantenimiento periódico
Cuando el polvo se acumula en los componentes electrónicos, este actúa como una capa aislante. Dicha capa reduce la capacidad de refrigeración de los componentes y su temperatura aumenta. Ese entorno más caliente reduce la vida útil de los componentes electrónicos.

Evite que se acumule polvo en el disipador y los ventiladores. Para obtener más información de servicio y mantenimiento, consulte el *Manual de servicio de los VLT® Parallel Drive Modules*.

Ventiladores de refrigeración
Los ventiladores proporcionan un flujo de aire para refrigerar la unidad. En presencia de mucho polvo, este puede dañar los cojinetes del ventilador y producir una avería prematura del mismo.

⚠ADVERTENCIA

ATMÓSFERA EXPLOSIVA

No instale el convertidor de frecuencia en un entorno potencialmente explosivo. Si lo hace, aumentará el riesgo de muerte o de sufrir lesiones graves.

- **Instale la unidad en un armario situado fuera de dicha área.**

Los sistemas que funcionan en entornos potencialmente explosivos deben cumplir condiciones especiales. La directiva 94/9/CE de la UE (ATEX 95) clasifica el funcionamiento de los dispositivos electrónicos en entornos potencialmente explosivos.

- La clase «d» determina que, en caso de producirse una chispa, esta se contendrá en una zona protegida.
- La clase «e» prohíbe que se genere cualquier tipo de chispa.

Motores con protección de clase «d»
No requieren aprobación. Son necesarios un cableado y una contención especiales.

Motores con protección de clase «e»
Cuando se combina con un dispositivo de control PTC homologado por ATEX, como la VLT® PTC Thermistor Card MCB 112, la instalación no necesita la aprobación individual de una organización homologada.

Motores con protección de clase «d/e»
El propio motor tiene una clase de protección de ignición «e», mientras que el cable de motor y el entorno de conexión cumplen con la clasificación «d». Para atenuar la tensión pico elevada, utilice un filtro senoidal en la salida de los VLT® Parallel Drive Modules.

Al utilizar los VLT® Parallel Drive Modules en una atmósfera potencialmente explosiva, recurra a lo siguiente:

- Motores con protección de ignición de clase «d» o «e».
- Sensor de temperatura PTC para supervisar la temperatura del motor.
- Cables de motor cortos.
- Filtros de salida senoidales cuando no se utilicen cables de motor apantallados.

AVISO!

SUPERVISIÓN DEL SENSOR DEL TERMISTOR DEL MOTOR

Las unidades VLT® AutomationDrive con la opción MCB 112 tienen capacidad PTB certificada para entornos potencialmente explosivos.

Un convertidor de frecuencia contiene muchos componentes mecánicos y electrónicos, muchos de los cuales son vulnerables a los efectos ambientales.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

⚠PRECAUCIÓN

El convertidor de frecuencia no se debe instalar en lugares en los que haya líquidos transmitidos por el aire, partículas o gases en suspensión capaces de afectar y dañar los componentes electrónicos. Si no se toman las medidas de protección necesarias, aumentará el riesgo de paradas y se reducirá la vida del convertidor de frecuencia.

Grado de protección según la norma CEI 60529
Para evitar fallos cruzados y cortocircuitos entre terminales, terminales, pistas y circuitos relacionados con la seguridad, que pudieran ser provocados por objetos extraños, la función de Safe Torque Off (STO) debe instalarse y funcionar en un armario de control IP54 o superior (o en un entorno equivalente).

Los líquidos pueden ser transportados por el aire y condensarse en el convertidor de frecuencia, provocando la corrosión de los componentes y las piezas metálicas. El vapor, la grasa y el agua salada pueden ocasionar la corrosión de componentes y de piezas metálicas. En tales entornos, utilice equipos con clasificación de protección IP54/55. Como protección adicional, se puede pedir opcionalmente el barnizado de las placas de circuito impreso.

Las partículas transmitidas por el aire, como el polvo, pueden provocar fallos mecánicos, eléctricos o térmicos en el convertidor de frecuencia. Un indicador habitual de los niveles excesivos de partículas transmitidas por el aire son las partículas de polvo alrededor del ventilador del convertidor de frecuencia. En entornos con mucho polvo, utilice equipos con clasificación de protección IP54/55.

En ambientes con altos niveles de temperatura y humedad, los gases corrosivos, como los compuestos de azufre, nitrógeno y cloro, originan reacciones químicas en los componentes del convertidor de frecuencia.

Dichas reacciones químicas afectan a los componentes electrónicos y los dañarán con rapidez. En esos ambientes, monte el equipo en un armario con ventilación de aire fresco, manteniendo los gases agresivos alejados del convertidor de frecuencia.
Las PCB con barnizado opcional también ofrecen protección en estos entornos.

AVISO!

La instalación de los convertidores de frecuencia en entornos agresivos aumentará el riesgo de parada del sistema y reducirá considerablemente la vida útil del convertidor de frecuencia.

Antes de instalar el convertidor de frecuencia, compruebe la presencia de líquidos, partículas y gases en el aire observando las instalaciones existentes en el entorno. Signos habituales de líquidos dañinos transmitidos por el aire son la existencia de agua o aceite en las piezas metálicas o su corrosión.

Los niveles excesivos de partículas de polvo suelen encontrarse en los armarios de instalación y en las instalaciones eléctricas existentes. Un indicador de la presencia de gases corrosivos transmitidos por el aire es el ennegrecimiento de los conductos de cobre y los extremos de los cables.

8.2 Requisitos mínimos del sistema

8.2.1 Alojamiento

El kit está compuesto por dos o cuatro módulos de convertidor, en función de la potencia de salida. Los alojamientos deben cumplir los siguientes requisitos mínimos:

Anchura [mm (in)]	Dos convertidores: 800 (31,5), cuatro convertidores: 1600 (63)
Profundidad [mm (in)]	600 (23,6)
Altura [mm (in)]	2000 (78,7)[1)]
Capacidad de carga [kg (lb)]	Dos convertidores: 450 (992), cuatro convertidores: 910 (2006)
Aberturas de ventilación	Consulte el *capétulo 8.2.4 Requisitos de refrigeración y de flujo de aire.*

Tabla 8.1 Requisitos del alojamiento

1) Necesario cuando se utilicen kits de barras conductoras o de refrigeración de Danfoss.

8.2.2 Barras conductoras

Si no se utiliza el kit de barras conductoras de Danfoss, consulte en la *Tabla 8.2* las medidas de sección transversal requeridas a la hora de crear barras conductoras personalizadas. Para obtener las dimensiones de los terminales, consulte el *capétulo 6.1.2 Dimensiones del terminal* y el *capétulo 6.1.3 Dimensiones del bus de CC*.

Descripción	Anchura [mm (in)]	Grosor [mm (in)]
Motor de CA	143,6 (5,7)	6,4 (0,25)
Red de CA	143,6 (5,7)	6,4 (0,25)
Bus de CC	76,2 (3,0)	12,7 (0,50)

Tabla 8.2 Medidas de sección transversal para barras conductoras personalizadas

AVISO!

Coloque las barras conductoras alineadas en posición vertical para maximizar el caudal de aire.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

8.2.3 Consideraciones térmicas

Para obtener los valores de disipación de calor, consulte el *capétulo 6.5 Especificaciones en función de la potencia*. Las siguientes fuentes de calor deben tenerse en cuenta a la hora de determinar los requisitos de refrigeración:

- La temperatura ambiente en el exterior del alojamiento.
- Los filtros (por ejemplo, filtros senoidales y RF).
- Fusibles.
- Componentes de control.

Para conocer los requisitos de aire de refrigeración, consulte el *capétulo 8.2.4 Requisitos de refrigeración y de flujo de aire*.

8.2.4 Requisitos de refrigeración y de flujo de aire

Las recomendaciones incluidas en este apartado son necesarias para una eficaz refrigeración de los módulos de convertidor en el interior del alojamiento. Cada módulo de convertidor contiene un ventilador de disipador y un ventilador mezclador. Los diseños de alojamiento habituales utilizan ventiladores de puerta junto a los ventiladores de los módulos de convertidor para extraer el calor residual del alojamiento.

Danfoss suministra una serie de kits de refrigeración de canal posterior opcionales. Estos kits extraen el 85 % del calor residual del alojamiento, reduciendo así la necesidad de recurrir a grandes ventiladores de puerta.

AVISO!

Asegúrese de que el caudal total de los ventiladores del alojamiento se ajuste al caudal de aire recomendado.

Ventiladores de refrigeración del módulo de convertidor de frecuencia

El módulo de convertidor está equipado con un ventilador de disipador que suministra el caudal requerido de 840 m^3/h (500 cfm) a través del disipador. Asimismo, hay un ventilador de refrigeración montado en la parte superior de la unidad y un pequeño ventilador mezclador de 24 V CC montado bajo la placa de entrada, que funciona siempre que el módulo de convertidor recibe alimentación.

En cada módulo de convertidor, la tarjeta de potencia suministra la tensión de CC que necesitan los ventiladores. El ventilador mezclador está alimentado por 24 V CC a través del modo del conmutador principal de la fuente de alimentación. El ventilador del disipador y el ventilador superior reciben 48 V CC de una fuente de alimentación conmutada específica situada en la tarjeta de potencia. Cada ventilador dispone de realimentación de velocidad a la tarjeta de control para confirmar que el ventilador funciona correctamente. El control de encendido y apagado y el control de velocidad de los ventiladores ayudan a reducir el ruido acústico y aumentan la vida útil de los ventiladores.

Ventiladores del alojamiento

Cuando no se utiliza la opción del canal posterior, los ventiladores montados en el alojamiento deben extraer todo el calor generado en su interior.

Para cada alojamiento que albergue dos módulos de convertidor de frecuencia, se recomienda la siguiente capacidad de ventilación:

- Cuando se utiliza refrigeración de canal posterior, se recomienda un caudal de 680 m^3/h (400 cfm).
- Cuando no se utiliza refrigeración de canal posterior, se recomienda un caudal de 4080 m^3/h (2400 cfm).

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

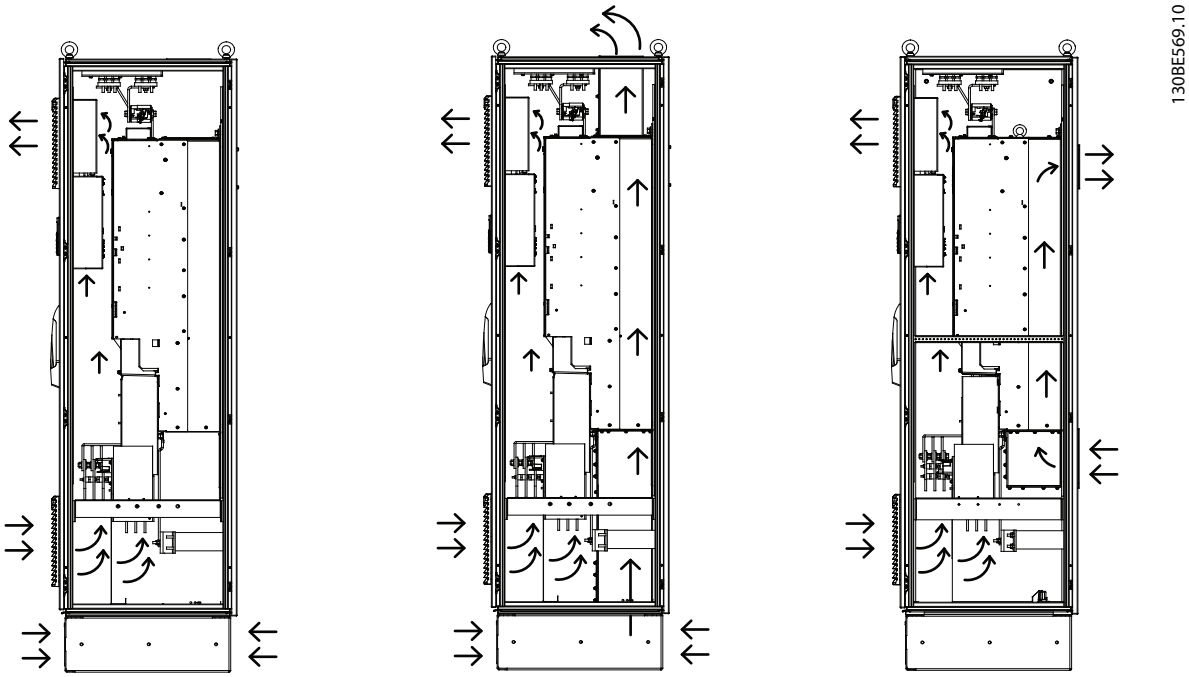


Ilustración 8.1 Flujo de aire: unidad estándar (izquierda), kit de refrigeración de abajo a arriba (medio) y kit de refrigeración posterior (derecha)

8.3 Requisitos eléctricos para certificados y homologaciones

La configuración estándar incluida en esta guía (módulos de convertidor, armario de control, mazos de cables, fusibles y microrruptores) dispone de certificación UL y CE. Más allá de la configuración estándar, deberán cumplirse las siguientes condiciones para satisfacer los requisitos de homologación de las normas UL y CE. Puede consultar la lista de avisos legales en el *capétulo 18.1 Exención de responsabilidad*.

- Utilice el convertidor de frecuencia en un entorno interior controlado y climatizado. El aire de refrigeración debe ser limpio, sin materiales corrosivos ni polvo eléctricamente conductor. Consulte los límites específicos en el *capétulo 6.9 Condiciones ambientales para módulos de convertidor*.
- La temperatura ambiente máxima es de 40 °C (104 °F) para la corriente nominal.
- El sistema de convertidores deberá montarse en un ambiente de aire limpio, conforme a la clasificación del alojamiento. Para satisfacer los requisitos de homologación de las normas UL o CE, los módulos de convertidor deberán instalarse conforme a la configuración estándar indicada en esta guía.
- La tensión y la corriente máximas no deberán exceder los valores indicados en el *capétulo 6.5 Especificaciones en función de la potencia* para cada configuración de convertidor de frecuencia.
- Los módulos de convertidor son adecuados para su uso en un circuito capaz de suministrar no más de 100 kA rms simétricos a la tensión nominal del convertidor (600 V como máximo para unidades de 690 V) y que esté protegido mediante fusibles con la configuración estándar. Consulte la *capétulo 8.4.1 Selección de fusibles*. La clasificación de amperios se basa en pruebas realizadas conforme a la norma UL 508C.
- Los cables ubicados en el circuito del motor deben tener una capacidad nominal de al menos 75 °C (167 °F) en instalaciones conformes a las normas UL. Las dimensiones de los cables están indicadas en el *capétulo 6.5 Especificaciones en función de la potencia* para cada configuración de convertidor de frecuencia.
- El cable de entrada debe protegerse con fusibles. No deben utilizarse magnetotérmicos sin fusibles en EE. UU. En el *capétulo 8.4.1 Selección de fusibles* se enumeran una serie de fusibles compatibles con las normas CEI (clase R) y las normas UL (clase L o T). Asimismo, deberán respetarse los requisitos normativos específicos de cada país.
- Para la instalación en EE. UU., deberá suministrarse protección de circuito derivado conforme al Código Nacional de Seguridad Eléctrica (NEC) y a cualquier normativa local vigente. Para cumplir

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

este requisito, utilice fusibles conformes a las normas UL.

- Para la instalación en Canadá, deberá suministrarse protección de circuito derivado conforme al Código Canadiense de Seguridad Eléctrica y a cualquier normativa provincial vigente. Para cumplir este requisito, utilice fusibles conformes a las normas UL.

8.4 Fusibles y magnetotérmicos

8.4.1 Selección de fusibles

Para proteger el sistema de convertidores de frecuencia, en caso de que se averíen uno o más de los componentes internos de un módulo de convertidor, utilice fusibles y/o magnetotérmicos en el lado de alimentación de red.

8.4.1.1 Protección de circuito derivado

Para proteger la instalación frente a peligros eléctricos e incendios, proteja todos los circuitos derivados de una instalación contra cortocircuitos y sobreintensidad según las normativas nacionales e internacionales.

8.4.1.2 Protección ante cortocircuitos

Danfoss recomienda los fusibles que se indican en el *capétulo 8.4.1.3 Fusibles recomendados para el cumplimiento de la normativa CE* y el *capétulo 8.4.1.4 Fusibles recomendados para el cumplimiento de la normativa UL* para obtener la conformidad con UL o la marca CE en la protección del personal de servicio y los bienes frente a las consecuencias de averías en los componentes de los módulos de convertidor de frecuencia.

8.4.1.3 Fusibles recomendados para el cumplimiento de la normativa CE

Número de módulos de convertidor	FC 302	FC 102/ FC 202	Fusible recomendado (máximo)
2	N450	N500	aR-1600
4	N500	N560	aR-2000
4	N560	N630	aR-2000
4	N630	N710	aR-2500
4	N710	N800	aR-2500
4	N800	N1M0	aR-2500

Tabla 8.3 Sistemas de convertidores de seis pulsos (380-500 V CA)

Número de módulos de convertidor	FC 302	FC 102/ FC 202	Fusible recomendado (máximo)
2	N250	N315	aR-630
2	N315	N355	aR-630
2	N355	N400	aR-630
2	N400	N450	aR-800
2	N450	N500	aR-800
4	N500	N560	aR-900
4	N560	N630	aR-900
4	N630	N710	aR-1600
4	N710	N800	aR-1600
4	N800	N1M0	aR-1600

Tabla 8.4 Sistemas de convertidores de doce pulsos (380-500 V CA)

Número de módulos de convertidor	FC 302	FC 102/ FC 202	Fusible recomendado (máximo)
4	N630	N710	aR-1600
4	N710	N800	aR-2000
4	N800	N900	aR-2500
4	N900	N1M0	aR-2500
4	N1M0	N1M2	aR-2500

Tabla 8.5 Sistemas de convertidores de seis pulsos (525-690 V CA)

Número de módulos de convertidor	FC 302	FC 102/ FC 202	Fusible recomendado (máximo)
2	N250	N315	aR-550
2	N315	N355	aR-630
2	N355	N400	aR-630
2	N400	N500	aR-630
2	N500	N560	aR-630
2	N560	N630	aR-900
4	N630	N710	aR-900
4	N710	N800	aR-900
4	N800	N900	aR-900
4	N900	N1M0	aR-1600
4	N1M0	N1M2	aR-1600

Tabla 8.6 Sistemas de convertidores de doce pulsos (525-690 V CA)

8.4.1.4 Fusibles recomendados para el cumplimiento de la normativa UL

- Los módulos de convertidor se suministran con fusibles de CA integrados. Los módulos son aptos para una intensidad nominal de cortocircuito de 100 kA (SCCR) para las configuraciones de barra

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

conductora estándar a todas las tensiones (380-690 V CA).

- Si no hay opciones de alimentación ni barras conductoras adicionales conectadas de forma externa, el sistema de convertidores de frecuencia es apto para 100 kA SCCR con cualquier fusible listado como UL de clase L o clase T conectado en los terminales de entrada de los módulos de convertidor.
- No supere la intensidad nominal indicada en la *Tabla 8.8* y la *Tabla 8.9* con la intensidad nominal de los fusibles de clase L o clase T.

Número de módulos de convertidor	FC 302	FC 102/ FC 202	Fusible recomendado (máximo)
2	N450	N500	1600 A
4	N500	N560	2000 A
4	N560	N630	2000 A
4	N630	N710	2500 A
4	N710	N800	2500 A
4	N800	N1M0	2500 A

Tabla 8.7 Sistemas de convertidores de seis pulsos (380-500 V CA)

Número de módulos de convertidor	FC 302	FC 102/ FC 202	Fusible recomendado (máximo)
2	N250	N315	630 A
2	N315	N355	630 A
2	N355	N400	630 A
2	N400	N450	800 A
2	N450	N500	800 A
4	N500	N560	900 A
4	N560	N630	900 A
4	N630	N710	1600 A
4	N710	N800	1600 A
4	N800	N1M0	1600 A

Tabla 8.8 Sistemas de convertidores de doce pulsos (380-500 V CA)

En los sistemas de convertidores de frecuencia de 380-500 V CA, puede utilizarse cualquier fusible listado como UL de al menos 500 V.

Número de módulos de convertidor	FC 302	FC 102/ FC 202	Fusible recomendado (máximo)
4	N630	N710	1600 A
4	N710	N800	2000 A
4	N800	N900	2500 A
4	N900	N1M0	2500 A
4	N1M0	N1M2	2500 A

Tabla 8.9 Sistemas de convertidores de seis pulsos (525-690 V CA)

Número de módulos de convertidor	FC 302	FC 102/ FC 202	Fusible recomendado (máximo)
2	N250	N315	550 A
2	N315	N355	630 A
2	N355	N400	630 A
2	N400	N500	630 A
2	N500	N560	630 A
2	N560	N630	900 A
4	N630	N710	900 A
4	N710	N800	900 A
4	N800	N900	900 A
4	N900	N1M0	1600 A
4	N1M0	N1M2	1600 A

Tabla 8.10 Sistemas de convertidores de doce pulsos (525-690 V CA)

En los sistemas de convertidores de frecuencia de 525-690 V CA, puede utilizarse cualquier fusible listado como UL de al menos 700 V.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

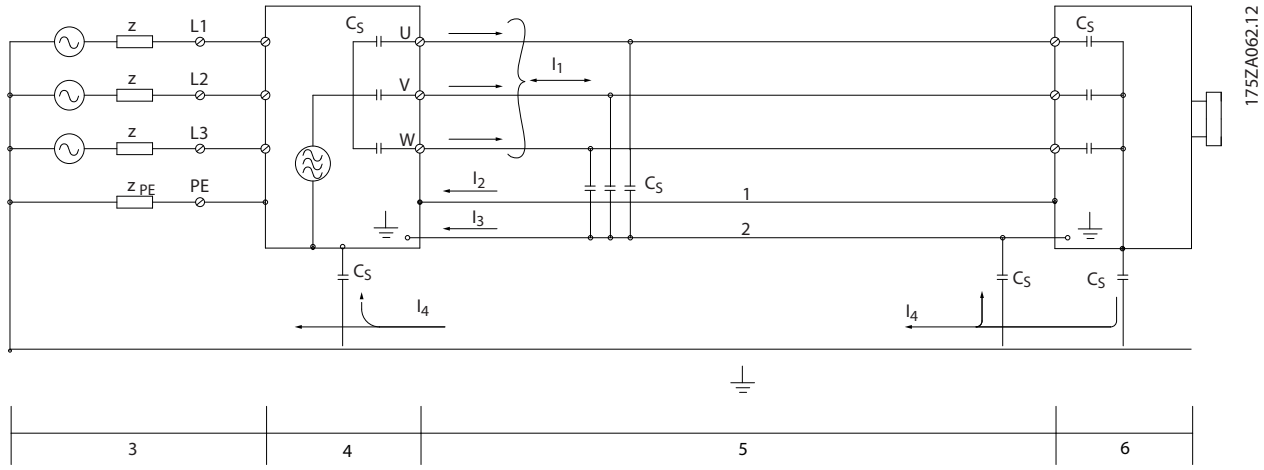
9 CEM y armónicos

9.1 Aspectos generales de las emisiones CEM

El transitorio de ráfagas suele encontrarse a frecuencias comprendidas en el intervalo de 150 kHz a 30 MHz. Las interferencias generadas por el convertidor de frecuencia y transmitidas por el aire, con frecuencias en el rango de 30 MHz a 1 GHz, tienen su origen en el inversor, el cable de motor y el motor.
Las intensidades capacitivas en el cable del motor, junto con una alta dU/dt de la tensión del motor, generan corrientes de fuga.
La utilización de un cable de motor apantallado aumenta la corriente de fuga (consulte la *Ilustración 9.1*), porque los cables apantallados tienen una mayor capacitancia a tierra que los cables no apantallados. Si la corriente de fuga no se filtra, provoca una mayor interferencia en la alimentación de red, en el intervalo de radiofrecuencia inferior a 5 MHz. Puesto que la corriente de fuga (I_1) se reconduce a la unidad a través del apantallamiento (I_3), solo habrá un pequeño campo electromagnético (I_4) desde el cable apantallado del motor.

Aunque el apantallamiento reduce la interferencia radiada, también incrementa la interferencia de baja frecuencia en la red eléctrica. Conecte el apantallamiento de cables de motor al alojamiento del convertidor de frecuencia y al alojamiento del motor. Para conectar la pantalla, utilice bridas de pantalla integradas a fin de evitar extremos de pantalla retorcidos. Los extremos de pantalla retorcidos en espiral aumentan la impedancia de la pantalla a las frecuencias superiores, lo que reduce el efecto de pantalla y aumenta la corriente de fuga (I_4).
Si se emplea un cable apantallado para el fieldbus, el relé, el cable de control, la interfaz de señales o el freno, conecte la pantalla al alojamiento en ambos extremos. En algunas situaciones, sin embargo, es necesario romper el apantallamiento para evitar lazos de intensidad.

9



1	Cable de conexión toma a tierra
2	Pantalla
3	Fuente de alimentación de red de CA
4	Convertidor de frecuencia
5	Cable de motor apantallado
6	Motor

Ilustración 9.1 Corrientes de fuga

Ilustración 9.1 muestra un ejemplo de convertidor de frecuencia de seis pulsos, pero podría aplicarse también a uno de doce pulsos.

Si coloca la pantalla en una placa de montaje, utilice una placa metálica, ya que las intensidades de pantalla deben conducirse de regreso a la unidad. Asegúrese de que la placa de montaje y el chasis del convertidor de frecuencia hacen

buen contacto eléctrico a través de los tornillos de montaje. Al utilizar cables no apantallados, no se cumplirán algunos requisitos sobre emisión, aunque sí los de inmunidad.

Para reducir el nivel de interferencia del sistema completo (convertidor de frecuencia e instalación), haga que los cables de motor y de freno sean lo más cortos posibles. Los cables con un nivel de señal sensible no deben colocarse junto a los cables de motor y de freno. La radiointerferencia superior a 50 MHz (transmitida por el aire) procede de los elementos electrónicos de control. Para obtener más información sobre CEM, consulte el *capétulo 9.5 Recomendaciones relativas a CEM*.

9.2 Resultados de las pruebas de CEM

Los siguientes resultados de las pruebas se obtuvieron utilizando un convertidor de frecuencia (con opciones, si era el caso), un cable de control apantallado, un cuadro de control con potenciómetro, cables de motor apantallados y un motor.

Tipo de filtro RFI		**Emisión conducida**		**Emisión irradiada**	
Normas y requisitos[1)]	**EN/CEI 61800-3**	**Categoría C2**	**Categoría C3**	**Categoría C2**	**Categoría C3**
P2, P4 (FC 302)		No	150 m	No	Sí
P6, P8 (FC 302)		150 m (492 ft)	150 m (492 ft)	Sí	Sí

Tabla 9.1 Resultados de las pruebas de CEM (emisión e inmunidad)

1) Se necesita un filtro RFI externo para cumplir con la categoría C2.

AVISO!

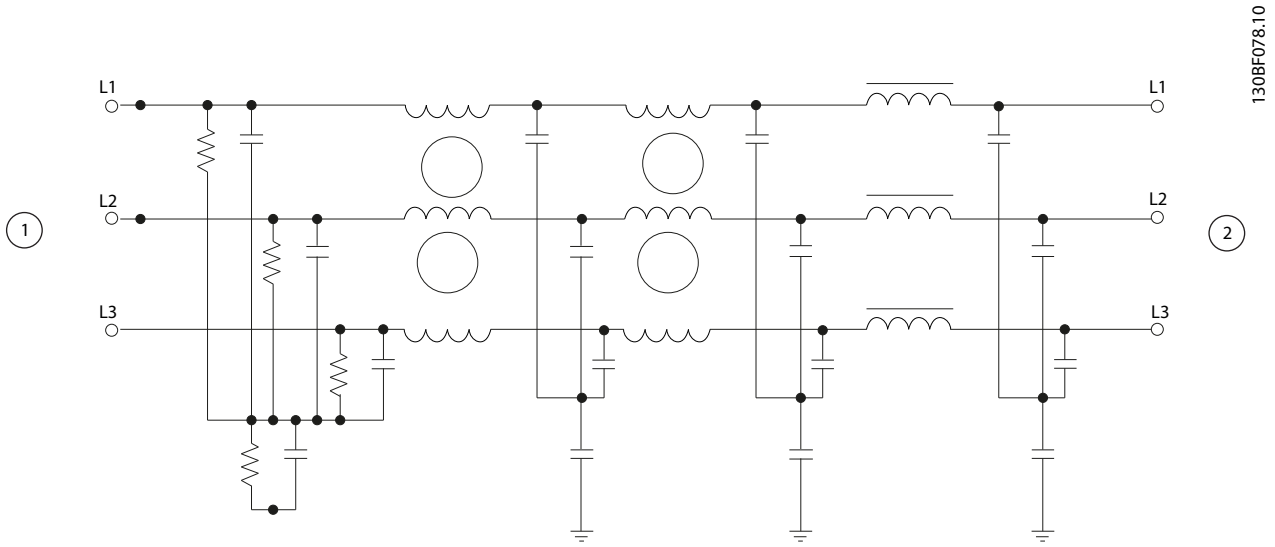
Este tipo de sistema Power Drive no está previsto para utilizarse en una red pública de baja tensión que alimenta instalaciones domésticas. Son muy probables interferencias de radiofrecuencias si se usa en ese tipo de red, y puede que sean necesarias medidas de mitigación adicionales.

El convertidor de frecuencia cumple los requisitos de emisiones de la categoría C3, con 150 m (492 ft) de cable apantallado. Para cumplir los requisitos de la categoría C2, se necesita un filtro RFI externo.

La *Ilustración 9.2* muestra el diagrama eléctrico del filtro RFI que se utilizó para clasificar el convertidor de frecuencia. En este caso, el filtro RFI está aislado de tierra y el relé RFI se desactiva mediante el *parámetro 14-50 Filtro RFI*.

El factor de atenuación del filtro RFI se incluye en la *Ilustración 9.3*.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.



1	Línea	2	Carga

Ilustración 9.2 Diagrama eléctrico del filtro RFI

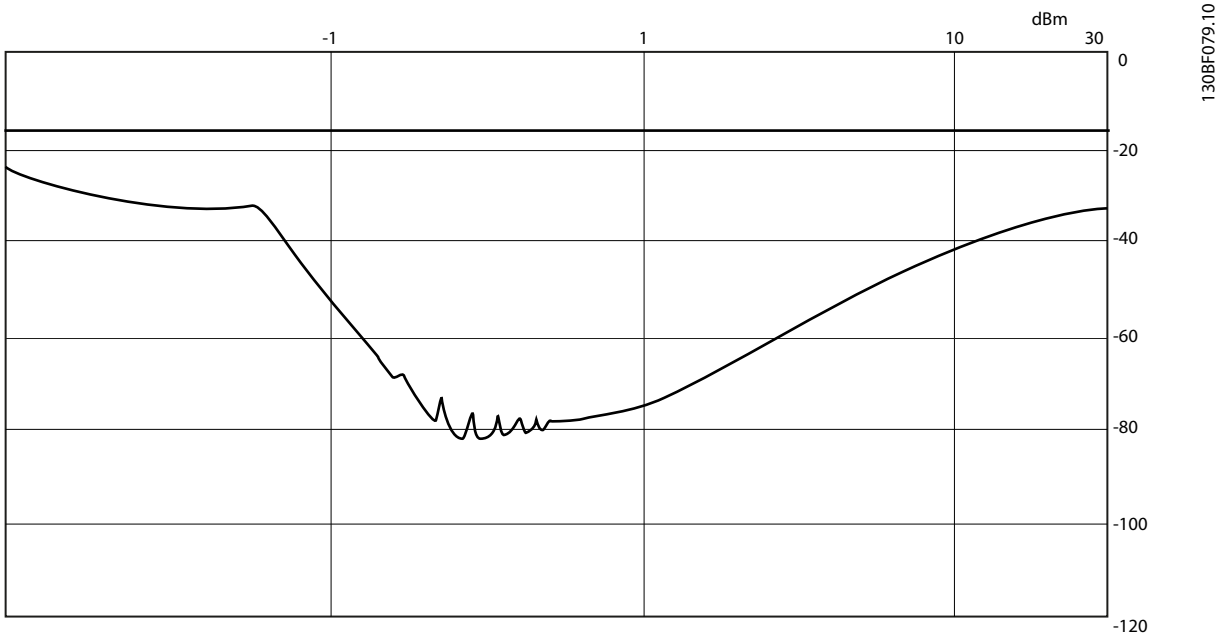


Ilustración 9.3 Requisitos de atenuación de un filtro externo

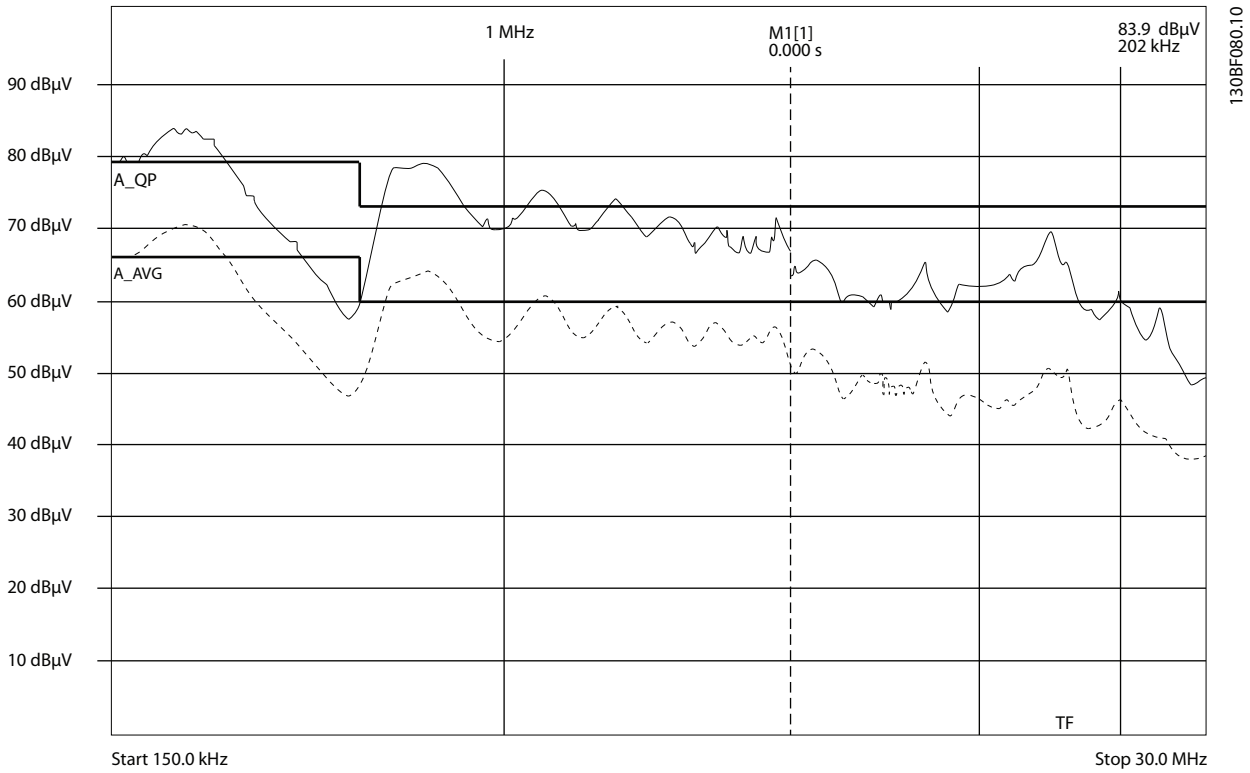


Ilustración 9.4 Emisión conducida en la red de alimentación, en configuración P4/P8 sin filtro RFI externo

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

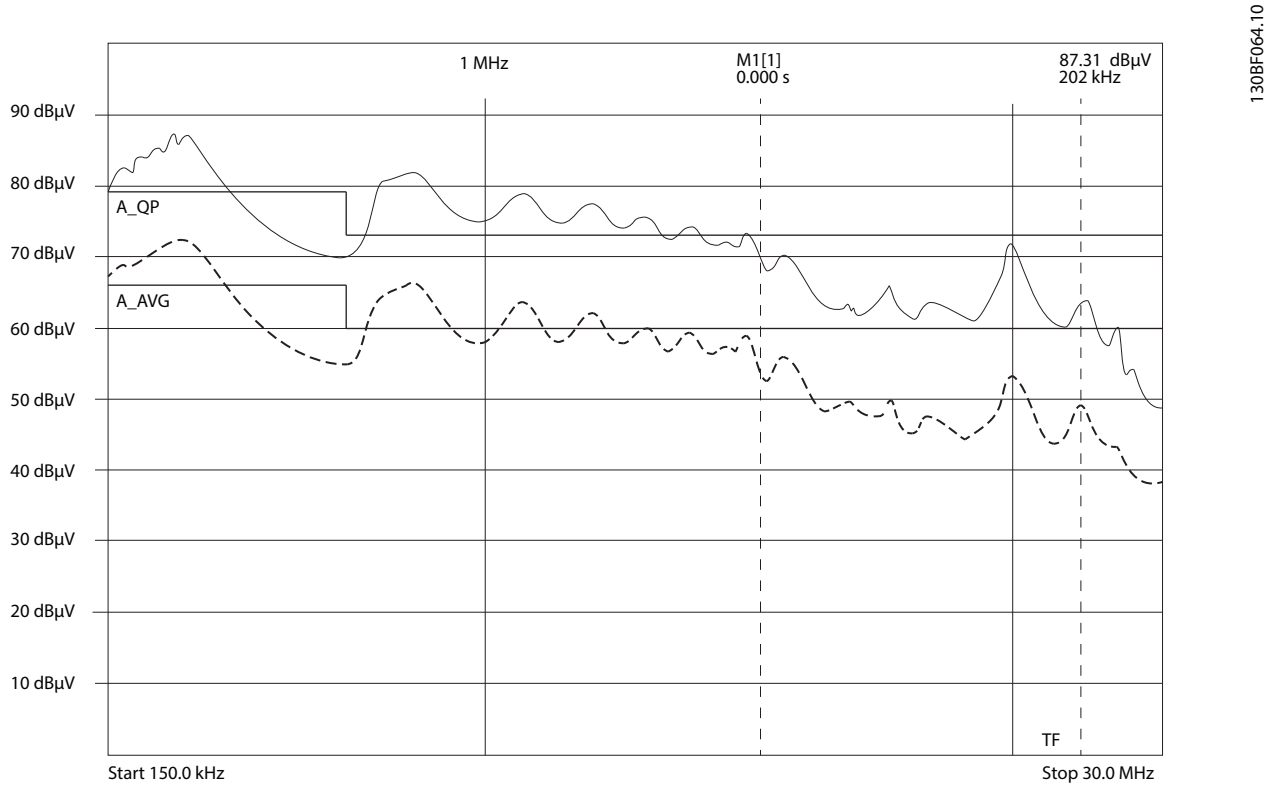


Ilustración 9.5 Emisión conducida en la red de alimentación, en configuración P4/P8 sin filtro RFI externo

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

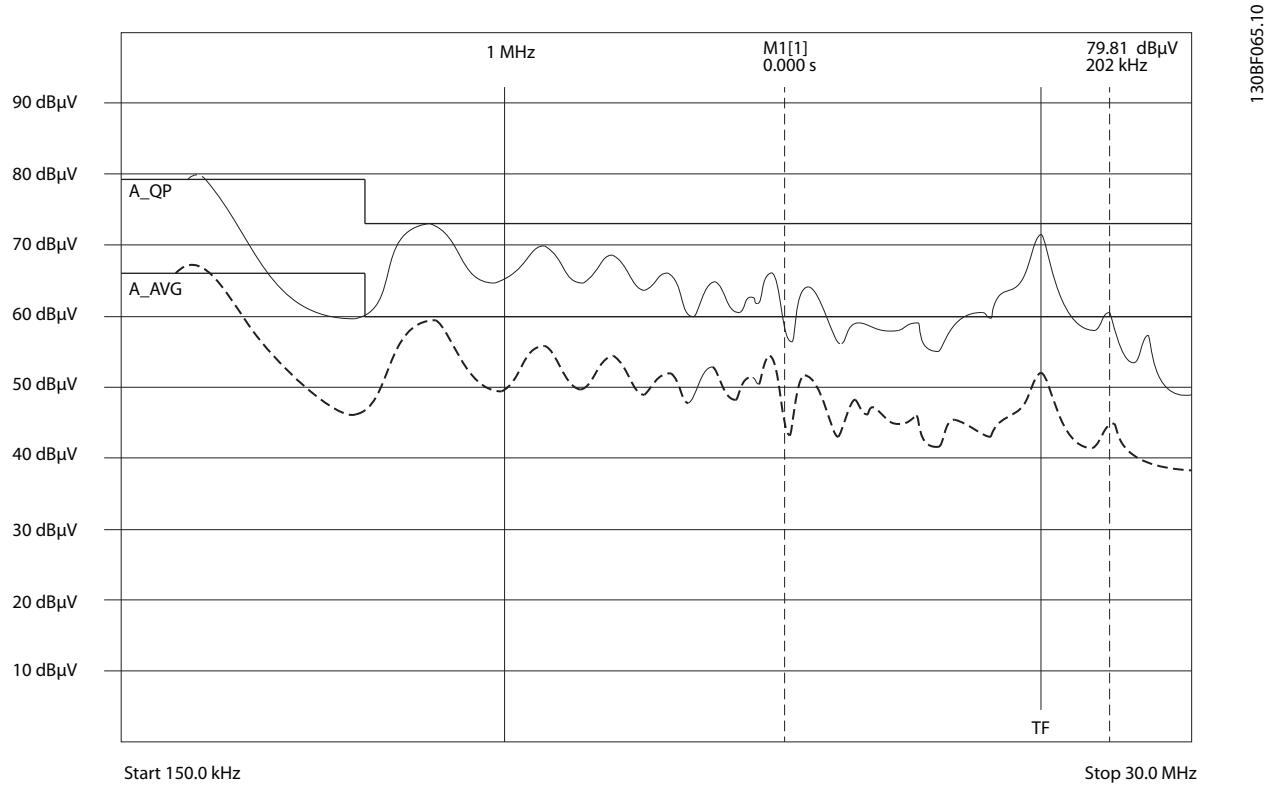


Ilustración 9.6 Emisión conducida en la red de alimentación, en configuración P4/P8 sin filtro RFI externo

9.3 Requisitos en materia de emisiones

De acuerdo con la norma de productos CEM para convertidores de frecuencia EN/CEI 61800-3, los requisitos de CEM dependen del entorno en el que está instalado el convertidor de frecuencia. Estos entornos junto con los requisitos de tensión de red están definidos en *Tabla 9.2*.

