



Guía de diseño

VLT[®] Refrigeration Drive FC 103

1,1-90 kW



Índice

1 Introducción	7
1.1 Propósito de la Guía de diseño	7
1.2 Organización	7
1.3 Recursos adicionales	7
1.4 Abreviaturas, símbolos y convenciones	8
1.5 Símbolos de seguridad	9
1.6 Definiciones	9
1.7 Versión del documento y del software	10
1.8 Homologaciones y certificados	10
1.8.1 Marca CE	10
1.8.1.1 Directiva de tensión baja	10
1.8.1.2 Directiva CEM	10
1.8.1.3 Directiva de máquinas	11
1.8.1.4 Directiva ErP	11
1.8.2 Conformidad con C-Tick	11
1.8.3 Conformidad con UL	11
1.8.4 Conformidad marítima (ADN)	11
1.8.5 Normativa de control de exportación	12
1.9 Seguridad	12
1.9.1 Principios generales de seguridad	12
2 Vista general de producto	14
2.1 Introducción	14
2.2 Descripción del funcionamiento	17
2.3 Secuencia de funcionamiento	18
2.3.1 Sección del rectificador	18
2.3.2 Sección intermedia	18
2.3.3 Sección del inversor	18
2.4 Estructuras de control	18
2.4.1 Estructura de control de lazo abierto	18
2.4.2 Estructura de control de lazo cerrado	19
2.4.3 Control Local (Hand On) y Remoto (Auto On)	20
2.4.4 Manejo de referencias	21
2.4.5 Manejo de la realimentación	23
2.5 Funciones operativas automatizadas	24
2.5.1 Protección ante cortocircuitos	24
2.5.2 Protección contra sobretensión	24
2.5.3 Detección de que falta una fase del motor	25
2.5.4 Detección de desequilibrio de fase de red	25

2.5.5	Conmutación en la salida	25
2.5.6	Protección de sobrecarga	25
2.5.7	Reducción de potencia automática	25
2.5.8	Optimización automática de energía	25
2.5.9	Modulación automática de frecuencia de conmutación	26
2.5.10	Reducción automática de potencia por alta frecuencia de conmutación	26
2.5.11	Reducción de potencia automática por sobretemperatura	26
2.5.12	Rampa automática	26
2.5.13	Círculo del límite de intensidad	26
2.5.14	Rendimiento de fluctuación de potencia	26
2.5.15	Arranque suave del motor	26
2.5.16	Amortiguación de resonancia	27
2.5.17	Ventiladores controlados por temperatura	27
2.5.18	Conformidad con CEM	27
2.5.19	Medición de la intensidad en las tres fases del motor	27
2.5.20	Aislamiento galvánico de los terminales de control	27
2.6	Funciones de aplicación personalizadas	27
2.6.1	Adaptación automática del motor	27
2.6.2	Protección térmica motor	27
2.6.3	Corte de red	28
2.6.4	Controladores PID integrados	28
2.6.5	Rearranque automático	29
2.6.6	Motor en giro	29
2.6.7	Par completo a velocidad reducida	29
2.6.8	Bypass de frecuencia	29
2.6.9	Pre calentador del motor	29
2.6.10	Cuatro ajustes programables	29
2.6.11	Frenado de CC	29
2.6.12	Modo reposo	29
2.6.13	Permiso de arranque	29
2.6.14	Smart Logic Control (SLC)	29
2.6.15	Función de Safe Torque Off	31
2.7	Funciones de fallo, advertencia y alarma	31
2.7.1	Funcionamiento con temperatura excesiva	31
2.7.2	Advertencias de referencia alta o baja	32
2.7.3	Advertencia de realimentación alta o baja	32
2.7.4	Desequilibrio de fase o pérdida de fase	32
2.7.5	Advertencia de frecuencia alta	32
2.7.6	Advertencia de baja frecuencia	32
2.7.7	Advertencia de intensidad alta	32

2.7.8 Advertencia de intensidad baja	32
2.7.9 Advertencia de ausencia de carga / correa rota	32
2.7.10 Interfaz serie perdida	32
2.8 Interfaces de usuario y programación	33
2.8.1 Panel de control local	33
2.8.2 Software para PC	33
2.8.2.1 Software de configuración MCT 10	34
2.8.2.2 VLT® Harmonics Calculation Software MCT 31	34
2.8.2.3 Software de cálculo de armónicos (HCS)	34
2.9 previo	35
2.9.1 Almacenamiento	35
3 Integración del sistema	36
3.1 Condiciones ambientales de funcionamiento	37
3.1.1 Humedad	37
3.1.2 Temperatura	37
3.1.3 Refrigeración	37
3.1.4 Sobretensión generada por el motor	38
3.1.5 Ruido acústico	38
3.1.6 Vibración y golpe	38
3.1.7 Entornos agresivos	39
3.1.8 Definiciones de clasificación IP	39
3.1.9 Interferencias de radiofrecuencia	40
3.1.10 Conformidad PELV y de aislamiento galvánico	41
3.2 CEM, armónicos y protección de fuga a tierra	41
3.2.1 Aspectos generales de las emisiones CEM	41
3.2.2 Resultados de las pruebas de CEM (emisión)	43
3.2.3 Requisitos en materia de emisiones	44
3.2.4 Requisitos de inmunidad	44
3.2.5 Aislamiento del motor	45
3.2.6 Corrientes en los cojinetes del motor	45
3.2.7 Armónicos	46
3.2.8 Corriente de fuga a tierra	49
3.3 Rendimiento energético	51
3.3.1 Clases IE e IES	51
3.3.2 Datos de pérdida de potencia y datos de rendimiento	51
3.3.3 Pérdidas y rendimiento de un motor	52
3.3.4 Pérdidas y rendimiento de un sistema Power Drive	53
3.4 Integración de la red	53
3.4.1 Configuraciones de red y efectos CEM	53

3.4.2 Interferencia de la red de baja frecuencia	53
3.4.3 Análisis de la interferencia de la red	54
3.4.4 Opciones para la reducción de la interferencia de la red	54
3.4.5 Interferencias de radiofrecuencia	55
3.4.6 Clasificación del lugar de funcionamiento	55
3.4.7 Utilización con una fuente de entrada aislada	56
3.4.8 Corrección del factor de potencia	56
3.4.9 Retardo de la potencia de entrada	56
3.4.10 Transitorios de red	56
3.4.11 Funcionamiento con un generador de reserva	56
3.5 Integración del motor	57
3.5.1 Consideraciones sobre la selección del motor	57
3.5.2 Filtros senoidales y filtros dU/dt	57
3.5.3 Conexión a tierra correcta del motor	57
3.5.4 Cables de motor	57
3.5.5 Apantallamiento del cable de motor	58
3.5.6 Conexión de motores múltiples	58
3.5.7 Protección térmica motor	60
3.5.8 Contactor de salida	60
3.5.9 Rendimiento energético	60
3.6 Entradas y salidas adicionales	62
3.6.1 Esquema de cableado	62
3.6.2 Conexiones de los relés	63
3.6.3 Conexión eléctrica conforme a CEM	64
3.7 Planificación mecánica	65
3.7.1 Separación	65
3.7.2 Montaje en pared	66
3.7.3 Acceso	66
3.8 Opciones y accesorios	67
3.8.1 Opciones de comunicación	69
3.8.2 Entrada/salida, realimentación y opciones de seguridad	70
3.8.3 Filtros senoidales	70
3.8.4 Filtros dU/dt	70
3.8.5 Filtros armónicos	70
3.8.6 Kit de protección IP21 / NEMA tipo 1	70
3.8.7 Filtros de modo común	72
3.8.8 Kit de montaje remoto para LCP	73
3.8.9 Soporte de montaje para tamaños de protección A5, B1, B2, C1 y C2	74
3.9 Interfaz serie RS485	74
3.9.1 Descripción general	74

3.9.2 Conexión de red	75
3.9.3 Terminación de bus RS485	76
3.9.4 Precauciones de compatibilidad electromagnética (CEM)	76
3.9.5 Aspectos generales del protocolo FC	76
3.9.6 Configuración de red	77
3.9.7 Estructura de formato de mensaje del protocolo FC	77
3.9.8 Ejemplos de protocolo FC	80
3.9.9 Protocolo Modbus RTU	81
3.9.10 Estructura de formato de mensaje de Modbus RTU	82
3.9.11 Acceso a los parámetros	85
3.9.12 Perfil de control del convertidor de frecuencia	86
3.10 Lista de verificación del diseño del sistema	93
4 Ejemplos de aplicaciones	95
4.1 Ejemplos de aplicaciones	95
4.2 Funciones de aplicación seleccionadas	95
4.2.1 SmartStart	95
4.2.2 Arranque/parada	96
4.2.3 Arranque/parada por pulsos	96
4.2.4 Referencia de potenciómetro	97
4.3 Ejemplos de configuración de la aplicación	97
5 Condiciones especiales	103
5.1 Reducción de potencia	103
5.2 Reducción de potencia manual	103
5.3 Reducción de potencia para cables de motor largos o de mayor sección transversal	104
5.4 Reducción de potencia en función de la temperatura ambiente	104
6 Código descriptivo y selección	109
6.1 Pedidos	109
6.1.1 Introducción	109
6.1.2 Código descriptivo	109
6.2 Opciones, accesorios y repuestos	110
6.2.1 Números de pedido: Opciones y accesorios	110
6.2.2 Números de pedido: Filtros armónicos	113
6.2.3 Números de pedido: Módulos de filtro senoidal, 200-480 V CA	113
6.2.4 Números de pedido: Módulos de filtro senoidal, 525-600/690 V CA	114
6.2.5 Filtros armónicos	115
6.2.6 Filtros senoidales	117
6.2.7 Filtros dU/dt	118
6.2.8 Filtros de modo común	119

7 Especificaciones	120
7.1 Datos eléctricos	120
7.1.1 Fuente de alimentación de red 3 × 200-240 V CA	120
7.1.2 Fuente de alimentación de red 3 × 380-480 V CA	122
7.1.3 Fuente de alimentación de red 3 × 525-600 V CA	124
7.2 Fuente de alimentación de red	126
7.3 Salida del motor y datos del motor	126
7.4 Condiciones ambientales	127
7.5 Especificaciones del cable	127
7.6 Entrada/salida de control y datos de control	128
7.7 Par de apriete de conexión	131
7.8 Fusibles y magnetotérmicos	131
7.9 Potencias de salida, peso y dimensiones	137
7.10 Prueba dU/dt	138
7.11 Clasificaciones de ruido acústico	140
7.12 Opciones seleccionadas	141
7.12.1 VLT® General Purpose I/O Module MCB 101	141
7.12.2 VLT® Relay Card MCB 105	141
7.12.3 VLT® Extended Relay Card MCB 113	143
8 Apéndice: selección de dibujos	145
8.1 Diagramas de la conexión de red	145
8.2 Dibujos de la conexión del motor	148
8.3 Dibujos del terminal de relé	150
8.4 Orificios de entrada para cables	151
Índice	155

1 Introducción

1.1 Propósito de la Guía de diseño

Esta Guía de diseño para los convertidores de frecuencia FC 103 de VLT® Refrigeration Drive está dirigida a:

- Ingenieros de proyectos y sistemas.
- Asesores de diseño.
- Especialistas de productos y aplicaciones.

La Guía de diseño proporciona información técnica para entender la capacidad de integración del convertidor de frecuencia en los sistemas de control y seguimiento del motor.

La finalidad de la Guía de diseño es facilitar consideraciones de diseño y datos de planificación para la integración del convertidor de frecuencia en un sistema. La Guía de diseño abarca una selección de convertidores de frecuencia y opciones para toda una serie de aplicaciones e instalaciones.

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 Organización

Capítulo 1 Introducción: objetivo general de la Guía de diseño y cumplimiento de las normativas internacionales.

Capítulo 2 Vista general de producto: estructura interna y funcionalidades del convertidor de frecuencia y características operativas.

Capítulo 3 Integración del sistema: condiciones ambientales; CEM, armónicos y fuga a tierra; entrada de red; motores y conexiones de los motores; otras conexiones; planificación mecánica y descripciones de las opciones y accesorios disponibles.

Capítulo 4 Ejemplos de aplicaciones: muestras de aplicaciones del producto e instrucciones de uso.