Categoría	Definición	Requisito en materia de emisiones conducidas realizado conforme a los límites de la norma EN 55011.
C1	Convertidores de frecuencia instalados en ambientes domésticos o de oficina con una tensión de alimentación inferior a 1000 V.	Clase B
C2	Convertidores de frecuencia instalados en ambientes domésticos y de oficina, con una tensión de alimentación inferior a 1000 V. Estos convertidores de frecuencia no son ni enchufables ni desplazables y están previstos para su instalación y puesta en servicio por profesionales.	Clase A, grupo 1
C3	Convertidores de frecuencia instalados en entornos industriales, con una tensión de alimentación inferior a 1000 V.	Clase A, grupo 2
C4	Convertidores de frecuencia instalados en entronos industriales con una tensión de alimentación igual o superior a 1000 V y una intensidad nominal igual o superior a 400 A o prevista para su uso en sistemas complejos.	Sin límite. Realice un plan EMC

Tabla 9.2 Requisitos en materia de emisiones

Cuando se utilizan normas de emisiones generales, los convertidores de frecuencia deben ser conformes con la *Tabla 9.3*.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

Ambiente	Estándar general	Requisito en materia de emisiones conducidas realizado conforme a los límites de la norma EN 55011.
Primer ambiente (hogar y oficina)	Norma de emisiones para entornos residenciales, comerciales e industria ligera EN/CEI 61000-6-3.	Clase B
Segundo ambiente (entorno industrial)	Norma de emisiones para entornos industriales EN/CEI 61000-6-4.	Clase A, grupo 1

Tabla 9.3 Límites de emisión estándar generales

9.4 Requisitos de inmunidad

Los requisitos de inmunidad para convertidores de frecuencia dependen del entorno en el que estén instalados. Los requisitos para el entorno industrial son más exigentes que los del entorno doméstico y de oficina. Todos los convertidores de frecuencia de Danfoss cumplen con los requisitos para el entorno industrial y el entorno doméstico y de oficina.

Para documentar la inmunidad a transitorios de ráfagas, se han realizado las siguientes pruebas de inmunidad con un convertidor de frecuencia (con opciones, en su caso), un cable de control apantallado y un panel de control con potenciómetro, cable de motor y motor.

Las pruebas se realizaron de acuerdo con las siguientes normas básicas. Para obtener más detalles, consulte el *Tabla 9.4*.

- **EN/CEI 61000-4-2:** descargas electrostáticas (ESD): simulación de descargas electrostáticas de seres humanos.
- **EN/CEI 61000-4-3:** Radiación del campo electromagnético entrante, simulación modulada en amplitud de los efectos de equipos de radar y de comunicación por radio, así como las comunicaciones móviles.
- **EN/CEI 61000-4-4:** Transitorios de conexión/desconexión: Simulación de la interferencia introducida por el acoplamiento de un contactor, relés o dispositivos similares.
- **EN/CEI 61000-4-5:** Transitorios de sobretensión: Simulación de transitorios introducidos al caer rayos cerca de las instalaciones.
- **EN/CEI 61000-4-6:** RF modo común: simulación del efecto del equipo transmisor de radio conectado a cables de conexión.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

Norma básica	Ráfaga CEI 61000-4-4	Sobretensión CEI 61000-4-5	ESD CEI 61000-4-2	Campo electromagnético radiado CEI 61000-4-3	Tensión de RF modo común CEI 61000-4-6
Criterios de aceptación	**B**	**B**	**B**	**A**	**A**
Línea	4 kV CM	2 kV/2 Ω DM (modo diferencial, MD) 4 kV/12 Ω CM	–	–	10 V_{RMS}
Motor	4 kV CM	4 kV/2 Ω[1)]	–	–	10 V_{RMS}
Freno	4 kV CM	4 kV/2 Ω[1)]	–	–	10 V_{RMS}
Carga compartida	4 kV CM	4 kV/2 Ω[1)]	–	–	10 V_{RMS}
Cables de control	2 kV CM	2 kV/2 Ω[1)]	–	–	10 V_{RMS}
Bus estándar	2 kV CM	2 kV/2 Ω[1)]	–	–	10 V_{RMS}
Cables de relé	2 kV CM	2 kV/2 Ω[1)]	–	–	10 V_{RMS}
Opciones de bus de campo y de aplicación	2 kV CM	2 kV/2 Ω[1)]	–	–	10 V_{RMS}
Cable del LCP	2 kV CM	2 kV/2 Ω[1)]	–	–	10 V_{RMS}
24 V CC externa	2 V CM	0,5 kV/2 Ω DM 1 kV/12 Ω CM	–	–	10 V_{RMS}
Protección	–	–	8 kV AD 6 kV CC	10 V/m	–

Tabla 9.4 Tabla sobre inmunidad EMC, intervalo de tensión: 380-500 V, 525-600 V, 525-690 V

1) Inyección en pantalla del cable.

AD: descarga por el aire; CD: descarga por contacto; CM: modo común; DM: modo diferencial.

9

9.5 Recomendaciones relativas a CEM

Lo que sigue es una guía para la instalación de convertidores de frecuencia siguiendo lo que se denomina buena práctica de ingeniería. Siga estas directrices de conformidad con el *primer ambiente* de la norma EN/CEI 61800-3. Si la instalación corresponde al *segundo ambiente* de la norma EN/CEI 61800-3, redes industriales, o se trata de una instalación con su propio transformador, se permite desviarse de estas directrices, aunque no es recomendable.

Buena práctica de ingeniería para asegurar una correcta instalación eléctrica en cuanto a CEM:

- Utilice únicamente cables de motor trenzados blindados o apantallados y cables de control trenzados apantallados. La pantalla proporciona una cobertura mínima del 80 %. El material de la pantalla debe ser metálico, normalmente de cobre, aluminio, acero o plomo, aunque se admiten otros metales. No hay requisitos especiales en cuanto al cable de red.
- En instalaciones que utilizan conductos metálicos rígidos no es necesario utilizar cable apantallado, pero el cable del motor se debe instalar en un conducto separado de los cables de control y de red. Es necesario conectar completamente el conducto desde el convertidor de frecuencia al motor. El rendimiento de CEM de los conductos flexibles varía considerablemente y es preciso obtener información del fabricante.
- Conecte el conducto apantallado a tierra en ambos extremos para los cables del motor y de control. En algunos casos, no es posible conectar la pantalla en ambos extremos. En estos casos, conecte la pantalla al convertidor de frecuencia. Consulte también el *capétulo 9.5.2 Conexión a tierra de cables de control apantallados*.
- Evite terminar la pantalla con extremos trenzados (cables de pantalla retorcidos y embornados). Eso aumenta la impedancia de alta frecuencia de la pantalla, lo cual reduce su eficacia a altas frecuencias. Utilice en su lugar abrazaderas de cable o prensacables EMC de baja impedancia.
- Siempre que sea posible, evite utilizar cables de motor o de control no apantallados en el interior de los armarios que albergan los convertidores de frecuencia.

Deje la pantalla lo más cerca posible de los terminales.

La *Ilustración 9.7* muestra un ejemplo de correcta instalación eléctrica en cuanto a CEM de un convertidor de frecuencia IP20. El convertidor de frecuencia está colocado en un armario de instalación con un contactor de salida, y se ha conectado a un PLC que está instalado en un armario aparte. Otras formas de instalación podrán ofrecer un rendimiento de CEM igualmente bueno, siempre y

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

cuando se sigan las anteriores directrices de práctica de ingeniería.

Si la instalación no se lleva a cabo según las directrices y si se utilizan cableados y cables de control no apantallados, es posible que no se cumplan algunos requisitos relativos a emisiones aunque sí se cumplan los relacionados con inmunidad.

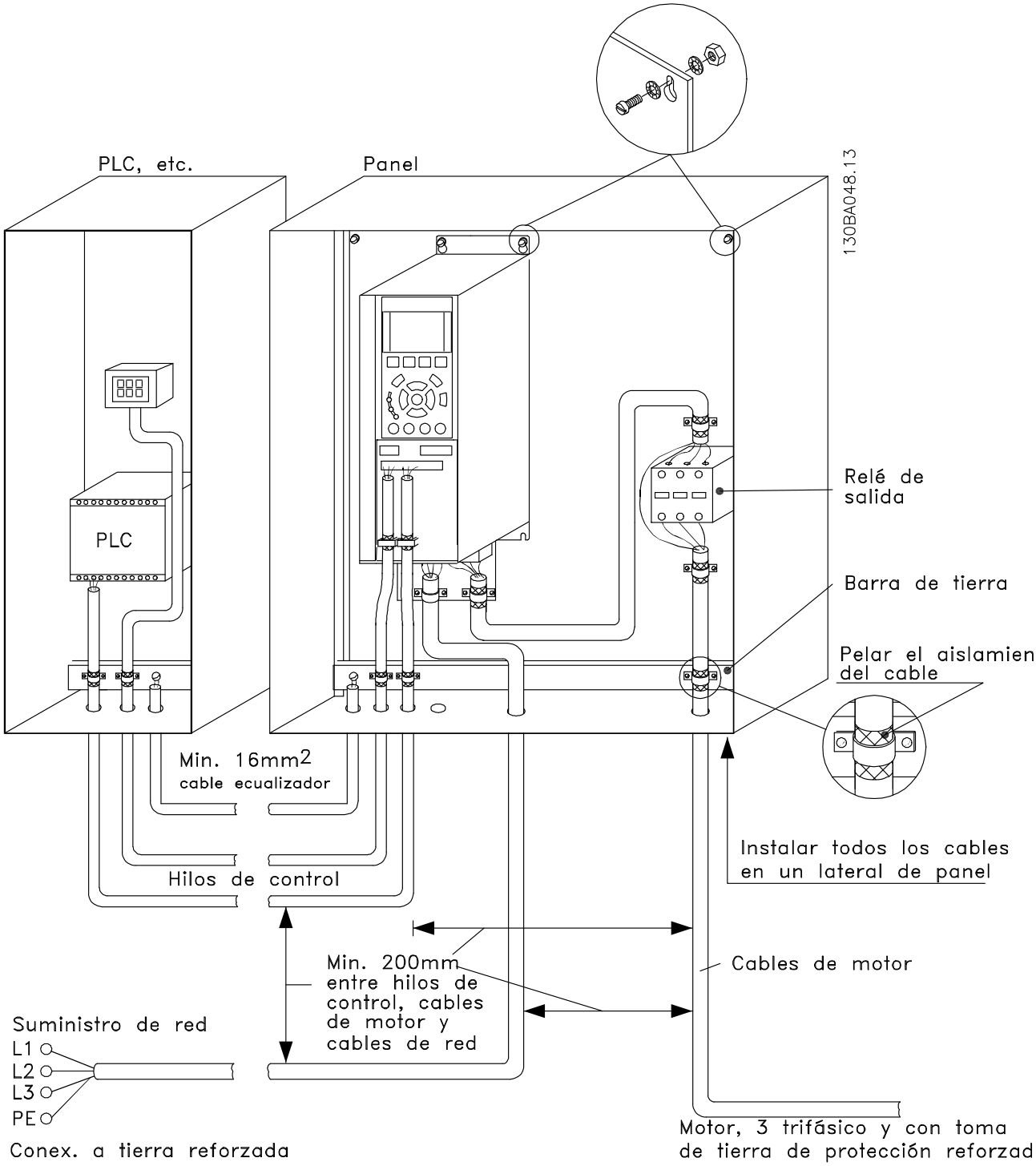


Ilustración 9.7 Correcta instalación eléctrica en cuanto a CEM de un convertidor de frecuencia en el alojamiento

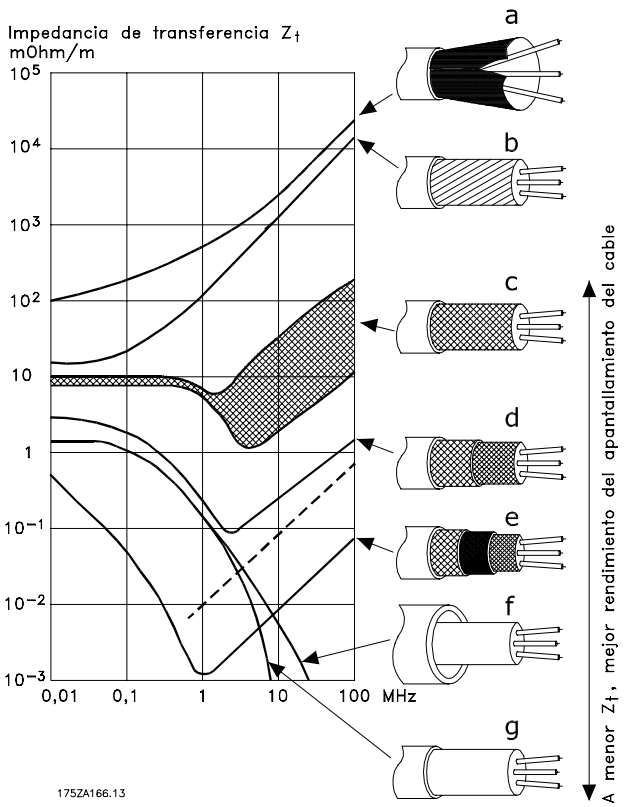
9.5.1 Uso de cables de control apantallados

Danfoss recomienda utilizar cables trenzados apantallados o blindados para optimizar la inmunidad CEM de los cables de control y la emisión CEM de los cables del motor.

La capacidad de un cable para reducir la radiación entrante y saliente de interferencias eléctricas depende de la impedancia de transferencia (Z_T). La pantalla de un cable está diseñada, normalmente, para reducir la transferencia de ruido eléctrico. Sin embargo, una pantalla con un valor de impedancia de transferencia menor (Z_T) es más efectiva que una pantalla con una mayor impedancia de transferencia (Z_T).

La impedancia de transferencia (Z_T) raramente suele ser declarada por los fabricantes de cables, pero a menudo es posible hacer una estimación de la misma evaluando el diseño físico del cable, en función de:

- La conductibilidad del material de la pantalla.
- La resistencia de contacto entre cada uno de los conductores de la pantalla.
- La cobertura de la pantalla, es decir, la superficie física del cable cubierta por la pantalla, que se suele indicar como un porcentaje.
- El tipo de pantalla: trenzada o retorcida.



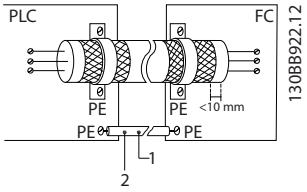
a	Revestimiento de aluminio con cable de cobre.
b	Cable con hilo de cobre trenzado o hilo de acero blindado.
c	Cable de cobre trenzado de una sola capa y con un porcentaje variable de cobertura de apantallamiento (el típico cable de referencia de Danfoss).
d	Cable de cobre trenzado con apantallamiento de doble capa.
e	Doble capa de cable de cobre trenzado con una capa intermedia magnética apantallada o blindada.
f	Cable alojado en tubería de cobre o de acero.
g	Cable de plomo con un grosor de pared de 1,1 mm (0,04 in)

Ilustración 9.8 Rendimiento del apantallamiento de cables

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

9.5.2 Conexión a tierra de cables de control apantallados

Apantallamiento correcto
Normalmente, el método preferido consiste en fijar los cables de control y de comunicación serie con bridas de pantallas en ambos extremos para garantizar el mejor contacto posible con el cable de alta frecuencia. Si el potencial de tierra entre el convertidor de frecuencia y el PLC es distinto, puede producirse ruido eléctrico que perturbará todo el sistema. Resuelva este problema instalando un cable ecualizador junto al cable de control. Sección transversal mínima del cable: 16 mm² (4 AWG).



1	Mínimo de 16 mm² (4 AWG)	2	Cable ecualizador

Ilustración 9.9 Apantallamiento correcto

Lazos de tierra de 50 / 60 Hz
Si se utilizan cables de control largos, pueden aparecer lazos de tierra. Este problema se puede solucionar conectando un extremo de la pantalla a tierra mediante un condensador de 100 nF (manteniendo los cables cortos).

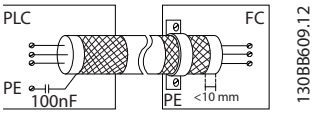
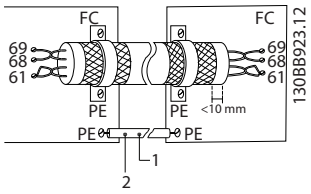


Ilustración 9.10 Evitar los lazos de tierra

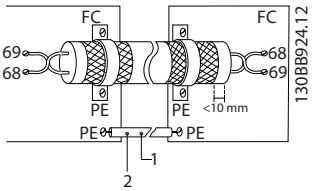
Evite el ruido de EMC en la comunicación serie
Este terminal se conecta a tierra mediante un enlace RC interno. Para reducir la interferencia entre conductores, utilice cables de par trenzado.



1	Mínimo de 16 mm² (4 AWG)	2	Cable ecualizador

Ilustración 9.11 Método recomendado para evitar el ruido de CEM

Como método alternativo, puede omitirse la conexión al terminal 61:



1	Mínimo de 16 mm² (4 AWG)	2	Cable ecualizador

Ilustración 9.12 Apantallamiento sin utilizar el terminal 61

9.6 Aspectos generales de los armónicos

Las cargas no lineales, como las que se encuentran en los convertidores de frecuencia de seis pulsos, no consumen corriente de forma uniforme de la línea de suministro. Esta corriente no senoidal tiene componentes que son múltiplos de la frecuencia de corriente fundamental. Estos componentes se conocen como armónicos. Es importante controlar la distorsión armónica total en la fuente de alimentación de red. Aunque las corriente armónicas no afectan directamente al consumo de energía eléctrica, generan calor en el cableado y los transformadores que puede afectar a otros dispositivos de la misma línea de suministro.

9.7 Análisis de armónicos

Dado que los armónicos aumentan las pérdidas de calor, es importante tenerlos en cuenta a la hora de diseñar los sistemas, para evitar sobrecargar el transformador, los inductores y el cableado.

Cuando sea necesario, realice un análisis de los armónicos del sistema para determinar los efectos sobre el equipo.

Mediante un análisis de series de Fourier, una corriente no senoidal se transforma en corrientes de onda senoidal con diferentes frecuencias, es decir, con diferentes corrientes armónicas I_N con 50 Hz o 60 Hz como frecuencia fundamental.

Abreviatura	Descripción
f_1	Frecuencia fundamental (50 Hz o 60 Hz)
I_1	Corriente a la frecuencia básica
U_1	Tensión a la frecuencia básica
I_n	Intensidad a la enésima frecuencia armónica
U_n	Tensión a la enésima frecuencia armónica
n	Orden armónico

Tabla 9.5 Abreviaturas relativas a armónicos

	Corriente básica (I_1)	Corriente armónica (I_n)		
Corriente	I_1	I_5	I_7	I_{11}
Frecuencia [Hz]	50	250	350	550

Tabla 9.6 Corrientes básicas y corrientes armónicas

Corriente	Corriente armónica				
	I_{RMS}	I_1	I_5	I_7	I_{11-49}
Intensidad de entrada	1,0	0,9	0,5	0,2	<0,1

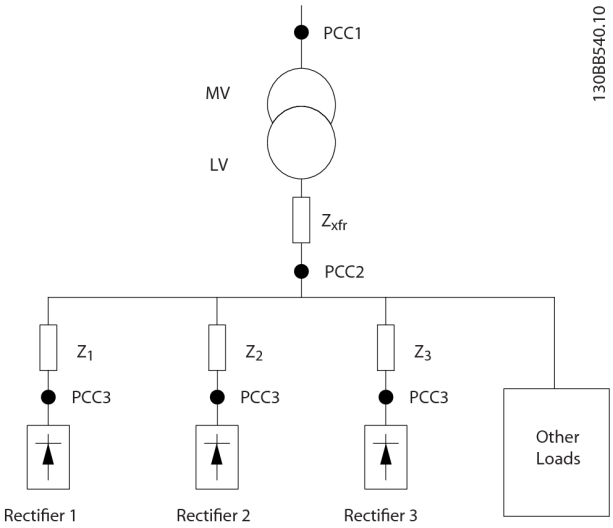
Tabla 9.7 Corrientes armónicas en comparación con la corriente de entrada RMS Corriente

La distorsión de la tensión de alimentación de red depende de la magnitud de las corrientes armónicas multiplicada por la impedancia interna de la red para la frecuencia dada. La distorsión de tensión total (THDi) se calcula según los distintos armónicos de tensión individual usando esta fórmula:

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

9.8 Efecto de los armónicos en un sistema de distribución de potencia

En la *Ilustración 9.13*, un transformador está conectado en el lado primario a un punto de acoplamiento común PCC1, en la fuente de alimentación de media tensión. El transformador tiene una impedancia Z_{xfr} y alimenta una serie de cargas. El punto de acoplamiento común al que se conectan todas las cargas es PCC2. Cada carga está conectada a través de cables con una impedancia Z_1, Z_2 y Z_3.



PCC	Punto de acoplamiento común
MV	Media tensión
LV	Tensión baja
Z_{xfr}	Impedancia del transformador
$Z_{\#}$	Modelización de la resistencia y la inductancia en el cableado

Ilustración 9.13 Sistema de distribución pequeño

Las corrientes armónicas consumidas por cargas no lineales causan distorsión de la tensión debido a la caída de tensión en las impedancias del sistema de distribución. Impedancias más elevadas se traducen en mayores niveles de distorsión de tensión.

La distorsión de corriente está relacionada con el rendimiento del aparato, el cual está relacionado con la carga individual. La distorsión de tensión está relacionada con el rendimiento del sistema. No es posible determinar la distorsión de tensión en el PCC conociendo únicamente el rendimiento armónico de la carga. Para predecir la distorsión en el PCC, deben conocerse tanto la configuración del sistema de distribución como las impedancias relevantes.

Un término empleado habitualmente para describir la impedancia de una red es la relación de cortocircuito R_{sce}. R_{sce} se define como la relación entre la potencia aparente de cortocircuito de la fuente de alimentación en el PCC (S_{sc}) y la potencia aparente nominal de la carga (S_{equ}).

$$R_{sce} = \frac{S_{sc}}{S_{equ}}$$

donde $S_{sc} = \frac{U^2}{Z_{fuente\ de\ alimentación}}$ y $S_{equ} = U \times I_{equ}$

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

Efectos negativos de los armónicos

- Las corrientes armónicas contribuyen a las pérdidas del sistema (en el cableado y el transformador).
- La distorsión de tensión armónica provoca interferencias en otras cargas e incrementa las pérdidas en otras cargas.

9.9 Normas y requisitos de limitación armónica

Los requisitos para la limitación armónica pueden ser

- Específicos de la aplicación
- Normas que deben cumplirse

Los requisitos específicos de la aplicación están relacionados con una instalación específica en la que hay razones técnicas para limitar los armónicos.

Ejemplo: Si uno de los motores está conectado directamente en línea y el otro recibe alimentación a través de un convertidor de frecuencia, será suficiente con un transformador de 250 kVa con dos motores de 110 kW conectados. Sin embargo, el transformador tiene un tamaño menor si ambos motores reciben alimentación de un convertidor de frecuencia. Empleando medios adicionales para la reducción de armónicos dentro de la instalación o seleccionando variantes de convertidores de frecuencia de bajos armónicos es posible que ambos motores funcionen con convertidores de frecuencia.

Hay varias normas, reglamentos y recomendaciones de mitigación de armónicos. Las normas siguientes son las más comunes:

- IEC61000-3-2
- IEC61000-3-12
- IEC61000-3-4
- G5/4

Consulte la *Guía de diseño de los VLT® Advanced Harmonic Filter AHF 005/AHF 010* para obtener detalles específicos de cada norma.

9.10 Conformidad en materia de armónicos de los módulos de convertidor de frecuencia en paralelo VLT®

Los VLT® Parallel Drive Modules cumplen las siguientes normas:

- CEI 61000-2-4
- CEI 61000-3-4
- G5/4

9.11 Aislamiento galvánico

AVISO!

INSTALACIÓN EN ALTITUDES ELEVADAS

Cuando instale unidades de 380-500 V por encima de 3000 m (9843 ft), póngase en contacto con Danfoss con relación a la PELV.
Cuando instale unidades de 525-690 V por encima de 2000 m (6562 ft), póngase en contacto con Danfoss con relación a la PELV.

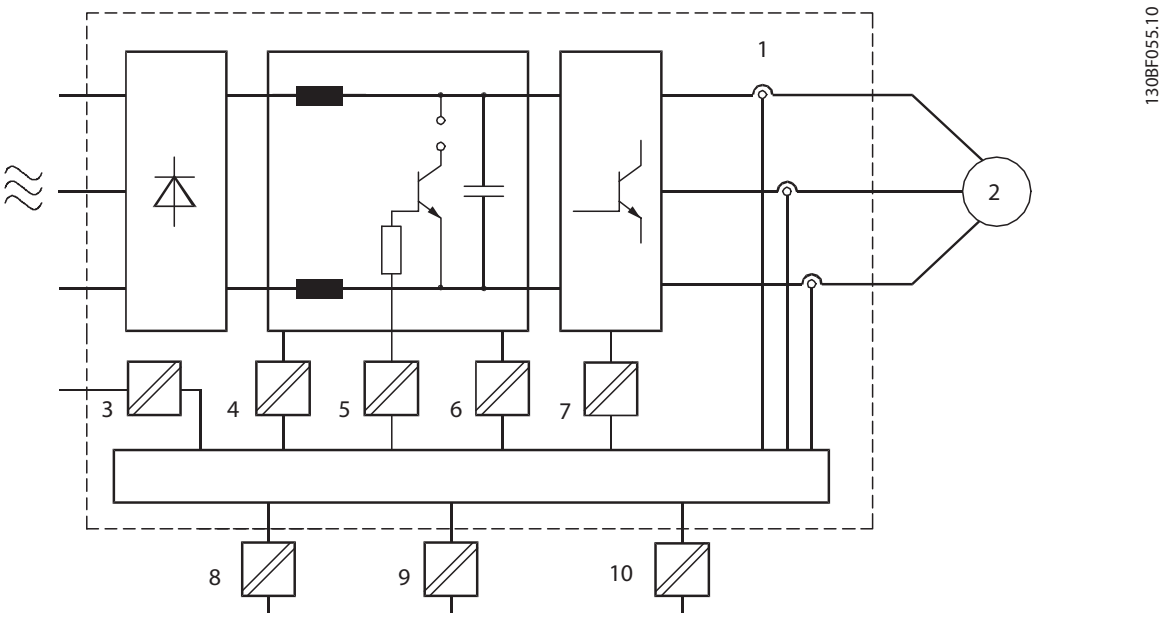
Se considera garantizada la protección contra descargas eléctricas cuando la fuente de alimentación eléctrica es de tipo PELV y la instalación cumple con las reglamentaciones locales o nacionales sobre equipos PELV.

Todos los terminales de control y de relé 01-03/04-06 cumplen con PELV. Esto no es aplicable a la conexión a tierra en triángulo por encima de 400 V. El aislamiento galvánico se consigue cumpliendo los requisitos relativos a un mayor aislamiento y proporcionando las distancias necesarias en los circuitos. Estos requisitos se describen en la norma EN 61800-5-1.

Para mantener el estado PELV, todas las conexiones realizadas con los terminales de control deben ser PELV. Los componentes que constituyen el aislamiento eléctrico también se ajustan a los requisitos de aislamiento superior y a las pruebas descritas en la norma EN 61800-5-1.

El aislamiento galvánico PELV se muestra en la *Ilustración 9.14*.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.



1	Transductores de corriente	6	Fuente de alimentación (SMPS), que incluye aislamiento de la señal de U_{CC} e indica la tensión de corriente intermedia.
2	Motor	7	Circuito para disparo de los IGBT (transformadores de disparo / optoacopladores).
3	Relés configurables	8	Fuente de alimentación de la STO
4	Circuitos de aflujo de corriente interna, RFI y medición de temperatura.	9	24 V auxiliar
5	Optoacoplador, módulo de freno	10	Interfaz del bus estándar RS485

Ilustración 9.14 Aislamiento galvánico

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

10 Motor

10.1 Cables de motor

Consulte el *capétulo 6.10 Especificaciones del cable* para obtener más información sobre los tipos de cables y sus tamaños.

Clasificación de tensión
En el cable del motor tienen lugar tensiones pico de hasta 2,8 veces la tensión del sistema de convertidores de frecuencia VLT® Parallel Drive Modules. Las tensiones pico elevadas pueden ejercer un gran estrés sobre el cable del motor. Utilice cables de motor que tengan una especificación de tensión nominal de al menos 0,6/1 kV. Los cables de esta gama proporcionan una buena resistencia a los fallos de aislamiento.

Dimensiones
Siga las normas locales relativas a los datos de capacidad de corriente de los cables y conductores. Algunas de las normas más habituales son: NFPA 70, EN 60204-1, VDE 0113-1 y VDE 0298-4. No es necesario realizar un sobredimensionamiento para los armónicos.

Longitud
Los cables deben ser lo más cortos posible. La caída de tensión y la disipación de calor dependen de la frecuencia y son proporcionales a la longitud del cable. Consulte las especificaciones del fabricante del cable en lo que respecta a su longitud y a la caída de tensión esperada al realizar la conexión al sistema de convertidores de frecuencia. Consulte el *capétulo 6.10 Especificaciones del cable*.

AVISO!

LONGITUD DEL CABLE

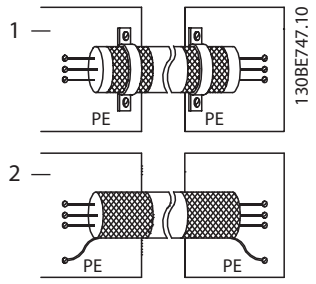
En un sistema de convertidores de frecuencia estándar VLT® Parallel Drive Modules, la tensión completa se suministra al motor mediante cables apantallados de hasta 150 m (492 ft) y no apantallados, de hasta 300 m (984 ft). Si se supera dicha longitud del cable, utilice un filtro senoidal. Para obtener información sobre la selección de un filtro senoidal, consulte la *Guía de diseño del filtro de salida de la serie de convertidores VLT®*

Apantallamiento
Consulte el *capétulo 9.5 Recomendaciones relativas a CEM* para obtener información sobre un apantallamiento eficaz.

AVISO!

EXTREMOS DE PANTALLA RETORCIDOS (CABLES DE PANTALLA RETORCIDOS Y EMBORNADOS)

Los extremos de pantalla retorcidos en espiral aumentan la impedancia de la pantalla a las frecuencias superiores, lo que reduce el efecto de pantalla y aumenta la corriente de fuga. Para evitar los extremos de pantalla retorcidos, utilice bridas de pantalla integradas. Consulte la *Ilustración 10.1*.



1	Conexión a tierra correcta de los extremos apantallados
2	Conexión a tierra incorrecta mediante extremos de pantalla trenzados (en espiral)

Ilustración 10.1 Ejemplo de extremos de pantalla

10.2 Aislamiento de las bobinas del motor

Para longitudes del cable de motor inferiores o iguales a la longitud del cable máxima incluida en la lista del *capétulo 6.10 Especificaciones del cable*, utilice las clasificaciones de aislamiento del motor indicadas en la *Tabla 10.1*. Si un motor tiene una clasificación de aislamiento inferior, Danfoss recomienda la utilización de un filtro dU/dt o senoidal.

Tensión nominal de red	Aislamiento del motor
$U_N \leq 420$ V	Estándar U_{LL}= 1300 V
420 V<$U_N \leq$ 500 V	Reforzada U_{LL} = 1600 V
500 V < $U_N \leq$ 600 V	U_{LL} reforzada = 1800 V
600 V < $U_N \leq$ 690 V	U_{LL} reforzada = 2000 V

Tabla 10.1 Clasificaciones del aislamiento del motor

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

10.3 Corrientes en los cojinetes del motor

Deben instalarse rodamientos aislados NDE (no acoplados) para eliminar las corrientes circulantes en los cojinetes en todos los motores instalados con convertidores de frecuencia VLT® HVAC Drive FC 102, VLT® AQUA Drive FC 202 y VLT® AutomationDrive FC 302 con una potencia de 90 kW o superior. Para reducir al mínimo las corrientes en el eje y los rodamientos de la transmisión (DE), asegure una adecuada conexión a tierra del convertidor de frecuencia, el motor, la máquina manejada y la conexión entre el motor y la máquina.

Estrategias estándar de mitigación:

- Utilizar un cojinete aislado.
- Seguir procedimientos de instalación adecuados.
  - Comprobar que el motor y el motor de carga estén alineados.
  - Seguir las directrices de instalación EMC.
  - Reforzar la PE de modo que la impedancia de alta frecuencia sea inferior en la PE que los cables de alimentación de entrada
  - Disponer una buena conexión de alta frecuencia entre el motor y el convertidor de frecuencia. Utilizar un cable apantallado con una conexión de 360º en el motor y el convertidor de frecuencia.
  - Asegurarse de que la impedancia desde el convertidor de frecuencia hasta la tierra sea inferior a la impedancia de conexión a tierra de la máquina. Este procedimiento puede resultar difícil para las bombas.
  - Realizar una conexión a tierra directa entre el motor y el motor de carga.
- Reducir la frecuencia de conmutación de IGBT.
- Modificar la forma de onda del inversor, AVM de 60 ° frente a SFAVM.
- Instalar un sistema de conexión a tierra del eje o usar un acoplador aislante.
- Aplicar un lubricante conductor.
- Usar el ajuste mínimo de velocidad, si es posible.
- Tratar de asegurar que la tensión de red esté equilibrada con la conexión a tierra. Este procedimiento puede resultar difícil para sistemas de patilla conectados a tierra, IT, TT o TN-CS.
- Usar un filtro senoidal o dU/dt.

10.4 Protección térmica del motor

El relé termoelectrónico del convertidor de frecuencia ha recibido la aprobación UL de protección contra sobrecarga del motor, cuando el *parámetro 1-90 Protección térmica motor* se ajusta en *Descon. ETR* y el *parámetro 1-24 Intensidad motor* está ajustado a la corriente nominal del motor (consulte la placa de características del motor).
Para la protección térmica del motor, también se puede utilizar la opción de VLT® PTC Thermistor Card MCB 112. Esta tarjeta cuenta con la certificación ATEX para proteger motores en zonas con peligro de explosiones, Zona 1/21 y Zona 2/22. Si el *parámetro 1-90 Protección térmica motor* está ajustado en *[20] ATEX ETR* y se combina con el uso de MCB 112, se puede controlar un motor Ex-e en zonas con riesgo de explosión. Consulte la *Guía de programación* para obtener más información sobre cómo configurar el convertidor de frecuencia para el funcionamiento seguro de los motores Ex-e.