Capítulo 5 Condiciones especiales: detalles sobre entornos de funcionamiento no convencionales.

Capítulo 6 Código descriptivo y selección: procedimientos de pedido de equipos y opciones para realizar el uso previsto del sistema.

Capítulo 7 Especificaciones: recopilación de datos técnicos en formato de tabla y gráficos.

Capítulo 8 Apéndice: selección de dibujos: Recopilación de gráficos en los que se ilustran:

- Conexiones de red y del motor
- Terminales de relé
- Entradas de cables

1.3 Recursos adicionales

Tiene a su disposición recursos para comprender el funcionamiento avanzado del convertidor de frecuencia, su programación y su conformidad con las normativas aplicables:

- El *Manual de funcionamiento de VLT® Refrigeration Drive FC 103* (en adelante, el «Manual de funcionamiento») ofrece información detallada acerca de la instalación y el arranque del convertidor de frecuencia.
- La *Guía de diseño* del VLT® Refrigeration Drive FC 103 proporciona la información necesaria para diseñar y planificar la integración del convertidor de frecuencia en un sistema.
- La *Guía de programación de VLT® Refrigeration Drive FC 103* (en adelante, la «Guía de programación») proporciona información detallada sobre cómo trabajar con parámetros y muchos ejemplos de aplicación.
- El *Manual de funcionamiento de VLT® Safe Torque Off* describe cómo utilizar los convertidores de frecuencia de Danfoss en aplicaciones de seguridad funcional. Este manual se suministra junto al convertidor de frecuencia cuando se incluye la opción STO.

Existen publicaciones y manuales complementarios a su disposición que se pueden descargar desde vlt-drives.danfoss.com/Products/Detail/Technical-Documents.

AVISO!

El equipo opcional disponible podría cambiar alguna información descrita en estas publicaciones. Asegúrese de leer las instrucciones suministradas con las opciones para los requisitos específicos.

Póngase en contacto con un proveedor de Danfoss o acceda a www.danfoss.com para obtener información complementaria.

1.4 Abreviaturas, símbolos y convenciones

60° AVM	Modulación asíncrona de vectores de 60°
A	Amperio
CA	Corriente alterna
AD	Descarga por el aire
AEO	Optimización automática de energía
AI	Entrada analógica
AMA	Adaptación automática del motor
AWG	Calibre de cables estadounidense
°C	Grados celsius
CD	Descarga constante
CDM	Módulo de convertidor de frecuencia completo: el convertidor de frecuencia, la sección de alimentación y los componentes auxiliares
CM	Modo común
CT	Par constante
CC	Corriente continua
DI	Entrada digital
DM	Modo diferencial
D-TYPE	Dependiente del convertidor de frecuencia
CEM	Compatibilidad electromagnética
EMF	Fuerza contraelectromotriz
ETR	Relé termoelectrónico
$f_{VELOCIDAD\ FIJA}$	Frecuencia del motor cuando se activa la función de velocidad fija.
f_M	Frecuencia motor
$f_{MÁX.}$	La frecuencia de salida máxima que el convertidor de frecuencia aplica a su salida.
$f_{MÍN.}$	La frecuencia mínima del motor del convertidor de frecuencia
$f_{M, N}$	Frecuencia nominal del motor
FC	Convertidor de frecuencia
g	Gramos
Hiperface®	Hiperface® es una marca registrada de Stegmann
HO	sobrecarga alta
CV	Caballos de vapor
HTL	Pulsos del encoder HTL (10-30 V), (lógica de transistor de tensión alta)
Hz	Hercio
I_{INV}	Intensidad nominal de salida del convertidor
$I_{LÍM.}$	Límite de intensidad
$I_{M, N}$	Corriente nominal del motor
$I_{VLT, MÁX.}$	Intensidad de salida máxima
$I_{VLT, N}$	Corriente nominal de salida suministrada por el convertidor de frecuencia
kHz	Kilohercio
LCP	Panel de control local
lsb	Bit menos significativo
m	Metro
mA	Miliamperio
MCM	Mille Circular Mil, unidad norteamericana de sección de cables
MCT	Herramienta de control de movimientos

mH	Inductancia en milihenrios
mm	Milímetro
ms	Milisegundo
msb	Bit más significativo
η_{VLT}	Eficiencia del convertidor de frecuencia definida como la relación entre la potencia de salida y la potencia de entrada.
nF	Capacitancia en nanofaradios
NLCP	Panel de control local numérico
Nm	Newton metro
NO	Sobrecarga normal
n_s	Velocidad del motor síncrono
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.
$P_{br, cont.}$	Potencia nominal de la resistencia de freno (potencia media durante el frenado continuo).
PCB	Placa de circuito impreso
PCD	Datos de proceso
PDS	Sistema Power Drive: un CDM y un motor
PELV	Tensión de protección muy baja
P_m	Potencia nominal de salida del convertidor de frecuencia como sobrecarga alta (HO).
$P_{M, N}$	Potencia nominal del motor
Motor PM	Motor de magnetización permanente
PID de proceso	Controlador PID (diferencial proporcional integrado), que mantiene la velocidad, la presión, la temperatura, etc.
$R_{br, nom}$	Valor de resistencia nominal que garantiza una potencia de frenado en el eje del motor del 150/160 % durante 1 minuto
RCD	Dispositivo de corriente diferencial
Regen	Terminales regenerativos
$R_{min.}$	Valor de resistencia de freno mínima permitida por el convertidor de frecuencia
RMS	Media cuadrática
RPM	Revoluciones por minuto
R_{rec}	Resistencia recomendada de las resistencias de freno de Danfoss
s	Segundo
SFAVM	Modulación asíncrona de vectores orientada al flujo del estátor
STW	Código de estado
SMPS	Fuente de alimentación del modo de conmutación
THD	Distorsión armónica total
$T_{LÍM.}$	Límite de par
TTL	Pulsos del encoder TTL (5 V), (lógica transistor transistor)
$U_{M, N}$	Tensión nominal del motor
V	Voltios
VT	Par variable

VVC ⁺	Control vectorial de la tensión plus
------------------	--------------------------------------

Tabla 1.1 Abreviaturas

Convenciones

Las listas numeradas indican procedimientos.

Las listas de viñetas indican otra información y descripción de ilustraciones.

El texto en cursiva indica:

- Referencia cruzada.
- Vínculo.
- Nota al pie.
- Nombre del parámetro, nombre del grupo de parámetros, opción del parámetro.

Todas las dimensiones indicadas en mm (in).

* indica un ajuste predeterminado de un parámetro.

1.5 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.

1.6 Definiciones**Inercia**

El eje del motor se encuentra en modo libre. Sin par en el motor.

Características de par constante (CT)

Características de par constante utilizadas para todas las aplicaciones, tales como:

- Cintas transportadoras.
- Bombas de desplazamiento.
- Grúas.

Inicialización

Si se lleva a cabo una inicialización (*parámetro 14-22 Modo funcionamiento*), el convertidor de frecuencia vuelve a los ajustes predeterminados.

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.

Factor de potencia

El factor de potencia real (λ) tiene en cuenta todos los armónicos. Siempre es inferior al factor de potencia real ($\cos\phi$), que solo tiene en cuenta los armónicos fundamentales de corriente y de tensión.

$$\cos\phi = \frac{P \text{ (kW)}}{P \text{ (kVA)}} = \frac{U\lambda \times I\lambda \times \cos\phi}{U\lambda \times I\lambda}$$

$\cos\phi$ también se conoce como el factor de potencia de desplazamiento.

Tanto λ como $\cos\phi$ se indican para los convertidores de frecuencia Danfoss VLT[®], en el capítulo 7.2 Fuente de alimentación de red.

El factor de potencia indica hasta qué punto el convertidor de frecuencia impone una carga a la fuente de alimentación de red.

Cuanto menor es el factor de potencia, mayor es I_{RMS} para el mismo rendimiento en kW.

Además, un factor de potencia elevado indica que las corrientes armónicas son bajas.

Todos los convertidores de frecuencia de Danfoss tienen bobinas de CC integradas en el bus de CC. Las bobinas garantizan un factor de potencia alto y reducen el THDi en la fuente de alimentación de red.

Ajuste

Guardar ajustes de parámetros en cuatro configuraciones distintas. Cambiar entre estos cuatro ajustes de parámetros y editar un ajuste mientras otro está activo.

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. (Grupo de parámetros 13-** *Lógica inteligente*).

Bus estándar FC

Incluye el bus RS485 bus con el protocolo FC o el protocolo MC. Consulte el *parámetro 8-30 Protocolo*.

Termistor

Resistencia que depende de la temperatura y que se coloca en el punto donde ha de controlarse la temperatura (convertidor de frecuencia o motor).

Desconexión

Estado al que se pasa en situaciones de fallo; por ejemplo, si el convertidor de frecuencia se sobrecalienta o cuando este protege el motor, el proceso o el mecanismo. Se impide el arranque hasta que desaparece la causa del

fallo y se anula el estado de desconexión. Para cancelar el estado de desconexión:

- active el reinicio o
- programe el convertidor de frecuencia para que se reinicie automáticamente

La desconexión no debe utilizarse para la seguridad personal.

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. Un bloqueo por alarma solo puede cancelarse cortando la alimentación de red, eliminando la causa del fallo y volviendo a conectar el convertidor de frecuencia. Se impide el re arranque hasta que se cancela el estado de desconexión mediante la activación del reinicio o, en algunos casos, mediante la programación del reinicio automático. La desconexión no debe utilizarse para la seguridad personal.

Características VT

Características de par variable utilizadas en bombas y ventiladores.

1.7 Versión del documento y del software

Este manual se revisa y se actualiza de forma periódica. Le agradecemos cualquier sugerencia de mejoras.

La *Tabla 1.2* muestra las versiones de documento y software.

Edición	Comentarios	Versión de software
MG16G2xx	Sustituye a la MG16G1xx	1.4x

Tabla 1.2 Versión del documento y del software

1.8 Homologaciones y certificados

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

Para más información sobre homologaciones y certificados, diríjase a la zona de descargas en vlt-marine.danfoss.com/support/type-approval-certificates/.

1.8.1 Marca CE



Ilustración 1.1 CE

La marca CE (Comunidad Europea) indica que el fabricante del producto cumple todas las directivas aplicables de la UE. Las directivas europeas aplicables al diseño y a la fabricación de convertidores de frecuencia se enumeran en la *Tabla 1.3*.

AVISO!

La marca CE no regula la calidad del producto. Las especificaciones técnicas no pueden deducirse de la marca CE.

AVISO!

Los convertidores de frecuencia que tengan una función de seguridad integrada deben cumplir la directiva de máquinas.

Directiva de la UE	Versión
Directiva de tensión baja	2014/35/EU
Directiva CEM	2014/30/EU
Directiva de máquinas ¹⁾	2014/32/EU
Directiva ErP	2009/125/EC
Directiva ATEX	2014/34/EU
Directiva RoHS	2002/95/EC

Tabla 1.3 Directivas de la UE aplicables a los convertidores de frecuencia

1) La conformidad con la directiva de máquinas solo se exige en los convertidores de frecuencia dotados de una función de seguridad integrada.

Las declaraciones de conformidad están disponibles previa solicitud.

1.8.1.1 Directiva de tensión baja

La directiva de tensión baja se aplica a todos los equipos eléctricos situados en los intervalos de tensión 50-1000 V CA y 75-1600 V CC.

La finalidad de esta directiva es garantizar la seguridad personal y evitar los daños materiales cuando se manejen, para su aplicación prevista, equipos eléctricos correctamente instalados y mantenidos.

1.8.1.2 Directiva CEM

El propósito de la Directiva CEM (compatibilidad electromagnética) es reducir las interferencias electromagnéticas y mejorar la inmunidad de los equipos e instalaciones eléctricos. Los requisitos de protección básicos de la directiva CEM son que los dispositivos que generen interferencias electromagnéticas (EMI) o los dispositivos cuyo funcionamiento se pueda ver afectado por las EMI se diseñen para limitar la generación de interferencias electromagnéticas. Estos dispositivos deben tener un grado adecuado de inmunidad a las EMI cuando se instalan

correctamente, se mantienen y se usan conforme a lo previsto.