10.4.1 Tipos de protección térmica

10.4.1.1 Termistor PTC

Uso de una entrada digital y una fuente de alimentación de 10 V

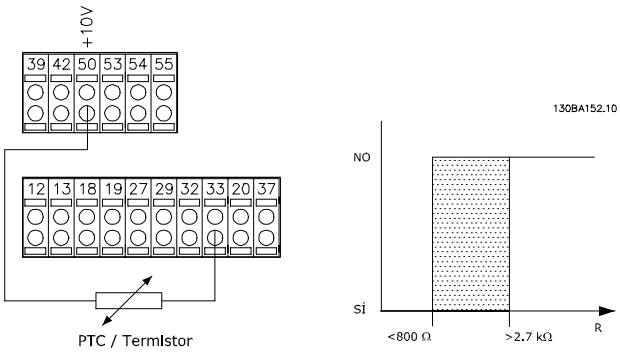


Ilustración 10.2 Conexión del termistor PTC: entrada digital con fuente de alimentación de 10 V

Uso de una entrada analógica y una fuente de alimentación de 10 V

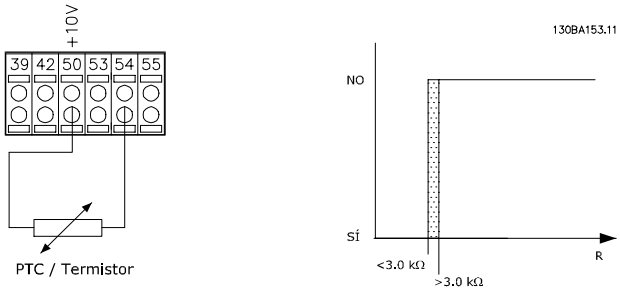


Ilustración 10.3 Conexión del termistor PTC: entrada analógica con fuente de alimentación de 10 V

10

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

Uso de una entrada digital y una fuente de alimentación de 24 V

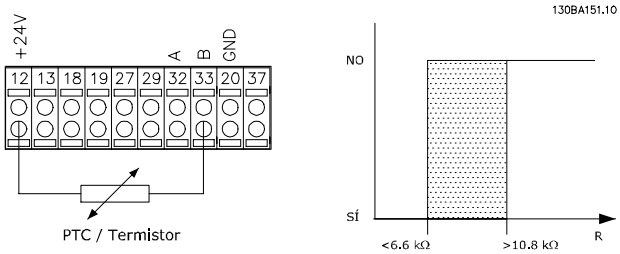


Ilustración 10.4 Conexión del termistor PTC: entrada digital con fuente de alimentación de 24 V

Compruebe que la tensión de alimentación seleccionada cumple las especificaciones del elemento termistor utilizado.

Entrada digital/ analógica	Tensión de alimen-tación [V]	Resistencia de desconexión en kΩ	Resistencia de reinicio
Digital	10	>2,7	<800 Ω
Analógica	10	>3,0	<3,0 kΩ
Digital	24	>10,8	<6,6 kΩ

Tabla 10.2 Parámetros de resistencia del termistor PTC

10

10.4.1.2 Sensor KTY

El convertidor de frecuencia maneja tres tipos de sensores KTY:

- Sensor KTY 1: 1 kΩ a 100 °C (212 °F). Por ejemplo, el Philips KTY 84-1.
- Sensor KTY 2: 1 kΩ a 25 °C (77 °F). Por ejemplo, el Philips KTY 83-1.
- Sensor KTY 3: 1 kΩ a 25 °C (77 °F). Por ejemplo, el Philips KTY-10.

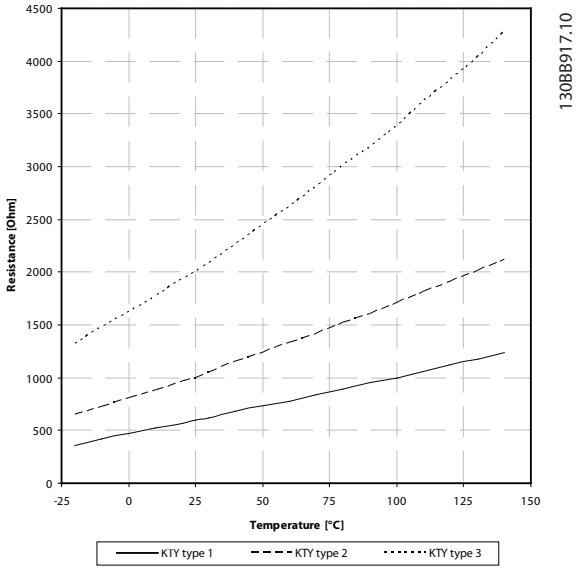


Ilustración 10.5 Selección de tipo KTY

AVISO!

CONFORMIDAD CON PELV

Si se producen cortocircuitos entre los bobinados del motor y el sensor, no se obtendrá la conformidad con PELV cuando la temperatura del motor se supervise mediante un termistor o un sensor KTY. Asegúrese de que el sensor esté bien aislado.

10.4.1.3 Instalación del conmutador térmico de resistencia de frenado

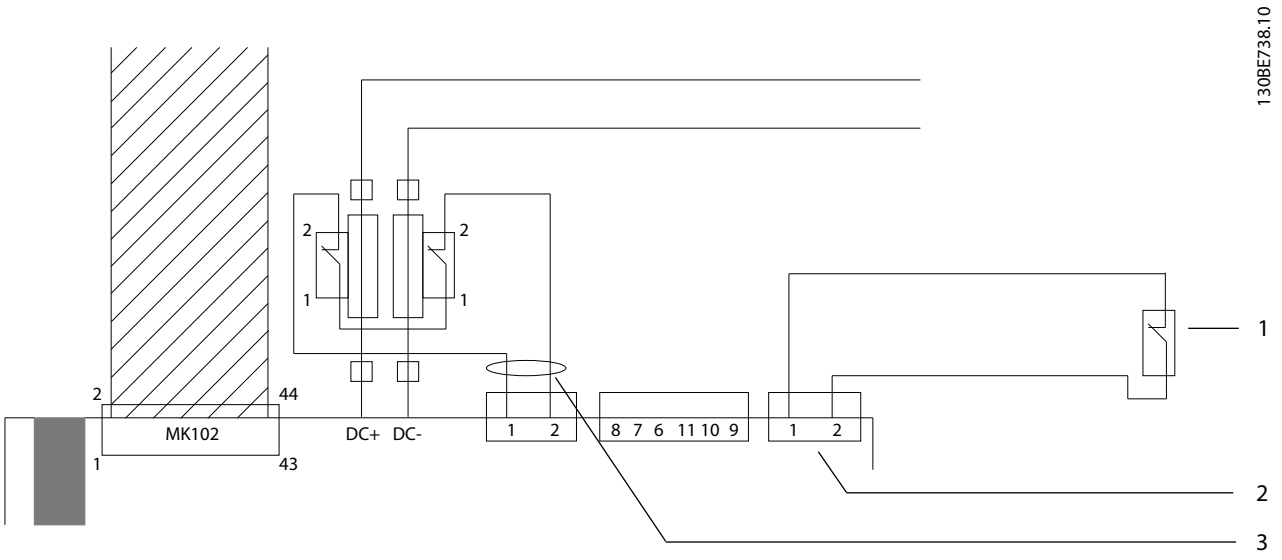
Cada módulo de convertidor posee un terminal de puente de fallo de freno en la placa superior, que se utiliza para conectar el conmutador térmico Klixon a las resistencias de frenado. Consulte el *Ilustración 10.6*. Este terminal tiene un puente preinstalado. El puente de fallo de freno debe estar siempre colocado en su sitio para garantizar el correcto funcionamiento del módulo de convertidor. Sin este puente, el módulo de convertidor no permite que funcione el inversor y se visualiza un fallo del IGBT del freno.

El conmutador térmico es de tipo «normalmente cerrado». Si la temperatura de la resistencia de frenado supera los valores recomendados, se abrirá el conmutador térmico. Para la conexión, utilice cable reforzado y doblemente aislado de 1 mm^2 (18 AWG).

AVISO!

Danfoss no se hace responsable en caso de fallo de un conmutador térmico Klixon.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.



1	Conmutador Klixon	3	Núcleo de ferrita
2	Terminal BRF	–	–

Ilustración 10.6 Conexión de conmutador Klixon

10.5 Conexiones del terminal del motor

ADVERTENCIA

TENSIÓN INDUCIDA

La tensión inducida procedente de cables de motor de salida de diferentes convertidores de frecuencia que están juntos puede cargar los condensadores del equipo, incluso aunque este esté apagado y bloqueado. Si no se colocan los cables de motor de salida separados o no se utilizan cables apantallados, pueden producirse lesiones graves o incluso la muerte.

- **Coloque los cables de motor de salida por separado.**

O

- **Utilice cables apantallados.**
- **Bloquee de forma simultánea todos los convertidores de frecuencia.**

Consejos para la conexión de los terminales del motor:

- Cumpla los códigos eléctricos locales y nacionales en las dimensiones de los cables. Consulte las dimensiones máximas de cable en el *capétulo 6.5 Especificaciones en función de la potencia*.
- Observe los requisitos de cableado del fabricante del motor.
- No conecte un dispositivo de arranque o de cambio de polaridad (por ejemplo, un motor Dahlander o un motor asíncrono de anillo colector) entre el sistema de convertidores de frecuencia y el motor.

10.5.1.1 Configuración del cable de motor

Con este sistema de convertidores, pueden utilizarse todos los tipos de motores trifásicos asíncronos estándar.

Según el ajuste de fábrica, el motor gira en sentido horario con la salida del sistema de convertidores conectada del modo siguiente:

Número de terminal	Función
96	Red U/T1
97	V/T2
98	W/T3
99	Tierra

Tabla 10.3 Terminales del cable del motor

Cambio de giro del motor

- Terminal U/T1/96 conectado a la fase U
- Terminal V/T2/97 conectado a la fase V
- Terminal W/T3/98 conectado a la fase W

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

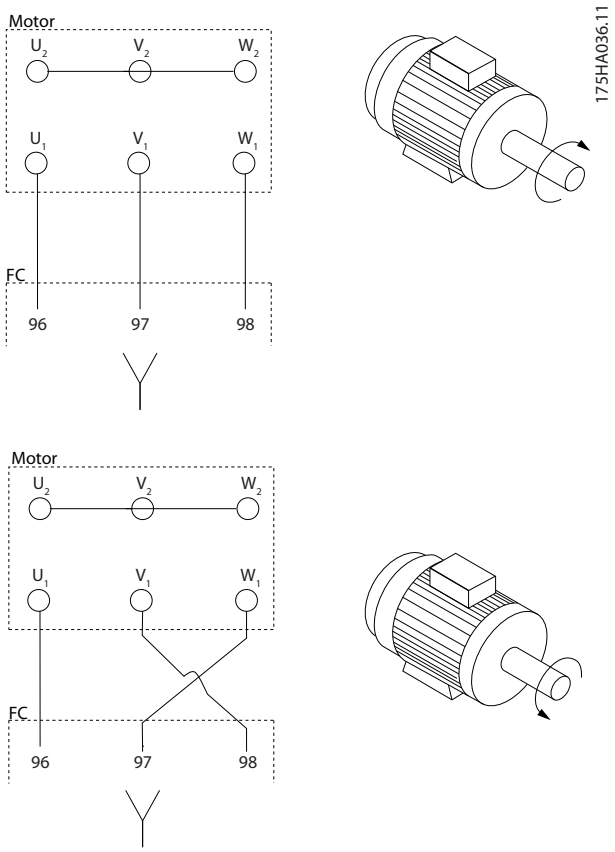


Ilustración 10.7 Cambio de giro del motor

El sentido de giro puede cambiarse invirtiendo dos fases en el cable de motor o modificando el ajuste de *parámetro 4-10 Dirección veloc. motor*.

Es posible verificar la rotación del motor mediante *parámetro 1-28 Comprob. rotación motor* y siguiendo los pasos que se indican en la *Ilustración 10.7*.

10

10.5.1.2 Configuración del sistema de convertidores de frecuencia

AVISO!

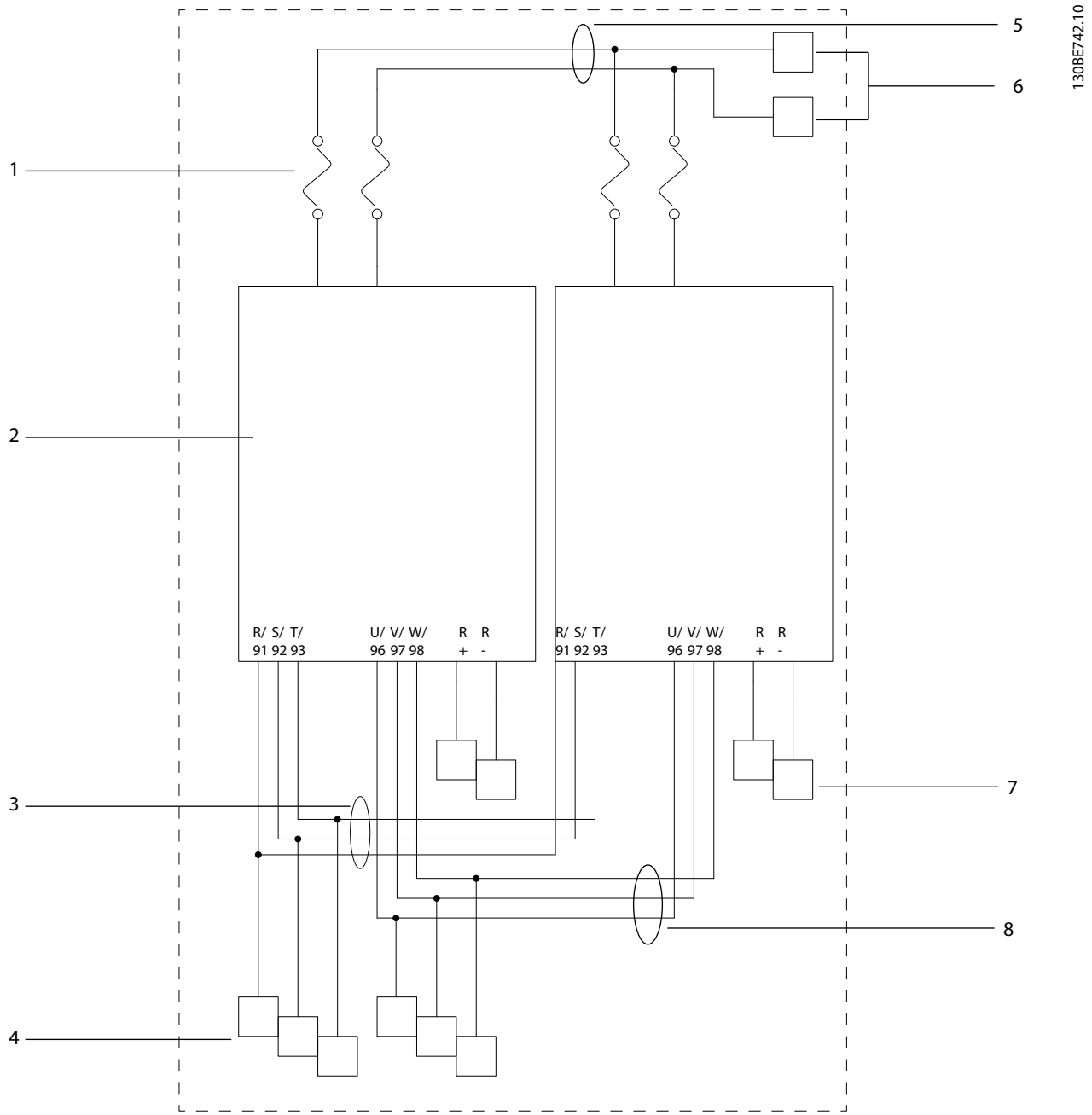
VARIOS CABLES DE MOTOR

Si se conecta más de un conjunto de terminales del motor, utilice el mismo número, tamaño y longitud de cables para cada conjunto de terminales. Por ejemplo, no utilice un cable en un terminal del motor y dos cables en otro terminal del motor.

Sistema de módulos de dos convertidores de frecuencia

La *Ilustración 10.8* y la *Ilustración 10.9* muestran las conexiones de barra conductora en sistemas de dos convertidores de frecuencia de seis y de doce pulsos, respectivamente. Si se utiliza un diseño de terminal común, habrá un conjunto de terminales del motor.

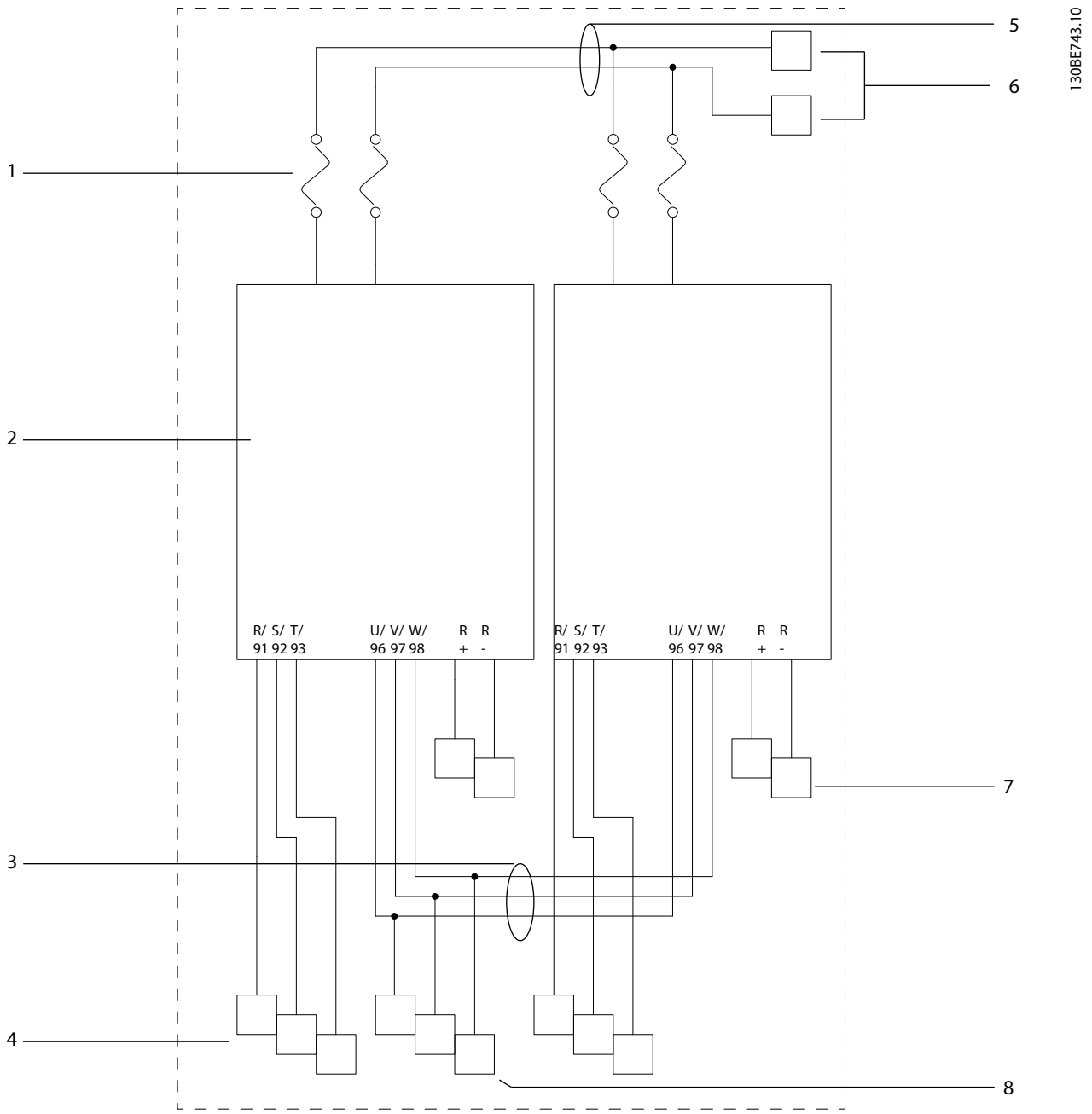
 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.



1	Fusibles de CC	5	Barras conductoras del enlace de CC
2	Módulos de convertidor de frecuencia	6	Terminales de CC
3	Barras conductoras de entrada de alimentación	7	Terminales de freno
4	Terminales de entrada de red	8	Barras conductoras de salida del motor

Ilustración 10.8 Conexiones en sistema de dos módulos de convertidor de frecuencia de seis pulsos

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.



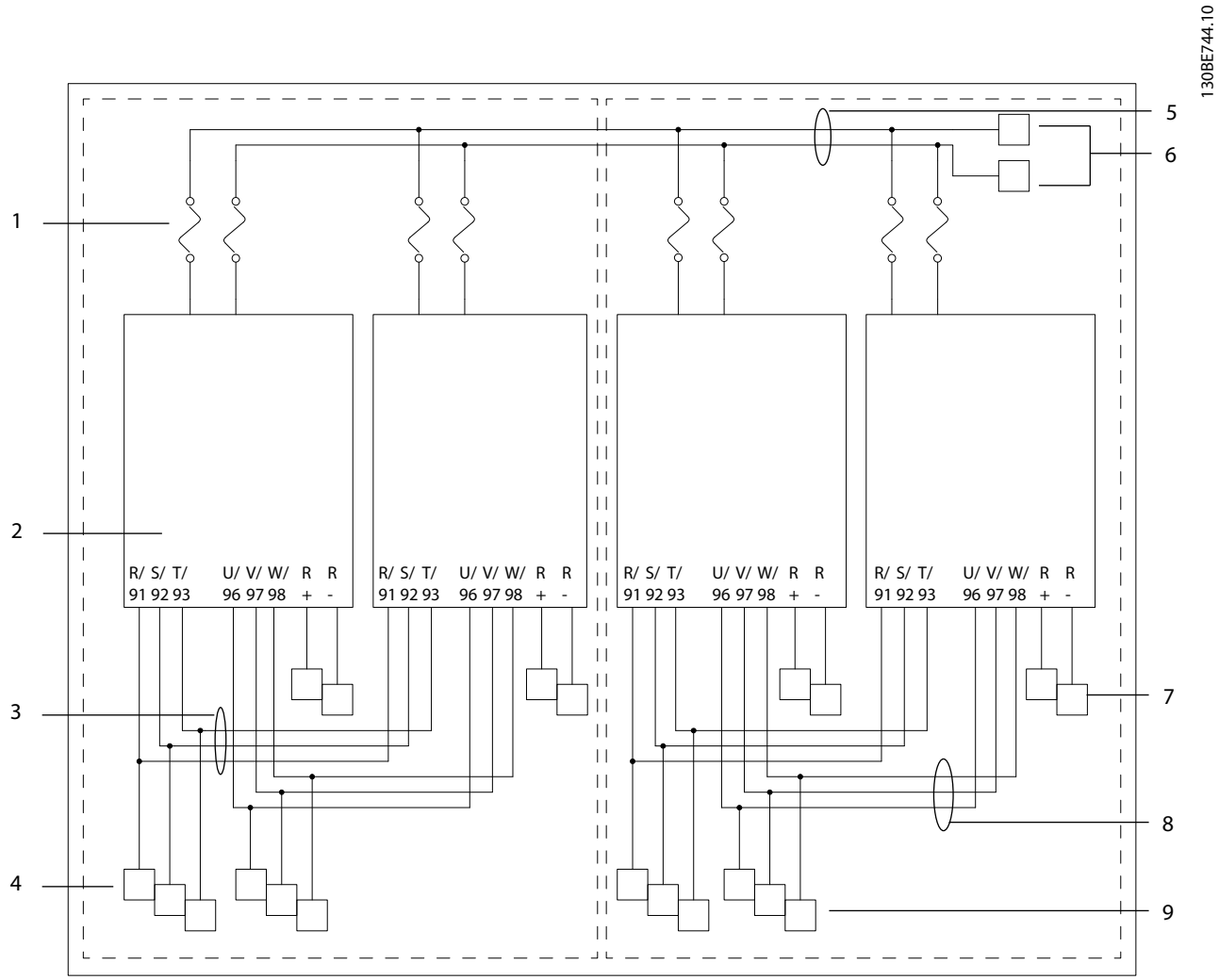
1	Fusibles de CC	5	Barras conductoras del enlace de CC
2	Módulos de convertidor de frecuencia	6	Terminales de CC
3	Barras conductoras de salida del motor	7	Terminales de freno
4	Terminales de entrada de red	8	Terminales de salida del motor

Ilustración 10.9 Conexiones en sistema de dos módulos de convertidor de frecuencia de doce pulsos

Sistemas de módulos de cuatro convertidores de frecuencia

La *Ilustración 10.10* muestra las conexiones de barra conductora en sistemas de cuatro convertidores de frecuencia. Si se utiliza un diseño de terminal común, habrá un conjunto de terminales del motor en cada alojamiento.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.



1	Fusibles de CC	6	Terminales de CC
2	Módulo del convertidor de frecuencia	7	Terminales de freno
3	Barras conductoras de entrada de alimentación	8	Barras conductoras de salida del motor
4	Terminales de entrada de red	9	Terminales de salida del motor
5	Barras conductoras del enlace de CC	–	–

Ilustración 10.10 Conexiones en sistema de cuatro módulos de convertidor de frecuencia

10.6 Condiciones de funcionamiento extremas

Cortocircuito (fase del motor - fase)
El convertidor de frecuencia está protegido contra cortocircuitos mediante la medición de la intensidad en cada una de las tres fases del motor o en el enlace de CC. Un cortocircuito entre dos fases de salida provoca una sobreintensidad en el inversor. El inversor se apaga individualmente cuando la intensidad del cortocircuito sobrepasa el valor permitido (*alarma 16, Trip Lock*).

Para proteger el convertidor de frecuencia contra un cortocircuito en las cargas compartidas y en las salidas de freno, consulte la *Nota sobre la aplicación para fusibles y magnetotérmicos FC 100, FC 200 y FC 300*.
Consulte el certificado en *capétulo 3 Homologaciones y certificados*.

Conmutación en la salida
La conmutación a la salida entre el motor y el convertidor de frecuencia está totalmente permitida. No dañará el convertidor de frecuencia, pero puede hacer que aparezcan mensajes de fallo.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

Sobretensión generada por el motor
La tensión del enlace de CC aumenta en los siguientes casos:

- Cuando la carga genera energía, la carga arrastra al motor a una frecuencia de salida constante del convertidor de frecuencia.
- Durante la desaceleración (rampa de deceleración), si el momento de inercia es alto, la fricción es baja y el tiempo de deceleración es demasiado corto para que la energía sea disipada como una pérdida en el convertidor de frecuencia o el motor.
- Un ajuste de compensación de deslizamiento incorrecto puede producir una tensión en el bus de CC más alta.
- Fuerza contraelectromotriz desde el funcionamiento del motor PM. Si queda en inercia a unas r/min altas, la fuerza contraelectromotriz del motor PM puede superar, potencialmente, la tolerancia de tensión máxima del convertidor de frecuencia y provocar daños. Para evitar esta situación, el valor del *parámetro 4-19 Frecuencia salida máx.* se limita automáticamente de acuerdo con un cálculo interno basado en el valor del *parámetro 1-40 fcem a 1000 RPM*, el *parámetro 1-25 Veloc. nominal motor* y el *parámetro 1-39 Polos motor*.
  Si es posible que el motor pueda tener un exceso de velocidad, Danfoss recomienda que el convertidor de frecuencia se equipe con una resistencia de frenado.

AVISO!

El convertidor de frecuencia debe estar equipado con un chopper de frenado.

Si es posible, la unidad de control puede intentar corregir la rampa (*parámetro 2-17 Control de sobretensión*). El inversor se apaga para proteger los transistores y los condensadores del enlace de CC cuando se alcanza un determinado nivel de tensión. Para seleccionar el método utilizado para controlar el nivel de tensión del enlace de CC, consulte el *parámetro 2-10 Función de freno* y el *parámetro 2-17 Control de sobretensión*.

AVISO!

OVC no puede activarse cuando está funcionando un motor PM (cuando *parámetro 1-10 Construcción del motor* está ajustado en *[1] Magn. perm. PM, no saliente SPM*).

Corte de red
Durante un corte de red, el convertidor de frecuencia sigue funcionando hasta que la tensión del enlace del bus de CC desciende por debajo del nivel mínimo de parada. Generalmente, dicho nivel es un 15 % inferior a la tensión de alimentación nominal más baja del convertidor de frecuencia. La tensión de red antes del corte y la carga del motor determinan el tiempo necesario para la parada de inercia del inversor.

Sobrecarga estática en modo VVC+
Una sobrecarga tiene lugar cuando se alcanza el límite de par en el *parámetro 4-16 Modo motor límite de par/ parámetro 4-17 Modo generador límite de par*.
Cuando el convertidor de frecuencia está sobrecargado, los controles reducen la frecuencia de salida para reducir la carga. Si la sobrecarga es excesiva, puede producirse una corriente que provoque una desconexión del convertidor de frecuencia después de unos 5-10 segundos. El tiempo de funcionamiento dentro del límite de par se limita (0-60 s) en el *parámetro 14-25 Retardo descon. con lím. de par*.

10.6.1 Protección térmica del motor

Para proteger la aplicación de daños graves, el convertidor de frecuencia ofrece varias funciones específicas.

Límite de par
El motor está protegido frente a sobrecargas independientemente de la velocidad. El límite de par se controla en *parámetro 4-16 Modo motor límite de par* y *parámetro 4-17 Modo generador límite de par*. El intervalo anterior a la advertencia de límite de par realice la desconexión se controla en *parámetro 14-25 Retardo descon. con lím. de par*.

Límite de intensidad
El límite de intensidad se controla en el *parámetro 4-18 Límite intensidad* y el tiempo antes de que la advertencia de límite de intensidad realice la desconexión se controla en el *parámetro 14-24 Retardo descon. con lím. de int.*.

Límite de velocidad mínima
El *Parámetro 4-11 Límite bajo veloc. motor [RPM]* o el *parámetro 4-12 Límite bajo veloc. motor [Hz]* limitan el intervalo operativo de velocidad a entre 30 y 50/60 Hz. El *Parámetro 4-13 Límite alto veloc. motor [RPM]* o el *parámetro 4-19 Frecuencia salida máx.* limitan la velocidad de salida máxima que puede suministrar el convertidor de frecuencia.

ETR (relé termoelectrónico)
La función ETR del convertidor de frecuencia mide la tensión real, la velocidad y el tiempo para calcular la temperatura del motor y protegerlo de recalentamientos (advertencia o desconexión). También hay disponible una entrada externa de termistor. ETR es un dispositivo electrónico que simula un relé bimetal basado en mediciones internas. *Ilustración 10.11* ofrece el ejemplo siguiente, en el que el eje X muestra la relación entre los valores I_{motor} e I_{motor} nominales. El eje Y muestra el intervalo en segundos que transcurre antes de que el ETR se corte y desconecte el convertidor de frecuencia. Las curvas muestran la velocidad nominal característica, al

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

doble de la velocidad nominal y al 0,2x de la velocidad nominal.
A velocidades inferiores, el ETR se desconecta con un calentamiento inferior debido a una menor refrigeración del motor. De ese modo, el motor queda protegido frente a un posible sobrecalentamiento, incluso a baja velocidad. La función ETR calcula la temperatura del motor en función de la intensidad y la velocidad reales. La temperatura calculada es visible como un parámetro de lectura en *parámetro 16-18 Térmico motor* del convertidor de frecuencia.

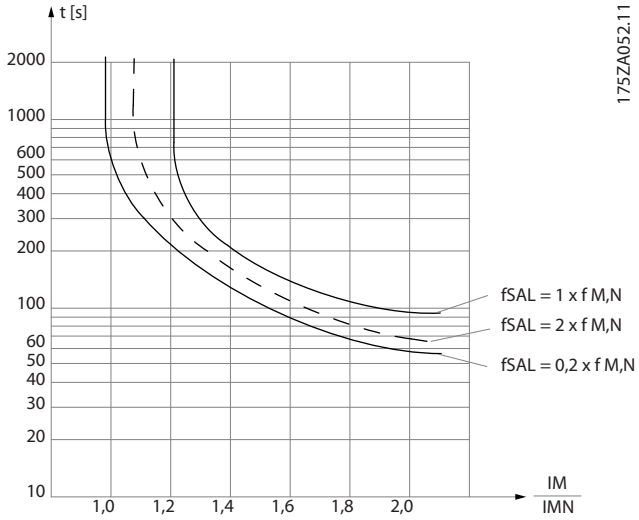


Ilustración 10.11 Ejemplo de ETR

10.7 Condiciones dU/dt

AVISO!

Para evitar el desgaste prematuro de los motores que no están diseñados para utilizarse con convertidores de frecuencia, como los motores sin papel de aislamiento de fase o cualquier otro refuerzo de aislamiento, Danfoss recomienda colocar un filtro dU/dt o un filtro senoidal en la salida del convertidor de frecuencia. Para obtener información más detallada sobre los filtros dU/dt o senoidales, consulte la *Guía de diseño de filtros de salida para convertidores de frecuencia VLT®.*

Cuando se conmuta un transistor en el puente del inversor, la tensión aplicada al motor se incrementa según una relación du/dt que depende de:

- El cable de motor (tipo, sección transversal, longitud apantallado / no apantallado).
- La inductancia.

La inducción natural produce una sobremodulación U_{PICO} en la tensión del motor antes de que se autoestabilice en un nivel dependiente de la tensión en el enlace de CC. Tanto el tiempo de subida como la tensión pico U_{PICO} influyen en la vida útil del motor. En particular, los motores sin aislamiento de fase en la bobina se ven afectados si la tensión pico es demasiado alta. La longitud del cable del motor afecta al tiempo de incremento y a la tensión pico. Por ejemplo, si el cable de motor es corto (unos pocos metros), el tiempo de incremento y la tensión pico serán más bajos. Si el cable de motor tiene 100 m (328 ft) o más, el tiempo de subida y la tensión pico serán mayores.

La conmutación de los dispositivos IGBT produce tensión pico en los terminales del motor. El convertidor de frecuencia cumple con las especificaciones de la norma CEI 60034-25 en relación con los motores diseñados para ser utilizados con convertidores de frecuencia. El convertidor de frecuencia cumple también con la norma CEI 60034-17 relativa a los motores Norm controlados por convertidores de frecuencia

Gama de alta potencia
Los tamaños de potencia de la *Tabla 10.4* y la *Tabla 10.5*, a las tensiones de red adecuadas, cumplen con los requisitos de la norma CEI 60034-17 relativa a los motores normales controlados por convertidores de frecuencia, con la CEI 60034-25 relativa a motores diseñados para su uso con convertidores de frecuencia y con la norma NEMA MG 1-1998, parte 31.4.4.2, para motores alimentados por inversores. Los tamaños de potencia de la *Tabla 10.4* no cumplen la norma NEMA MG 1-1998, parte 30.2.2.8, para motores de propósito general.

Filtro	Longitud del cable (m [ft])	Tensión de red (V)	Tiempo de subida (µs)	Vpico (kV)	dU/dt (kV/µs)
Ninguno	150 (492)	400	0,818	1,06	3,249
Individual			1,692	1,22	0,579
Común			2,262	1,17	0,415

Tabla 10.4 Especificaciones dU/dt para unidades de 380-500 V

Filtro	Longitud del cable (m [ft])	Tensión de red (V)	Tiempo de subida (µs)	Vpico (kV)	dU/dt (kV/µs)
Ninguno	150 (492)	690	0,65	1,79	2,184
Individual			1,76	2,2	0,909
Común			2,02	2,1	0,831

Tabla 10.5 Especificaciones dU/dt para unidades de 525-690 V

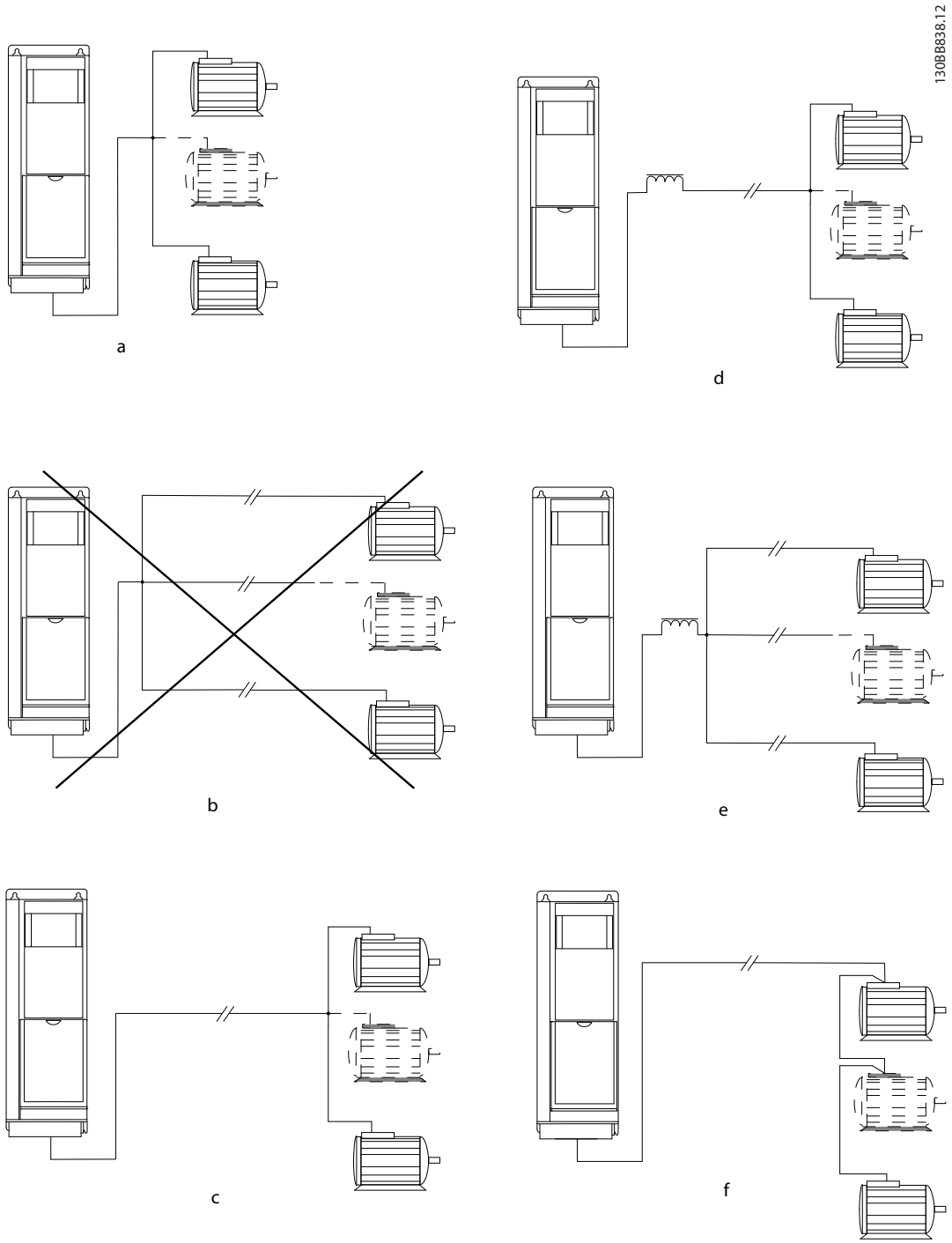
10.8 Conexión en paralelo de motores

El convertidor de frecuencia puede controlar varios motores conectados en paralelo. Al utilizar la conexión del motor en paralelo, deben observarse los siguientes puntos:

- Ejecute las aplicaciones con motores paralelos en modo U/F (voltios por hercios).
- El modo VVC+ se puede utilizar en algunas aplicaciones.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

- El consumo total de corriente por parte de los motores no debe sobrepasar la corriente nominal de salida I_{INV} del convertidor de frecuencia.
- Al arrancar, y con valores bajos de r/min, pueden surgir problemas si los tamaños de los motores son muy diferentes, ya que la resistencia óhmica del estátor, relativamente alta en los motores pequeños, necesita tensiones más altas en el arranque y a pocas revoluciones.
- El relé termoelectrónico (ETR) del convertidor de frecuencia no puede utilizarse como protección del motor. Proporciona una mayor protección del motor mediante termistores en cada resistencia de bobinado del motor o relés térmicos individuales.
- Cuando los motores se encuentran conectados en paralelo, *parámetro 1-02 Realimentación encoder motor Flux* no se puede utilizar y *parámetro 1-01 Principio control motor* debe estar ajustado a *[0] U/f*.



 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

A	Las instalaciones con cables conectados a un punto común, como se muestra en A y B, solo son recomendables para longitudes de cable cortas.
B	Tenga en cuenta la longitud máxima del cable del motor especificada en el *capétulo 6.10 Especificaciones del cable*.
C	La longitud total del cable de motor detallada en el *capétulo 6.10 Especificaciones del cable* es válida siempre y cuando se mantengan cortos los cables paralelos, a menos de 10 m (32 ft) cada uno. Consulte el ejemplo 1.
D	Tenga en cuenta la caída de tensión en todos los cables de motor. Consulte el ejemplo 1.
E	Tenga en cuenta la caída de tensión en todos los cables de motor. Consulte el ejemplo 2.
F	La longitud total del cable de motor detallada en el *capétulo 6.10 Especificaciones del cable* es válida siempre y cuando los cables paralelos se mantengan en menos de 10 m (32 ft) cada uno. Consulte el ejemplo 2.

Ilustración 10.12 Conexiones en paralelo diferentes de motores

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

11 Alimentación

11.1 Configuraciones de alimentación

Se utilizan diversos tipos de sistemas de red de CA para suministrar alimentación a los convertidores de frecuencia. Todos ellos afectan a las características de CEM del sistema. El sistema TN-S de cinco cables se considera el mejor en cuanto a CEM, mientras que el sistema aislado IT es el menos recomendable.

Tipo de sistema	Descripción
Sistemas de red de TN	Existen dos tipos de sistemas de distribución de red de TN: TN-S y TN-C.
TN-S	Se trata de un sistema de cinco cables con conductor neutro (N) y conexión a tierra de protección (PE) separados. Ofrece las mejores propiedades CEM y evita la transmisión de interferencias.
TN-C	Se trata de un sistema de cuatro cables con un conductor común neutro y conexión a tierra de protección (PE) en todo el sistema. La suma de un conductor neutro y una conexión a tierra de protección genera malas características de CEM.
Sistemas de red TT	Se trata de un sistema de cuatro cables con un conductor neutro conectado a tierra y una conexión a tierra individual del sistema de convertidores de frecuencia. Este sistema presenta buenas características de CEM si se realiza bien la conexión a tierra.
Sistema de red IT	Se trata de un sistema de cuatro cables aislado con el conductor neutro no conectado a tierra o conectado a tierra a través de una impedancia.

Tabla 11.1 Sistemas de red de CA y características de CEM

11.2 Conexiones del terminal de alimentación

Al conectar la alimentación, tenga en cuenta lo siguiente:

- Calcule el tamaño del cableado a partir de la intensidad de entrada del convertidor de frecuencia. Consulte los tamaños máximos de cable en el *capétulo 6.5 Especificaciones en función de la potencia*.
- Cumpla los códigos eléctricos locales y nacionales en las dimensiones de los cables.

AVISO!

VARIOS CABLES DE RED

Si se conecta más de un conjunto de terminales de red, utilice el mismo número, tamaño y longitud de cables para cada conjunto de terminales. Por ejemplo, no utilice un cable en un terminal de red y dos cables en otro terminal de red.

Sistema de módulos de dos convertidores de frecuencia

La *Ilustración 10.8* y la *Ilustración 10.9* muestran las conexiones de terminal de alimentación en sistemas de dos convertidores de frecuencia de seis y de doce pulsos, respectivamente.

- Si se utiliza un diseño de terminal común con un sistema de dos convertidores y seis pulsos, habrá un conjunto de terminales de red.
- El diseño de terminal común no puede utilizarse con conexiones de la red de alimentación de doce pulsos en sistemas de dos módulos de convertidor de frecuencia. Los cables de red se conectan directamente a los terminales de entrada del convertidor.
- Hay terminales de freno individuales disponibles en cada módulo de convertidor. Conecte un número idéntico de los cables recomendados a los terminales de freno individuales.

Sistemas de módulos de cuatro convertidores de frecuencia

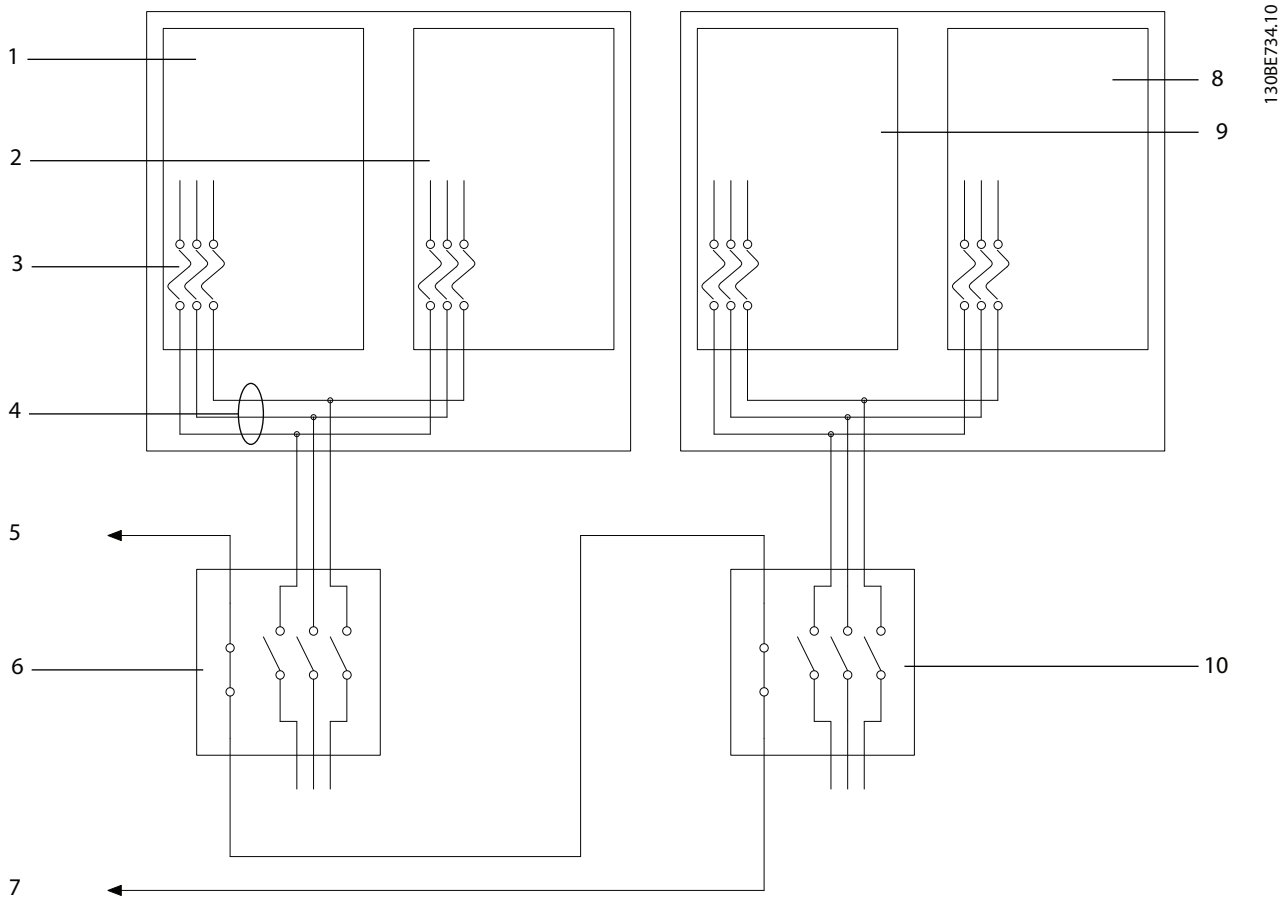
La *Ilustración 10.10* muestra las conexiones del terminal de alimentación en sistemas de cuatro convertidores de frecuencia. Si se utiliza un diseño de terminal común, habrá un conjunto de terminales de red en cada alojamiento.

11.3 Configuración de desconector de doce pulsos

En este apartado se describe cómo utilizar un desconector con un sistema de convertidor de doce pulsos. Al utilizar desconectores o contactores, asegúrese de instalar un enclavamiento. Consulte el *Ilustración 11.1*. Una vez instalados, tanto los contactores como los desconectores deben cerrarse para evitar que uno de los conjuntos de rectificadores no funcione.

Utilice contactos auxiliares NC con contactores o desconectores de alimentación. Conecte el enclavamiento en serie con el conmutador Klixon del freno. Si solo se ha cerrado un contactor/desconector, el LCP mostrará el error *Fallo del IGBT del freno* y no permitirá que el sistema de convertidor arranque el motor. En la *Ilustración 11.2* se

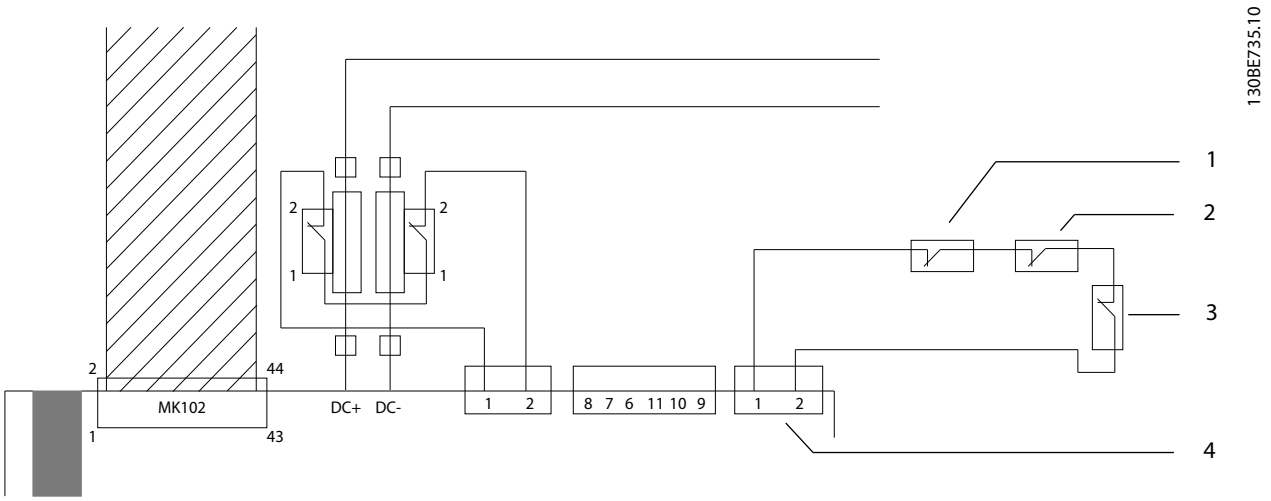
muestra una conexión BRF con desconector y enclavamiento de doce pulsos.



1	Módulo de convertidor de frecuencia 1	6	Desconector 1
2	Módulo de convertidor de frecuencia 2	7	Fallo de freno
3	Fusibles complementarios	8	Módulo de convertidor de frecuencia 3
4	Barras conductoras de entrada de alimentación	9	Módulo de convertidor de frecuencia 4
5	Fallo de freno	10	Desconector 2

Ilustración 11.1 Conexión de enclavamiento/desconector de doce pulsos

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.



1	Desconector de contacto auxiliar 1	3	Conmutador Klixon
2	Desconector de contacto auxiliar 2	4	Terminal BRF

Ilustración 11.2 Conexión BRF con enclavamiento/desconector de doce pulsos

AVISO!

Si no se selecciona la opción de freno, el conmutador Klixon puede tener bypass.

AVISO!

Danfoss no se hace responsable de cualquier fallo o funcionamiento defectuoso del conmutador desconector/contactor.

11

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

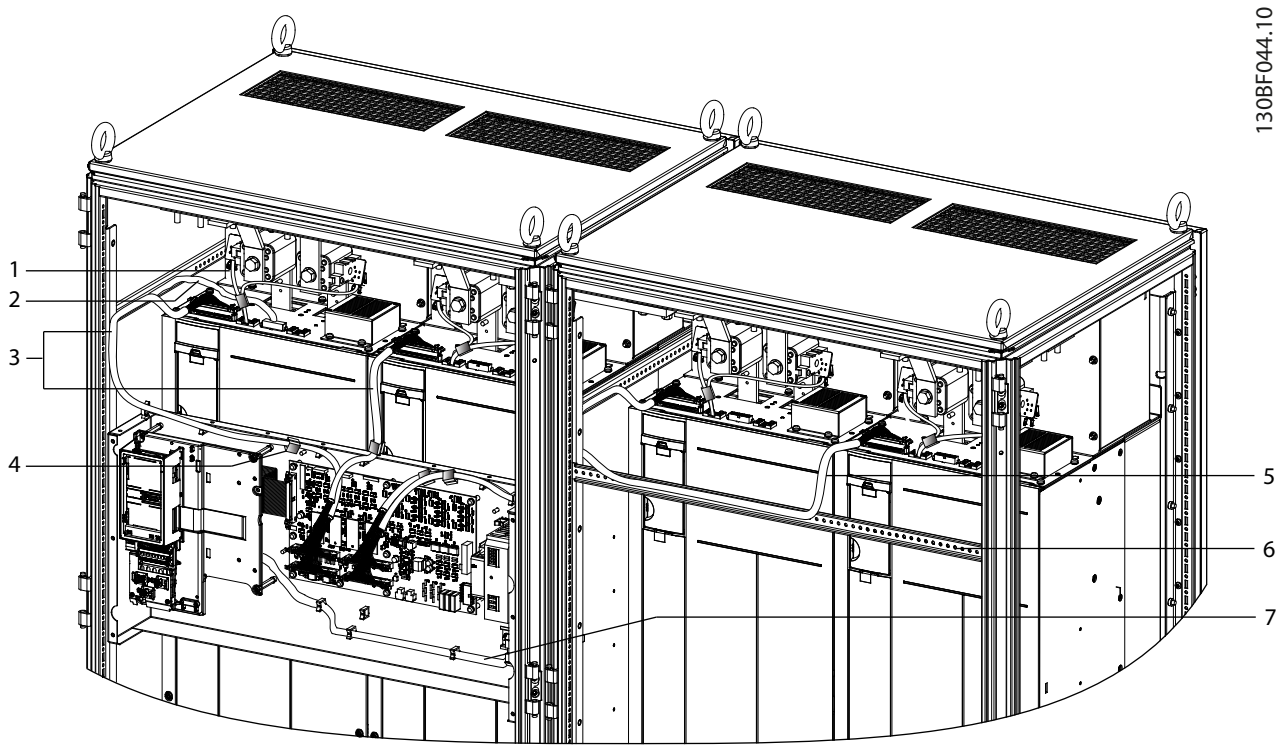
12 Cableado de control

12.1 Tendido de los cables de control

Tendido de los cables

Tienda los cables en el interior de los alojamientos de los convertidores de frecuencia tal como se muestra en la *Ilustración 12.1*. El trazado de los cables será idéntico en una configuración de dos convertidores, salvo por el número de módulos de convertidor utilizados.

- Aísle el cableado de control de los componentes de alta potencia de los módulos de convertidor de frecuencia.
- Cuando el módulo de convertidor de frecuencia esté conectado a un termistor, asegúrese de que el cableado de control del termistor esté apantallado y reforzado o doblemente aislado. Se recomienda un suministro externo de 24 V CC. Consulte el *Ilustración 12.2*.



1	Cable de microrruptor	5	Cable plano de 44 pines de la tarjeta MDCIC al módulo de convertidor número 4
2	Cable de relé (se muestra conectado al terminal de la parte superior del módulo)	6	Soporte del cable plano
3	Cable plano de 44 pines de la tarjeta MDCIC a los módulos de convertidor números 1 y 2	7	Cable de relé (se muestra conectado al terminal de relé del armario de control)
4	Núcleo de ferrita	–	–

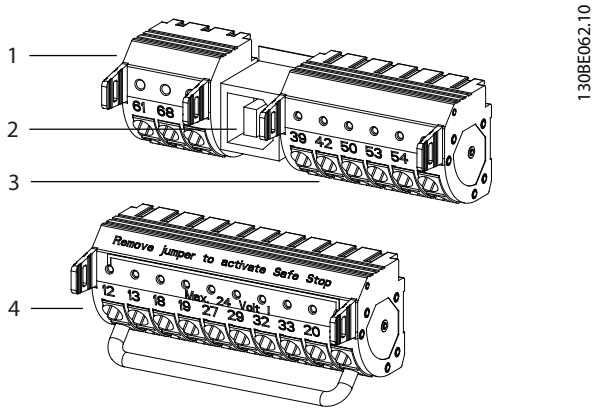
Ilustración 12.1 Tendido de cables de control en un sistema de cuatro convertidores

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

12.2 Terminales de control

12.2.1 Tipos de terminal de control

La *Ilustración 12.2* muestra los terminales extraíbles del convertidor de frecuencia. Las funciones de los terminales y los ajustes predeterminados están resumidos en la *Tabla 12.1*. Consulte la *Ilustración 12.2* para conocer la ubicación de los terminales de control en el interior de la unidad.



1	Los terminales (+)68 y (–)69 son para una conexión de comunicación serie RS485.
2	Puerto USB disponible para ser utilizado con el Software de configuración MCT 10.
3	Dos entradas analógicas, una salida analógica, tensión de alimentación de 10 V CC y opciones comunes para las entradas y la salida.
4	Cuatro terminales de entrada digital programables, dos terminales digitales adicionales programables como entrada o salida, tensión de alimentación para terminales de 24 V CC y una opción común para la tensión opcional suministrada por el cliente de 24 V CC.

Ilustración 12.2 Ubicación de los terminales de control

12

Terminal	Parámetro	Ajustes predeterminados	Descripción
Entradas/salidas digitales			
12, 13	–	+24 V CC	Entradas digitales. Suministro externo de 24 V CC. La intensidad máxima de salida es de 200 mA para todas las cargas de 24 V. Se utiliza para entradas digitales y transductores externos.
18	*Parámetro 5-10 Terminal 18 Entrada digital*	*[8] Arranque*	
19	*Parámetro 5-11 Terminal 19 entrada digital*	*[10] Cambio de sentido*	
32	*Parámetro 5-14 Terminal 32 entrada digital*	*[0] Sin función*	
33	*Parámetro 5-15 Terminal 33 entrada digital*	*[0] Sin función*	
27	*Parámetro 5-12 Terminal 27 Entrada digital*	*[2] Inercia*	Se puede seleccionar para entrada o salida digital. El ajuste predeterminado es entrada.
29	*Parámetro 5-13 Terminal 29 Entrada digital*	*[14] Velocidad fija*	
20	–	–	Común para entradas digitales y potencial de 0 V para una fuente de alimentación de 24 V.
37	–	Safe Torque Off (STO)	Entrada segura (opcional). Se utiliza para STO.
Entradas/salidas analógicas			
39	–	–	Común para salida analógica.

Terminal	Parámetro	Ajustes predeterminados	Descripción
Entradas/salidas digitales			
42	*Parámetro 6-50 Terminal 42 salida*	Velocidad 0-Límite Alto	Salida analógica programable. La señal analógica es de 0-20 mA o 4-20 mA a una tensión de alimentación analógica de 10 V CC y 500 Ω como máximo. Para potenciómetros o termistores, se suele utilizar un máximo de 15 mA.
50	–	+10 V CC	
53	*Grupo de parámetros 6-1* Entrada analógica 1*	Referencia	Entrada analógica. Seleccionable para tensión o corriente. Los conmutadores A53 y A54 seleccionan mA o V.
54	*Grupo de parámetros 6-2* Entrada analógica 2*	Realimentación	
55	–	–	Común para entradas analógicas
Comunicación serie			
61	–	–	Filtro RC integrado para el apantallamiento de cables. SOLO para conectar el apantallamiento cuando se produzcan problemas de CEM.
68 (+)	*Grupo de parámetros 8-3* Ajuste puerto FC*	–	Interfaz RS485. El conmutador de la tarjeta de control se suministra para la resistencia de terminación.
69 (-)	*Grupo de parámetros 8-3* Ajuste puerto FC*	–	
Relés			
01, 02, 03	*Parámetro 5-40 Relé de función* [0]	*[9] Alarm*	Salida de relé en forma de C. Se utiliza para tensión de CA o CC y cargas resistivas o inductivas.
04, 05, 06	*Parámetro 5-40 Relé de función* [1]	*[5] En func.*	

Tabla 12.1 Descripción del terminal

Terminales adicionales:

- Dos salidas de relé en forma de C. La ubicación de las salidas depende de la configuración del convertidor de frecuencia.
- Terminales ubicados en equipo opcional integrado. Consulte el manual suministrado con la opción del equipo.

12.2.2 Cableado a los terminales de control

Los conectores del terminal se pueden desmontar para un acceso sencillo.

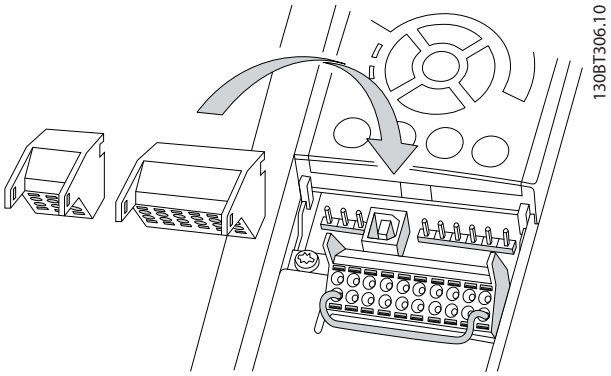


Ilustración 12.3 Desmontaje de los terminales de control

12.2.3 Activación del funcionamiento del motor

Se necesita un puente entre el terminal 12 (o 13) y el 27 para que el convertidor de frecuencia funcione cuando utilice valores de programación ajustados en fábrica.

- El terminal de entrada digital 27 está diseñado para recibir una orden de parada externa de 24 V CC.
- Cuando no se utiliza un dispositivo de enclavamiento, conecte un puente desde el terminal de control 12 (recomendado) o el 13 al terminal 27. Dicho puente genera una señal interna de 24 V en el terminal 27.
- Cuando en la línea de estado de la parte inferior del LCP aparece *INERCIA REMOTA AUTOMÁTICA*, esto indica que la unidad está lista para funcionar

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

pero que falta una señal de entrada en el terminal 27.

- Si el equipo opcional instalado en fábrica está conectado al terminal 27, no quite el cableado.

12.2.4 Selección de la entrada de tensión/ corriente

Los terminales de red analógicos 53 y 54 permiten el ajuste de señales de entrada tanto para la tensión (0-10 V) como para la corriente (0/4-20 mA). Consulte la *Ilustración 12.2* para conocer la ubicación de los terminales de control en el interior del sistema de convertidores.

Ajustes predeterminados de los parámetros:

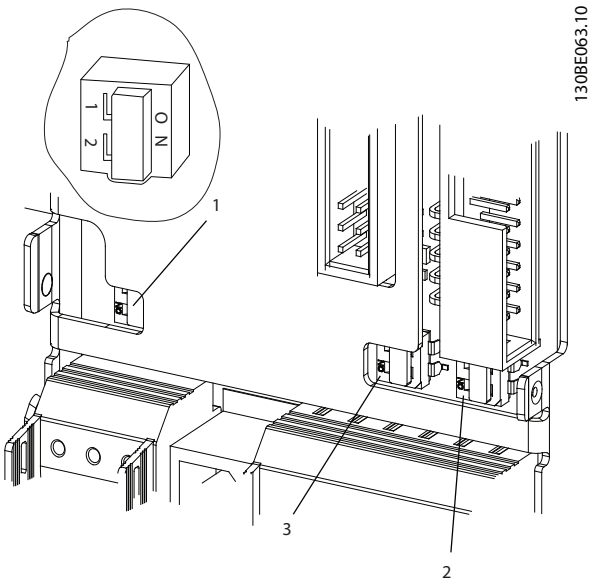
- Terminal 53: señal de referencia de velocidad en lazo abierto (consulte *parámetro 16-61 Terminal 53 ajuste conex.*).
- Terminal 54: señal de realimentación en lazo cerrado (consulte *parámetro 16-63 Terminal 54 ajuste conex.*).

AVISO!

DESCONECTE LA ALIMENTACIÓN

Apague la alimentación del convertidor de frecuencia antes de cambiar las posiciones del conmutador.

1. Extraiga el LCP (consulte la *Ilustración 12.4*).
2. Retire cualquier equipo opcional que cubra los conmutadores.
3. Configure los conmutadores A53 y A54 para seleccionar el tipo de señal. U selecciona la tensión; I selecciona la corriente.



1	Conmutador de terminación de bus
2	Conmutador A54
3	Conmutador A53

Ilustración 12.4 Ubicaciones del conmutador de terminación de bus y de los conmutadores A53 y A54

12.2.5 Comunicación serie RS485

Con el sistema de convertidores, puede utilizarse un bus de comunicación serie RS485. Se pueden conectar hasta 32 nodos, como un bus o mediante cables conectados a una línea de tronco común, a un segmento de la red. Pueden utilizarse repetidores para dividir los segmentos de la red. Cada repetidor funciona como un nodo dentro del segmento en el que está instalado. Cada nodo conectado en una red determinada debe tener una dirección de nodo única en todos los segmentos.

- Conecte el cableado de comunicación serie RS485 a los terminales (+)68 y (–)69.
- Cada segmento debe terminarse en ambos extremos, utilizando bien el conmutador de terminación (term. de bus activado/desactivado, consulte la *Ilustración 12.4*) del módulo de convertidor, o bien una red predispuesta de resistencias de terminación.
- Conecte una gran superficie del apantallamiento a la conexión toma a tierra, por ejemplo, mediante una abrazadera o un prensacables conductor.
- Mantenga el mismo potencial de masa en toda la red utilizando cables ecualizadores de potencial.
- Para evitar diferencias de impedancia, utilice el mismo tipo de cable en toda la red.

Cable	Par trenzado apantallado (STP)
Impedancia	120 Ω
Longitud máxima de cable	
Entre estaciones [m (ft)]	500 (1640)
Total, incluidos los ramales conectables [m (ft)]	1200 (3937)

Tabla 12.2 Información del cable

12.3 Salida Relé [bin]

El terminal de relé se encuentra en la placa superior del módulo de convertidor. Conecte el terminal de relé del módulo de convertidor número 1 (el módulo de convertidor situado más a la izquierda) a los bloques de terminales del armario de control mediante un mazo de cables ampliado.

AVISO!

A modo de referencia, los módulos de convertidor se numeran de izquierda a derecha.

Relé 1

- Terminal 01: Común
- Terminal 02: normalmente abierto, 400 V CA
- Terminal 03: normalmente cerrado, 240 V CA

Relé 2

- Terminal 04: Común
- Terminal 05: normalmente abierto, 400 V CA
- Terminal 06: normalmente cerrado, 240 V CA

El relé 1 y el relé 2 se programan en *parámetro 5-40 Relé de función*, *parámetro 5-41 Retardo conex, relé* y *parámetro 5-42 Retardo desconex, relé*.

Utilice el módulo de opción VLT® Relay Card MCB 105 para las salidas de relé adicionales.

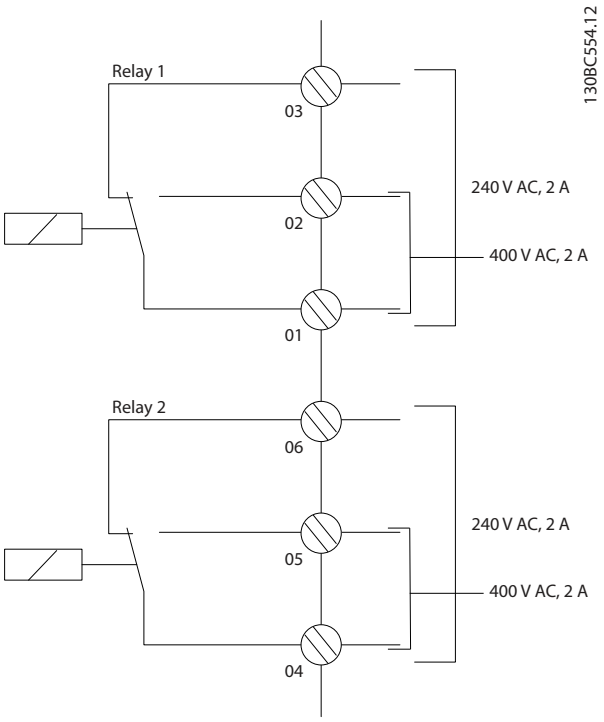


Ilustración 12.5 Salidas de relé adicionales

12

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

13 Frenado

13.1 Tipos de frenado

El convertidor de frecuencia utiliza tres tipos de frenado:

- Freno de retención mecánico
- Freno dinámico
- Control de freno mecánico

Freno de retención mecánico
Un freno de retención mecánico es una pieza externa del equipo montada directamente en el eje del motor que realiza un frenado estático. El frenado estático se lleva a cabo cuando el freno se utiliza para frenar el motor después de detener la carga. Un freno de retención está controlado por un PLC o directamente a través de una salida digital desde el convertidor de frecuencia.

AVISO!

Un convertidor de freno no puede controlar con seguridad un freno mecánico. Debe incluirse en la instalación un sistema de circuitos redundante para el control de frenos.

Freno dinámico
El freno dinámico se realiza internamente dentro del convertidor de frecuencia y se utiliza para ralentizar el motor hasta una parada eventual. Utilice los siguientes métodos para aplicar el freno dinámico:

- Resistencia de frenado: una puerta lógica IGBT del freno mantiene una sobretensión bajo un umbral determinado dirigiendo la energía del freno desde el motor a la resistencia de frenado conectada.
- Freno de CA: La energía del freno se distribuye en el motor mediante la modificación de las condiciones de pérdida del motor. La función de freno de CA no puede utilizarse en aplicaciones con alta frecuencia de reseteo, ya que esta función sobrecalienta el motor.
- Freno de CC: una intensidad de CC sobremodulada añadida a la intensidad de CA funciona como un freno de corriente parásita.

Control de freno mecánico
En aplicaciones de elevación, es necesario controlar un freno electromagnético. Para controlar el freno, se necesita una salida de relé (relé 1 o relé 2) o una salida digital programada (terminal 27 o 29). Normalmente, esta salida debe estar cerrada mientras el convertidor de frecuencia no pueda mantener el motor.

Si el convertidor de frecuencia entra en una condición de alarma, como una situación de sobretensión, el freno mecánico se activa inmediatamente. El freno mecánico también se activa durante la función de Safe Torque Off.

AVISO!

Para aplicaciones de elevación o descenso vertical, se recomienda encarecidamente asegurarse de que se pueda detener la carga en caso de emergencia o funcionamiento defectuoso. Si el convertidor de frecuencia se encuentra en modo de alarma o en una situación de sobretensión, el freno mecánico se activará.

13.2 Resistencia de frenado

13.2.1 Selección de resistencia de frenado

Para gestionar mayores demandas debidas a un frenado generador, es necesaria una resistencia de frenado. El uso de una resistencia de frenado garantiza que la energía es absorbida por esta y no por el convertidor de frecuencia. Para obtener más información, consulte la *Guía de diseño de VLT® Brake Resistor MCE 101*.

Si no se conoce la cantidad de energía cinética transferida a la resistencia en cada periodo de frenado, la potencia media puede calcularse a partir del tiempo de ciclo y del tiempo de frenado (ciclo de trabajo intermitente). El ciclo de trabajo intermitente de la resistencia es un indicador del ciclo de trabajo con el que funciona la misma. *Ilustración 13.1* muestra un ciclo de frenado típico.

AVISO!

Los proveedores de motores suelen utilizar S5 al declarar la carga admisible, que es una expresión del ciclo de trabajo intermitente.

El ciclo de trabajo intermitente de la resistencia se calcula como se indica a continuación:

Ciclo de trabajo = t_b/T

T = tiempo del ciclo en s
t_b es el tiempo de frenado en segundos (del tiempo de ciclo total)

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

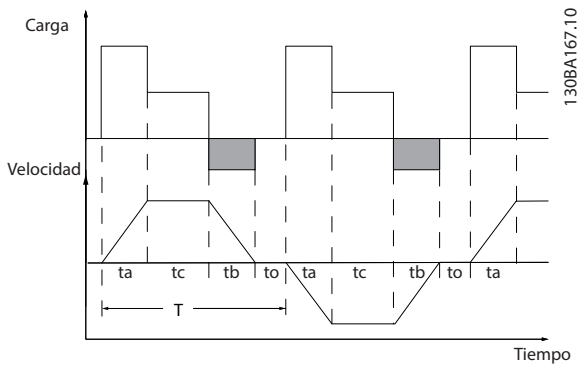


Ilustración 13.1 Ciclo de frenado típico

Niveles de potencia de frenado

Los siguientes niveles de potencia de frenado son aplicables a los VLT® Parallel Drive Modules.

Potencia kW (CV)	Tiempo de ciclo (s)	Ciclo de trabajo de frenado al 100 % del par	Ciclo de trabajo de frenado a par de sobrecarga (150 %)
VLT® HVAC Drive FC 102 y VLT® AQUA Drive FC 202 (380-480 V)			
315 (450)	600	Continua	10%
355–1000 (500–1350)	600	40%	10%
VLT® HVAC Drive FC 102 y VLT® AQUA Drive FC 202 (525-690 V)			
315–355 (450–500)	600	Continua	10%
400–1200 (400–1350)	600	40%	10%
VLT® AutomationDrive FC 302 (380-480 V)			
250 (350)	600	Continua	10%
315–800 (450–1200)	600	40%	10%
VLT® AutomationDrive FC 302 (525-690 V)			
250–315 (300–350)	600	Continua	10%
355–1000 (450–1150)	600	40%	10%

Tabla 13.1 Ciclo de frenado para módulos de convertidor de frecuencia en paralelo

Danfoss ofrece resistencias de frenado con ciclo de trabajo del 5 %, del 10 % y del 40 %. Si se aplica un ciclo de trabajo del 10 %, las resistencias de frenado son capaces de absorber potencia de frenado durante un 10 % del tiempo de ciclo. El restante 90 % del tiempo de ciclo se utiliza para disipar el exceso de calor.

Asegúrese de que la resistencia esté diseñada para manejar el tiempo de frenado requerido. La carga máxima admisible en la resistencia de frenado se establece como una potencia pico en un determinado ciclo de trabajo intermitente. La resistencia de freno se calcula de la siguiente manera:

$$R_{br}\ [\Omega] = \frac{U_{cc}^2}{P_{pico}}$$

donde

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

La resistencia de frenado depende de la tensión del enlace de CC (U_{cc}).

Tensión	Freno activo	Advertencia antes de corte	Corte (desconexión)
380-480 V	769 V	810 V	820 V
525-690 V	1084 V	1109 V	1130 V

Tabla 13.2 Límites de frenado de los módulos de convertidor de frecuencia en paralelo VLT® HVAC Drive FC 102 y VLT® AQUA Drive FC 202

Tensión	Freno activo	Advertencia antes de corte	Corte (desconexión)
380-500 V	795 V	828 V	855 V
525-690 V	1084 V	1109 V	1130 V

Tabla 13.3 Límites de freno de los módulos de convertidor de frecuencia en paralelo VLT® AutomationDrive FC 302

AVISO!

Compruebe que la resistencia de frenado puede manejar una tensión de 410 V, 820 V, 850 V, 975 V o 1130 V a menos que se utilicen resistencias de frenado de Danfoss.

Danfoss recomienda la resistencia de freno R_{rec}. El uso de la fórmula R_{rec} garantiza que el convertidor de frecuencia sea capaz de frenar con la máxima potencia de frenado ($M_{br(\%)}$ del 160 %). La fórmula puede expresarse como:

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

η_{motor} se encuentra normalmente a 0,90

η_{VLT} se encuentra normalmente a 0,98

Para convertidores de frecuencia de 480 V, 500 V y 600 V, R_{rec} al 160 % de potencia de frenado se escribe como:

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

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

13

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

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

AVISO!

No seleccione una resistencia de circuito de freno mayor que la recomendada por Danfoss. Una resistencia de frenado por chopper de frenado.

AVISO!

Si se produce un cortocircuito en el transistor de freno, la disipación de potencia en la resistencia de frenado solo se puede impedir por medio de un contactor o un conmutador de red que desconecte la alimentación eléctrica del convertidor de frecuencia. El contactor se puede controlar con el convertidor de frecuencia.

⚠ADVERTENCIA

RIESGO DE INCENDIO

Las resistencias de frenado pueden alcanzar temperaturas muy elevadas mientras se rompen o después y deben colocarse en un entorno seguro, para evitar el riesgo de incendio.

13.2.2 Control con Función de freno

El freno está protegido contra cortocircuitos en la resistencia de frenado y el transistor de freno está controlado para garantizar la detección de cortocircuitos en el transistor. Puede utilizarse una salida digital / de relé para proteger de sobrecargas la resistencia de frenado generando un fallo en el convertidor de frecuencia.

Además, el freno permite leer la potencia instantánea y principal de los últimos 120 segundos. El freno también puede controlar la potencia y asegurar que no se supere el límite programable ajustado en el LCP.

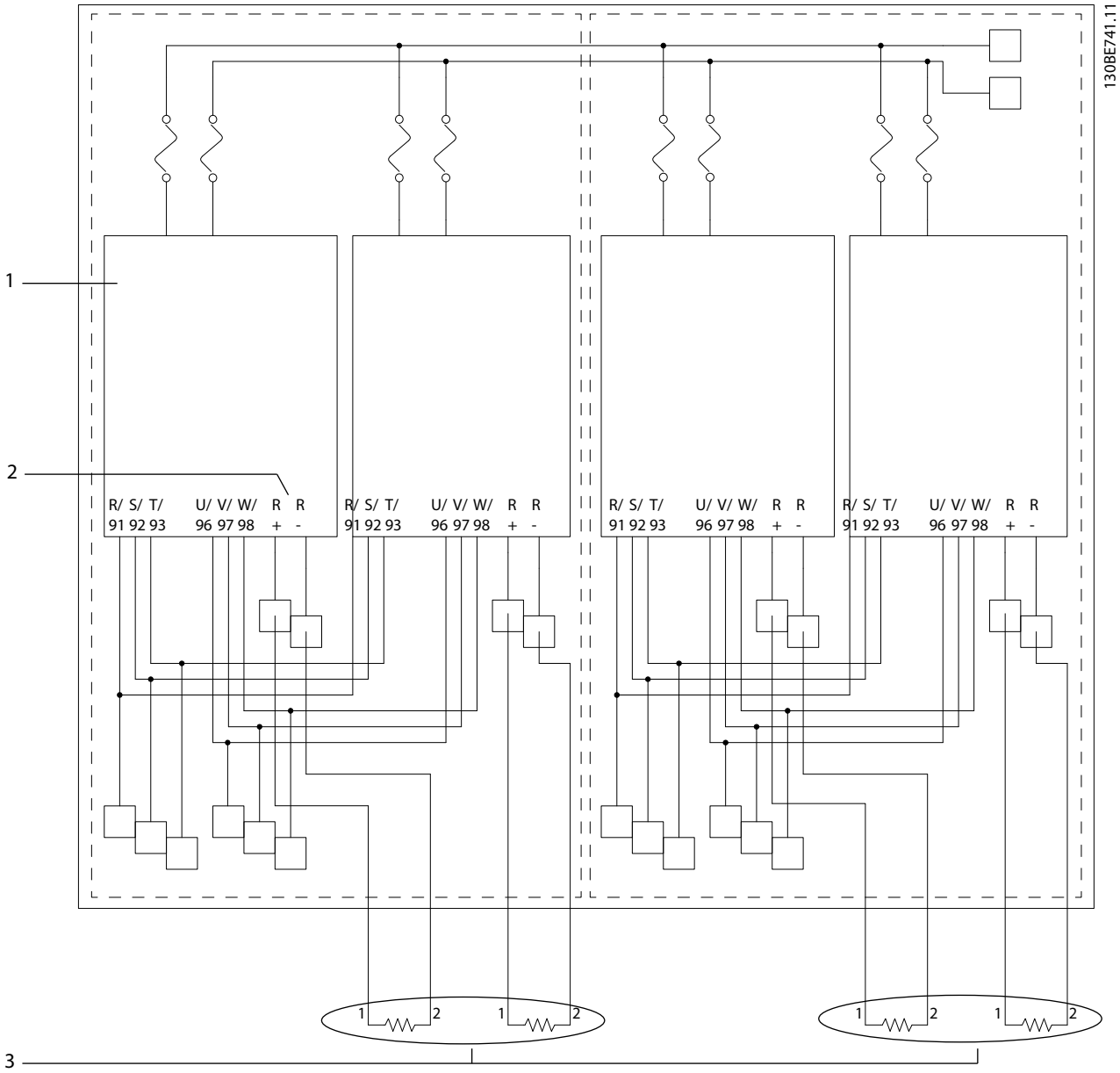
AVISO!