Los dispositivos eléctricos que se utilizan independientemente o como parte de un sistema deben disponer de la marca CE. Los sistemas no necesitan la marca CE pero deben cumplir con los requisitos básicos de protección de la Directiva CEM.

1.8.1.3 Directiva de máquinas

La finalidad de la Directiva de máquinas es garantizar la seguridad personal y evitar daños materiales en los equipos mecánicos utilizados para su aplicación prevista. La Directiva de máquinas es aplicable a una máquina que conste de un conjunto de componentes o dispositivos interconectados de los cuales al menos uno sea capaz de realizar un movimiento mecánico.

Los convertidores de frecuencia que tengan una función de seguridad integrada deberán cumplir la Directiva de máquinas. 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.

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.

1.8.1.4 Directiva ErP

La directiva ErP es la directiva europea de diseño ecológico de productos relacionados con la energía. Esta directiva establece requisitos de diseño ecológico para los productos relacionados con la energía, incluidos los convertidores de frecuencia. El objetivo de la directiva es incrementar el rendimiento energético y el nivel de protección del medio ambiente, mientras se aumenta la seguridad del suministro energético. El impacto medioambiental de los productos relacionados con la energía incluye el consumo de energía en todo el ciclo de vida útil del producto.

1.8.2 Conformidad con C-Tick



Ilustración 1.2 C-tick

El sello C-tick indica el cumplimiento de los estándares técnicos aplicables de compatibilidad electromagnética

(CEM). El cumplimiento C-tick es necesario para la distribución de dispositivos eléctricos y electrónicos en el mercado australiano y en el neozelandés.

La normativa C-tick se refiere a las emisiones por conducción y radiación. En el caso de los convertidores de frecuencia, aplique los límites de emisiones especificados en EN/CEI 61800-3.

Podrá emitirse una declaración de conformidad si así se solicita.

1.8.3 Conformidad con UL

Listado como UL



Ilustración 1.3 UL

AVISO!

Los convertidores de frecuencia de 525-690 V no disponen de certificado para UL.

El convertidor de frecuencia cumple los requisitos de la norma UL 508C de retención de memoria térmica. Para obtener más información, consulte el capítulo 2.6.2 *Protección térmica motor*.

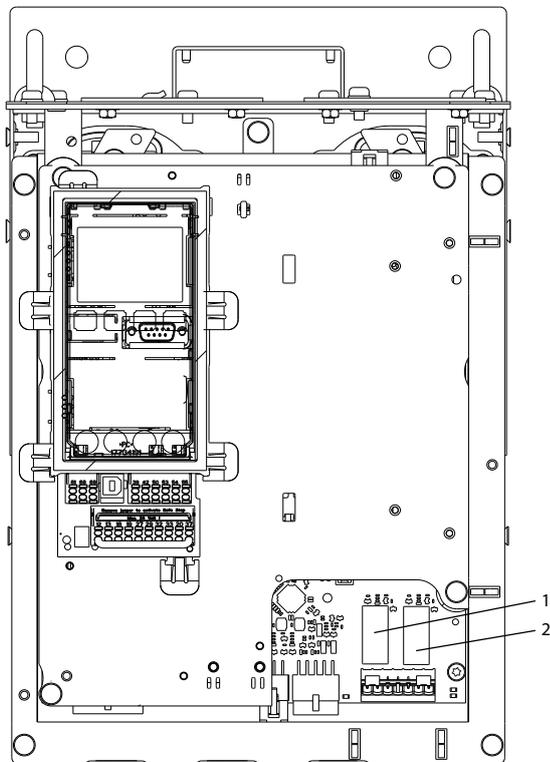
1.8.4 Conformidad marítima (ADN)

Las unidades con protección Ingress de clasificación IP55 (NEMA 12) o superior evitan la formación de chispas y se clasifican como aparatos eléctricos con riesgo de explosión limitado según el acuerdo europeo relativo al transporte internacional de mercancías peligrosas por vías navegables (ADN).

En las unidades con protección Ingress de clasificación IP20/chasis, IP21 / NEMA 1 o IP54, el riesgo de formación de chispas se evita de la siguiente forma:

- No instale un interruptor de red.
- Asegúrese de que *parámetro 14-50 Filtro RFI* está ajustado en [1] Sí.
- Retire todos los conectores de relé marcados como *RELAY*. Consulte el *Ilustración 1.4*.
- Compruebe qué opciones de relé están instaladas, si es que las hay. La única opción de relé permitida es VLT® Extended Relay Card MCB 113.

Vaya a vlt-marine.danfoss.com/support/type-approval-certificates/ para obtener más información sobre requisitos marítimos.



130BD0832.10

1, 2	Conectores de relé
------	--------------------

Ilustración 1.4 Ubicación de los conectores de relé

La declaración del fabricante está disponible bajo pedido.

1.8.5 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.

1.9 Seguridad

1.9.1 Principios generales de seguridad

Si se manipulan incorrectamente, los convertidores de frecuencia pueden resultar mortales, ya que contienen componentes de tensión alta. El equipo solo debería ser instalado y manejado por personal cualificado. No intente realizar trabajos de reparación sin desconectar primero la alimentación del convertidor de frecuencia y esperar el tiempo necesario para que la energía eléctrica almacenada se disipe.

Es obligatorio seguir estrictamente las precauciones y avisos para que el convertidor de frecuencia tenga un funcionamiento seguro.

Se precisan un transporte, un almacenamiento, una instalación, un funcionamiento y un mantenimiento correctos y fiables para que el convertidor de frecuencia funcione de un modo seguro y sin ningún tipo de problemas. Este equipo únicamente puede ser instalado y manejado por personal cualificado.

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

⚠️ ADVERTENCIA

TENSIÓN ALTA

Los convertidores de frecuencia contienen tensión alta cuando están conectados a una entrada de red de CA, a un suministro de CC o a una carga compartida. Si la instalación, el arranque y el mantenimiento no son efectuados por personal cualificado, pueden causarse lesiones graves o incluso la muerte.

- Solo el personal cualificado deberá llevar a cabo la instalación, el arranque y el mantenimiento.

⚠️ ADVERTENCIA**ARRANQUE ACCIDENTAL**

Cuando el convertidor de frecuencia se conecta a una red de CA, a un suministro de CC o a una carga compartida, el motor puede arrancar en cualquier momento. Un arranque accidental durante la programación, el mantenimiento o los trabajos de reparación puede causar la muerte, lesiones graves o daños materiales. El motor puede arrancar mediante un interruptor externo, un comando de bus de campo, una señal de referencia de entrada desde el LCP o por la eliminación de una condición de fallo.

Para evitar un arranque accidental del motor:

- Desconecte el convertidor de frecuencia de la red.
- Pulse [Off/Reset] en el LCP antes de programar cualquier parámetro.
- Debe cablear y montar completamente el convertidor de frecuencia, el motor y cualquier equipo accionado antes de conectar el convertidor de frecuencia a la red de CA, al suministro de CC o a una carga compartida.

⚠️ ADVERTENCIA**TIEMPO DE DESCARGA**

El convertidor de frecuencia contiene condensadores de enlace de CC que pueden seguir cargados incluso si el convertidor de frecuencia está apagado. Puede haber tensión alta presente aunque las luces del indicador LED de advertencia estén apagadas. Si después de desconectar la alimentación no espera el tiempo especificado antes de realizar cualquier trabajo de reparación o tarea de mantenimiento, se pueden producir lesiones graves o incluso la muerte.

1. Pare el motor.
2. Desconecte la red de CA, los motores de magnetización permanente y las fuentes de alimentación de bus de CC remotas, entre las que se incluyen las baterías de emergencia, los SAI y las conexiones de bus de CC a otros convertidores de frecuencia.
3. Espere a que los condensadores se descarguen por completo antes de efectuar actividades de mantenimiento o trabajos de reparación. La duración del tiempo de espera se especifica en la *Tabla 1.4*.

Tensión [V]	Tiempo de espera mínimo (minutos)	
	4	15
200–240	1,1-3,7 kW	5,5-45 kW
380–480	1,1-7,5 kW	11-90 kW
525–600	1,1-7,5 kW	11-90 kW

Tabla 1.4 Tiempo de descarga

⚠️ ADVERTENCIA**PELIGRO DE CORRIENTE DE FUGA**

Las corrientes de fuga superan los 3,5 mA. No efectuar la toma de tierra correcta del convertidor de frecuencia puede ser causa de lesiones graves e incluso muerte.

- La correcta toma a tierra del equipo debe estar garantizada por un instalador eléctrico certificado.

⚠️ ADVERTENCIA**PELIGRO DEL EQUIPO**

El contacto con ejes de rotación y equipos eléctricos puede provocar lesiones graves o la muerte.

- Asegúrese de que la instalación, el arranque y el mantenimiento sean realizados únicamente por personal formado y cualificado.
- Asegúrese de que los trabajos eléctricos cumplan con los códigos eléctricos nacionales y locales.
- Siga los procedimientos de este manual.

⚠️ ADVERTENCIA**GIRO ACCIDENTAL DEL MOTOR AUTORROTACIÓN**

El giro accidental de los motores de magnetización permanente puede crear tensión y cargar la unidad, dando lugar a lesiones graves, daños materiales o incluso la muerte.

- Asegúrese de que los motores de magnetización permanente estén bloqueados para evitar un giro accidental.

⚠️ PRECAUCIÓN**PELIGRO DE FALLO INTERNO**

Si el convertidor de frecuencia no está correctamente cerrado, un fallo interno en el convertidor de frecuencia puede causar lesiones graves.

- Asegúrese de que todas las cubiertas de seguridad estén colocadas y fijadas de forma segura antes de suministrar electricidad.

2 Vista general de producto

2

2.1 Introducción

Este capítulo ofrece una visión general de los principales conjuntos y circuitos del convertidor de frecuencia. En él se describen las funciones eléctricas internas y de procesamiento de señal. También se incluye una descripción de la estructura de control interna.

Además, se describen las funciones opcionales y automatizadas del convertidor de frecuencia disponibles para diseñar sistemas operativos sólidos con un control sofisticado y un rendimiento de información de estado.

2.1.1 Producto diseñado para aplicaciones de refrigeración

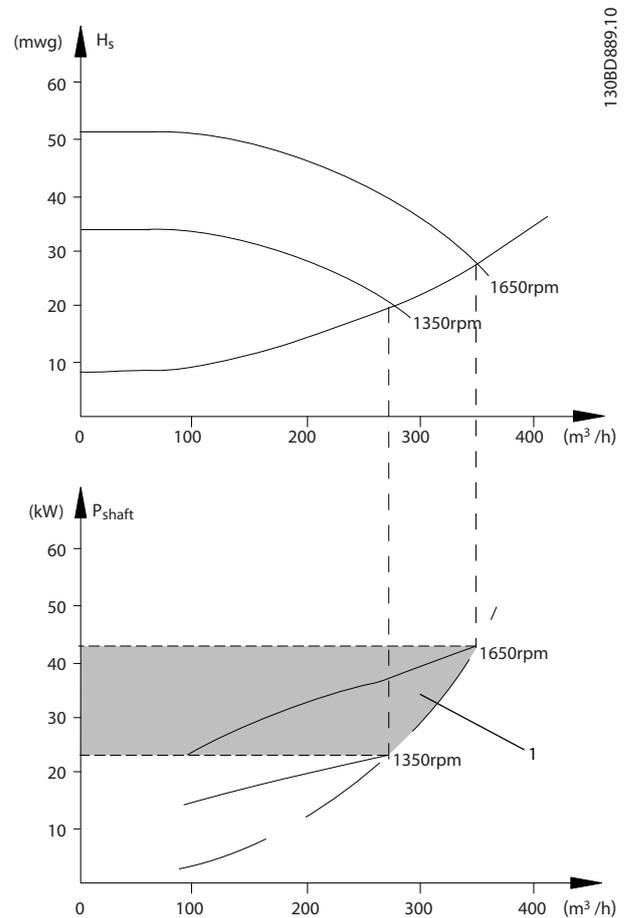
VLT® Refrigeration Drive FC 103 está diseñado para aplicaciones de refrigeración. El asistente de aplicación integrado guiará al usuario a lo largo del proceso de puesta en servicio. La gama de funciones de serie y opcionales incluye:

- Control en cascada multizona
- Control de zona neutra.
- Control de temperatura de condensación flotante.
- Gestión de retorno de aceite.
- Control de evaporador de realimentación múltiple.
- Control en cascada.
- Detección de funcionamiento en seco.
- Detección de fin de curva.
- Alternancia del motor.
- STO.
- Modo reposo.
- Protección por contraseña.
- Protección de sobrecarga.
- Smart Logic Control.
- Control de velocidad mínima.
- Libre programación de textos informativos, advertencias y alertas.