El control de la potencia de frenado no es una función de seguridad; se necesita un conmutador térmico para lograr ese objetivo. El circuito de resistencia de frenado no tiene protección de fuga a tierra.

Puede seleccionarse el control de sobretensión (OVC) como función de freno alternativa. Esta función está activada para todas las unidades y asegura que, si la tensión del enlace de CC aumenta, la frecuencia de salida también aumenta para limitar la tensión del enlace de CC y así evitar una desconexión.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

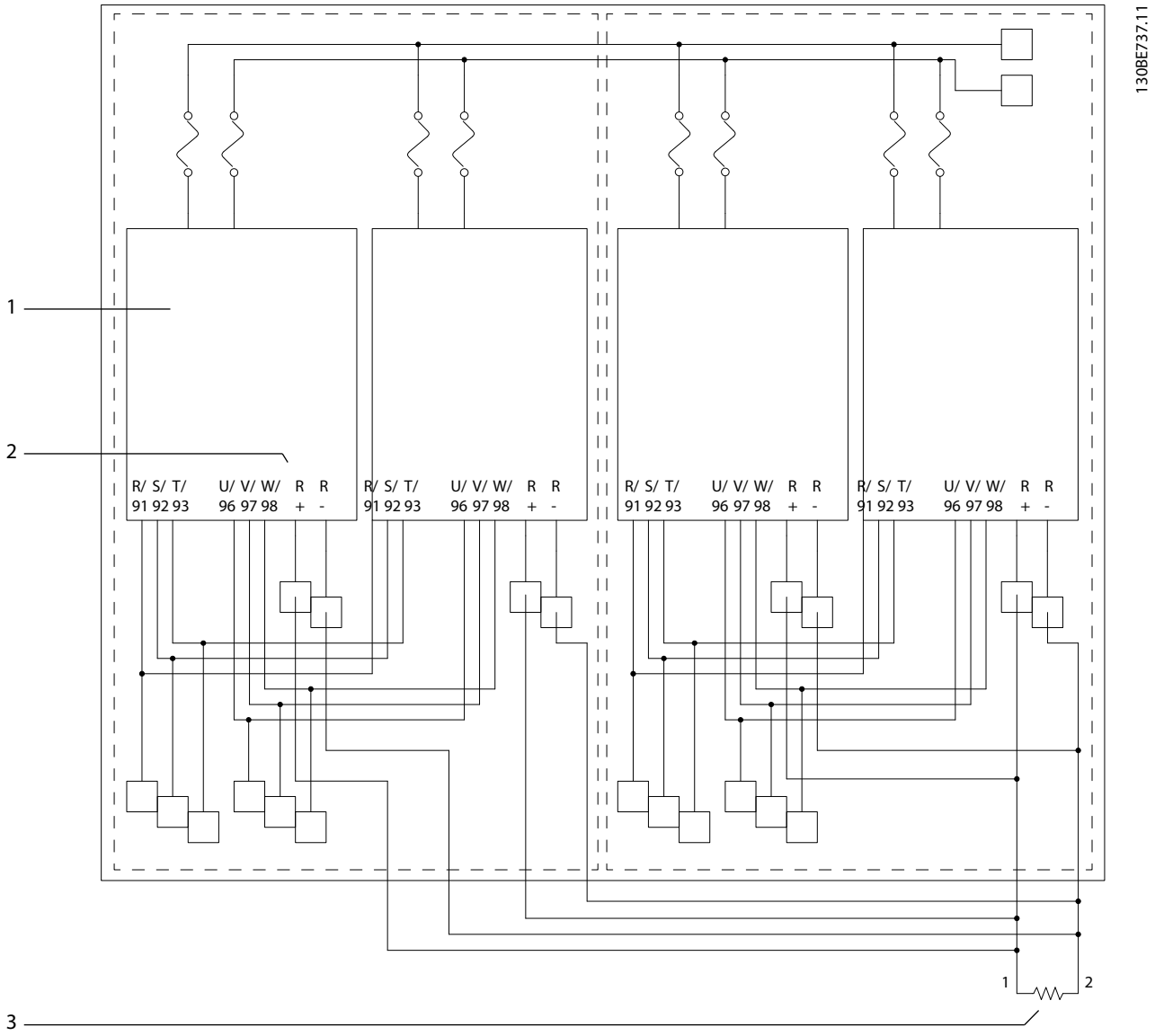
13.2.3 Conexión de la resistencia de frenado



1	Módulo del convertidor de frecuencia	3	Resistencias de frenado individuales
2	Terminales de freno	–	–

Ilustración 13.2 Conexión de una resistencia de frenado individual para cada módulo de convertidor de frecuencia

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.



1	Módulo del convertidor de frecuencia	3	Resistencia de frenado común
2	Terminales de freno	–	–

Ilustración 13.3 Conexión de una resistencia de frenado común para cada módulo de convertidor de frecuencia

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

14 Controladores

14.1 Visión de conjunto de la velocidad y el control de par

El convertidor de frecuencia puede controlar tanto la velocidad como el par en el eje del motor. El ajuste de *parámetro 1-00 Modo Configuración* determina el tipo de control.

Control de velocidad
Hay dos tipos de control de velocidad:

- El lazo abierto no requiere realimentación del motor (sensorless).
- El PID de lazo cerrado requiere una realimentación de velocidad hacia una entrada. Un control de lazo cerrado de velocidad, debidamente optimizado, tiene una precisión mayor que un control de lazo abierto. El control de velocidad selecciona qué entrada se utilizará como realimentación PID de velocidad en el *parámetro 7-00 Fuente de realim. PID de veloc.*.

Control de par
La función de control de par se utiliza en aplicaciones en las que el par de salida de eje motor controla la aplicación como control de tensión. El control de par se selecciona en *parámetro 1-00 Modo Configuración*, bien en *[4] Lazo abierto de par* o *[2] Par*. El ajuste de par se realiza mediante la configuración de una referencia analógica, digital o controlada mediante bus. El factor de límite máximo de velocidad se define en el *parámetro 4-21 Speed Limit Factor Source*. Al efectuar el control de par, Danfoss recomienda llevar a cabo un procedimiento AMA completo, ya que los datos correctos del motor son esenciales para obtener un rendimiento óptimo.

- El lazo cerrado en modo de flujo con realimentación de encoder ofrece un rendimiento superior en los cuatro cuadrantes y a todas las velocidades del motor.
- Modo lazo abierto en VVC$^+$. La función se utiliza en aplicaciones mecánicamente robustas, pero su precisión es limitada. La función de par de lazo abierto funciona solo en una dirección de velocidad. El par se calcula en función de la medida de corriente del convertidor de frecuencia. Consulte el *capétulo 17 Ejemplos de aplicaciones*.

Referencia de velocidad / par
La referencia a estos controles puede ser una referencia única o la suma de varias, incluyendo referencias de escalado relativo. Para obtener más información sobre el manejo de referencias, consulte el *capétulo 15 Manejo de referencias*.

14.2 Principio de control

Los convertidores de frecuencia rectifican la tensión de CA de la red de alimentación y la convierten en tensión de CC, después de lo cual dicha tensión de CC se convierte en corriente CA de amplitud y frecuencia variables.

De este modo, el motor recibe una tensión/intensidad y frecuencia variables, lo que permite un control de velocidad infinitamente variable en motores CA trifásicos estándar y en motores síncronos de magnetización permanente.

Los terminales de control proporcionan cableado de control, referencia y otras señales de entrada a los siguientes elementos:

- Convertidor de frecuencia
- Salida del estado del convertidor de frecuencia y situaciones de fallo
- Relés para utilizar equipos auxiliares
- Interfaz de comunicación serie

Los terminales de control son programables para diferentes funciones seleccionando opciones de parámetros descritas en la red o en los menús rápidos. La mayor parte del cableado de control es suministrado por el cliente a no ser que se solicite a fábrica. También se suministra un suministro externo de 24 V CC para su uso con las entradas y salidas de control del convertidor de frecuencia.

Tabla 14.1 describe las funciones de los terminales de control. Muchos de estos terminales tienen múltiples funciones determinadas por los ajustes de los parámetros. Algunas opciones proporcionan terminales adicionales. Consulte el *capétulo 10.5 Conexiones del terminal del motor* para obtener la ubicación de los terminales.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

Número de terminal	Función
01, 02, 03 y 04, 05, 06	Dos relés de salida en forma de C. Máximo 240 V CA, 2 A. Mínimo 24 V CC, 10 mA o 24 V CA, 100 mA. Puede utilizarse para indicar estados y advertencias. Físicamente en la tarjeta de potencia.
12, 13	Suministro externo de 24 V CC para entradas digitales y transductores externos. La intensidad máxima de salida es 200 mA.
18, 19, 27, 29, 32, 33	Entradas digitales para controlar el convertidor de frecuencia. R=2 kΩ. Menor de 5 V = 0 lógico (abierto). Mayor de 10 V = 1 lógico (cerrado). Los terminales 27 y 29 son programables como salidas digitales / de pulsos.
20	Común para entradas digitales.
37	Entrada de 0-24 V CC para parada de seguridad (algunas unidades).
39	Común para salidas analógicas y digitales.
42	Salidas analógicas y digitales para indicar valores tales como frecuencia, referencia, intensidad y par. La señal analógica es de 0/4 a 20 mA a un máximo de 500 Ω. La señal digital es de 24 V CC a un mínimo de 500 Ω.
50	Tensión de alimentación analógica máxima de 10 V CC, 15 mA para potenciómetro o termistor.
53, 54	Seleccionable para entrada de tensión de 0-10 V CC, R = 10 kΩ o señales analógicas de 0/4 a 20 mA, a un máximo de 200 Ω. Utilizado para señales de referencia o realimentación. Aquí se puede conectar un termistor.
55	Común para los terminales 53 y 54.
61	Común de RS485.
68, 69	Interfaz y comunicación serie RS485.

Tabla 14.1 Funciones de control del terminal (sin equipamiento opcional)

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

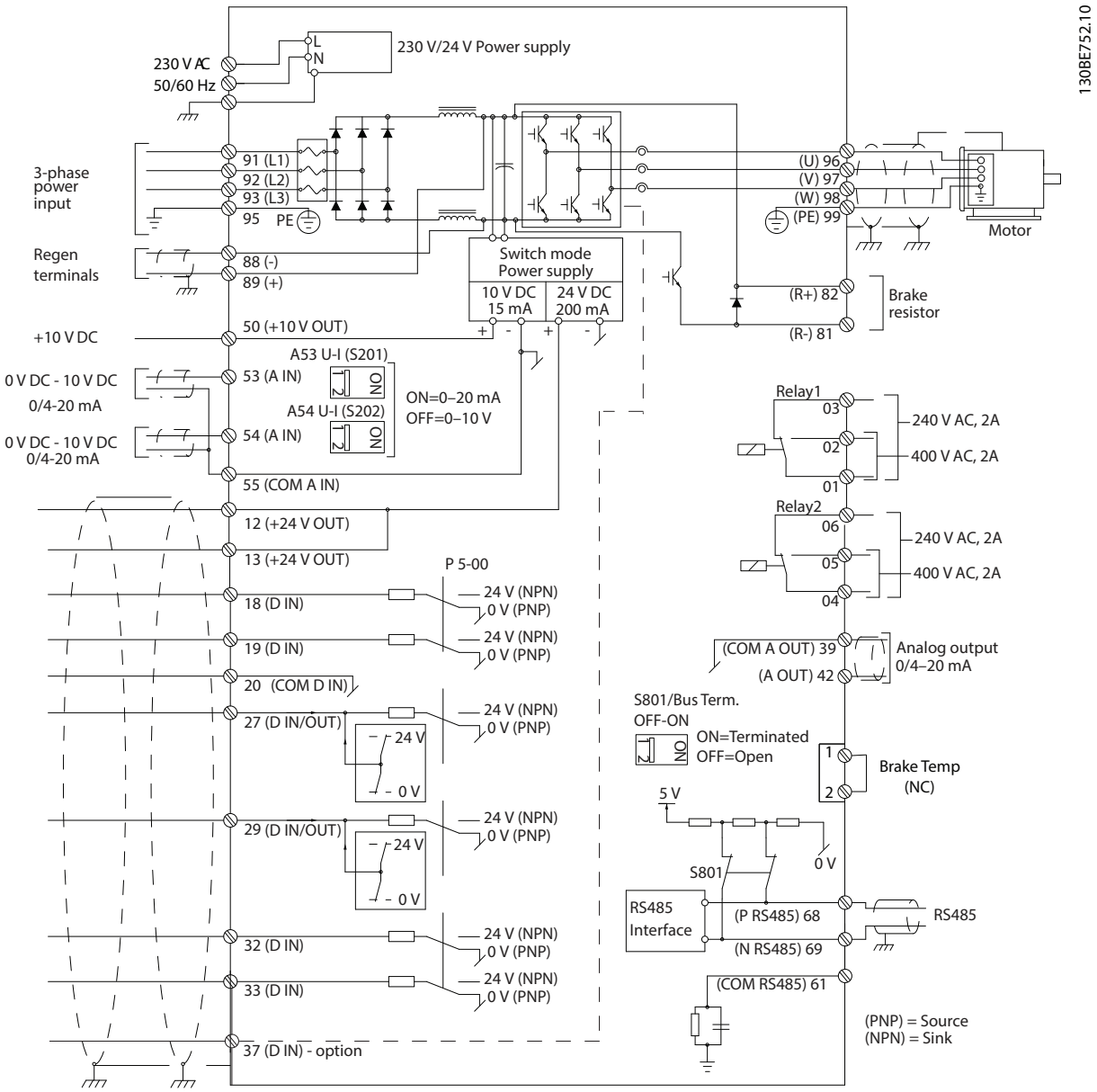


Ilustración 14.1 Diagrama de cableado

14

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

14.3 Estructura de control en el control vectorial avanzado VVC+

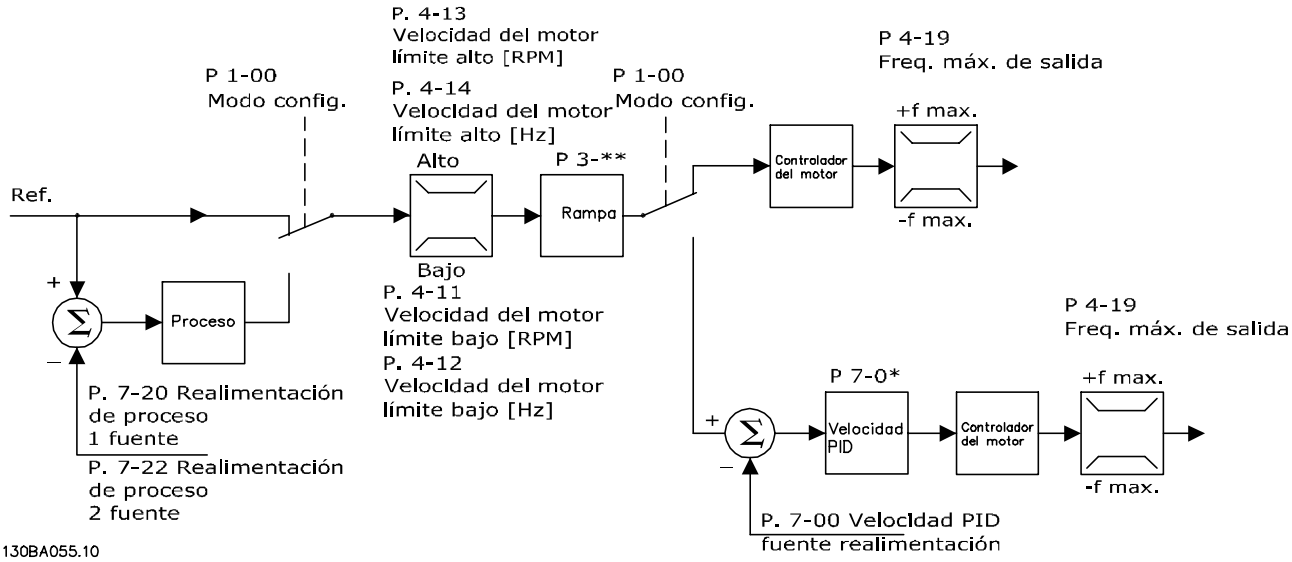


Ilustración 14.2 Estructura de control en configuraciones de lazo abierto y cerrado VVC+

En la *Ilustración 14.2*, el *parámetro 1-01 Principio control motor* se ajusta a *[1] VVC+* y el *parámetro 1-00 Modo Configuración* se ajusta a *[0] Veloc. lazo abierto*. Se recibe la referencia resultante del sistema de manejo de referencias y se transfiere a la limitación de rampa y de velocidad antes de enviarse al control del motor. La salida del control del motor se limita entonces según el límite de frecuencia máxima.

Si *parámetro 1-00 Modo Configuración* se ajusta a *[1] Veloc. Lazo Cerrado*, la referencia resultante pasará desde la limitación de rampa y limitación de velocidad a un control de PID de velocidad. Los parámetros del control de PID de velocidad se encuentran en el *grupo de parámetros 7-0* Speed PID Ctrl.* La referencia resultante del control de PID de velocidad se envía al control de motor limitado por el límite de frecuencia.

Para utilizar el control de PID de procesos para el control de lazo cerrado de la velocidad o la presión de la aplicación controlada, por ejemplo, seleccione *[3] Proceso* en el *parámetro 1-00 Modo Configuración*. Los parámetros del PID de proceso se encuentran en el *grupo de parámetros 7-2* Ctrl. realim. proc.* y en el *grupo de parámetros 7-3* Ctrl. PID proceso.*

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

14.4 Estructura de control en control de flujo sin realimentación

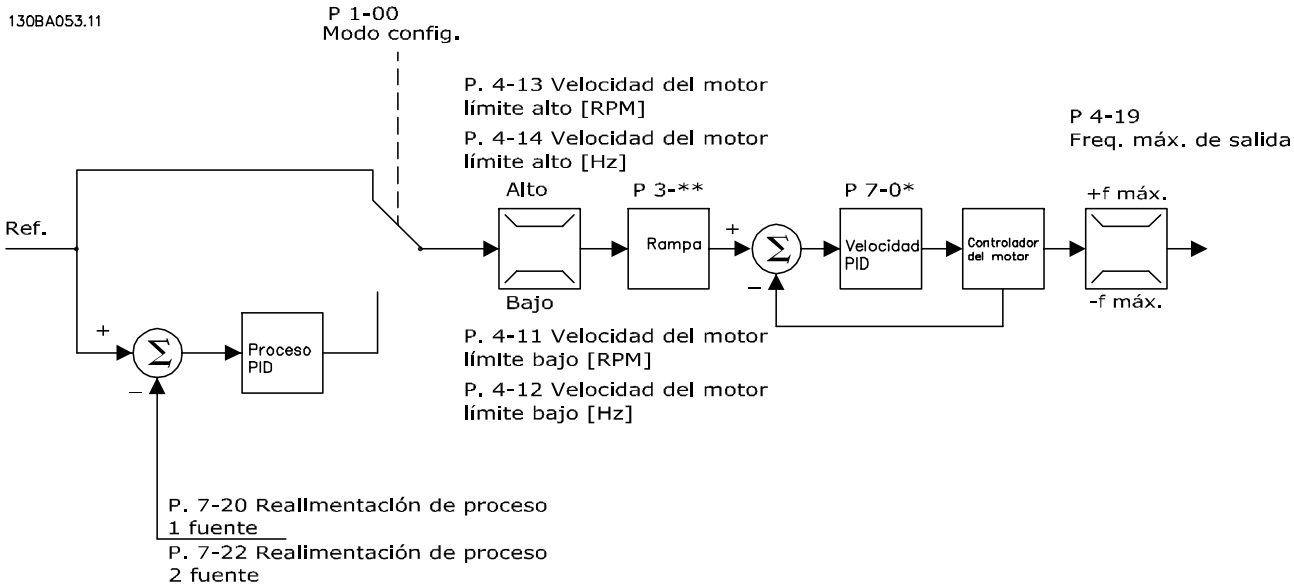


Ilustración 14.3 Estructura de control en configuraciones de lazo abierto y lazo cerrado de control de flujo sin realimentación

En la *Ilustración 14.3*, el *parámetro 1-01 Principio control motor* se ajusta a *[2] Flux sensorless* y el *parámetro 1-00 Modo Configuración* se ajusta a *[0] Veloc. lazo abierto*. La referencia resultante del sistema de manejo de referencias pasa a través de los límites de rampa y velocidad, tal y como determinan los ajustes de parámetros indicados.

Se genera una realimentación de velocidad estimada para el PID de velocidad con el fin de controlar la frecuencia de salida. El PID de velocidad debe ajustarse con sus parámetros P, I y D (*grupo de parámetros 7-0* Ctrlador PID vel.*).

Para utilizar el control de PID de procesos para el control de la velocidad o la presión de la aplicación controlada, por ejemplo, seleccione *[3] Proceso* en el *parámetro 1-00 Modo Configuración*. Los parámetros del PID de proceso se encuentran en el *grupo de parámetros 7-2* Ctrl. realim. proc.* y en el *grupo de parámetros 7-3* Ctrl. PID proceso.*

14.5 Estructura de control en Flux con Realimentación del motor

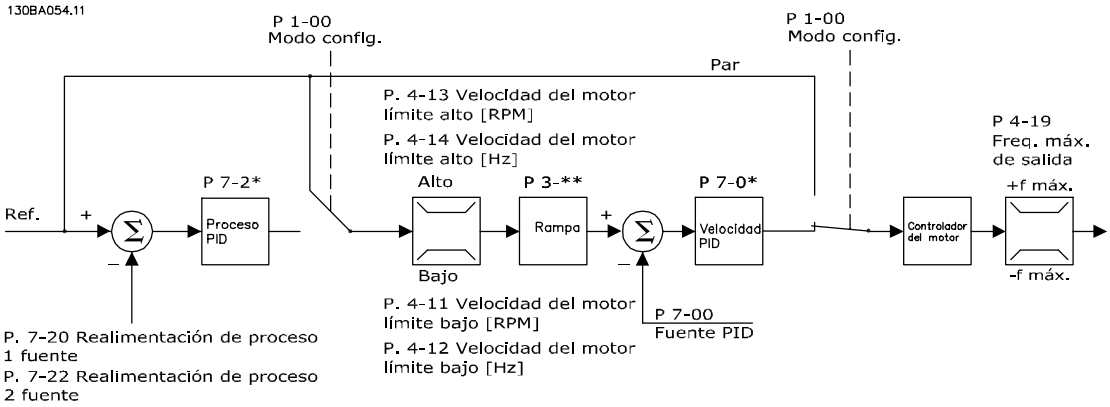


Ilustración 14.4 Estructura de control en configuración de flujo con realimentación del motor (disponible solo en el VLT® AutomationDrive FC 302)

En *Ilustración 14.4*, *parámetro 1-01 Principio control motor* se ajusta a *[3] Lazo Cerrado Flux* y *parámetro 1-00 Modo Configuración* se ajusta a *[1] Veloc. lazo cerrado*.

El control del motor en esta configuración se basa en una señal de realimentación procedente de un encoder montado directamente en el motor (que se ajusta en *parámetro 1-02 Realimentación encoder motor Flux*).

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

Para utilizar la referencia resultante como una entrada para el control de PID de velocidad, seleccione *[1] Veloc. lazo cerrado* en el *parámetro 1-00 Modo Configuración*. Los parámetros del control de PID de velocidad se encuentran en el *grupo de parámetros 7-0* Ctrlador PID vel.*

Seleccione *[2] Par* en *parámetro 1-00 Modo Configuración* para utilizar la referencia resultante directamente como una referencia de par. El control de par solamente puede seleccionarse en la configuración *Lazo Cerrado Flux* (*parámetro 1-01 Principio control motor*). Cuando se selecciona este modo, la referencia utiliza la unidad Nm. No requiere realimentación de par, ya que el par real se calcula a partir de la medida de intensidad del convertidor de frecuencia.

Para utilizar el control de PID de procesos para el control de lazo cerrado de velocidad o una variable de proceso en la aplicación controlada, por ejemplo, seleccione *[3] Proceso* en el *parámetro 1-00 Modo Configuración*.

14.6 Control de corriente interna en modo VVC+

El convertidor de frecuencia incorpora un control integral del límite de corriente que se activa cuando la intensidad del motor y, en consecuencia, el par, es superior a los límites de par ajustados en *parámetro 4-16 Modo motor límite de par*, *parámetro 4-17 Modo generador límite de par* y *parámetro 4-18 Límite intensidad*.
Cuando el convertidor de frecuencia está en el límite de intensidad durante el funcionamiento del motor o el funcionamiento regenerativo, intenta situarse lo más rápidamente posible por debajo de los límites de par predeterminados sin perder el control del motor.

14.7 Control local y remoto

14.7.1 Control Local [Hand On] y Remoto [Auto On]

El convertidor de frecuencia se puede controlar manualmente mediante el LCP o a distancia a través de entradas analógicas y digitales y fieldbus. Si se permite en *parámetro 0-40 Botón (Hand on) en LCP*, *parámetro 0-41 Botón (Off) en LCP*, *parámetro 0-42 [Auto activ.] llave en LCP* y *parámetro 0-43 Botón (Reset) en LCP*, es posible arrancar y parar el convertidor de frecuencia mediante el LCP utilizando las teclas [Hand On] y [Off]. Pulse [Reset] para reiniciar las alarmas. Después de pulsar la tecla [Hand On] (modo manual), el convertidor pasa al modo manual y sigue (de manera predeterminada) la referencia local ajustada mediante las teclas de flecha del LCP.

Tras pulsar [Auto on] (modo automático), el convertidor de frecuencia pasa al modo automático y sigue (de manera predeterminada) la referencia remota. En este modo, resulta posible controlar el convertidor de frecuencia mediante las entradas digitales y diferentes interfaces serie (RS485, USB o un fieldbus opcional). Para obtener más información acerca del arranque, la parada, el cambio de rampas y los ajustes de parámetros, consulte el *grupo de parámetros 5-1* Entradas digitales* o el *grupo de parámetros 8-5* Serial Communication*.

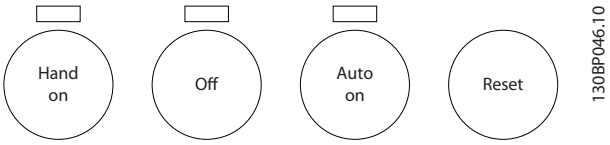


Ilustración 14.5 Teclas de control del LCP

Referencia activa y modo de configuración
La referencia activa puede ser tanto la referencia local como la remota.

Puede seleccionarse de forma permanente la referencia local eligiendo *[2] Local* en *parámetro 3-13 Lugar de referencia*.
Para seleccionar permanentemente la referencia remota, seleccione *[1] Remoto*. Seleccionando *[0] Conex. a manual/ auto* (predeterminado), el origen de referencia dependerá de si está activado el modo manual o automático.

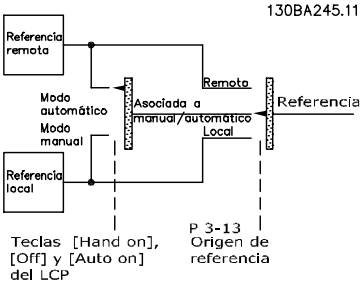


Ilustración 14.6 Referencia activa

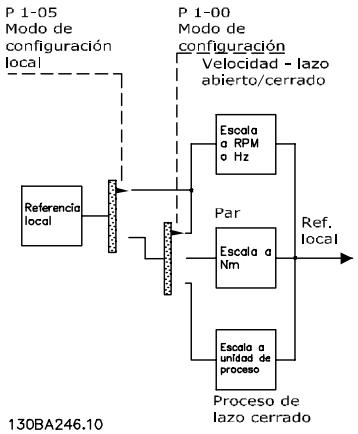


Ilustración 14.7 Modo Configuración

[Hand On]	*Parámetro 3-13 Lugar de referencia*	Referencia activa
Hand	Conex. a manual/auto	Local
Hand⇒Off	Conex. a manual/auto	Local
Auto	Conex. a manual/auto	Remoto
Auto⇒Desconexión	Conex. a manual/auto	Remoto
Todas las teclas	Local	Local
Todas las teclas	Remoto	Remoto

Tabla 14.2 Condiciones para activación de referencia remota o local

Parámetro 1-00 Modo Configuración determina el tipo de principio de control de aplicación (por ejemplo, velocidad, par o control de proceso) que se usará cuando esté activada la referencia remota. *Parámetro 1-05 Configuración modo local* determina el tipo de principio de control de aplicación que se usará al activar la referencia local. Una de ellas está siempre activa, pero nunca pueden estarlo ambas a la vez.

14.8 Controlador Smart Logic

El Smart Logic Control (SLC) es una secuencia de acciones definidas por el usuario (consulte el *parámetro 13-52 Acción Controlador SL* [x]) y ejecutadas por el SLC cuando el evento asociado definido por el usuario (consulte el *parámetro 13-51 Evento Controlador SL* [x]) es evaluado como verdadero por el SLC.
La condición para que un evento pueda estar en un estado determinado o que la salida de una regla lógica o un operando comparador pase a ser verdadero. Esta condición da lugar a una acción asociada, como se muestra en la *Ilustración 14.8*.

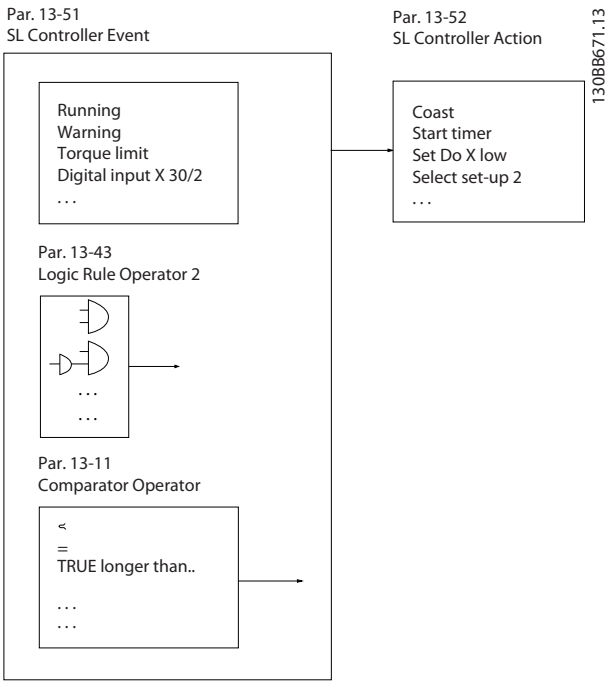


Ilustración 14.8 Estado del control de la intensidad / Evento y acción

Los eventos y las acciones están numerados y vinculados entre sí en parejas (estados). Por ejemplo, cuando se complete el *evento [0]* (cuando alcance el valor verdadero), se ejecutará la *acción [0]*. Después de esto, las condiciones del *evento [1]* se evalúan y, si se evalúan como verdadero, la *acción [1]* se ejecutará y así sucesivamente. En cada momento solo se evalúa un evento. Si un evento se evalúa como falso, no sucede nada en el SLC durante el intervalo de exploración actual y no se evaluarán otros eventos. Cuando el SLC se inicia, evalúa solo el *evento [0]* en cada intervalo de exploración. El SLC ejecuta la *acción [0]* e inicia la evaluación del *evento [1]* solo si el *evento [0]* se considera verdadero. Se pueden programar de 1 a 20 *eventos* y *acciones*.
Cuando se haya ejecutado el último *evento / la última acción*, la secuencia vuelve a comenzar desde *evento [0] / acción [0]*. *Ilustración 14.9* muestra un ejemplo con tres eventos / acciones:

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

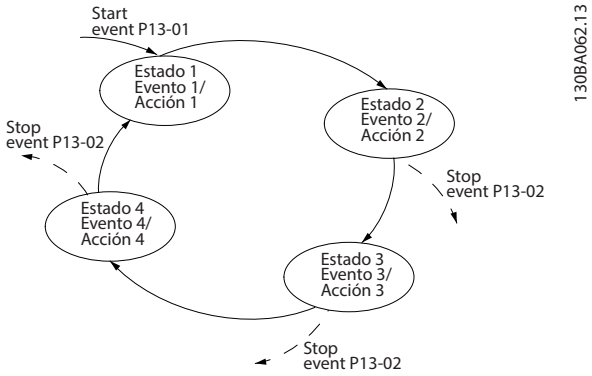


Ilustración 14.9 Ejemplo de controlador de intensidad interno

Comparadores

Los comparadores se usan para comparar variables continuas (como frecuencia o intensidad de salida y entrada analógica) con valores fijos predeterminados.

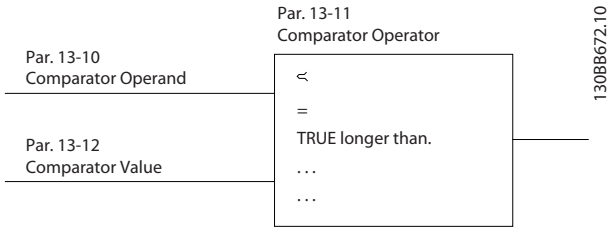


Ilustración 14.10 Comparadores

Reglas lógicas

Se pueden combinar hasta tres entradas booleanas (verdaderas/falsas) de temporizadores, comparadores, entradas digitales, bits de estado y eventos utilizando los operadores lógicos Y, O y NO.

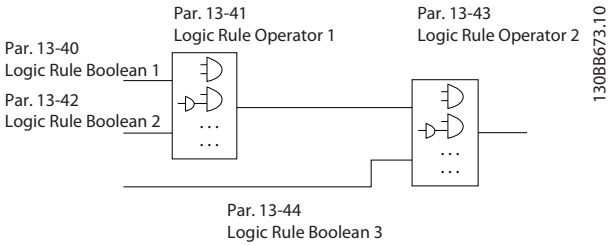
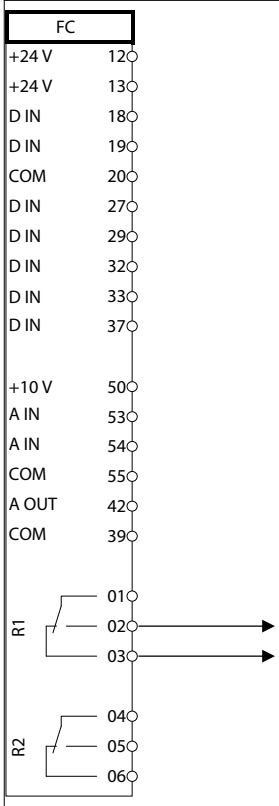


Ilustración 14.11 Reglas lógicas

Ejemplo de aplicación



	Parámetros	
	Función	**Ajuste**
	Parámetro 4-30 Función de pérdida de realim. del motor	*[1] Advertencia*
	Parámetro 4-31 Error de velocidad en realim. del motor	100 r/min
	Parámetro 4-32 Tiempo lím. pérdida realim. del motor	5 s
	Parámetro 7-00 Fuente de realim. PID de veloc.	*[2] MCB 102*
	Parámetro 17-11 Resolución (PPR)	1024*
	Parámetro 13-00 Modo Controlador SL	*[1] Sí*
	Parámetro 13-01 Evento arranque	*[19] Advertencia*
	Parámetro 13-02 Evento parada	*[44] Botón Reset*
	Parámetro 13-10 Operando comparador	*[21] Número de adv.*
	Parámetro 13-11 Operador comparador	[1] ≈*
	Parámetro 13-12 Valor comparador	90
	Parámetro 13-51 Evento Controlador SL	*[22] Comparador 0*
	Parámetro 13-52 Acción Controlador SL	*[32] Aj. sal. dig. A baja*
	Parámetro 5-40 Relé de función	*[80] Salida digital SL A*

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

	Parámetros	
	Función	Ajuste
	*= Valor predeterminado	
Notas / comentarios: si se supera el límite del monitor de realimentación, se emite la *advertencia 90, Control encoder*. El SLC supervisa la *advertencia 90, Control encoder*. Si la *advertencia 90, Control encoder*, se evalúa como verdadera, se activa el relé 1. A continuación, los equipos externos podrán indicar que es necesario realizar una reparación. Si el valor del error de realimentación vuelve a ser inferior al límite en un intervalo de 5 s, el convertidor de frecuencia continúa funcionando y la advertencia desaparece. Pulse [Reset] en el LCP para reiniciar el relé 1.		

Tabla 14.3 Uso de SLC para configurar un relé

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

15 Manejo de referencias

Referencia local

La referencia local está activada cuando el convertidor de frecuencia se acciona con la tecla [Hand On] activa. Ajuste la referencia mediante las teclas [▲/▼] y [◄/►].

Referencia remota

El sistema para el cálculo de la referencia se muestra en la *Ilustración 15.1*.