2.1.2 Ahorro energético

Si se compara con sistemas de control y tecnologías alternativas, un convertidor de frecuencia es el sistema de control de energía óptimo para controlar sistemas de ventiladores y bombas.

Utilizando un convertidor de frecuencia para controlar el caudal, una reducción de velocidad de la bomba del 20 % genera un ahorro de energía de aproximadamente el 50 % en las aplicaciones típicas. En la *Ilustración 2.1* se muestra un ejemplo de la reducción potencial de energía.



1	Ahorro de energía
---	-------------------

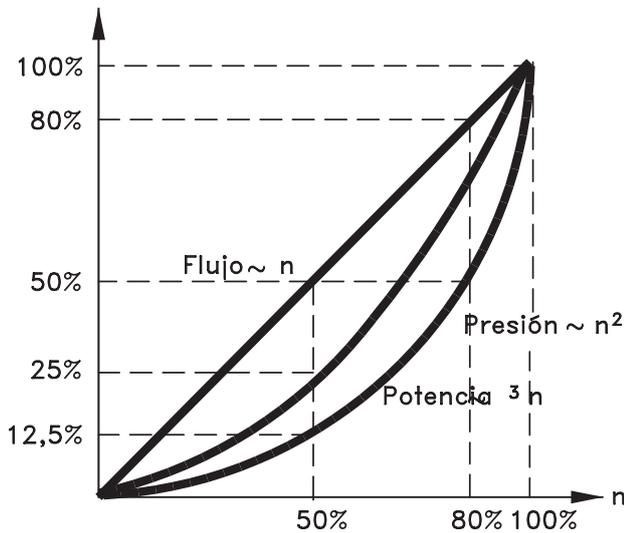
Ilustración 2.1 Ejemplo: ahorro de energía

2.1.3 Ejemplo de ahorro de energía

Tal y como se muestra en la *Ilustración 2.2*, el caudal se controla cambiando la velocidad de la bomba, medida en r/min. Al reducir la velocidad solo un 20 % respecto a la velocidad nominal, el caudal también se reduce en un 20 %. El caudal es directamente proporcional a la velocidad. El consumo eléctrico se reduce hasta en un 50 %.

Si el sistema solo tiene que suministrar un caudal correspondiente al 100 % durante unos días al año, mientras que el promedio es inferior al 80 % del caudal nominal durante el resto del año, el ahorro energético es incluso superior al 50 %.

La *Ilustración 2.2* describe la dependencia del caudal, la presión y el consumo de energía en la velocidad de bomba en r/min para bombas centrífugas.



175HA208.10

Ilustración 2.2 Leyes de afinidad para bombas centrífugas

$$\text{Caudal} : \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

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

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

Asumiendo un igual rendimiento en el rango de velocidad.

Q=Caudal	P=Potencia
Q ₁ =Caudal 1	P ₁ =Potencia 1
Q ₂ =Caudal reducido	P ₂ =Potencia reducida
H=Presión	n=Regulación de velocidad
H ₁ =Presión 1	n ₁ =Velocidad 1
H ₂ =Presión reducida	n ₂ =Velocidad reducida

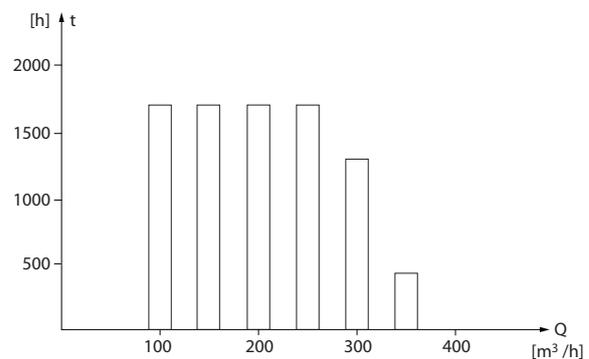
Tabla 2.1 Leyes de afinidad

2.1.4 Ejemplo con caudal variable durante 1 año

Este ejemplo está calculado en función de las características de una bomba según su hoja de datos, como se muestra en la *Ilustración 2.4*.

El resultado obtenido muestra un ahorro de energía superior al 50 % para la correspondiente distribución del caudal durante un año.

Consulte la *Ilustración 2.3*. El periodo de amortización depende del precio de la electricidad y del precio del convertidor de frecuencia. En este ejemplo, será inferior a un año, si se compara con las válvulas y la velocidad constante.



175HA210.1

t [h]	Duración del caudal. Consulte también el <i>Tabla 2.2</i> .
Q [m³/h]	Caudal

Ilustración 2.3 Distribución del caudal durante un año (duración frente a caudal)

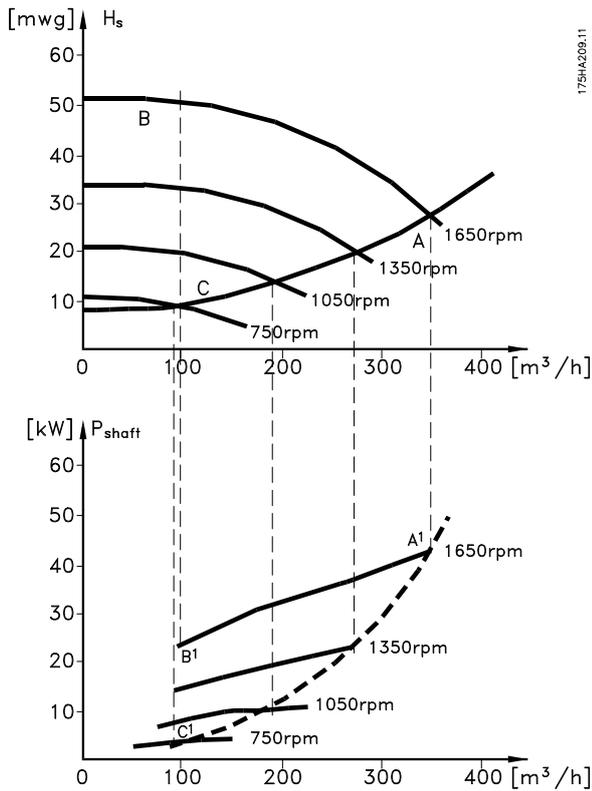


Ilustración 2.4 Consumo energético a diferentes velocidades

Caudal [m³/h]	Distribución		Regulación por válvula		Control del convertidor de frecuencia	
	%	Duración [h]	Potencia [kW]	Consumo [kWh]	Potencia [kW]	Consumo [kWh]
350	5	438	42,5 ¹⁾	18,615	42,5 ¹⁾	18,615
300	15	1314	38,5	50,589	29,0	38,106
250	20	1752	35,0	61,320	18,5	32,412
200	20	1752	31,5	55,188	11,5	20,148
150	20	1752	28,0	49,056	6,5	11,388
100	20	1752	23,0 ²⁾	40,296	3,5 ³⁾	6,132
Σ	10	8760	-	275,064	-	26,801

Tabla 2.2 Resultado

- 1) Lectura de potencia en el punto A1.
- 2) Lectura de potencia en el punto B1.
- 3) Lectura de potencia en el punto C1.

2.1.5 Control mejorado

Utilice un convertidor de frecuencia para mejorar el control del caudal o la presión de un sistema.

Utilice un convertidor de frecuencia para variar la velocidad de un compresor, un ventilador o una bomba, lo que permitirá obtener un control variable del caudal y la presión.

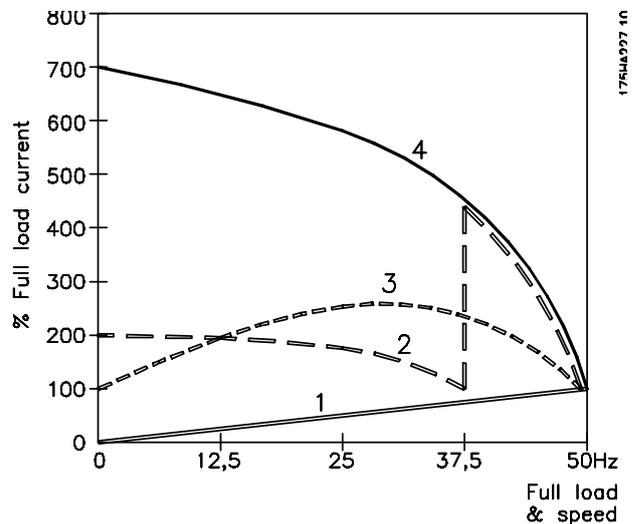
Además, un convertidor de frecuencia puede adaptar rápidamente la velocidad del compresor, ventilador o bomba a las nuevas condiciones de caudal o presión del sistema.

Obtenga un sencillo control del proceso (caudal, nivel o presión) utilizando el control de PI integrado.

2.1.6 Arrancador en estrella/triángulo o arrancador suave

A la hora de arrancar motores grandes, en muchos países es necesario usar equipos que limitan la tensión de arranque. En sistemas más tradicionales, se suele utilizar un arrancador en estrella/triángulo o un arrancador suave. Si se utiliza un convertidor de frecuencia, no serán necesarios este tipo de arrancadores del motor.

Como se muestra en la Ilustración 2.5, un convertidor de frecuencia no consume más intensidad que la nominal.



1	VLT® Refrigeration Drive FC 103
2	Arrancador en estrella/triángulo
3	Arrancador suave
4	Arranque directamente con la alimentación de red

Ilustración 2.5 Intensidad de arranque

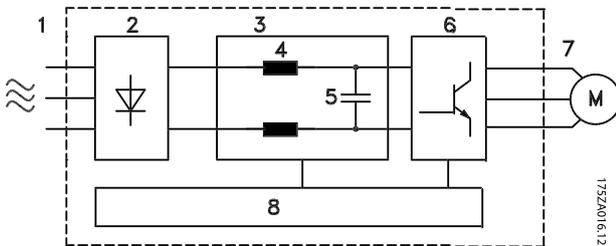
2.2 Descripción del funcionamiento

El convertidor de frecuencia suministra una cantidad regulada de alimentación de CA al motor con el fin de controlar su velocidad. El convertidor de frecuencia suministra frecuencia y tensión variables al motor.

El convertidor de frecuencia se divide en cuatro módulos principales:

- Rectificador
- Circuito de bus de CC intermedio
- Inversor
- Control y regulación

La *Ilustración 2.6* es un diagrama de bloques de los componentes internos del convertidor de frecuencia.



Área	Denominación	de aplicación
1	Entrada de red	<ul style="list-style-type: none"> • Fuente de alimentación de la red de CA trifásica al convertidor de frecuencia.
2	Rectificador	<ul style="list-style-type: none"> • El puente del rectificador convierte la entrada de CA en corriente CC para suministrar electricidad al inversor.
3	Bus de CC	<ul style="list-style-type: none"> • El circuito de bus de CC intermedio gestiona la intensidad de CC.
4	Bobinas de CC	<ul style="list-style-type: none"> • Filtran la tensión de circuito de CC intermedio. • Prueban la protección transitoria de red. • Reducen la corriente RMS. • Elevan el factor de potencia reflejado de vuelta a la línea. • Reducen los armónicos en la entrada de CA.

Área	Denominación	de aplicación
5	Banco de condensadores	<ul style="list-style-type: none"> • Almacena la potencia de CC. • Proporciona protección ininterrumpida para pérdidas de potencia cortas.
6	Inversor	<ul style="list-style-type: none"> • Convierte la CC en una forma de onda de CA PWM controlada para una salida variable controlada al motor.
7	Salida al motor	<ul style="list-style-type: none"> • Regula la potencia de salida trifásica al motor.
8	Circuitos de control	<ul style="list-style-type: none"> • La potencia de entrada, el procesamiento interno, la salida y la intensidad del motor se monitorizan para proporcionar un funcionamiento y un control eficientes. • Se monitorizan y ejecutan los comandos externos y la interfaz de usuario. • Puede suministrarse salida de estado y control.

Ilustración 2.6 Diagrama de bloques de convertidor de frecuencia

2.2.1 Principio de la estructura de control

- El convertidor de frecuencia transforma la tensión de CA de la red en tensión de CC.
- Esta tensión de CC se convierte en corriente alterna con amplitud y frecuencia variables.

El convertidor de frecuencia suministra al motor tensión/ intensidad y frecuencia variables, lo que permite un control de velocidad variable en motores asíncronos trifásicos estándar y en motores PM no salientes.

El convertidor de frecuencia gestiona diversos principios de control de motor, tales como el modo de motor especial U/f y el VVC⁺. El comportamiento en cortocircuito del convertidor de frecuencia depende de los tres transductores de corriente de las fases del motor.

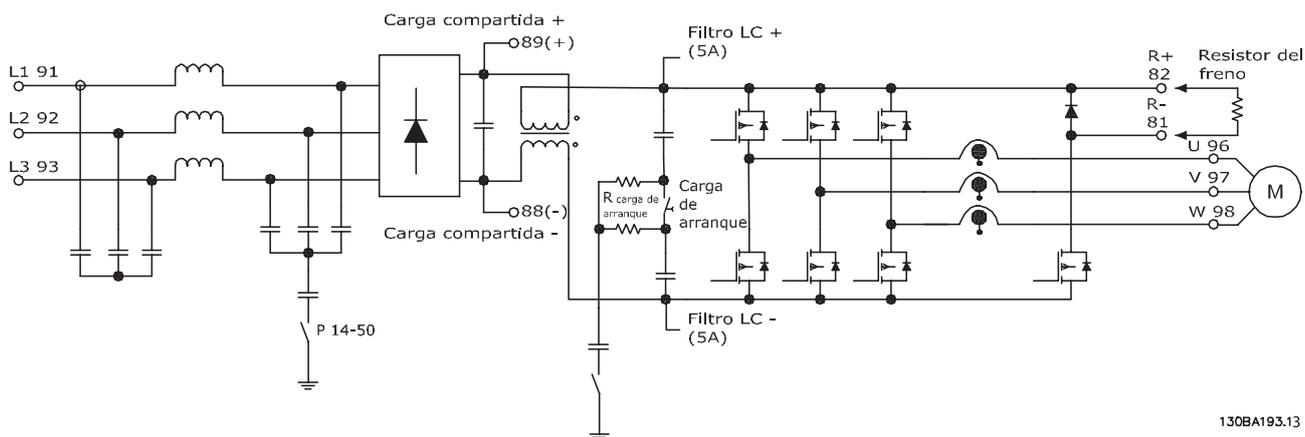


Ilustración 2.7 Estructura del convertidor de frecuencia

130BA193.13

2.3 Secuencia de funcionamiento

2.3.1 Sección del rectificador

Cuando se aplica potencia al convertidor de frecuencia, esta entra a través de los terminales de red (L1, L2 y L3). En función de la configuración de la unidad, la potencia pasa a las opciones de desconexión y/o filtro RFI.

2.3.2 Sección intermedia

A continuación de la sección del rectificador, la tensión pasa a la sección intermedia. Un circuito de filtro, compuesto por la bobina del bus de CC y el banco de condensadores del bus de CC, suaviza la tensión rectificada.

El inductor del bus de CC proporciona impedancia en serie a la intensidad cambiante. Esto ayuda al proceso de filtrado reduciendo la distorsión armónica a la forma de onda de la corriente CA de entrada, normalmente inherente en los circuitos rectificadores.

2.3.3 Sección del inversor

En la sección del inversor, una vez estén presentes un comando de ejecución y una referencia de velocidad, los IGBT comienzan a conmutar para crear la onda de salida.

Esta forma de onda, generada por el principio PWM VVC⁺ de Danfoss en la tarjeta de control, proporciona un rendimiento óptimo y pérdidas mínimas en el motor.

2.4 Estructuras de control

2.4.1 Estructura de control de lazo abierto

Al funcionar en modo de lazo abierto, el convertidor de frecuencia responderá a los comandos de entrada manualmente, a través de las teclas del LCP, o de forma remota, mediante las entradas analógicas/digitales o el bus serie.

En la configuración que se muestra en la *Ilustración 2.8*, el convertidor de frecuencia funciona en modo de lazo abierto. Recibe datos de entrada desde el LCP (modo *manual*) o mediante una señal remota (modo *automático*). La señal (referencia de velocidad) se recibe y condiciona conforme a lo siguiente:

- Límites de velocidad del motor máximo y mínimo programados (en RPM y Hz).
- Tiempos de deceleración y aceleración.
- Sentido de giro del motor.

A continuación, se transmite la referencia para controlar el motor.

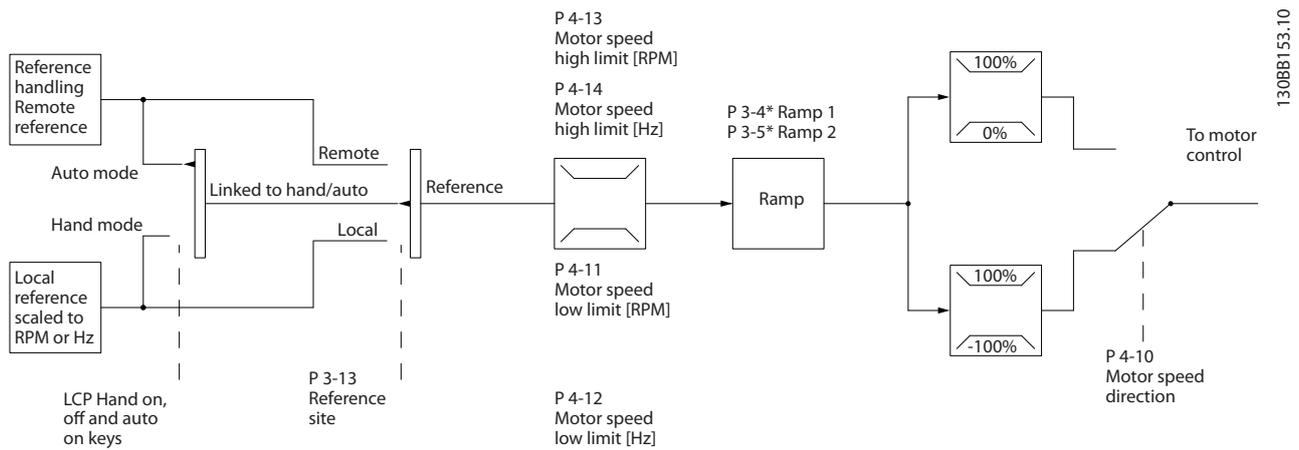


Ilustración 2.8 Diagrama de bloques del modo de lazo abierto

2.4.2 Estructura de control de lazo cerrado

En el modo de lazo cerrado, un controlador PID interno permite que el convertidor de frecuencia procese señales de realimentación y de referencia del sistema para

funcionar como una unidad de control independiente. El convertidor de frecuencia puede indicar el estado y transmitir mensajes de alarma, así como muchas otras opciones programables, para el control externo del sistema cuando funciona en lazo cerrado de forma independiente.

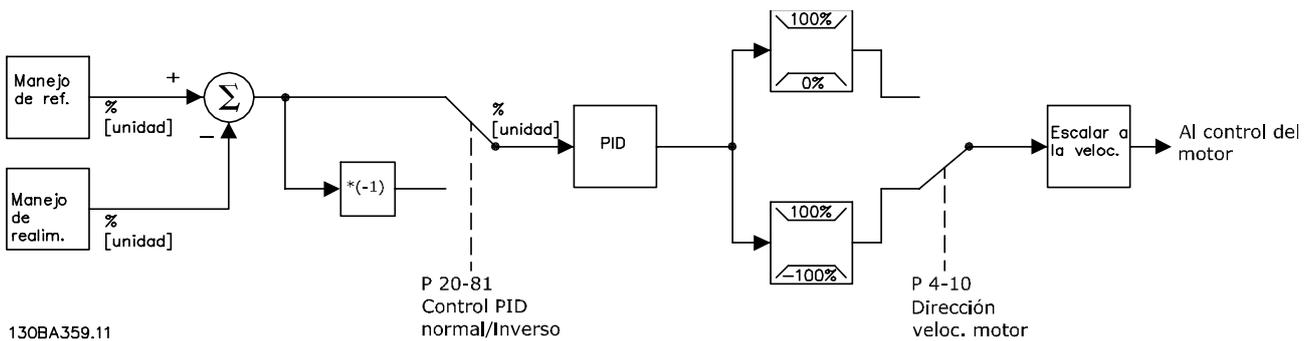


Ilustración 2.9 Diagrama de bloques del controlador de lazo cerrado

Por ejemplo, consideremos una aplicación de bombas en la que la velocidad de una bomba debe ser controlada de forma que la presión en una tubería sea constante (consulte la Ilustración 2.9). El convertidor de frecuencia recibe una señal de realimentación desde un sensor en el sistema. Compara esta señal con un valor de referencia de consigna y determina el error, si lo hay, entre las dos señales. A continuación, ajusta la velocidad del motor para corregir el error.

frecuencia acelera para aumentar la presión suministrada por la bomba.

Aunque los valores predeterminados del convertidor de frecuencia de lazo cerrado normalmente proporcionan un rendimiento satisfactorio, a menudo puede optimizarse el control del sistema ajustando los parámetros de PID. Para dicha optimización, se facilita el *ajuste automático*.

El valor de consigna de presión estática es la señal de referencia al convertidor de frecuencia. Un sensor de presión estática mide la presión estática real en la tubería y suministra esta información al convertidor de frecuencia en forma de señal de realimentación. Si la señal de realimentación es mayor que el valor de consigna, el convertidor de frecuencia disminuye la velocidad para reducir la presión. De forma similar, si la presión en la tubería es inferior al valor de consigna, el convertidor de

También se incluyen otras funciones programables, como:

- Regulación inversa: la velocidad del motor se incrementa cuando existe una señal de realimentación alta. Esto resulta útil en aplicaciones de compresor, en las que la velocidad debe

aumentarse si la presión/temperatura es demasiado alta.

- Frecuencia de arranque: permite que el sistema alcance rápidamente el estado de funcionamiento antes de que el controlador PID tome el control.
- Filtro de paso bajo integrado: reduce el ruido de la señal de realimentación.

2.4.3 Control Local (Hand On) y Remoto (Auto On)

Maneje el convertidor de frecuencia manualmente mediante el LCP y el bus serie o de forma remota mediante las entradas analógicas y digitales.

Referencia activa y modo de configuración

La referencia activa puede ser tanto una referencia local como remota. El ajuste predeterminado es referencia remota.

- Para utilizar la referencia local, haga la configuración en modo *manual*. Para activar el modo manual, adapte los ajustes de parámetros del grupo de parámetros 0-4* *Teclado LCP*. Si desea más información, consulte la *guía de programación*.
- Para utilizar la referencia remota, haga la configuración en modo *automático*, que es el modo predeterminado. En el modo *automático*, es posible controlar el convertidor de frecuencia a través de las entradas digitales y de diferentes interfaces serie (RS485, USB o un bus de campo opcional).
- La *Ilustración 2.10* muestra el modo de configuración resultante de la selección de referencia activa, ya sea local o remota.
- La *Ilustración 2.11* muestra el modo de configuración manual para la referencia local.