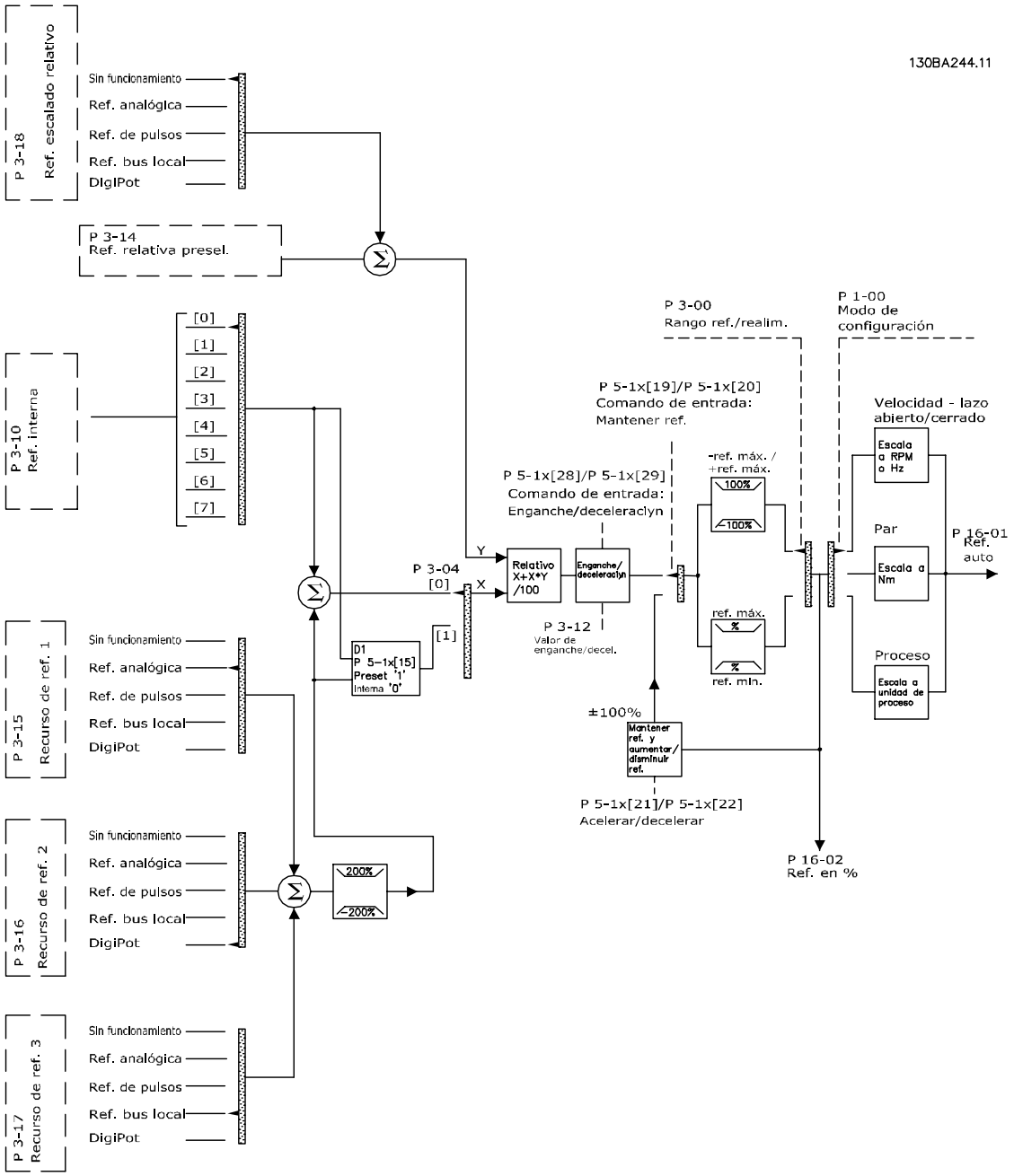


Ilustración 15.1 Referencia remota

La referencia remota se calcula una vez en cada intervalo de exploración y consta, inicialmente, de las entradas de referencia siguientes:

- X (externa): una suma (consulte el *parámetro 3-04 Función de referencia*) de hasta cuatro referencias seleccionadas de forma externa, que comprenden cualquier combinación de una referencia interna fija (*parámetro 3-10 Referencia interna*), referencias analógicas variables, referencias digitales variables de pulsos y varias referencias de bus serie, independientemente de la unidad en que se controla el convertidor de frecuencia ([Hz], [r/min], [Nm], etc.). La combinación está determinada por el ajuste del *parámetro 3-15 Recurso de referencia 1*, del *parámetro 3-16 Recurso de referencia 2* y del *parámetro 3-17 Recurso de referencia 3*.
- Y (relativa): una suma de una referencia interna fija (*parámetro 3-14 Referencia interna relativa*) y una referencia analógica variable (*parámetro 3-18 Recurso refer. escalado relativo*) en [%].

Los dos tipos de entradas de referencia se combinan en la siguiente fórmula: Referencia remota = X + X × Y / 100 %. Si no se utiliza la referencia relativa, el *parámetro 3-18 Recurso refer. escalado relativo* debe ajustarse como *[0] Sin función* y el *parámetro 3-14 Referencia interna relativa* al *0 %*. El convertidor de frecuencia puede activar la función de *enganche arriba y abajo* y la función *mantener referencia*. Las funciones y parámetros se describen en la *Guía de programación*.
El escalado de las referencias analógicas se describe en los *grupos de parámetros 6-1* Entrada analógica 1 y 6-2* Entrada analógica 2*, mientras que el escalado de referencias de pulsos digitales se describe en el *grupo de parámetros 5-5* Entrada de pulsos*.
Los límites e intervalos de referencias se ajustan en el *grupo de parámetros 3-0* Límites referencia*.

15.1 Límites referencia

Parámetro 3-00 Rango de referencia, *parámetro 3-02 Referencia mínima* y *parámetro 3-03 Referencia máxima* definen conjuntamente el rango para la suma de todas las referencias. Cuando es necesario, la suma de todas las referencias se bloquea. La relación entre la referencia resultante (tras bloquear) y la suma de todas las referencias se indica en la *Ilustración 15.2* y la *Ilustración 15.3*.

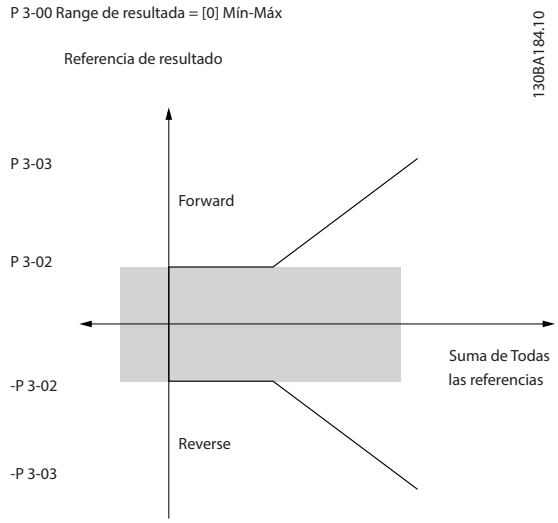


Ilustración 15.2 Relación entre la referencia resultante y la suma de todas las referencias.

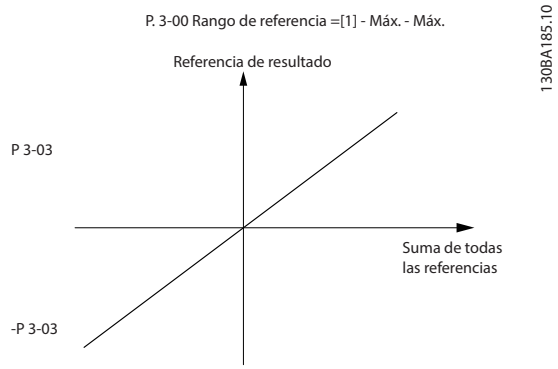


Ilustración 15.3 Referencia resultante

El valor de *parámetro 3-02 Referencia mínima* no puede ajustarse por debajo de 0, a menos que *parámetro 1-00 Modo Configuración* esté ajustado a *[3] Proceso*. En ese caso, las relaciones siguientes entre la referencia resultante (tras bloquear) y la suma de todas las referencias son las indicadas en la *Ilustración 15.4*.

15

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

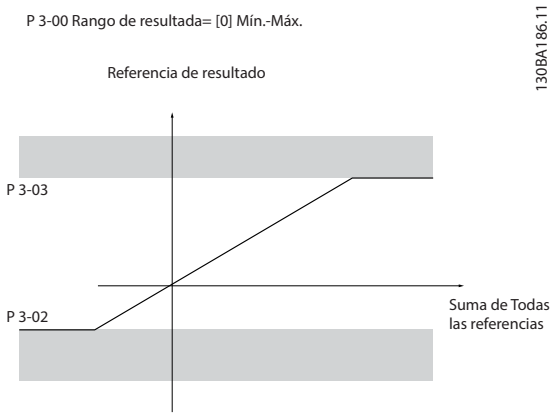


Ilustración 15.4 Suma de todas las referencias

15.2 Escalado de las referencias internas

Las referencias internas se indican en unidades como r/min, m/s, bar, etc. Las referencias internas se escalan según estas reglas:

- Cuando el *parámetro 3-00 Rango de referencia= [0] Mín - Máx* , el *parámetro 3-02 Referencia mínima* es la referencia mínima (0 %) y el *parámetro 3-03 Referencia máxima* es la referencia máxima (100 %). El 50 % de la referencia se encuentra a medio camino entre estos dos valores.
- Cuando el *parámetro 3-00 Rango de referencia=[1] –Máx - +Máx* , se hace caso omiso del *parámetro 3-02 Referencia mínima*. El *Parámetro 3-03 Referencia máxima* es la referencia máxima (100 %), que se utiliza para el valor +Máx (+100 %) y el valor –Máx (-100 %). El 50 % de la referencia se encuentra a medio camino entre estos dos valores.

15.3 Escalado de referencias de pulsos y analógicas y realimentación

Las referencias y la realimentación se escalan de la misma manera a partir de entradas analógicas y de pulsos. La única diferencia es que una referencia superior o inferior a los puntos finales mínimo y máximo especificados (P1 y P2 en el *Ilustración 15.5*) se bloquea, mientras que una realimentación superior o inferior a dichos puntos no se bloquea.

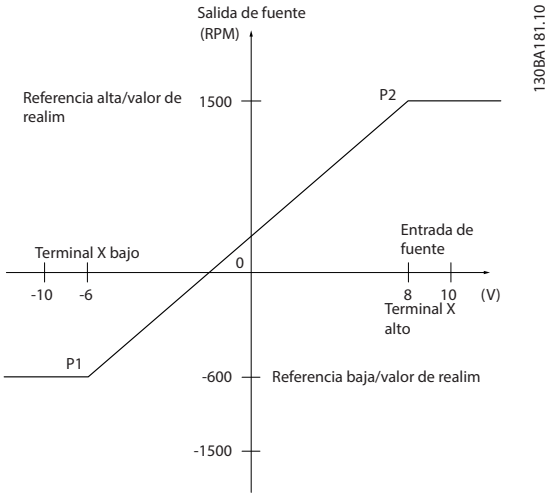


Ilustración 15.5 Escalado de referencias de pulsos y analógicas

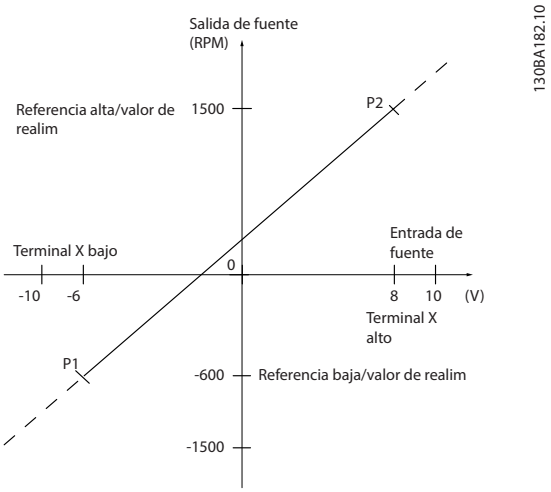


Ilustración 15.6 Escalado de realimentación por pulsos y analógica

Los siguientes parámetros definen los puntos finales P1 y P2, en función de qué entrada analógica o de pulsos se utilice.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

	Analógica 53 S201=NO	Analógica 53 S201=SÍ	Analógica 54 S202=NO	Analógica 54 S202=SÍ	Entrada pulsos 29	Ent. pulso 33
P1 = (valor de entrada mínimo, valor de referencia mínimo)						
Valor de referencia mínimo	*Parámetro 6-14 Term. 53 valor bajo ref./realim*	*Parámetro 6-14 Term. 53 valor bajo ref./realim*	*Parámetro 6-24 Term. 54 valor bajo ref./realim*	*Parámetro 6-24 Term. 54 valor bajo ref./realim*	*Parámetro 5-52 Term. 29 valor bajo ref./realim*	*Parámetro 5-57 Term. 33 valor bajo ref./realim*
Valor de entrada mínimo	*Parámetro 6-10 Terminal 53 escala baja V* [V]	*Parámetro 6-12 Terminal 53 escala baja mA* [mA]	*Parámetro 6-20 Terminal 54 escala baja V* [V]	*Parámetro 6-22 Terminal 54 escala baja mA* [mA]	*Parámetro 5-50 Term. 29 baja frecuencia* [Hz]	*Parámetro 5-55 Term. 33 baja frecuencia* [Hz]
P2 = (valor de entrada máximo, valor de referencia máximo)						
Valor de referencia máximo	*Parámetro 6-15 Term. 53 valor alto ref./realim*	*Parámetro 6-15 Term. 53 valor alto ref./realim*	*Parámetro 6-25 Term. 54 valor alto ref./realim*	*Parámetro 6-25 Term. 54 valor alto ref./realim*	*Parámetro 5-53 Term. 29 valor alto ref./realim*	*Parámetro 5-58 Term. 33 valor alto ref./realim*
Valor de entrada máximo	*Parámetro 6-11 Terminal 53 escala alta V* [V]	*Parámetro 6-13 Terminal 53 escala alta mA* [mA]	*Parámetro 6-21 Terminal 54 escala alta V* [V]	*Parámetro 6-23 Terminal 54 escala alta mA* [mA]	*Parámetro 5-51 Term. 29 alta frecuencia* [Hz]	*Parámetro 5-56 Term. 33 alta frecuencia* [Hz]

Tabla 15.1 Parámetros P1 y P2

15.4 Banda muerta alrededor de cero

En algunos casos, la referencia y, en raras ocasiones, la realimentación necesitan una banda muerta alrededor de cero. La banda muerta se utiliza para garantizar que la máquina se detenga cuando la referencia se aproxime a 0).

Para activar la banda muerta y ajustar su valor, realice los ajustes siguientes:

- El valor de referencia mínimo (consulte la *Tabla 15.1* para obtener el parámetro apropiado) o bien el valor de referencia máximo debe ser igual a cero. En otras palabras; P1 o P2 deben estar en el eje X en la *Ilustración 15.7*.
- Los dos puntos que definen la gráfica de escalado deben estar en el mismo cuadrante.

P1 o P2 definen el tamaño de la banda muerta. Consulte el *Ilustración 15.7*.

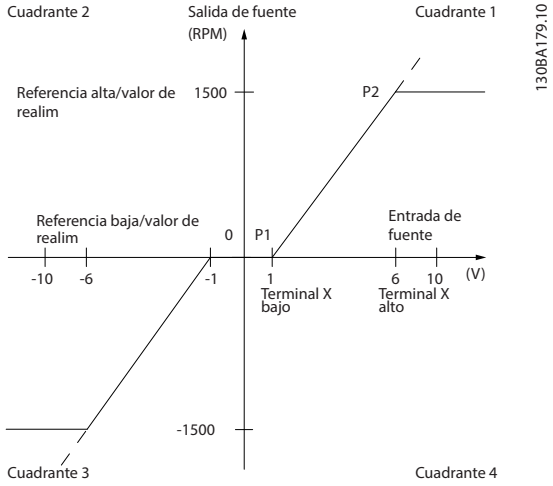


Ilustración 15.7 Banda muerta

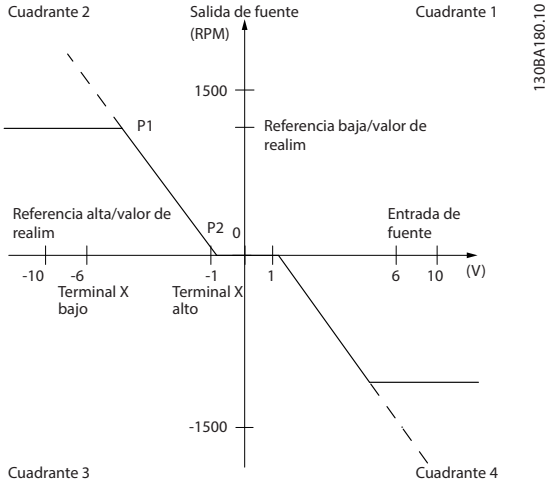


Ilustración 15.8 Banda muerta inversa

De esta forma, un punto final de referencia de P1 = (0 V, 0 r/min) no produce ninguna banda muerta, pero un punto final de referencia de P1 = (1 V, 0 r/min), produce una banda muerta de –1 V a +1 V, si se pone el punto final P2 o en el Cuadrante 1 o en el Cuadrante 4.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

Caso 1. Este caso muestra cómo se bloquea la entrada de referencia con límites situados entre el mínimo y el máximo.

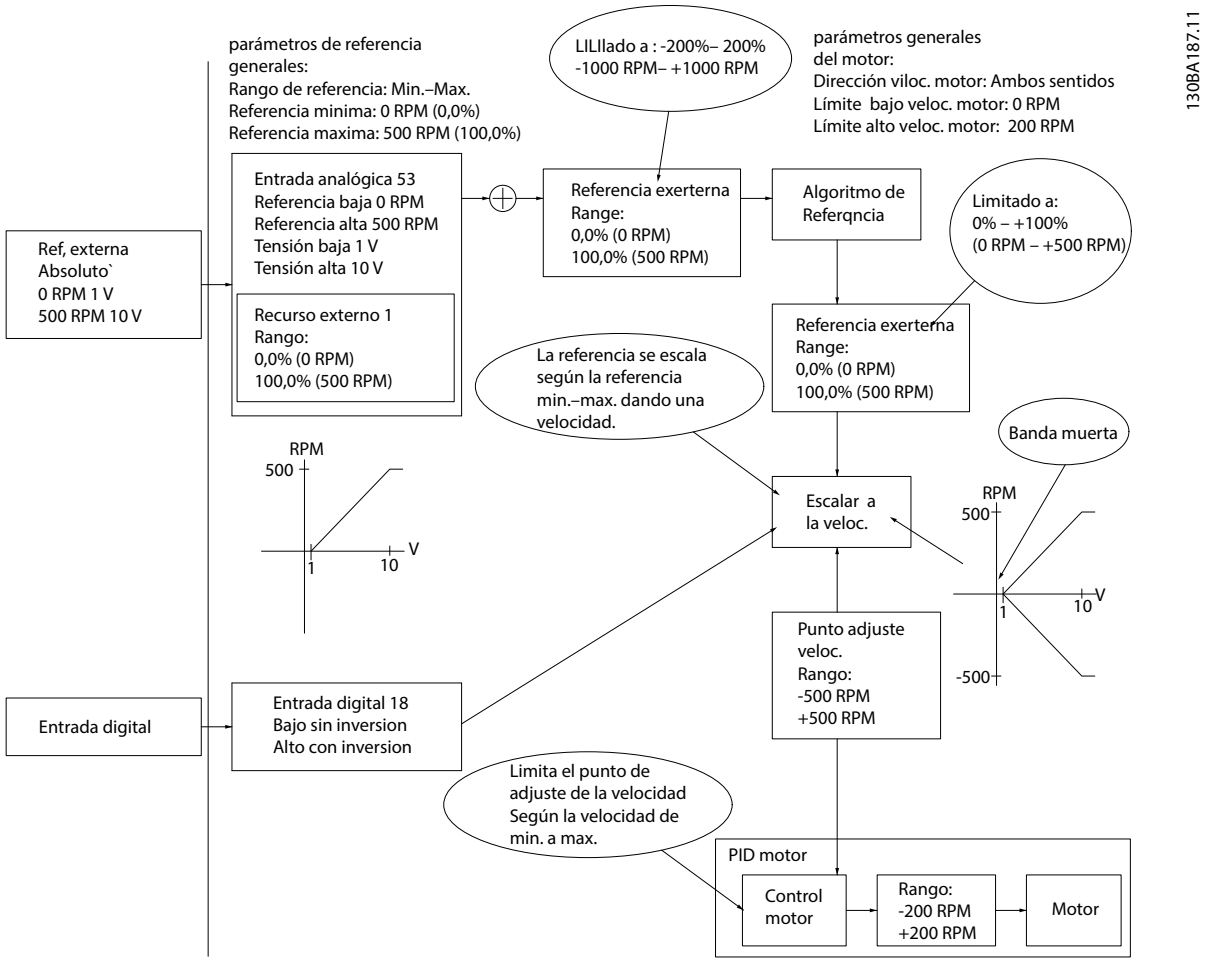


Ilustración 15.9 Referencia positiva con banda muerta, entrada digital para disparar inversión

15

Caso 2. Este caso muestra cómo se bloquea la entrada de referencia con límites fuera del rango –máximo a +máximo en los límites inferior y superior de las entradas antes de añadirse a la referencia externa, así como el modo en el que la referencia externa es bloqueado en –máximo a +máximo por el algoritmo de referencia.

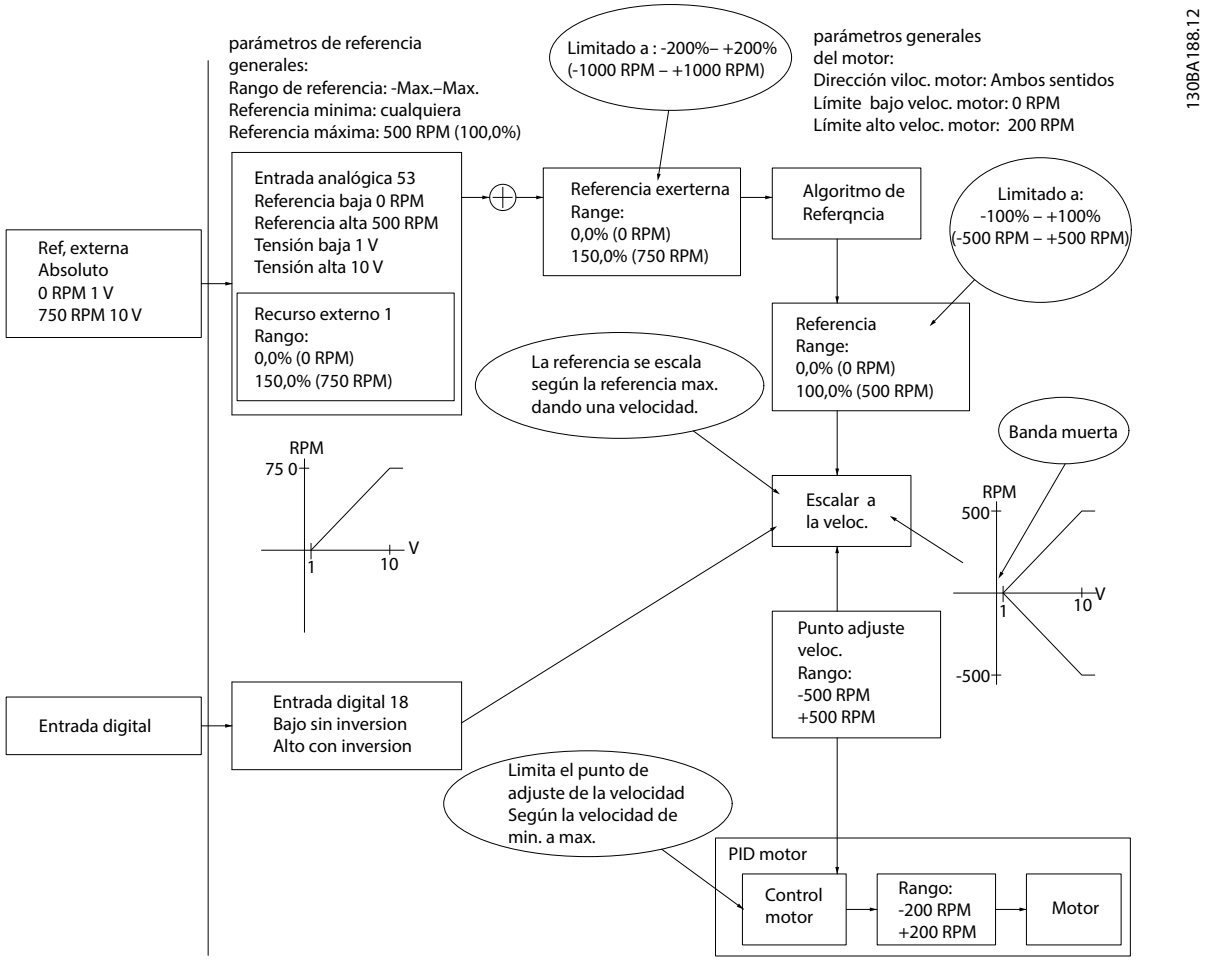


Ilustración 15.10 Referencia positiva con banda muerta, entrada digital para disparar inversión. Reglas de bloqueo

15

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

Caso 3.

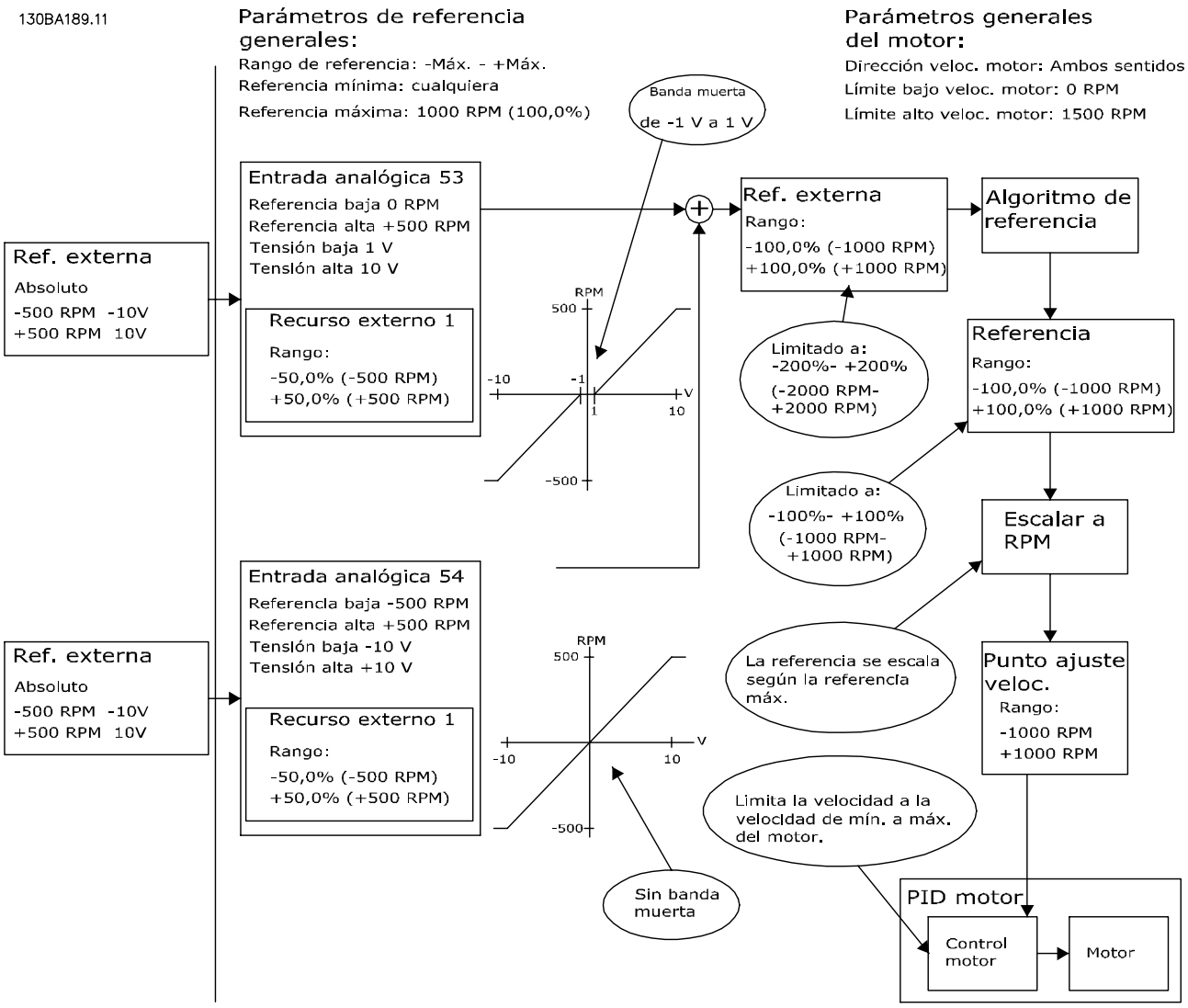


Ilustración 15.11 Referencia de negativa a positiva con banda muerta, dirección determinada por el signo, –Máximo a +Máximo

15

16 Controles de PID

16.1 Controles de PID de velocidad

Parámetro 1-00 Modo Configuración	*Parámetro 1-01 Principio control motor*			
	U/f	**VVC+**	**Flux Sensorless**	**Flujo con realimentación de encoder**
[0] Veloc. lazo abierto	No activo	No activo	Activo	–
[1] Veloc. Lazo Cerrado	–	Activo	–	Activo
[2] de par	–	–	–	No activo
[3] Proceso	–	No activo	Activo	Activo

Tabla 16.1 Configuraciones de control en las que el control de velocidad está activo

«No activado» significa que el modo especificado está disponible pero el control de velocidad no está activado en dicho modo.

AVISO!

El PID de control de velocidad funciona usando el ajuste de parámetros predeterminado, pero es recomendable ajustar los parámetros para optimizar el rendimiento del control del motor. Los dos principios de control del motor de flujo dependen de un ajuste adecuado para alcanzar todo su potencial.

16.1.1 Parámetros de control de PID de velocidad

Parámetro	**Descripción de la función**	
Parámetro 7-00 Fuente de realim. PID de veloc.	Seleccione desde qué entrada obtiene la realimentación el PID de velocidad.	
Parámetro 30-83 Ganancia proporc. PID veloc.	Cuanto mayor sea este valor, más rápido será el control. Sin embargo, un valor demasiado elevado puede producir oscilaciones.	
Parámetro 7-03 Tiempo integral PID veloc.	Elimina el error de velocidad de estado estable. Cuanto menor es el valor, más rápida es la reacción. Sin embargo, un valor demasiado bajo puede producir oscilaciones.	
Parámetro 7-04 Tiempo diferencial PID veloc.	Proporciona una ganancia proporcional al índice de cambio de la realimentación. El ajuste a cero desactiva el diferenciador.	
Parámetro 7-05 Límite ganancia dif. PID veloc.	Si hay cambios rápidos en la referencia o en la realimentación en una aplicación determinada, lo que significa que el error cambia rápidamente, el diferenciador puede volverse demasiado dominante. Cuanto más rápido cambia el error, más alta es la ganancia del diferenciador. Por ello, esta ganancia se puede limitar para permitir el ajuste de un tiempo diferencial razonable para cambios lentos, y una ganancia rápida adecuada para cambios rápidos.	
Parámetro 7-06 Tiempo filtro paso bajo PID veloc.	El filtro de paso bajo amortigua las oscilaciones de la señal de realimentación y mejora el rendimiento de estado estable. Sin embargo, un tiempo de filtro demasiado grande deteriora el rendimiento dinámico del control de PID de velocidad. Ajustes prácticos de *parámetro 7-06 Tiempo filtro paso bajo PID veloc.* tomados del número de pulsos por revolución del encoder (PPR):	
	PPR del encoder	***Parámetro 7-06 Tiempo filtro paso bajo PID veloc.***
	512	10 ms
	1024	5 ms
	2048	2 ms
	4096	1 ms

Tabla 16.2 Parámetros relevantes para el control de PID de velocidad

16

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

16.1.2 Ejemplo de cómo programar el control de velocidad

En este caso, el control de PID de velocidad se usa para mantener una velocidad de motor constante independientemente de la modificación de carga del motor. La velocidad del motor requerida se ajusta mediante un potenciómetro conectado al terminal 53. El rango de velocidad es 0-1500 r/min y corresponde a 0-10 V en el potenciómetro. Un conmutador conectado al terminal 18 controla el arranque y la parada. El PID de velocidad monitoriza las r/min reales del motor usando un codificador incremental de 24 V (HTL) como realimentación. El sensor de realimentación es un encoder (1024 pulsos por revolución) conectado a los terminales 32 y 33.

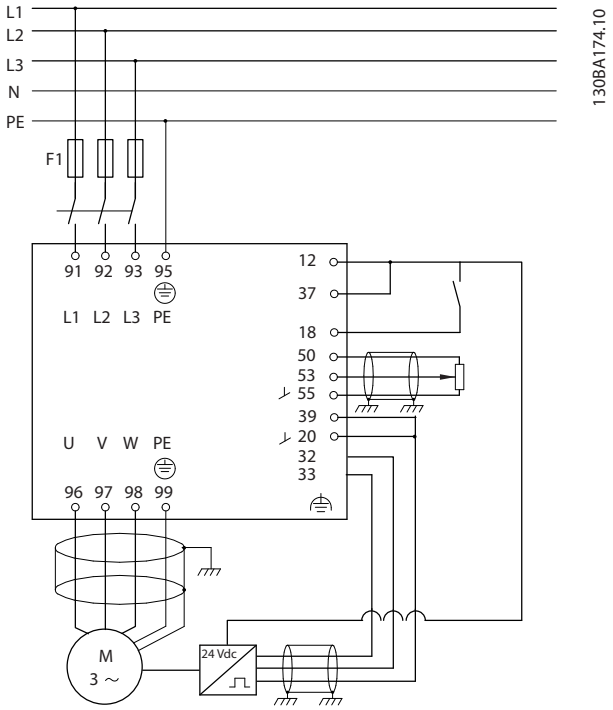


Ilustración 16.1 Conexiones del control de velocidad

16.1.3 Orden de programación de control de PID de velocidad

Debe programarse lo siguiente en el orden indicado (consulte la explicación de los ajustes en la *Guía de programación*). En la *Tabla 16.3* se supone que todos los demás parámetros y conmutadores permanecen en sus ajustes predeterminados.

Función	Número de parámetro	Ajuste
1) Para asegurarse de que el motor funcione correctamente, haga lo siguiente:		
Ajuste los parámetros del motor conforme a los datos de la placa de características.	*Grupo de parámetros 1-2* Motor Data*	En función de las especificaciones de la placa de características del motor
Realice la adaptación automática del motor (AMA).	*Parámetro 1-29 Adaptación automática del motor (AMA)*	*[1] Act.* AMA completo
2) Compruebe que el motor está en marcha y que el encoder está conectado correctamente. Haga lo siguiente:		
Pulse [Hand On]. Compruebe que el motor está en marcha y fíjese en su dirección de giro (dirección positiva).		Ajuste una referencia positiva.
Vaya al *parámetro 16-20 Ángulo motor*. Gire el motor lentamente en la dirección positiva. Debe girarlo tan lentamente (solo algunas r/min) que pueda determinarse si el valor de *parámetro 16-20 Ángulo motor* está aumentando o disminuyendo.	*Parámetro 16-20 Ángulo motor*	N/A Parámetro de solo lectura. Nota: un valor creciente se desborda al llegar a 65535 y vuelve a empezar por 0.

Función	Número de parámetro	Ajuste
Si *parámetro 16-20 Ángulo motor* está disminuyendo, cambie la dirección del encoder en *parámetro 5-71 Term. 32/33 direc. encoder*.	*Parámetro 5-71 Term. 32/33 direc. encoder*	*[1] Dcha. a izqda.* (si el *parámetro 16-20 Ángulo motor* está disminuyendo)
3) Asegúrese de que los límites del convertidor de frecuencia están ajustados a valores seguros.		
Ajuste unos límites aceptables para las referencias.	*Parámetro 3-02 Referencia mínima*	0 r/min (valor predeterminado)
	Parámetro 3-03 Referencia máxima	1500 r/min (predeterminado)
Compruebe que los ajustes de rampa estén dentro de las posibilidades de la unidad y cumplan las especificaciones de funcionamiento de la aplicación permitidas.	*Parámetro 3-41 Rampa 1 tiempo acel. rampa*	Ajustes predeterminados
	Parámetro 3-42 Rampa 1 tiempo desacel. rampa	
Ajuste unos límites aceptables para la frecuencia y la velocidad del motor.	*Parámetro 4-11 Límite bajo veloc. motor [RPM]*	0 r/min (valor predeterminado)
	Parámetro 4-13 Límite alto veloc. motor [RPM]	1500 r/min (predeterminado)
	Parámetro 4-19 Frecuencia salida máx.	60 Hz (predeterminado 132 Hz)
4) Configure el control de velocidad y seleccione el principio de control del motor.		
Activación del control de velocidad.	*Parámetro 1-00 Modo Configuración*	*[1] Veloc. Lazo Cerrado*
Selección del principio de control del motor.	*Parámetro 1-01 Principio control motor*	*[3] Lazo Cerrado Flux*
5) Configure y escale la referencia al control de velocidad.		
Ajuste la entrada analógica 53 como fuente de referencia.	*Parámetro 3-15 Recurso de referencia 1*	No necesario (predeterminado)
Escale la entrada analógica 53 de 0 r/min (0 V) a 1500 r/min (10 V).	*Grupo de parámetros 6-1* Entrada analógica 1*	No necesario (predeterminado)
6) Configure la señal del encoder HTL de 24 V como realimentación para el control del motor y de la velocidad.		
Ajuste las entradas digitales 32 y 33 como entradas de encoder.	*Parámetro 5-14 Terminal 32 entrada digital*	*[0] Sin función* (predeterminado)
	Parámetro 5-15 Terminal 33 entrada digital	
Seleccione el terminal 32/33 como realimentación del motor.	*Parámetro 1-02 Realimentación encoder motor Flux*	No necesario (predeterminado)
Seleccione el terminal 32/33 como realimentación PID de velocidad.	*Parámetro 7-00 Fuente de realim. PID de veloc.*	No necesario (predeterminado)
7) Ajuste los parámetros PID del control de velocidad.		
Use las pautas de ajuste cuando sea apropiado o ajuste manualmente.	*Grupo de parámetros 7-0* Ctrlador PID vel.*	Consulte *capítulo 16.1.4 Ajuste del control de PID de velocidad*.
8) Finalizado.		
Guarde los ajustes de los parámetros en el LCP.	*Parámetro 0-50 Copia con LCP*	*[1] Trans. LCP tod. par.*

Tabla 16.3 Orden de programación

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

16.1.4 Ajuste del control de PID de velocidad

Las pautas de ajuste que le ofrecemos a continuación son relevantes en caso de que utilice uno de los principios de control del motor de flujo en aplicaciones en las que la carga sea inercial (con un bajo nivel de fricción).

El valor del *parámetro 30-83 Ganancia proporc. PID veloc.* depende de la inercia combinada del motor y la carga. El ancho de banda seleccionado se puede calcular utilizando la siguiente fórmula:

$$Par.\ 7-02 = \frac{Total\ inercia\ \left[kgm^2\right]\ x\ par..\ 1-25}{Par.\ 1-20\ x\ 9550}\ x\ Ancho\ de\ banda\ [rad/s]$$

AVISO!