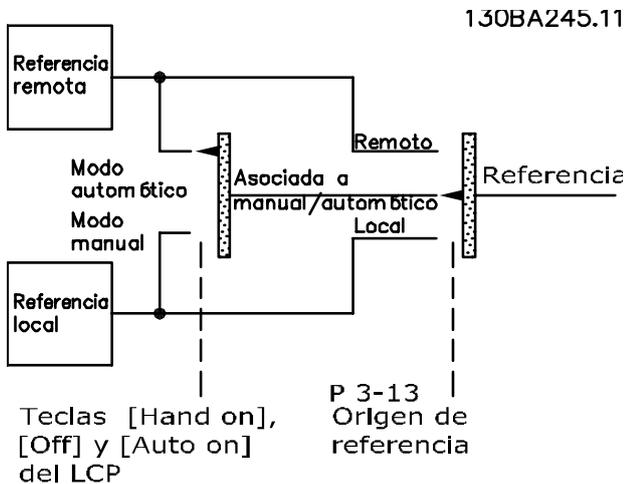


Ilustración 2.10 Referencia activa

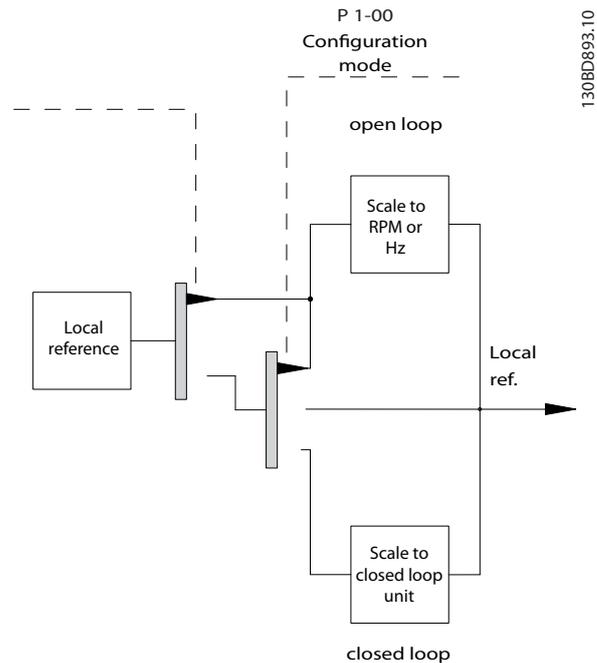


Ilustración 2.11 Modo de configuración manual

Principio de control de la aplicación

En cualquier momento dado estará activada la referencia remota o la referencia local. No pueden estar activadas ambas a la vez. Configure el principio de control de la aplicación (es decir, lazo abierto o lazo cerrado) en *parámetro 1-00 Modo Configuración*, como se muestra en la *Tabla 2.3*.

Cuando la referencia local esté activada, configure el principio de control de la aplicación en *parámetro 1-05 Local Mode Configuration*.

Configure el origen de referencia en *parámetro 3-13 Lugar de referencia*, como se muestra en la *Tabla 2.3*.

Si desea más información, consulte la *guía de programación*.

[Hand On] [Auto On] Teclas del LCP	Parámetro 3-13 Lugar de referencia	Referencia activa
Hand	Conex. a manual/auto	Local
Hand⇒Off	Conex. a manual/auto	Local
Autom.	Conex. a manual/auto	Remoto
Auto⇒Desconexión	Conex. a manual/auto	Remoto
Todas las teclas	Local	Local
Todas las teclas	Remoto	Remoto

Tabla 2.3 Configuraciones de referencia remota y referencia local

2.4.4 Manejo de referencias

El manejo de referencias se aplica tanto al funcionamiento en lazo abierto como en lazo cerrado.

Referencias internas y externas

Es posible programar hasta ocho referencias internas distintas en el convertidor de frecuencia. La referencia interna activa puede seleccionarse de forma externa utilizando entradas de control digitales o el bus de comunicación serie.

También pueden suministrarse referencias externas al convertidor de frecuencia, generalmente a través de una entrada de control analógico. Todas las fuentes de referencias y la referencia de bus se suman para producir la referencia externa total. Seleccione la referencia activa entre las siguientes:

- La referencia externa
- La referencia interna
- El valor de consigna
- La suma de las tres cuestiones anteriores

La referencia activa puede escalarse.

La referencia escalada se calcula de la siguiente forma:

$$Ref. = X + X \times \left(\frac{Y}{100} \right)$$

X es la referencia externa, la referencia interna o la suma de ambas e Y es el *parámetro 3-14 Referencia interna relativa* en [%].

Si Y, *parámetro 3-14 Referencia interna relativa*, se ajusta a 0 %, el escalado no afectará a la referencia.

Referencia remota

Una referencia remota está compuesta de las siguientes (consulte la *Ilustración 2.12*):

- Referencias internas
- Referencias externas:
 - Entradas analógicas
 - Entradas de frecuencia de pulsos
 - Entradas de potenciómetro digital
 - Referencias de bus de comunicación serie
- Referencia relativa interna
- Valor de consigna controlada de realimentación

2

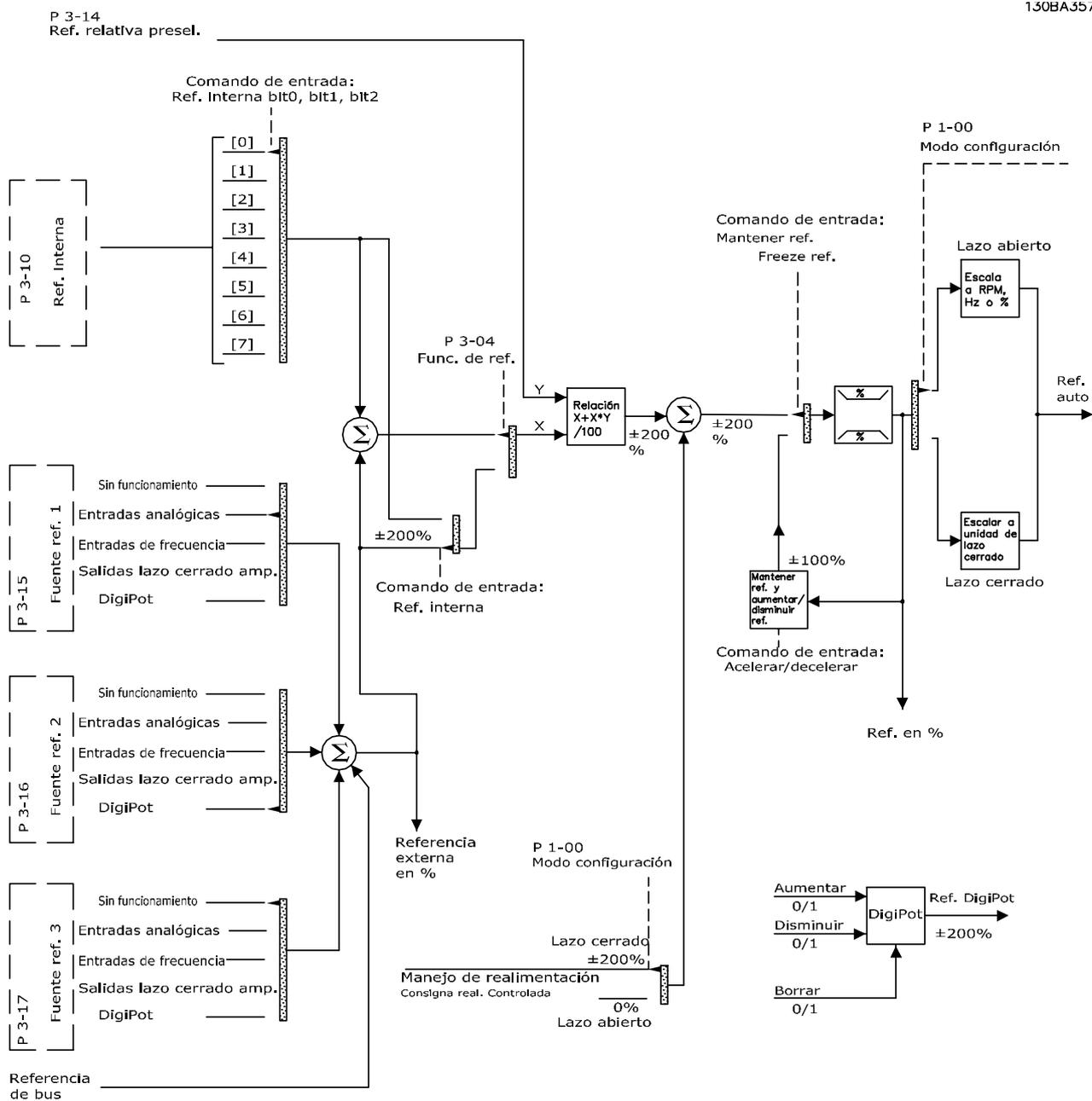


Ilustración 2.12 Manejo de referencias remotas

2.4.5 Manejo de la realimentación

El manejo de la realimentación puede configurarse para funcionar con aplicaciones que requieran un control avanzado, como múltiples valores de consigna y varios tipos de realimentación (consulte la *Ilustración 2.13*). Son habituales tres tipos de control:

Zona única, valor de consigna único

Este tipo de control es una configuración de realimentación básica. El valor de consigna 1 se añade a cualquier otra referencia (si la hubiese) y se selecciona la señal de realimentación.

Multizona, valor de consigna único

Este tipo de control utiliza dos o tres sensores de realimentación pero solo un valor de consigna. La realimentación puede sumarse, restarse o puede hallarse su promedio. Adicionalmente, puede usarse el valor máximo o el mínimo. El valor de consigna 1 se utiliza exclusivamente en esta configuración.

Multizona, realimentación / valor de consigna

El par valor de consigna / realimentación con mayor diferencia controlará la velocidad del convertidor de frecuencia. El valor máximo intenta mantener todas las

zonas en sus respectivos valores de consigna o por debajo, mientras que el valor mínimo intenta mantener todas las zonas en sus respectivos valores de consigna o por encima de estos.

Ejemplo

Una aplicación de dos zonas y dos valores de consigna. El valor de consigna de la zona 1 es 15 bar y su realimentación es de 5,5 bar. El valor de consigna de la zona 2 es 4,4 bar y la realimentación es de 4,6 bar. Si se selecciona el máximo, el valor de consigna y la realimentación de la zona 2 se envían al controlador PID, puesto que este tiene la diferencia más pequeña (la realimentación es más alta que el valor de consigna, de manera que se obtiene una diferencia negativa). Si se selecciona el mínimo, el valor de consigna y la realimentación de la zona 1 se envían al controlador PID, puesto que este tiene la mayor diferencia (la realimentación es más baja que el valor de consigna, de manera que se obtiene una diferencia positiva).

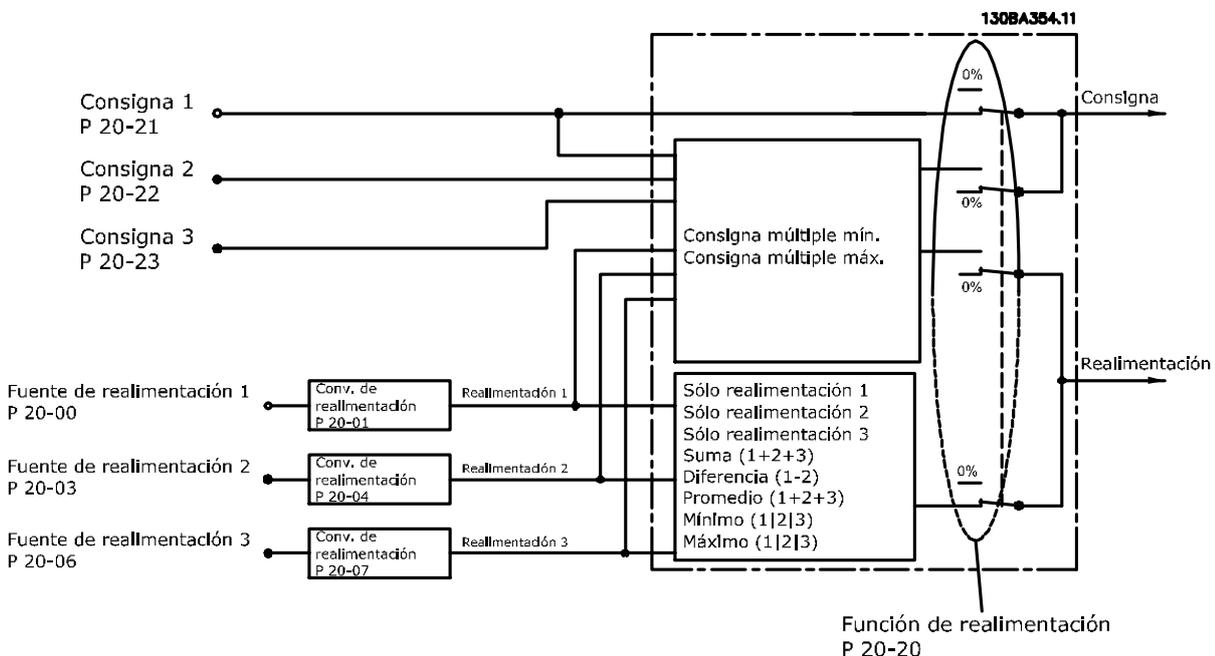


Ilustración 2.13 Diagrama de bloques de procesamiento de señal de realimentación

Conversión de realimentación

En algunas aplicaciones, resulta útil convertir la señal de realimentación. Un ejemplo de ello es el uso de una señal de presión para proporcionar realimentación de caudal. Puesto que la raíz cuadrada de la presión es proporcional al caudal, la raíz cuadrada de la señal de presión suministra un valor proporcional al caudal. Consulte la *Ilustración 2.14*.

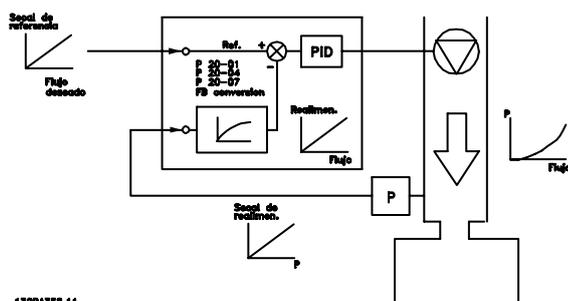


Ilustración 2.14 Conversión de realimentación

2.5 Funciones operativas automatizadas

Las funciones operativas automatizadas se activarán en cuanto el convertidor de frecuencia comience a funcionar. La mayoría no necesitan programación ni configuración. Entender que estas funciones están presentes puede optimizar un diseño de sistema y, posiblemente, evitar añadirle componentes o funciones duplicados.

Para obtener más detalles sobre cualquier configuración requerida y, en especial, sobre los parámetros del motor, consulte la *Guía de programación*.

El convertidor de frecuencia tiene todo un abanico de funciones de protección integradas para protegerse a sí mismo y al motor cuando está en funcionamiento.

2.5.1 Protección ante cortocircuitos

Motor (fase-fase)

El convertidor de frecuencia está protegido contra cortocircuitos en el lado del motor con la medición de la intensidad en cada una de las fases del motor o en el bus de CC. Un cortocircuito entre dos fases de salida provoca una sobreintensidad en el inversor. El inversor se apaga cuando la intensidad de cortocircuito excede el valor permitido (*Alarma 16, Trip Lock*).

Red

Un convertidor de frecuencia que funciona correctamente limita la intensidad que puede tomar de la fuente de alimentación. Utilice fusibles y/o magnetotérmicos en el lateral de la fuente de alimentación a modo de protección en caso de avería de componentes internos del convertidor de frecuencia (primer fallo). Consulte el *capítulo 7.8 Fusibles y magnetotérmicos* para obtener más información.

AVISO!

Para garantizar la conformidad con las normas CEI 60364 (CE) o NEC 2009 (UL), es obligatorio utilizar fusibles y/o magnetotérmicos.

2.5.2 Protección contra sobretensión

Sobretensión generada por el motor

Cuando el motor funciona como generador, la tensión del bus de CC aumenta. Esto ocurre en los siguientes casos:

- Cuando la carga arrastra al motor (a una frecuencia de salida constante del convertidor de frecuencia), por ejemplo, cuando la carga genera energía.
- 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 se disipe como una pérdida en el convertidor de frecuencia, el motor y la instalación.
- Un ajuste de compensación de deslizamiento incorrecto puede provocar una tensión de enlace de CC más elevada.
- 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 evitarlo, 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 fcm a 1000 RPM*, el *parámetro 1-25 Veloc. nominal motor* y el *parámetro 1-39 Polos motor*.

AVISO!

Para evitar un exceso de velocidad del motor (p. ej., debido a efectos excesivos de autorrotación o a un caudal de agua descontrolado), equipe el convertidor de frecuencia con una resistencia de freno.

Controle la sobretensión con una función de freno (*parámetro 2-10 Función de freno*) o bien con un control de sobretensión (*parámetro 2-17 Control de sobretensión*).

Control de sobretensión (OVC)

El OVC reduce el riesgo de que el convertidor de frecuencia se desconecte debido a una sobretensión en el enlace de CC. Esto se soluciona ampliando automáticamente el tiempo de deceleración.

AVISO!

El OVC se puede activar para los motores PM (PM VVC+).

2.5.3 Detección de que falta una fase del motor

La función Falta una fase del motor (*parámetro 4-58 Función Fallo Fase Motor*) está activada de manera predeterminada para evitar daños en el motor en caso de que falte una fase del motor. El ajuste predeterminado es 1000 ms, pero se puede ajustar para una detección más rápida.

2.5.4 Detección de desequilibrio de fase de red

El funcionamiento en situación de grave desequilibrio de red reduce la vida útil del motor. Si el motor se utiliza continuamente cerca del valor nominal de carga, las condiciones se consideran extremas. El ajuste predeterminado desconecta el convertidor de frecuencia en caso de desequilibrio de red (*parámetro 14-12 Función desequil. alimentación*).

2.5.5 Conmutación en la salida

Se permite añadir un interruptor a la salida entre el motor y el convertidor de frecuencia. Es posible que aparezcan mensajes de fallo. Para capturar un motor en giro, active la función de motor en giro.

2.5.6 Protección de sobrecarga

Límite de par

La función de límite de par protege el motor ante sobrecargas, independientemente de la velocidad. El límite de par se controla en el *parámetro 4-16 Modo motor límite de par* o en el *parámetro 4-17 Modo generador límite de par* y el tiempo anterior a la desconexión de la advertencia de límite de par se controla en el *parámetro 14-25 Retardo descon. con lím. de par*.

Límite de intensidad

El límite de intensidad se controla en *parámetro 4-18 Límite intensidad*.

Límite de velocidad

Defina los límites inferior y superior del intervalo operativo de velocidad mediante uno o varios de los siguientes parámetros:

- *Parámetro 4-11 Límite bajo veloc. motor [RPM]*.
- *Parámetro 4-12 Límite bajo veloc. motor [Hz]* y *parámetro 4-13 Límite alto veloc. motor [RPM]*.
- *Parámetro 4-14 Motor Speed High Limit [Hz]*.

Por ejemplo, el intervalo operativo de velocidad puede definirse entre 30 y 50/60 Hz.

El *Parámetro 4-19 Frecuencia salida máx.* limita la velocidad de salida máxima que puede proporcionar el convertidor de frecuencia.

ETR

El ETR es un dispositivo electrónico que simula un relé bimetálico basado en mediciones internas. Las características se muestran en la *Ilustración 2.15*.

Límite tensión

Cuando se alcanza un determinado nivel de tensión de codificación fija, el convertidor de frecuencia se apaga para proteger los transistores y los condensadores del bus de CC.

Sobretensión

El convertidor de frecuencia tiene sensores de temperatura integrados y reacciona inmediatamente a valores críticos mediante los límites de codificación fija.

2.5.7 Reducción de potencia automática

El convertidor de frecuencia comprueba constantemente los niveles críticos:

- Alta temperatura en la tarjeta de control o el disipador
- Carga del motor alta
- Tensión de enlace de CC alta
- Velocidad del motor baja

Como respuesta a un nivel crítico, el convertidor de frecuencia ajusta la frecuencia de conmutación. En caso de temperaturas internas elevadas y velocidades de motor bajas, los convertidores de frecuencia también pueden forzar el patrón de PWM a SFAVM.

AVISO!

La reducción de potencia automática es diferente cuando *parámetro 14-55 Filtro de salida* está ajustado en [2] *Filtro senoidal fijo*.

2.5.8 Optimización automática de energía

La optimización automática de energía (AEO) dirige el convertidor de frecuencia para que controle continuamente la carga del motor y ajuste la tensión de salida para aumentar al máximo la eficacia. Con carga ligera, la tensión disminuye y la intensidad del motor se reduce al mínimo. El motor obtiene:

- Mayor rendimiento.
- Calentamiento reducido.
- Funcionamiento más silencioso.

No es necesario seleccionar una curva de V/Hz porque el convertidor de frecuencia ajusta automáticamente la tensión del motor.

2.5.9 Modulación automática de frecuencia de conmutación

El convertidor de frecuencia genera impulsos eléctricos cortos para formar un patrón de onda de CA. La frecuencia de conmutación es el ritmo de estos impulsos. Una frecuencia de conmutación baja (ritmo de impulsos lento) causa ruido audible en el motor, de modo que es preferible una frecuencia de conmutación más elevada. Una frecuencia de conmutación alta, sin embargo, genera calor en el convertidor de frecuencia, lo que puede limitar la cantidad de corriente disponible en el motor.

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

2.5.10 Reducción automática de potencia por alta frecuencia de conmutación

El convertidor de frecuencia está diseñado para un funcionamiento continuo a plena carga a frecuencias de conmutación de entre 3,0 y 4,5 kHz (este rango de frecuencia depende del nivel de potencia). Una frecuencia de conmutación que supere el rango máximo permisible genera un aumento del calor en el convertidor de frecuencia y requiere que se reduzca la potencia de la intensidad de salida.

Una característica automática del convertidor de frecuencia es que el control de la frecuencia de conmutación depende de la carga. Esta característica permite al motor obtener la máxima frecuencia de conmutación que la carga permita.

2.5.11 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 de conmutación para mantener la temperatura de funcionamiento dentro de límites seguros. Tras reducir la frecuencia de conmutación, el convertidor de frecuencia también puede reducir la intensidad y la frecuencia de salida hasta

en un 30 % para evitar una desconexión por sobretemperatura.

2.5.12 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 estas situaciones aumentando la tasa de rampa del motor (aceleración o desaceleración) para adaptarla a la intensidad disponible.

2.5.13 Circuito del límite de intensidad

Cuando una carga supera la capacidad de intensidad 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 efectuar una rampa de desaceleración del 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.

2.5.14 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 rearranque automático seleccionado, el convertidor de frecuencia se enciende automáticamente tras una desconexión de tensión. Con la función de motor en giro, el convertidor de frecuencia sincroniza el giro del motor antes del arranque.

2.5.15 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. Esto evita que toda la tensión de red se aplique a un motor parado o que gira lentamente, lo cual genera una alta intensidad 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.

2.5.16 Amortiguación de resonancia

Elimine el ruido de resonancia del motor a alta frecuencia mediante la amortiguación de resonancia. Está disponible la amortiguación de frecuencia automática o seleccionada manualmente.

2.5.17 Ventiladores controlados por temperatura

La temperatura de los ventiladores de refrigeración interna se controla mediante sensores ubicados en el convertidor de frecuencia. Los ventiladores de refrigeración suelen no funcionar durante el funcionamiento a baja carga, así como en el modo reposo y en espera. Esto reduce el ruido, aumenta el rendimiento y alarga la vida útil del ventilador.

2.5.18 Conformidad con CEM

Las interferencias electromagnéticas (EMI) o las interferencias de radiofrecuencia (RFI, en caso de radiofrecuencia) 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 productos CEM para convertidores de frecuencia CEI 61800-3 y la norma europea EN 55011. Para cumplir con los niveles de emisión de la norma EN 55011, apantalle y termine correctamente el cable de motor. Para obtener más información sobre el rendimiento de CEM, consulte el *capítulo 3.2.2 Resultados de las pruebas de CEM (emisión)*.

2.5.19 Medición de la intensidad en las tres fases del motor

La intensidad de salida del motor se mide continuamente en las tres fases para proteger el convertidor de frecuencia y el motor ante cortocircuitos, fallos a tierra y pérdidas de fase. Los fallos a tierra de salida se detectan al instante. Si se pierde una fase del motor, el convertidor de frecuencia se detiene inmediatamente e indica cuál es la fase que falta.

2.5.20 Aislamiento galvánico de los terminales de control

Todos los terminales de control y los terminales de relé de salida están galvánicamente aislados de la potencia de red. Esto significa que los circuitos del controlador están totalmente protegidos de la intensidad de entrada. Los terminales de relé de salida necesitan su propia toma de tierra. Estos aislamientos cumplen con los estrictos

requisitos de protección de tensión muy baja (PELV) para el aislamiento.