***Parámetro 1-20 Potencia motor [kW]* es la potencia del motor en kilovatios. Por ejemplo, introduzca 4 kW en vez de 4000 W en la fórmula.**

Un valor que resulta práctico usar para el ancho de banda es 20 rad/s. Compruebe el resultado del cálculo de *parámetro 30-83 Ganancia proporc. PID veloc.* con la fórmula siguiente. Esta función no es necesaria si usa una realimentación de alta resolución, tal como una SinCos.

$$Par.\ 7-02_{MÁX.} = \frac{0.01\ x\ 4\ x\ Encoder\ Resolución\ x\ Par.\ 7-06}{2\ x\ \pi}\ x\ Máx.\ par\ rizado\ [\%]$$

Un valor inicial adecuado para el *parámetro 7-06 Tiempo filtro paso bajo PID veloc.* es 5 ms. A menor resolución del encoder, mayor valor del filtro. Normalmente, es aceptable un valor máximo de rizado del par del 3 %. En los codificadores incrementales, la resolución del encoder se encuentra en el *parámetro 5-70 Term. 32/33 resolución encoder* (HTL de 24 V en una unidad estándar) o en el *parámetro 17-11 Resolución (PPR)* (TTL de 5 V en la opción de VLT® Encoder Input MCB 102).).

Generalmente, la resolución del encoder y el tiempo del filtro de realimentación determinan el límite práctico máximo del *parámetro 30-83 Ganancia proporc. PID veloc.*, pero otros factores de la aplicación también pueden limitar el *parámetro 30-83 Ganancia proporc. PID veloc.* a un valor inferior.

Para minimizar la sobremodulación, el *parámetro 7-03 Tiempo integral PID veloc.* puede ajustarse aproximadamente a 2,5 s. El tiempo varía según la aplicación.

Ajuste el *parámetro 7-04 Tiempo diferencial PID veloc.* a 0 hasta que todo lo demás esté ajustado. Si resulta necesario, termine el ajuste aumentando con pequeños incrementos este ajuste.

16.2 Controles de PID de procesos

El control de PID de procesos puede emplearse para controlar parámetros de aplicación que pueden medirse mediante varios sensores (presión, temperatura y flujo) y verse afectados por el motor conectado a través de una bomba o ventilador.

Tabla 16.4 muestra las configuraciones de control que permiten usar el control de proceso. Ajuste los parámetros PID del control de velocidad cuando se utilice un principio de control del motor de vector de flujo. Para saber dónde está activado el control de velocidad, consulte el *capétulo 14.3.1 Estructura de control en el control vectorial avanzado VVC+*.

Parámetro 1-00 Modo Configuración	*Parámetro 1-01 Principio control motor*			
	U/f	VVC+	Flux Sensorless	Flujo con realimentación de encoder
[3] Proceso	–	Proceso	Proceso y velocidad	Proceso y velocidad

Tabla 16.4 Configuraciones de control de proceso

AVISO!

El PID de control de procesos funciona usando el ajuste de parámetros predeterminado, pero es recomendable ajustar los parámetros para optimizar el rendimiento del control de la aplicación. Los dos principios de control del motor de flujo dependen del ajuste adecuado del PID del control de velocidad para alcanzar todo su potencial. El ajuste del PID del control de velocidad ocurre antes de ajustar el PID de control de procesos.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

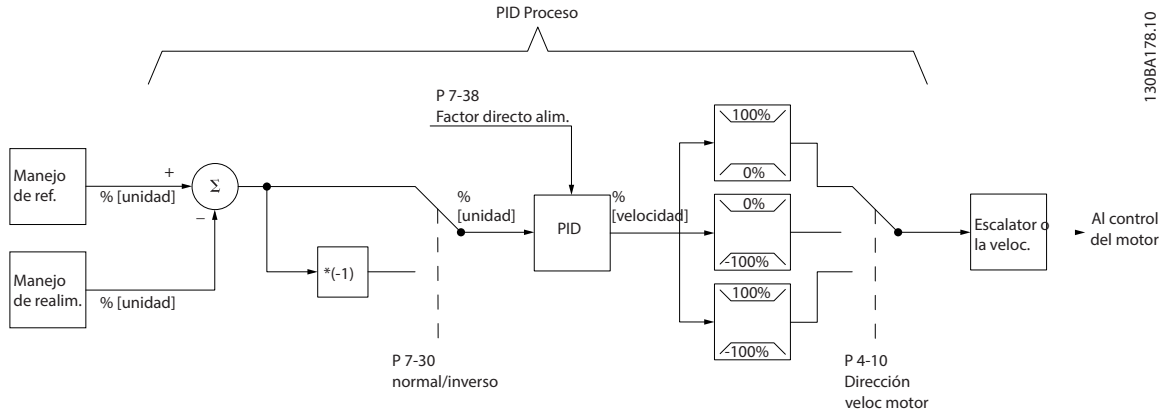


Ilustración 16.2 Diagrama del control de PID de procesos

16.2.1 Parámetros de control de PID de procesos

Los siguientes parámetros son relevantes para el control de proceso

Parámetro	Descripción de la función
Parámetro 7-20 Fuente 1 realim. lazo cerrado proceso	Seleccione desde qué entrada obtiene la realimentación el PID de proceso.
Parámetro 7-22 Fuente 2 realim. lazo cerrado proceso	Opcional: determina si el PID de procesos debe obtener una señal de realimentación adicional y desde dónde. Si se selecciona una fuente de realimentación adicional, las dos señales de realimentación se añaden antes de ser utilizadas en el control de PID de procesos.
Parámetro 7-30 Ctrl. normal/ inverso de PID de proceso.	En funcionamiento *[0] Normal*, el control de proceso responde con un incremento de la velocidad del motor si la realimentación es inferior a la referencia. En la misma situación, pero en *[1] Inversa*, el control de proceso responde con una velocidad de motor decreciente.
Parámetro 7-31 Saturación de PID de proceso	La función de saturación garantiza que cuando se alcanza un límite de frecuencia o de par, el integrador se ajusta en una ganancia que corresponda a la frecuencia real. Esta función evita la integración de errores incompensables con un cambio de velocidad. Desactive esta función seleccionando *[0] No*.
Parámetro 7-32 Valor arran. para ctrldor. PID proceso.	En algunas aplicaciones, alcanzar el punto de velocidad / valor de consigna necesario puede tomar mucho tiempo. En estos casos, es beneficioso ajustar una velocidad fija del motor desde el convertidor de frecuencia antes de activar el control de proceso. Configure la velocidad fija del motor mediante el ajuste de un valor de arranque para PID de proceso en el *parámetro 7-32 Valor arran. para ctrldor. PID proceso.*.
Parámetro 7-33 Ganancia proporc. PID de proc.	Cuanto mayor sea este valor, más rápido será el control. Sin embargo, un valor demasiado elevado puede crear oscilaciones.
Parámetro 7-34 Tiempo integral PID proc.	Elimina el error de velocidad de estado estable. Cuanto menor es el valor, más rápida es la reacción. Sin embargo, un valor demasiado bajo puede crear oscilaciones.
Parámetro 7-35 Tiempo diferencial PID proc.	Proporciona una ganancia proporcional al índice de cambio de la realimentación. El ajuste a cero desactiva el diferenciador.
Parámetro 7-36 Límite ganancia diferencial PID proceso.	Si hay cambios rápidos en la referencia o la realimentación de una aplicación determinada, la ganancia del diferenciador se puede limitar para permitir el ajuste de un tiempo diferencial razonable para cambios de error lentos.
Parámetro 7-38 Factor directo aliment. PID de proc.	En aplicaciones con una correlación buena y aproximadamente lineal entre la referencia del proceso y la velocidad del motor necesaria para obtener dicha referencia, el factor de acercamiento puede usarse para alcanzar un mejor rendimiento dinámico del control de PID de procesos.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

Parámetro	Descripción de la función
Parámetro 5-54 Tiempo filtro pulsos constante #29 (terminal de pulsos 29), *Parámetro 5-59 Tiempo filtro pulsos constante #33* (terminal de pulsos 33), *Parámetro 6-16 Terminal 53 tiempo filtro constante* (terminal analógico 53), *Parámetro 6-26 Terminal 54 tiempo filtro constante* (terminal analógico 54)	Si existen oscilaciones de la señal de realimentación de corriente/tensión, se pueden reducir con un filtro de paso bajo. Esta constante de tiempo muestra el límite de velocidad de los rizados que se producen en la señal de realimentación. Ejemplo: Si el filtro de paso bajo se ha ajustado a 0,1 s, la velocidad límite es 10 RAD/s (el recíproco de 0,1 s), que corresponde a (10/2 × π) = 1,6 Hz. El ejemplo muestra que el filtro amortigua todas las intensidades/tensiones que varían en más de 1,6 oscilaciones por segundo. El control solo se efectúa en una señal de realimentación que varía en una frecuencia (velocidad) de menos de 1,6 Hz. El filtro de paso bajo mejora el rendimiento de estado estable, pero si se selecciona un tiempo de filtro demasiado grande, el rendimiento dinámico del control de PID de procesos disminuye.

Tabla 16.5 Parámetros de control de proceso

16.2.2 Ejemplo de un control de PID de procesos

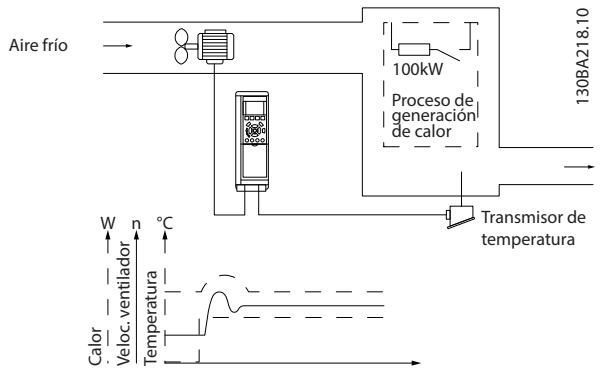


Ilustración 16.3 Ejemplo de un control de PID de procesos utilizado en un sistema de ventilación

En este ejemplo en el que se utiliza un sistema de ventilación, la temperatura debe poder ajustarse desde –5 °C (23 °F) hasta 35 °C (95 °F) con un potenciómetro de 0 a 10 V. El control de proceso se utiliza para mantener constante la temperatura ajustada.

Cuando la temperatura aumenta, el control de PID de procesos aumenta la velocidad de ventilación para que se genere más flujo de aire. Cuando cae la temperatura, se reduce también la velocidad. El transmisor empleado es un sensor de temperatura con un rango de funcionamiento situado entre –10 °C (14 °F) y 40 °C (104 °F), de 4 a 20 mA. Velocidad mínima/máxima 300/1500 r/min.

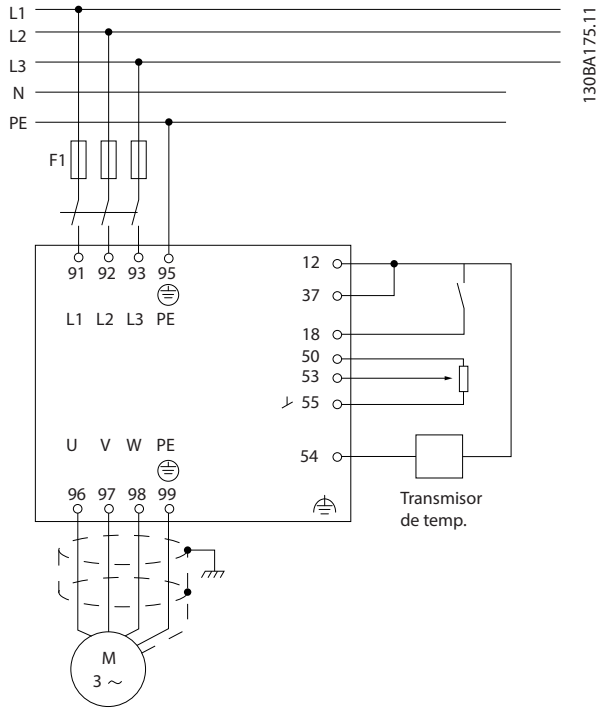


Ilustración 16.4 Transmisor de dos hilos

Los siguientes pasos muestran cómo configurar el control de PID de procesos en el *Ilustración 16.4*.

1. Arranque/parada mediante el conmutador conectado al terminal 18.
2. Referencia de temperatura a través del potenciómetro (de –5 a 35 °C [de 23 a 95 °F], 0-10 V CC) conectado al terminal 53.
3. Realimentación de temperatura a través de un transmisor (de –10 a 40 °C [de 14 a 104 °F], de 4 a 20 mA) conectado al terminal 54. Conmutador S202 ajustado a Sí (entrada de intensidad).

16

16.2.3 Orden de programación de control de PID de procesos

Función	Parámetro	Ajuste
Inicialice el convertidor de frecuencia.	*Parámetro 14-22 Modo funcionamiento*	*[2] Inicialización* 1. Retire la alimentación y vuelva a conectarla. 2. Pulse [Reset].
1) Ajuste los parámetros del motor:		
Ajuste los parámetros del motor conforme a los datos de la placa de características.	*Grupo de parámetros 1-2* Motor Data*	En función de las especificaciones de la placa de características del motor.
Realice la adaptación automática del motor (AMA).	*Parámetro 1-29 Adaptación automática del motor (AMA)*	[1] Act. AMA completo
2) Compruebe que el motor esté girando en la dirección adecuada: Cuando el motor está conectado al convertidor de frecuencia con las fases ordenadas como U - U; V- V; W - W, el eje del motor normalmente gira en sentido horario visto desde el extremo del eje.		
Pulse la tecla [Hand on] del LCP. Compruebe la dirección del eje aplicando una referencia manual.		
Si el motor gira en sentido opuesto a la dirección requerida: 1. Cambie la dirección del motor en el *parámetro 4-10 Dirección veloc. motor*. 2. Apague la alimentación –espere a que se descargue el enlace de CC– cambie dos de las fases del motor.	*Parámetro 4-10 Dirección veloc. motor*	Seleccione el sentido correcto del eje del motor.
Ajuste el modo de configuración.	*Parámetro 1-00 Modo Configuración*	*[3] Proceso*
Ajuste la configuración de modo local.	*Parámetro 1-05 Configuración modo local*	*[0] Veloc. lazo abierto*
3) Ajuste la configuración de las referencias, es decir, el intervalo para el manejo de referencias. Ajuste el escalado de la entrada analógica en el *grupo de parámetros 6- E/S analógica:***		
Ajuste las unidades de referencia / realimentación: Ajuste la referencia mínima (10 °C [50 °F]): Ajuste la referencia máxima (80 °C [176 °F]): Si el valor ajustado viene determinado por un valor predeterminado (parámetro de matrices), ajuste las demás fuentes de referencia como Sin función.	*Parámetro 3-01 Referencia/Unidad realimentación* *Parámetro 3-02 Referencia mínima* *Parámetro 3-03 Referencia máxima* *Parámetro 3-10 Referencia interna*	[60] °C Unidad mostrada en la pantalla –5 °C (23 °F) 35 °C (95 °F) [0] 35 % $Ref = \frac{Par.\ 3-10_{(0)}}{100} \times ((Par.\ 3-03) - (par.\ 3-02)) = 24,5°\ C$ De *Parámetro 3-14 Referencia interna relativa* a *parámetro 3-18 Recurso refer. escalado relativo [0]=Sin función*
4) Ajuste los límites del convertidor de frecuencia:		
Ajuste los tiempos de rampa a un valor apropiado como 20 s.	*Parámetro 3-41 Rampa 1 tiempo acel. rampa* *Parámetro 3-42 Rampa 1 tiempo desacel. rampa*	20 s 20 s
Ajuste los límites mínimos de velocidad: Ajuste el límite máx. de velocidad del motor: Ajuste la frecuencia de salida máxima:	*Parámetro 4-11 Límite bajo veloc. motor [RPM]* *Parámetro 4-13 Límite alto veloc. motor [RPM]* *Parámetro 4-19 Frecuencia salida máx.*	300 r/min 1500 r/min 60 Hz
Ajuste S201 o S202 a la función de entrada analógica que desee (tensión [V] o miliamperios [I]): ***AVISO!*** **Apague el convertidor de frecuencia antes de cambiar el ajuste de los conmutadores. Mueva cuidadosamente los conmutadores con los dedos.**		

16

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

Función	Parámetro	Ajuste
5) Escale las entradas analógicas empleadas como referencia y realimentación:		
Ajuste la tensión baja del terminal 53: Ajuste la tensión alta del terminal 53: Ajuste el valor bajo de realimentación del terminal 54: Ajuste el valor alto de realimentación del terminal 54: Ajuste la fuente de realimentación:	*Parámetro 6-10 Termina l 53 escala baja V* *Parámetro 6-11 Termina l 53 escala alta V* *Parámetro 6-24 Term. 54 valor bajo ref./realim* *Parámetro 6-25 Term. 54 valor alto ref./realim* *Parámetro 7-20 Fuente 1 realim. lazo cerrado proceso*	0 V 10 V –5 °C (23 °F) 35 °C (95 °F) *[2] Entrada analógica 54*
6) Ajustes básicos PID:		
PID de procesos normal / inverso.	*Parámetro 7-30 Ctrl. normal/inverso de PID de proceso.*	*[0] Normal*
Saturación de PID de procesos.	*Parámetro 7-31 Saturaci ón de PID de proceso*	*[1] Sí*
Velocidad de arranque de PID del proceso	*Parámetro 7-32 Valor arran. para ctrldor. PID proceso.*	300 r/min
Guarde los parámetros en el LCP.	*Parámetro 0-50 Copia con LCP*	*[1] Trans. LCP tod. par.*

Tabla 16.6 Ejemplo de ajuste del control de PID de procesos

16.2.4 Optimización del controlador de proceso

Una vez realizados los ajustes básicos, optimice lo siguiente:

- Ganancia proporcional
- Tiempo de integración
- Tiempo diferencial de PID de velocidad

En la mayoría de los procesos, los ajustes básicos pueden efectuarse siguiendo estos pasos:

1. Ponga en marcha el motor.
2. Ajuste *parámetro 7-33 Ganancia proporc. PID de proc.* a 0,3 e increméntelo hasta que la señal de realimentación empiece a variar constantemente. Reduzca el valor hasta que la señal de realimentación se haya estabilizado. Después, reduzca la ganancia proporcional en un 40-60 %.
3. Ajuste *parámetro 7-34 Tiempo integral PID proc.* a 20 s y reduzca el valor hasta que la señal de realimentación empiece a variar constantemente. Aumente el tiempo de integración hasta que la señal de realimentación se estabilice, seguido de un incremento del 15-50 %.
4. Utilice *parámetro 7-35 Tiempo diferencial PID proc.* únicamente para sistemas de actuación muy rápida (tiempo diferencial). El valor normal es cuatro veces el tiempo de integración definido. El diferenciador solo debe emplearse cuando el ajuste de la ganancia proporcional y del tiempo de integración se hayan optimizado por completo. Compruebe que el filtro de paso bajo amortigüe suficientemente las oscilaciones de la señal de realimentación.

AVISO!

Si es necesario, puede activarse el arranque / la parada una serie de veces para provocar una variación de la señal de realimentación.

16.3 Optimización de los controles de PID

16.3.1 Método de ajuste Ziegler-Nichols

Se pueden utilizar varios métodos para ajustar los controles de PID del convertidor de frecuencia. Un enfoque consiste en utilizar el método de ajuste de Ziegler-Nichols.

AVISO!

No utilice el método descrito en aquellos casos en que las oscilaciones creadas por ajustes de control marginalmente estables puedan dañar las aplicaciones.

Los criterios de ajuste de los parámetros están basados en la evaluación del sistema en el límite de estabilidad en

lugar de estarlo en la obtención de una respuesta de paso. Se incrementa la ganancia proporcional hasta que se observan oscilaciones continuas (medidas en la realimentación), es decir, hasta que el sistema se vuelve marginalmente estable. La ganancia correspondiente *(K_u)* se denomina ganancia máxima. El periodo de la oscilación *(P_u)* (llamado periodo máximo) se determina como se muestra en *Ilustración 16.5*.

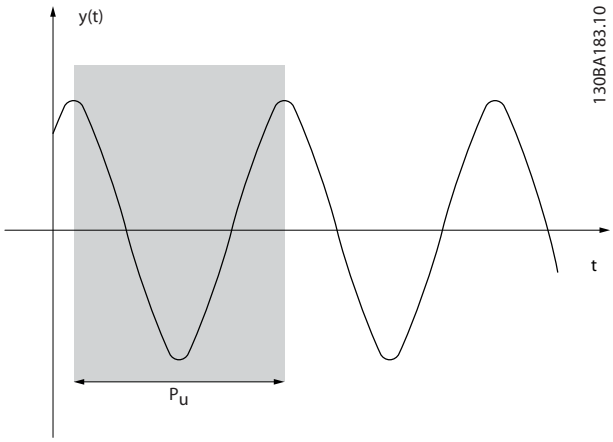


Ilustración 16.5 Sistema marginalmente estable

Mida P_u cuando la amplitud de la oscilación sea muy pequeña. A continuación, retroceda de nuevo desde esta ganancia, tal como se indica en la *Tabla 16.7*.

K_u es la ganancia a la que se obtiene la oscilación.

Tipo de control	Ganancia proporcional	Tiempo integral	Tiempo diferencial de PID de velocidad
Control PI	0,45 x K_u	0,833 x P_u	–
Control de PID estricto	0,6 x K_u	0,5 x P_u	0,125 x P_u
PID con cierta sobremodulación	0,33 x K_u	0,5 x P_u	0,33 x P_u

Tabla 16.7 Ajuste de Ziegler-Nichols para controladores, basado en un límite de estabilidad

Utilice los ajustes de control descritos a continuación para el ajuste inicial. El operador de proceso puede entonces realizar un ajuste preciso del control, en función de las necesidades.

Descripción paso a paso

1. Seleccione solo el control proporcional (el tiempo integral se ajusta al valor máximo y el tiempo diferencial se ajusta a cero).
2. Aumente el valor de la ganancia proporcional hasta llegar al punto de inestabilidad (oscilaciones sostenidas) y se alcance el valor crítico de ganancia, K_u.
3. Para obtener la constante de tiempo crítico, mida el periodo de oscilación: P_u.
4. Para calcular los parámetros del control PID necesarios, utilice la *Tabla 16.7*.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

17 Ejemplos de aplicaciones

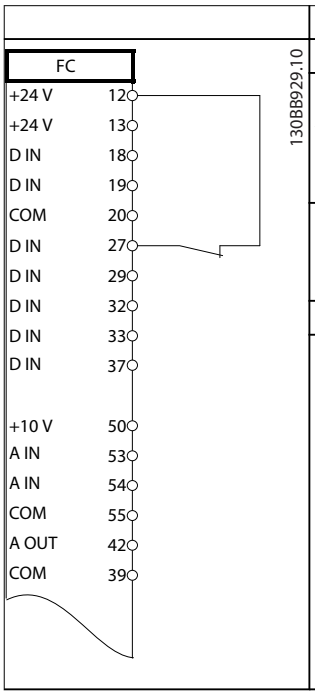
En esta sección se enumeran los distintos ejemplos de aplicación y se proporcionan los ajustes de parámetros y notas especiales, según se necesiten para cada ejemplo.

AVISO!

CONFORMIDAD CON PELV

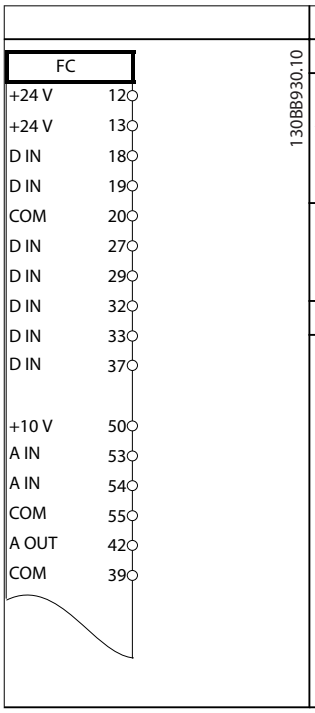
Si se producen cortocircuitos entre los bobinados del motor y el sensor cuando la temperatura del motor se supervise mediante un termistor o un sensor KTY, no se obtendrá la conformidad con PELV. Asegure la conformidad con PELV mediante el uso de aislamiento reforzado o doble.

17.1 Adaptación automática del motor (AMA)



Parámetros	
Función	**Ajuste**
Parámetro 1-29 Adaptación automática del motor (AMA)	*[1] Act. AMA completo*
Parámetro 5-12 Terminal 27 Entrada digital	*[2]* Inercia*
*=Valor por defecto	
Notas/comentarios: ajuste el *grupo de parámetros 1-2* Datos de motor* conforme a la placa de características del motor.	

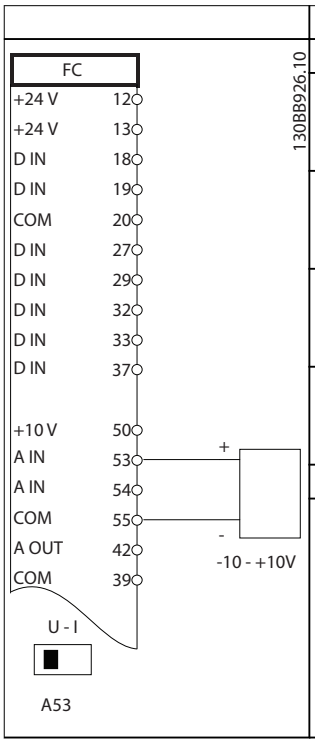
Tabla 17.1 AMA con T27 conectado



Parámetros	
Función	**Ajuste**
Parámetro 1-29 Adaptación automática del motor (AMA)	*[1] Act. AMA completo*
Parámetro 5-12 Terminal 27 Entrada digital	*[0] Sin función*
*=Valor por defecto	
Notas/comentarios: ajuste el *grupo de parámetros 1-2* Datos de motor* conforme a la placa de características del motor.	

Tabla 17.2 AMA sin T27 conectado

17.2 Referencia analógica de velocidad

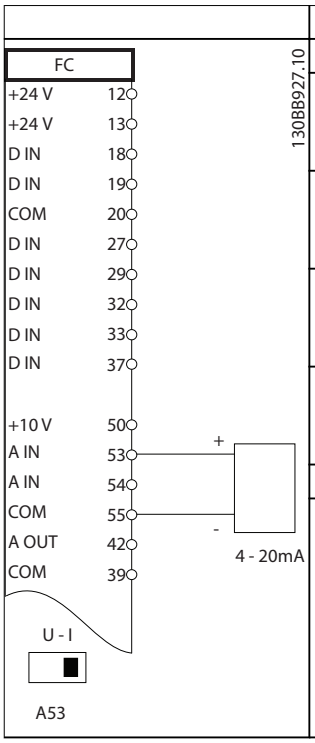


Parámetros	
Función	**Ajuste**
Parámetro 6-10 Terminal 53 escala baja V	0,07 V*
Parámetro 6-11 Terminal 53 escala alta V	10 V*
Parámetro 6-14 Term. 53 valor bajo ref./realim	0 r/min
Parámetro 6-15 Term. 53 valor alto ref./realim	1500 r/min
*=Valor por defecto	
Notas/comentarios:	

Tabla 17.3 Referencia analógica de velocidad (tensión)

17

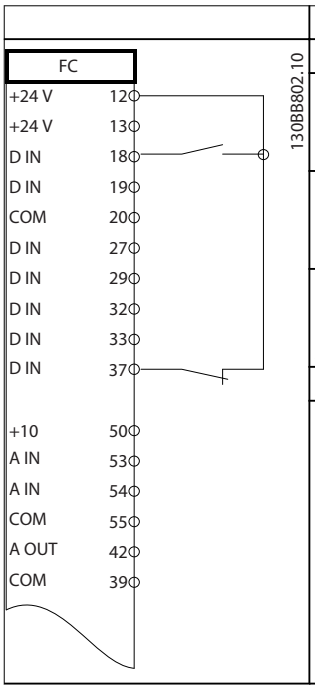
 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.



Parámetros	
Función	**Ajuste**
Parámetro 6-12 Terminal 53 escala baja mA	4 mA*
Parámetro 6-13 Terminal 53 escala alta mA	20 mA*
Parámetro 6-14 Term. 53 valor bajo ref./realim	0 r/min
Parámetro 6-15 Term. 53 valor alto ref./realim	1500 r/min
*=Valor por defecto	
Notas/comentarios:	

Tabla 17.4 Referencia analógica de velocidad (corriente)

17.3 Arranque/parada



Parámetros	
Función	**Ajuste**
Parámetro 5-10 Terminal 18 Entrada digital	*[8] Arranque**
Parámetro 5-12 Terminal 27 Entrada digital	*[0] Sin función*
Parámetro 5-19 Terminal 37 parada segura	*[1] Alarma parada seg.*
*=Valor por defecto	
Notas/comentarios: si el *parámetro 5-12 Terminal 27 Entrada digital* se ajusta a *[0] Sin función*, no se necesita un puente al terminal 27.	

Tabla 17.5 Orden de arranque/parada con Safe Torque Off

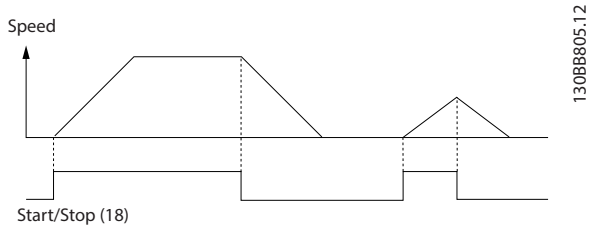
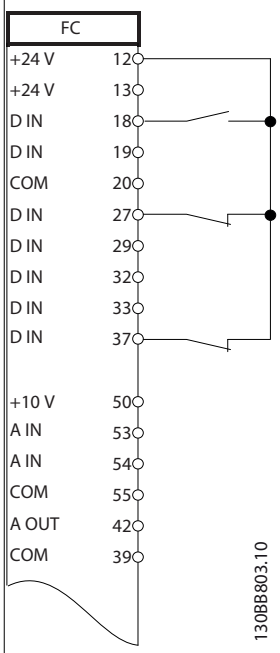


Ilustración 17.1 Arranque/parada con Safe Torque Off



Parámetros	
Función	**Ajuste**
Parámetro 5-10 Terminal 18 Entrada digital	*[9] Arranque por pulsos*
Parámetro 5-12 Terminal 27 Entrada digital	*[6] Parada*
*=Valor por defecto	
Notas/comentarios: si el *parámetro 5-12 Terminal 27 Entrada digital* se ajusta a *[0] Sin función*, no se necesita un puente al terminal 27.	

Tabla 17.6 Arranque/parada por pulsos

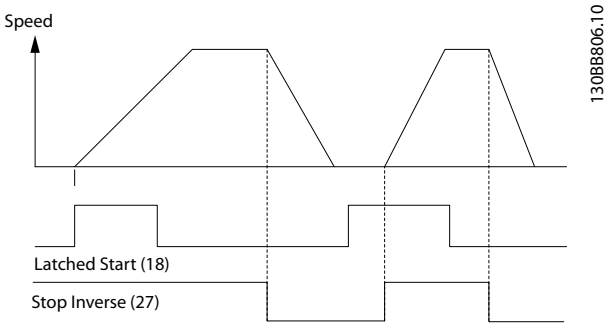
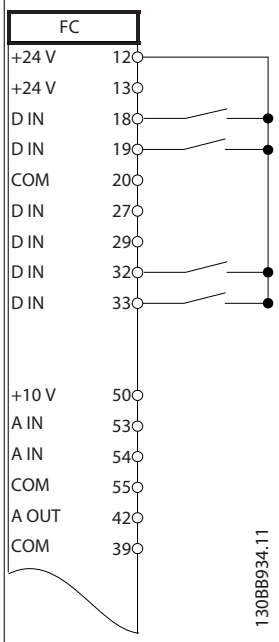


Ilustración 17.2 Arranque por pulsos / parada inversa

17

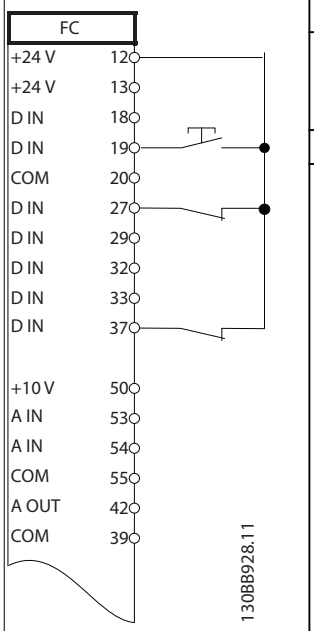
 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.



Parámetros	
Función	**Ajuste**
Parámetro 5-10 Terminal 18 Entrada digital	*[8] Arranque*
Parámetro 5-11 Terminal 19 entrada digital	*[10] Cambio de sentido**
Parámetro 5-12 Terminal 27 Entrada digital	*[0] Sin función*
Parámetro 5-14 Terminal 32 entrada digital	*[16] Ref. interna bit 0*
Parámetro 5-15 Terminal 33 entrada digital	*[17] Ref. interna bit 1*
Parámetro 3-10 Referencia interna	
Ref. interna 0	25%
Ref. interna 1	50%
Ref. interna 2	75%
Ref. interna 3	100%
*=Valor por defecto	
Notas/comentarios:	

Tabla 17.7 Arranque/parada con cambio de sentido y cuatro velocidades predeterminadas

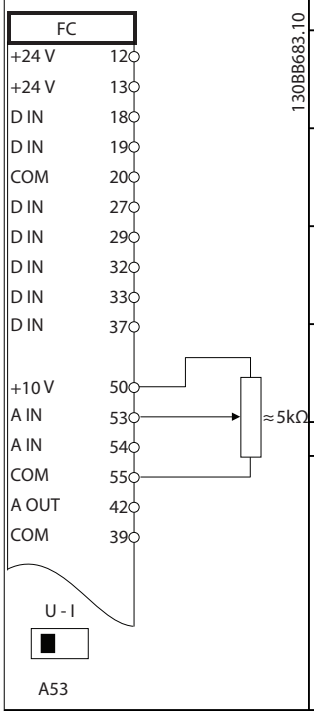
17.4 Reinicio de alarma externa



Parámetros	
Función	**Ajuste**
Parámetro 5-11 Terminal 19 entrada digital	*[1] Reinicio*
*=Valor por defecto	
Notas/comentarios:	

Tabla 17.8 Reinicio de alarma externa

17.5 Referencia de velocidad con un potenciómetro manual



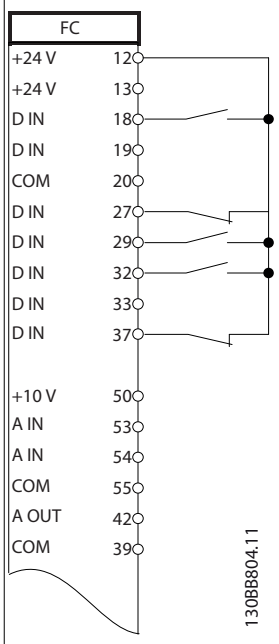
Parámetros	
Función	**Ajuste**
Parámetro 6-10 Terminal 53 escala baja V	0,07 V*
Parámetro 6-11 Terminal 53 escala alta V	10 V*
Parámetro 6-14 Term. 53 valor bajo ref./realim	0 r/min
Parámetro 6-15 Term. 53 valor alto ref./realim	1500 r/min
*=Valor por defecto	
Notas/comentarios:	

Tabla 17.9 Velocidad de referencia (con un potenciómetro

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

manual)

17.6 Aceleración/desaceleración



	Parámetros	
	Función	**Ajuste**
	Parámetro 5-10 Terminal 18 Entrada digital	*[8] Arranque**
	Parámetro 5-12 Terminal 27 Entrada digital	*[19] Mantener referencia*
	Parámetro 5-13 Terminal 29 Entrada digital	*[21] Aceleración*
	Parámetro 5-14 Terminal 32 entrada digital	*[22] Desaceleración*
	*=Valor por defecto	
	Notas/comentarios:	

Tabla 17.10 Aceleración/desaceleración

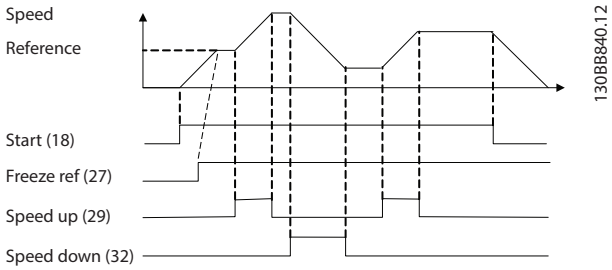
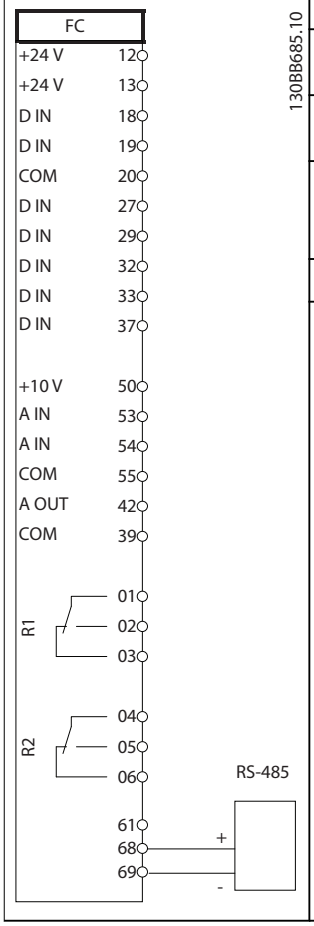


Ilustración 17.3 Aceleración/desaceleración

17.7 Conexión de red RS485



	Parámetros	
	Función	**Ajuste**
	Parámetro 8-30 Protocolo	FC*
	Parámetro 8-31 Dirección	1*
	Parámetro 8-32 Velocidad en baudios	9600*
	*=Valor por defecto	
	Notas/comentarios: seleccione el protocolo, la dirección y la velocidad en baudios en los parámetros.	

Tabla 17.11 Conexión de red RS485

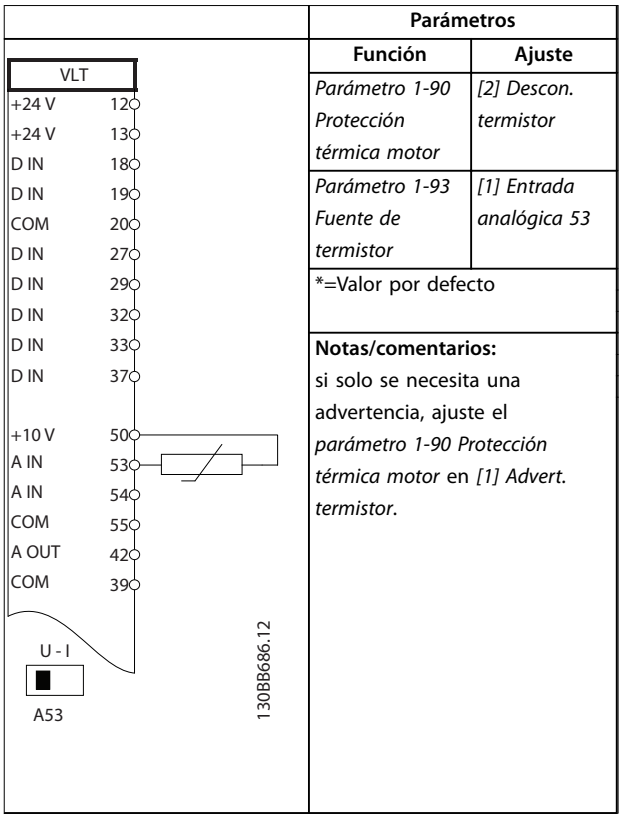
17.8 Termistor motor

AVISO!

Los termistores deben utilizar aislamiento reforzado o doble para cumplir los requisitos de aislamiento PELV.

17

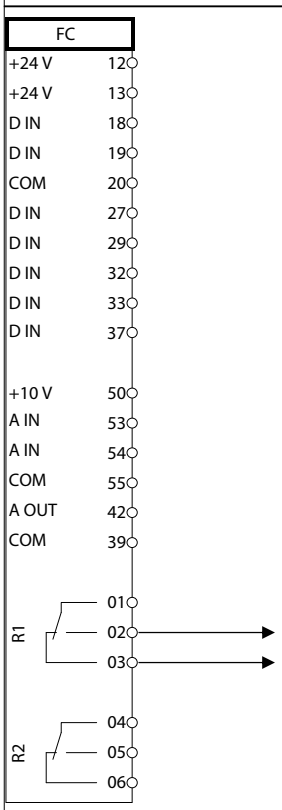
 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.



	Parámetros	
	Función	**Ajuste**
	Parámetro 1-90 Protección térmica motor	*[2] Descon. termistor*
	Parámetro 1-93 Fuente de termistor	*[1] Entrada analógica 53*
	*=Valor por defecto	
	Notas/comentarios: si solo se necesita una advertencia, ajuste el *parámetro 1-90 Protección térmica motor* en *[1] Advert. termistor*.	

Tabla 17.12 Termistor motor

17.9 Ajuste de relé con Smart Logic Control

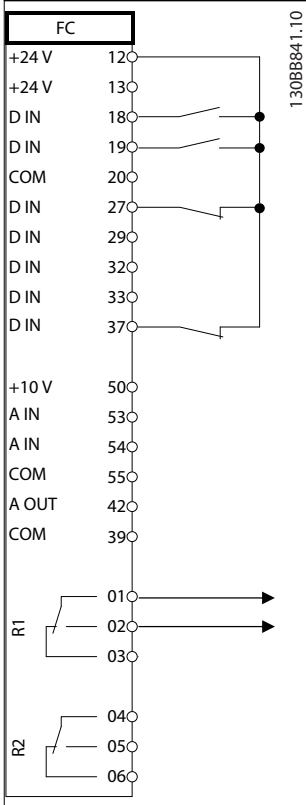


	Parámetros	
	Función	**Ajuste**
	Parámetro 4-30 Función de pérdida de realim. del motor	*[1] Advertencia*
	Parámetro 4-31 Error de velocidad en realim. del motor	100 r/min
	Parámetro 4-32 Tiempo lím. pérdida realim. del motor	5 s
	Parámetro 7-00 Fuente de realim. PID de veloc.	*[2] MCB 102*
	Parámetro 17-11 Resolución (PPR)	1024*
	Parámetro 13-00 Modo Controlador SL	*[1] Sí*
	Parámetro 13-01 Evento arranque	*[19] Advertencia*
	Parámetro 13-02 Evento parada	*[44] Botón Reset*
	Parámetro 13-10 Operando comparador	*[21] Número de adv.*
	Parámetro 13-11 Operador comparador	*[1] ≈ (igual)**
	Parámetro 13-12 Valor comparador	90
	Parámetro 13-51 Evento Controlador SL	*[22] Comparador 0*
	Parámetro 13-52 Acción Controlador SL	*[32] Aj. sal. dig. A baja*
	Parámetro 5-40 Relé de función	*[80] Salida digital SL A*

	Parámetros	
	Función	**Ajuste**
	Parámetro 5-40 Relé de función	*[80] Salida digital SL A*
	*=Valor por defecto	
Notas/comentarios: si se supera el límite del monitor de realimentación, se emite la *advertencia 90, Control encoder.* El SLC supervisa la *advertencia 90, Control encoder* y si esta se evalúa como verdadera, se activa el relé 1. Los equipos externos pueden necesitar reparación. Si el valor del error de realimentación vuelve a ser inferior al límite en un intervalo de 5 s, el convertidor de frecuencia continúa funcionando y la advertencia desaparece. Reinicie el relé 1 pulsando [Reset] en el LCP.		

Tabla 17.13 Uso de SLC para configurar un relé

17.10 Control de freno mecánico



	Parámetros	
	Función	**Ajuste**
	Parámetro 5-40 Relé de función	*[32] Control de freno mec.*
	Parámetro 5-10 Terminal 18 Entrada digital	*[8] Arranque**
	Parámetro 5-11 Terminal 19 entrada digital	*[11] Arranque e inversión*
	Parámetro 1-71 Retardo arr.	0,2
	Parámetro 1-72 Función de arranque	*[5] VVC+/FLUX en sentido horario*
	Parámetro 1-76 Intensidad arranque	$I_{m,n}$
	Parámetro 2-20 Intensidad freno liber.	Ap. dependiente
	Parámetro 2-21 Velocidad activación freno [RPM]	Mitad del deslizamiento nominal del motor
	*=Valor por defecto	
	Notas/comentarios:	

Tabla 17.14 Control de freno mecánico

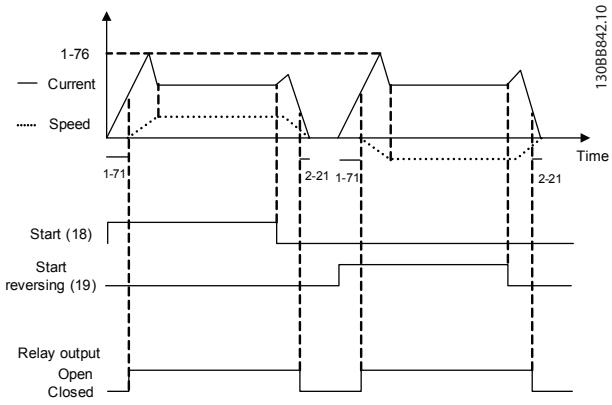


Ilustración 17.4 Control de freno mecánico

17.11 Conexión del encoder

Antes de configurar el encoder, se muestran los ajustes básicos para un sistema de control de velocidad de lazo cerrado.

Consulte también el *capítulo 7.3.7 VLT® Encoder Input MCB 102*.

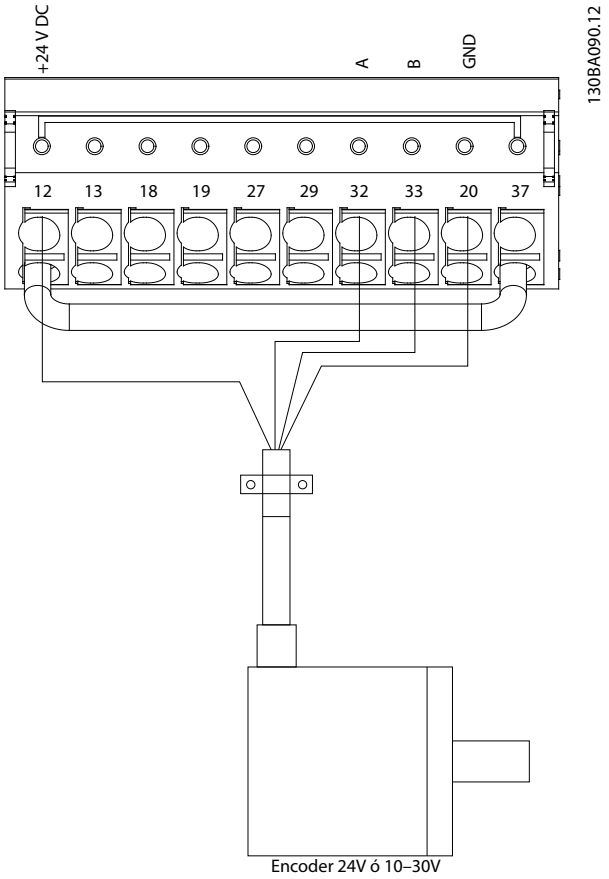


Ilustración 17.5 Conexión del encoder al convertidor de frecuencia

17

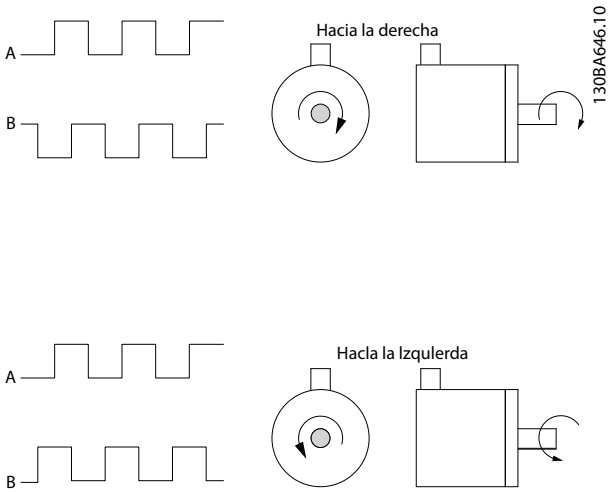


Ilustración 17.6 Codificador incremental de 24 V. Longitud máxima de cable 5 m (16 ft).

17.12 Dirección de encoder

La dirección del encoder, que se identifica mirando al extremo del eje, está determinada por el orden de entrada de los pulsos en el convertidor de frecuencia.

- La dirección en el sentido de las agujas del reloj (CW) significa que el canal A se encuentra 90 grados eléctricos antes que el canal B.
- El sentido contrario al de las agujas del reloj (CCW) significa que el canal B se encuentra 90 grados eléctricos antes que el A.

17.13 Sistema de convertidor de lazo cerrado

Un sistema de convertidor de frecuencia de lazo cerrado está compuesto de lo siguiente:

- Motor
- Convertidor de frecuencia
- Encoder como sistema de realimentación
- Freno mecánico
- Resistencia de frenado para frenado dinámico
- Transmisión
- Caja de engranaje
- Carga

Las aplicaciones que necesitan un control de freno mecánico suelen requerir una resistencia de frenado.

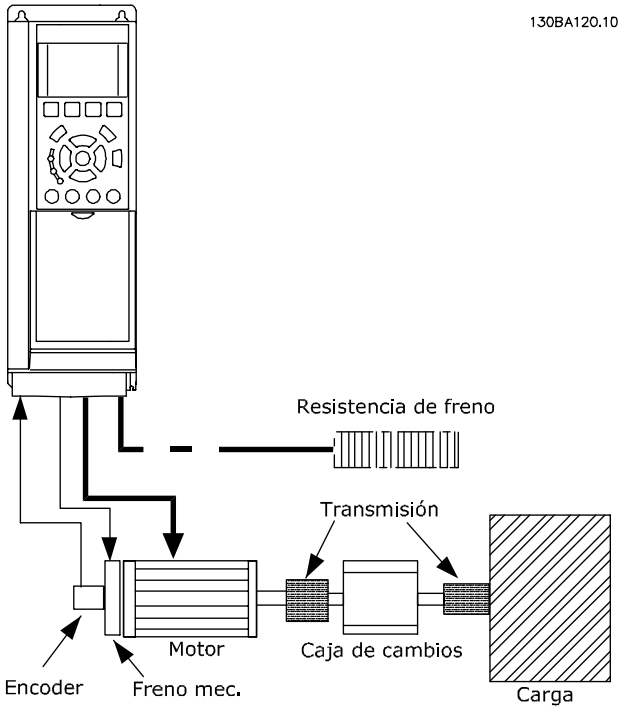


Ilustración 17.7 Configuración básica para el control de velocidad de lazo cerrado del FC 302

17.14 Programación de límite de par y parada

En aplicaciones que tienen un freno electromecánico externo, tales como las de elevación, es posible parar el convertidor de frecuencia mediante una orden de parada estándar y, simultáneamente, activar el freno electromecánico externo.
La *Ilustración 17.8* muestra la programación de estas conexiones de convertidor de frecuencia.

Si hay una orden de parada activada mediante el terminal 18 y el convertidor de frecuencia no está en el límite de par, el motor decelera hasta 0 Hz.
Si el convertidor de frecuencia está en el límite de par y se activa una orden de parada, se activará la salida del terminal 29 (programado en *[27] Límite par y parada*). La señal hasta el terminal 27 cambia de 1 lógico a 0 lógico y el motor comienza a funcionar en inercia, asegurándose así de que la elevación se detiene incluso si el convertidor de frecuencia no puede procesar el par requerido, por ejemplo, debido a una sobrecarga excesiva.

Para programar el límite de par y parada, conecte los terminales siguientes:

- Arranque / parada mediante terminal 18 *parámetro 5-10 Terminal 18 Entrada digital [8] Arranque*
- Parada rápida a través del terminal 27

17

parámetro 5-12 Terminal 27 Entrada digital [2] Inercia

- Salida del terminal 29
  parámetro 5-02 Terminal 29 modo E/S [1] Terminal 29 Mode Output
  parámetro 5-31 Terminal 29 salida digital[27] Límite par y parada
- Salida de relé [0] (Relé 1)
  parámetro 5-40 Relé de función [32] Ctrl. freno mec.

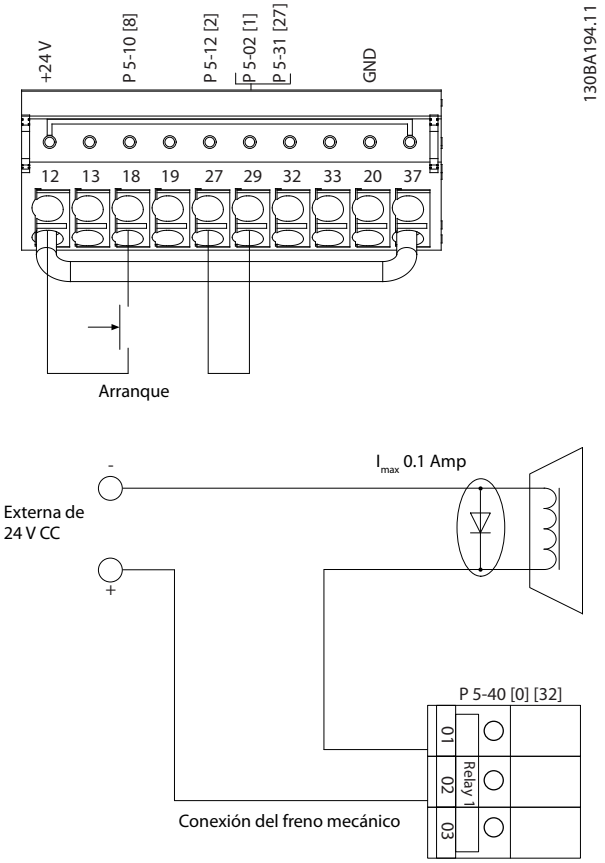


Ilustración 17.8 Conexiones de terminal de límite de par y parada

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

18 Anexo

18.1 Exención de responsabilidad

Danfoss no tendrá ninguna obligación con respecto a cualquier producto que

- no se instale conforme a la configuración estándar tal y como se especifica en la guía de instalación.
- se altere o repare de forma inadecuada.
- se utilice de manera indebida o negligente, o se instale de forma incorrecta sin respetar las directrices de instalación.
- se utilice de manera incoherente con las instrucciones suministradas.
- sufra problemas derivados del desgaste normal por el uso.

18.2 Convenciones

- Las listas numeradas indican procedimientos.
- Las listas de viñetas indican otra información y descripción de ilustraciones.
- El texto en cursiva indica:
  - Referencia cruzada.
  - Enlace.
  - Nota al pie.
  - Nombre del parámetro.
  - Nombre del grupo de parámetros.
  - Opción de parámetro.
- Todas las dimensiones de las figuras se indican en mm (in).

18.3 Glosario

Variables utilizadas en los cálculos:

$f_{VELOCIDAD\ FIJA}$
La frecuencia del motor cuando se activa la función de velocidad fija (mediante terminales digitales).

f_M
La frecuencia del motor.

$f_{MÁX.}$
La frecuencia máxima del motor.

$f_{MÍN.}$
La frecuencia mínima del motor.

$f_{M,N}$
La frecuencia nominal del motor (datos de la placa de características).

I_M
La intensidad del motor.

$I_{M,N}$
La corriente nominal del motor (datos de la placa de características).

$I_{VLT,\ MÁX.}$
Intensidad de salida máxima

$I_{VLT,\ N}$
Corriente nominal de salida suministrada por el convertidor de frecuencia.

$n_{M,N}$
La velocidad nominal del motor (datos de la placa de características).

$P_{M,N}$
La potencia nominal del motor (datos de la placa de características).

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

U_M
Tensión instantánea del motor.

$U_{M,N}$
La tensión nominal del motor (datos de la placa de características).

$U_{VLT,\ MÁX.}$
La tensión de salida máxima

η_{VLT}
El rendimiento del convertidor de frecuencia se define como la relación entre la potencia de salida y la potencia de entrada.

Par de arranque

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

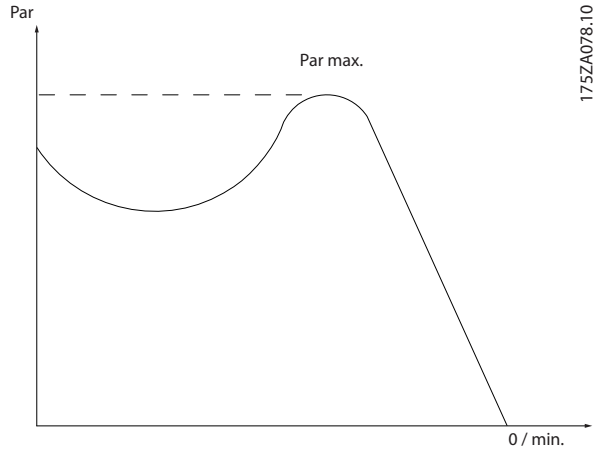


Ilustración 18.1 Gráfico de par de arranque

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

Abreviaturas y términos generales:

60° AVM
Patrón de conmutación denominado Modulación asíncrona de vectores de 60 ° (Consulte el *parámetro 14-00 Patrón conmutación*).

Control vectorial avanzado
Si se compara con el control de relación tensión/frecuencia estándar, el control vectorial avanzado mejora la dinámica y la estabilidad, tanto cuando se cambia la referencia de velocidad como en relación con el par de carga.

Entradas analógicas
Las entradas analógicas se utilizan para controlar varias funciones del convertidor de frecuencia. Hay dos tipos de entradas analógicas:

- Entrada de corriente, 0-20 mA y 4-20 mA.
- Entrada de tensión, 0-10 V CC.

Salidas analógicas
Las salidas analógicas pueden proporcionar una señal de 0-20 mA, 4-20 mA o una señal digital.

Adaptación automática del motor (AMA)
El algoritmo AMA determina los parámetros eléctricos del motor conectado cuando se encuentra parado.

Referencia analógica
Una señal transmitida a 53 o 54 puede ser tensión o intensidad.

Referencia binaria
Una señal aplicada al puerto de comunicación serie (RS-485, terminales 68-69).

Resistencia de frenado
La resistencia de frenado es un módulo capaz de absorber la potencia de frenado generada durante el frenado regenerativo. Esta potencia de frenado regenerativo aumenta la tensión del enlace de CC y un chopper de frenado garantiza que la potencia se transmita a la resistencia de frenado.

Referencia de bus
Señal transmitida al puerto de comunicación serie (puerto FC).

Características de par constante (CT)
Características de par constante utilizadas para compresores de refrigeración de hélice y vaivén.

Entradas digitales
Las entradas digitales pueden utilizarse para controlar distintas funciones del convertidor de frecuencia.

Salidas digitales
El convertidor de frecuencia dispone de dos salidas de estado sólido que pueden proporcionar una señal de 24 V CC (máximo 40 mA).

DSP
Procesador digital de señal.

ETR
El relé termoelectrónico es un cálculo de carga térmica basado en la carga presente y el tiempo transcurrido. Su finalidad es calcular la temperatura del motor.

GLCP
Panel gráfico de control local (LCP 102)

HIPERFACE®
HIPERFACE® es una marca registrada de Stegmann.

Inicialización
Si se lleva a cabo una inicialización (*parámetro 14-22 Modo funcionamiento*), los parámetros programables del convertidor de frecuencia se restablecen a los ajustes predeterminados.

Funciones de entrada

Orden de control Inicie y detenga el funcionamiento del motor conectado mediante el LCP o las entradas digitales. Las funciones se dividen en dos grupos. Las funciones del grupo 1 tienen mayor prioridad que las funciones del grupo 2.	Grupo 1	Reinicio, paro por inercia, reinicio y paro por inercia, parada rápida, freno de CC, parada y tecla [Off].
	Grupo 2	Arranque, Arranque de pulsos, Cambio de sentido, Arranque e inversión, Velocidad fija y Mantener salida.

Tabla 18.1 Funciones de entrada

Ciclo de trabajo intermitente
Una clasificación de trabajo intermitente es una secuencia de ciclos de trabajo. Cada ciclo está formado por un periodo en carga y un periodo sin carga. El funcionamiento puede ser de trabajo periódico o de trabajo no periódico.

LCP
El panel de control local (LCP) constituye una completa interfaz para el control y la programación del convertidor de frecuencia. El LCP es desmontable y puede instalarse a un máximo de 3 m (10 ft) del convertidor de frecuencia, en un panel frontal con el kit de instalación opcional.
El LCP está disponible en dos versiones:

- Panel numérico LCP 101 (NLCP)
- Panel gráfico LCP 102 (GLCP)

lsb
Bit menos significativo.

MCM
Sigla en inglés de Mille Circular Mil, una unidad norteamericana de sección transversal de cables. 1 MCM ≡ 0,5067 mm^2.

msb
Bit más significativo.

NLCP
Panel numérico de control local LCP 101.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

Parámetros en línea y fuera de línea
Los cambios realizados en los parámetros en línea se activan inmediatamente después de cambiar el valor de dato. Pulse [OK] en el LCP para activar cambios en los parámetros fuera de línea.

Controlador PID
El controlador PID mantiene la velocidad, presión y temperatura que desee ajustando la frecuencia de salida para adaptarla a la carga variable.

PCD
Datos de proceso.

Factor de potencia
El factor de potencia es la relación entre I_1 e I_{RMS}.

$$Potencia\ potencia = \frac{\sqrt{3} \times U \times I_{1 \times COS\phi}}{\sqrt{3} \times U \times I_{RMS}}$$

El factor de potencia para el control trifásico es:

$$= \frac{I_1 \times cos\phi 1}{I_{RMS}} = \frac{I_1}{I_{RMS}}\ puesto\ que\ cos\phi 1 = 1$$

El factor de potencia indica hasta qué punto el convertidor de frecuencia impone una carga a la alimentación de red. Cuanto menor es el factor de potencia, mayor es I_{RMS} para el mismo rendimiento en kW.

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

Además, un factor de potencia elevado indica que las distintas corrientes armónicas son bajas.
Las bobinas de CC integradas producen un alto factor de potencia que minimiza la carga impuesta a la alimentación de red.

Referencia interna
Una referencia interna definida que puede ajustarse a un valor comprendido entre el –100 % y el +100 % del intervalo de referencias. Pueden seleccionarse ocho referencias internas mediante los terminales digitales.

Entrada de pulsos / codificador incremental
Un sensor digital externo utilizado para proporcionar información sobre la velocidad y la dirección del motor. Los encoders se utilizan para realimentación de precisión para alta velocidad en aplicaciones altamente dinámicas. La conexión del codificador se realiza mediante el terminal 32 o mediante la opción de encoder.

Referencia de pulsos
Señal de frecuencia de pulsos transmitida a las entradas digitales (terminal 29 o 33).

RCD
Dispositivo de corriente diferencial. Un dispositivo que desconecta un circuito en caso de desequilibrio entre un conductor alimentado y la conexión toma a tierra. También conocido como conmutador de circuito de fuga a tierra (GFCI)

$Ref_{MÁX.}$
Determina la relación entre la entrada de referencia a un 100 % de escala completa (normalmente, 10 V y 20 mA) y la referencia resultante. El valor de referencia máximo se ajusta en el *parámetro 3-03 Referencia máxima*.

$Ref_{MÍN.}$
Determina la relación entre la entrada de referencia a un valor del 0 % (normalmente, 0 V, 0 mA y 4 mA) y la referencia resultante. El valor de referencia mínimo se ajusta en el *parámetro 3-02 Referencia mínima*.

Ajuste
Los ajustes de parámetros se pueden guardar en cuatro configuraciones. Cambiar entre estos cuatro ajustes de parámetros y editar un ajuste mientras otro está activo.

SFAVM
Patrón de conmutación denominado modulación asíncrona de vectores orientada al flujo del estátor (*parámetro 14-00 Patrón conmutación*).

Compensación de deslizamiento
El convertidor de frecuencia compensa el deslizamiento del motor añadiendo un suplemento a la frecuencia que sigue a la carga medida del motor, manteniendo la velocidad del mismo casi constante.

Smart logic control (SLC)
SLC es una secuencia de acciones definidas por el usuario que se ejecuta cuando el SLC evalúa como verdaderos los eventos asociados definidos por el usuario.

STW
Código de estado.

Orden de desactivación de arranque
Una orden de parada que pertenece al grupo 1 de las órdenes de control. Consulte el *Tabla 18.1*.

Orden de parada
Consulte el grupo de parámetros de las órdenes de control.

Termistor
Resistencia que depende de la temperatura y que se coloca en el punto donde se controla la temperatura (convertidor de frecuencia o motor).

THD
Distorsión armónica total. Un estado de distorsión armónica total.

Desconexión
Estado al que se pasa en situaciones de fallo. Por ejemplo, si el convertidor de frecuencia se sobrecalienta o cuando está protegiendo al motor, al proceso o al mecanismo. Se impide el rearranque hasta que desaparece la causa del fallo y se anula el estado de desconexión pulsando [Reset] o, en ocasiones, mediante la programación de un reinicio automático. La desconexión no debe utilizarse para la seguridad personal.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

Bloqueo por alarma
Estado al que se pasa en situaciones de fallo cuando el convertidor de frecuencia está protegiéndose a sí mismo y requiere una intervención física. Por ejemplo, si el convertidor de frecuencia se cortocircuita en la salida, entra en bloqueo por alarma. Un bloqueo por alarma solo puede cancelarse cortando la alimentación, eliminando la causa del fallo y volviendo a conectar el convertidor de frecuencia.

Características VT
Características de par variable utilizadas en bombas y ventiladores.

VVC+
Comparado con el control estándar de la proporción de tensión/frecuencia, el control vectorial de la tensión (VVC+) mejora la dinámica y la estabilidad, tanto cuando se cambia la referencia de velocidad como en relación con el par de carga.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

Índice

A

Abreviaturas 162
Adaptación automática del motor 19, 163
Advertencia 22
AEO 17
Aislamiento 104
Aislamiento de la señal 102
Aislamiento galvánico 70, 102
Ajuste de relé mediante controlador Smart Logic 0 , 159
Ajustes programables 20
Alarm 22
Alimentación
- Conexiones de terminal 116
- Corriente 116
- Corte 112
- Fluctuaciones 19
- Fuente de alimentación 55, 100, 164
- Terminal 122

Almacenamiento 83
Altitud 60
AMA 19, 163
Amortiguación de resonancia 19
Análisis de series de Fourier 100
Armónicos
- Análisis 100
- de tensión 101
- Distorsión 100
- Efectos negativos de 102
- En un sistema de distribución de potencia 101
- Prevención de sobrecarga 100

Arranque remoto 20
Arranque suave 19
Arranque/parada con cambio de sentido y velocidades predeterminadas 156
Arranque/parada por pulsos 155
Automático 134
AVM 163

B

Banda muerta alrededor de cero 141
Barras conductoras 85
Bypass de resonancia 20

C

Cable
- Apantallado 99, 100
- Brida 97
- Control 97, 99, 100
- Ecualizador 100
- Motor 97, 107

Cableado
- Cableado 82, 100
- Diagrama de cableado 131
- Terminal de control 121

Cableado de control del termistor 119
Cálculos 162
Calefactor de armario 84
Cambio de aceleración/desaceleración 157
Características de par constante (CT) 163
Características VT 165
CEM
- CEM 100
- Conformidad 19
- Directiva 8
- Emisiones 90
- Pautas de instalación eléctrica 97
- Precauciones 97
- Requisitos 95
- Requisitos de inmunidad 96
- Resultados de pruebas 91, 93

Certificación ATEX 78
Ciclo de trabajo intermitente 163
Circuito intermedio 112
Clase de rendimiento energético 56
Clasificación 41
Código descriptivo 63
Código descriptivo para el formulario de pedido 63
Comparadores 136
Compensación de deslizamiento 164
Comunicación serie 100, 120, 121
Condensación 84
Condiciones ambientales 84
Condiciones de funcionamiento extremas 111
Conexión a tierra de cable de control apantallado 100
Configuración
- Alimentación 116
- Cable de motor 107
- Modo Configuración 134
- Sistema de cuatro convertidores de frecuencia 110
- Sistema de dos convertidores de frecuencia 108

Configurador de convertidores de frecuencia 63
Conformidad 19
Conformidad con UL 89
Conmutador 122

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

Conmutador A53/A54 122
Conmutador de terminación de bus 122
Conmutador Klixon 107
Control
de par 129
Estructura de control de flujo sin realimentación 133
Estructura de control vectorial avanzado 132
Flujo con estructura de realimentación del motor 133
Límite de intensidad interna en modo VVC+ 134
Local (manual) 134
PID de proceso 148
PID de velocidad 145
Principio 129
Remoto (automático) 134
Tarjeta de control, comunicación serie USB 59
Terminal de control 121
Terminales 129
Tipos de terminal de control 120
Velocidad 129
Control de freno mecánico 159
Control de par 129
Control de PID
Controlador de procesos 152
Optimización 152
Proceso 148
Velocidad 145
Control de PID de procesos
Parámetros 149
Programación 152
Control de PID de velocidad
Ajuste 148
Parámetros 145
Programación 146
Control vectorial avanzado 132
Control vectorial de la tensión 165
Controlador PID 19, 164
Convenciones 162
Correa rota 23
Corriente
Armónicos 100
Control del límite de corriente 18
armónica 101
fundamental 101
Distorsión 101
Entrada 100
Mitigación del motor 105
Corriente de fuga (>3,5 mA) 7
Cortocircuito
Protección ante cortocircuitos 18, 88
Relación de cortocircuito 101
Cortocircuito 111
Cumplimiento de la normativa CE 88

D

Definiciones 162
Desconexión 164
Desequilibrio 23
Dimensiones 82
Dirección de encoder 160
Directiva CEM 8
Directiva de máquinas 8
Directiva de tensión baja 8
Dispositivo de corriente diferencial 164
Dispositivo de seguridad externo 21
Distorsión armónica total 100
DU/dt 66, 81, 113

E

Eficiencia energética 55, 56
Ejecución de AMA con T27 conectado 154
Ejecución de AMA sin T27 conectado 154
Ejemplos de aplicación de AMA 154
Elevación 124
Emisiones conducidas 91
Emisiones radiadas 91
Encoder 72, 159, 164
Enganche arriba/abajo 139
Enlace de CC 112, 113
Entorno comercial 95
Entorno industrial 95
Entorno residencial 95
Entornos agresivos 84
Entrada
Analógica 120
Digital 120, 121
Señal 122
Entrada ampliada VLT® 72
Entrada de resolver VLT® 73
Entradas analógicas 71, 163
Entradas digitales 71, 163
Equipo opcional 122
Esquema de interconexión 131
ETR 163
Evento definido por el usuario 135

F

Factor de potencia 164
FC 102
Especificaciones 41
FC 202
Especificaciones 45

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

FC 302
Especificaciones 50
Filtros
Configuración del filtro 67, 68
DU/dt 66, 81
Filtros 66, 80, 81, 84
de salida 66, 80, 81
Senoidal 66, 80
Flujo 133
Flujo de aire 84
Frecuencia de conmutación 60
Frecuencia portadora alta 17
Frenado de CC 20
Frenado por generador 124
Freno
CC 20
Ciclo de trabajo 124, 125
Conmutador de resistencia 106
Ejemplo de aplicación del freno mecánico 159
Electromecánico 160
Función 126
Límites 125
Niveles de potencia 125
OVC 126
Presión 124
Resistor 80, 124, 163
Retención mecánica 124
Freno de retención mecánico 124
Freno dinámico 124
Freno electromagnético 124
Freno electromecánico 160
Freno estático 124
Fuerza contraelectromotriz 112
Funciones de arranque 20
Funciones de entrada 163
Fusible 82

G

Gases 84

H

HIPERFACE® 163
Humedad 82, 84

I

Inicialización 163
Interfaz serie 24
Interferencia
Radiada 90
Radio 90
Transmitida por el aire 90
Interferencia radiada 90
Interferencia transmitida por el aire 90

K

Kit de montaje 81

L

Lazo abierto 23, 122
Lazo cerrado 23, 122, 160
Lazo de tierra 100
LCP 81, 134, 163
Límite de intensidad 112
Límite de par 112, 160
Límite de velocidad mínima 112
Lista de comprobación 82
Lista de verificación del diseño del sistema 82

M

Mant. salida 163
Mantenimiento 84
Manual 134
Marcado CE 8
MCB 101 69
MCB 102 72, 148, 164
MCB 103 73
MCB 105 75
MCB 107 77
MCB 112 21, 78
MCB 113 79
MCM 163
Método de ajuste Ziegler-Nichols 152
Modo reposo 20
Modulación automática de frecuencia de conmutación 17
Momento de inercia 112

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

Motor
Aislamiento 104
Arranque suave 19
Bypass 21
Cable 97, 107
Clase de protección 84
Conexión en paralelo 113
Conexiones de terminal 107
Conmutación en la salida 111
Corriente baja/alta 23
Fases 111
Función de par completo 20
Función de precalentamiento 20
Límite de intensidad de protección 112
Límite de par 112
Límite de velocidad mínima de protección 112
Mitigación de corrientes 105
Protección térmica 19, 105, 112
Protección térmica del motor 19
Realimentación 133
Rotación 107
Salida 55
Sobretensión 112
Tensión 113
Variables de cálculo 162
Velocidad baja/alta 23
Velocidad nominal 162
Velocidad sincrónica 162
Motor en giro 20

N

Nivel de tensión 56
Normas de emisiones generales 95
Normativa de control de exportación 9

O

Opciones 66, 69
Opciones de pedido 66
Optimización automática de la energía 17
Orden de arranque/parada con Safe Torque Off 155
OVC 112

P

Panel de control local 163
Paquete de idioma 63
Par de arranque 20, 162
Par motor completo 20
Par trenzado apantallado (STP) 122
Patrón de conmutación 163
PELV 102, 154
Pérdida de fase 23
Pérdida de potencia 21
Personal cualificado 6
Peso 25, 82, 85
PID de velocidad 129, 132
Potencia de salida 41
Potenciómetro 157
Precauciones 97
Programación 121
Programación de límite de par y parada 160
Protección 85, 88, 102, 105, 112
Protección de fallo a tierra 18
Protección térmica 112
Puente 121
Punto de acoplamiento común 101

R

Rampa automática 18
Rangos de de frecuencia portadora 17
RCD 164
Realimentación 23, 122
Rearranque automático 20
Recursos adicionales 5
Red de CA 116
Red pública de baja tensión 91
Reducción de potencia 17, 18, 60, 82
Referencia
Activo 134
Advertencia 23
Analógica 140, 163
Binario 163
Bus 163
Entrada de velocidad 154, 155
Límites 139
Local 138
Mantener 139
Predefinida 140, 164
Pulso 140, 164
Remoto 138
Referencias de escalado 140
Refrigeración 19, 84
Reglas lógicas 136
Reinicio 20
Reinicio de alarma externa 156
Reinicio de la alarma 156
Relé 58, 75, 79, 121
Relé termoelectrónico 163
Requisitos
Emisión (CEM) 95
Resolver 73
Responsabilidad 21
RS485
Comunicación serie 122
Conexión de red 157

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

S

Safe Torque Off.... 21

Salida
- Analógica.... 120
- Conmutación en la salida.... 111
- Filtros de salida.... 80, 81
- Relé.... 58, 120, 123

Salidas analógicas.... 71, 163

Salidas digitales.... 71, 163

Senoidal.... 66, 80

Sensor KTY.... 106, 154

SFAVM.... 164

Smart Logic Control.... 135

Sobrecarga.... 21

Sobrecarga estática VVC+.... 112

Sobretemperatura.... 18, 23

Sobretensión.... 112, 126

Software de configuración MCT 10.... 120

Suministro externo de 24 V CC.... 77

T

Tablas de reducción de potencia.... 61, 62

Tamaños de cable.... 107

Tarjeta de relé ampliada VLT®.... 79

Tarjeta del termistor PTC.... 78, 105

Tarjeta del termistor PTC VLT®.... 78

Temperatura.... 60

Tensión alta.... 6

Tensión de alimentación.... 119, 120

Terminal
- Dimensiones de bus de CC en sistema de cuatro convertidores de frecuencia.... 39
- Dimensiones de bus de CC en sistema de dos convertidores de frecuencia.... 32
- Dimensiones de conexión toma a tierra en sistema de dos convertidores de frecuencia.... 31
- Dimensiones de la alimentación del sistema de dos convertidores de frecuencia.... 30
- Dimensiones de la alimentación en sistema de cuatro convertidores de frecuencia.... 35
- Dimensiones de puente en sistema de cuatro convertidores de frecuencia.... 34
- Dimensiones del freno en sistema de cuatro convertidores de frecuencia.... 37
- Dimensiones del motor en sistema de cuatro convertidores de frecuencia.... 37
- Dimensiones del motor en sistema de dos convertidores de frecuencia.... 31

Terminales
- Conexión de red.... 116
- Conexión motor.... 107
- Control.... 129
- Dimensiones de sistema de cuatro convertidores de frecuencia.... 34
- Dimensiones del módulo de convertidor de frecuencia... 26
- Dimensiones del sistema de dos convertidores de frecuencia.... 30

Termistor.... 78, 105, 119, 154, 157, 164

THD.... 164

Tiempo de descarga.... 6

Tiempo de subida.... 113

Transformadores.... 100

Transformadores utilizados con 12 pulsos.... 55

V

Variables, definidas en.... 162

Velocidad de referencia.... 122, 154, 155

Velocidad fija.... 162

Velocidades predeterminadas.... 156

Ventiladores.... 19, 86

VLT® Extended I/O.... 69

VLT® Relay Card.... 75

VVC+.... 132, 134, 165

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

 Danfoss A/S © 11/2016 Reservados todos los derechos.

Danfoss no acepta ninguna responsabilidad por posibles errores que pudieran aparecer en sus catálogos, folletos o cualquier otro material impreso y se reserva el derecho de alterar sus productos sin previo aviso, incluidos los que estén bajo pedido, si estas modificaciones no afectan las características convenidas con el cliente. Todas las marcas comerciales de este material son propiedad de las respectivas compañías. Danfoss y el logotipo Danfoss son marcas comerciales de Danfoss A/S. Reservados todos los derechos.

Danfoss A/S
Ulsnaes 1
DK-6300 Graasten
vlt-drives.danfoss.com