Los componentes que conforman el aislamiento galvánico son:

- Fuente de alimentación, incluido el aislamiento de la señal.
- Accionamiento de puerta para el IGBT, los transformadores de disparo y los optoacopladores.
- Los transductores de efecto Hall de intensidad de salida.

2.6 Funciones de aplicación personalizadas

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

2.6.1 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.

2.6.2 Protección térmica motor

La protección térmica del motor se puede proporcionar de tres maneras:

- Mediante la detección directa de la temperatura a través del sensor PTC ubicado en los bobinados del motor y conectado a una entrada analógica o digital estándar.
- Mediante un interruptor termomecánico (tipo Klixon) en una entrada digital.
- Mediante el relé termoelectrónico (ETR) integrado para motores asíncronos.

El ETR calcula la temperatura del motor midiendo la intensidad, 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 I2t Clase 20.

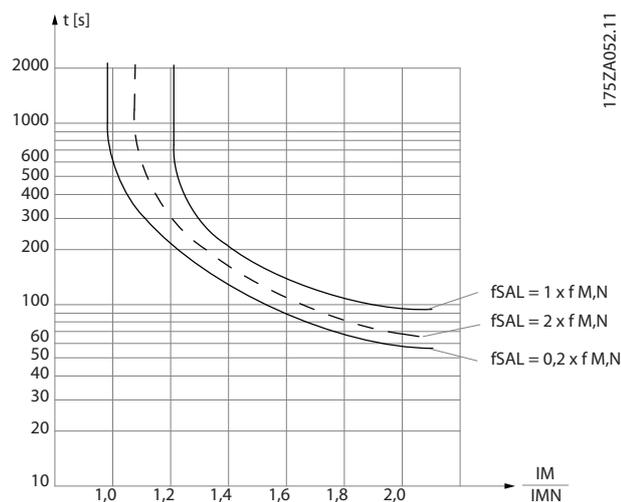


Ilustración 2.15 Características ETR

El eje X de la *Ilustración 2.15* muestra la relación entre los valores I_{motor} e $I_{\text{motor nominal}}$. 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 doble de la velocidad nominal y al 0,2x de la velocidad nominal. A una velocidad inferior, 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 puede verse como un parámetro de lectura de datos en el *parámetro 16-18 Térmico motor*.

2.6.3 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. La tensión de red antes del corte y la carga del motor determinan el tiempo necesario para la parada de inercia del convertidor de frecuencia.

Configure el convertidor de frecuencia (*parámetro 14-10 Fallo aliment.*) para diferentes tipos de comportamientos durante el corte de red,

- Bloqueo por alarma cuando el bus de CC se agote.
- Inercia con función de motor en giro cuando vuelva la red (*parámetro 1-73 Motor en giro*).
- Energía regenerativa.
- Rampa de deceleración controlada.

Motor en giro

Esta selección hace posible atrapar un motor que, debido a un corte de red, gira sin control. Esta opción es importante para centrífugas y ventiladores.

Energía regenerativa

Esta selección garantiza que el convertidor de frecuencia funciona mientras haya energía en el sistema. En cortes de red breves, el funcionamiento se restablece cuando vuelve la red, sin que se detenga la aplicación o se pierda el control en ningún momento. Se pueden seleccionar diferentes variantes de energía regenerativa.

Configure el comportamiento del convertidor de frecuencia en caso de corte de red en *parámetro 14-10 Fallo aliment.* y *parámetro 1-73 Motor en giro*.

AVISO!

La inercia está recomendada para compresores, ya que en la mayoría de los casos esta es demasiado pequeña para la función de Motor en giro.

2.6.4 Controladores PID integrados

Los cuatro controladores proporcionales, integrales y derivativos (PID) integrados eliminan la necesidad de dispositivos de control auxiliares.

Uno de los controladores 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 un 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.

Utilice los tres controladores adicionales e independientes para controlar otros equipos, como bombas de alimentación química, control de válvulas o ventilación con diferentes niveles.

2.6.5 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. La cantidad de intentos de rearranque y la duración entre intentos se puede limitar.

2.6.6 Motor en giro

La función de motor en giro permite que el convertidor de frecuencia se sincronice con un motor en funcionamiento girando hasta a máxima velocidad en cualquier dirección. Esto 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.

2.6.7 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. Esto difiere en los convertidores de frecuencia de par variable y los de par constante. Los convertidores de frecuencia de par variable ofrecen un par motor reducido a baja velocidad. Los convertidores de frecuencia de par constante proporcionan un exceso de tensión, calor y ruido del motor a una velocidad inferior a la máxima.

2.6.8 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. Esto permite que el motor evite las velocidades que provocan resonancia en el sistema.

2.6.9 Precalentador del motor

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

2.6.10 Cuatro 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 un comando 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. En el LCP se muestra el ajuste activo.

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

2.6.11 Frenado de CC

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

2.6.12 Modo reposo

El modo 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 arrancar 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.

2.6.13 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.

2.6.14 Smart Logic Control (SLC)

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 este evalúa como VERDADERO el evento asociado definido por

el usuario (consulte el *parámetro 13-51 Evento Controlador SL [x]*).

La condición para que se produzca un evento puede ser un estado determinado o que la salida de una regla lógica o un operando comparador pase a ser VERDADERO. Esto da lugar a una acción asociada, como se muestra en la *Ilustración 2.16*.

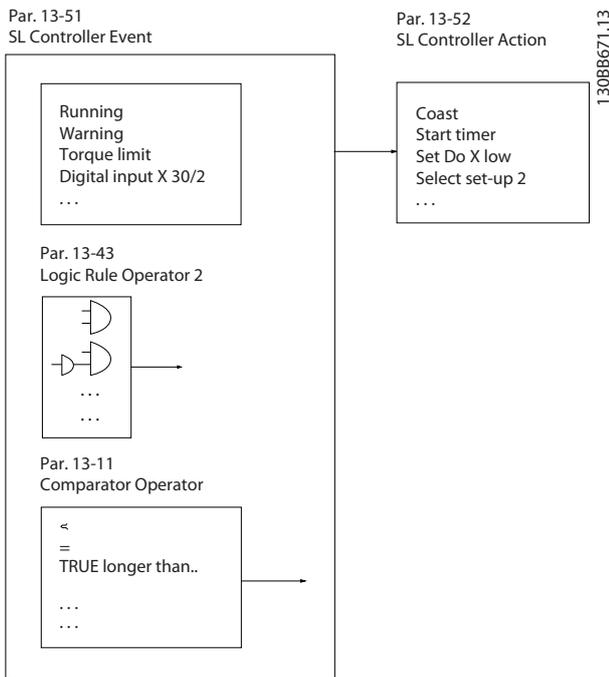


Ilustración 2.16 Evento y acción SLC

Los eventos y las acciones están numerados y vinculados en parejas (estados). Esto significa que cuando se complete el evento [0] (cuando alcance el valor VERDADERO), se ejecutará la acción [0]. Después de esto, se evalúan las condiciones del evento [1], y si el resultado es VERDADERO, se ejecuta la acción [1], 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 evalúan otros eventos. Esto significa que cuando el SLC se inicia, evalúa el evento [0] (y solo el evento [0]) en cada intervalo de exploración. El SLC ejecuta una acción [0] e inicia la evaluación de otro evento [1] solo si el evento [0] se considera VERDADERO. Se pueden programar entre 1 y 20 eventos y acciones.

Cuando se haya ejecutado el último evento o acción, la secuencia volverá a comenzar desde el evento o acción [0]. En la *Ilustración 2.17* se muestra un ejemplo con cuatro eventos/acciones:

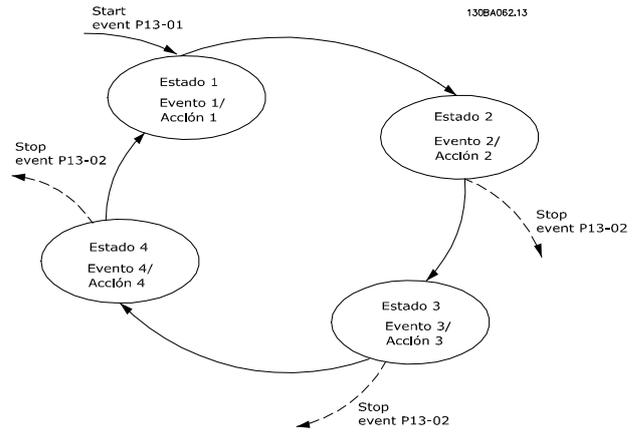


Ilustración 2.17 Orden de ejecución cuando están programados 4 eventos/acciones

Comparadores

Los comparadores se usan para comparar variables continuas (frecuencia o intensidad de salida, entrada analógica, etc.) con valores fijos predeterminados.

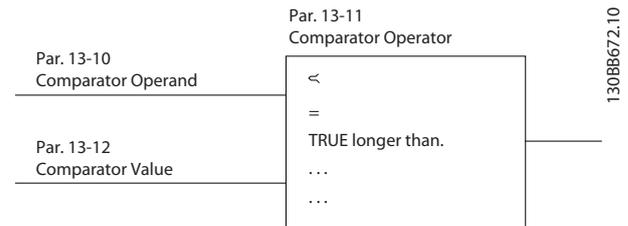


Ilustración 2.18 Comparadores

Reglas lógicas

Se pueden combinar hasta tres entradas booleanas (entradas VERDADERO/FALSO) de temporizadores, comparadores, entradas digitales, bits de estado y eventos mediante los operadores lógicos Y, O y NO.

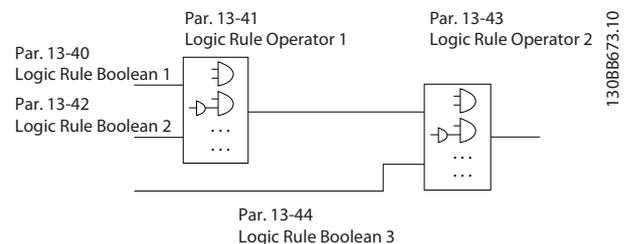


Ilustración 2.19 Reglas lógicas

Las reglas lógicas, los temporizadores y los comparadores también están disponibles para su uso fuera de la secuencia SLC.

Para obtener un ejemplo de SLC, consulte el *capítulo 4.3 Ejemplos de configuración de la aplicación*.

2.6.15 Función de Safe Torque Off

El convertidor de frecuencia está disponible con una función de Safe Torque Off (STO) a través del terminal de control 37. La función STO desactiva la tensión de control de los semiconductores de potencia de la etapa de salida del convertidor. Esto a su vez impide la generación de la tensión necesaria para girar el motor. Cuando se activa la STO (terminal 37), el convertidor de frecuencia emite una alarma, desconecta la unidad y hace que el motor entre en modo de inercia hasta detenerse. Será necesario un rearranque manual. La función STO puede usarse como una parada de emergencia para el convertidor de frecuencia. En el modo de funcionamiento normal, cuando no se necesite la STO, utilice la función de parada normal. Al usar el rearranque automático, asegúrese de que se respeten los requisitos de la norma ISO 12100-2, apartado 5.3.2.5.

Responsabilidad

Es responsabilidad del usuario garantizar que el personal que se ocupe de la instalación y el manejo de la función STO:

- Lea y comprenda las normas de seguridad relativas a la salud, la seguridad y la prevención de accidentes.
- Conozca a la perfección las normas generales y de seguridad correspondientes a la aplicación específica.

Se considerará usuarios a:

- Integradores.
- Operarios.
- Técnicos de servicio.
- Técnicos de mantenimiento.

Normas

El uso de la STO en el terminal 37 conlleva el cumplimiento por parte del usuario de todas las disposiciones de seguridad, incluidas las normas, los reglamentos y las directrices pertinentes. La función STO opcional cumple las siguientes normas:

- EN 954-1: 1996 categoría 3
- CEI 60204-1: 2005 categoría 0, parada no controlada
- CEI 61508: 1998 SIL2
- CEI 61800-5-2: 2007, función STO
- CEI 62061: 2005 SIL CL2
- ISO 13849-1: 2006 categoría 3 PL d
- ISO 14118: 2000 (EN 1037), prevención de arranque inesperado

La información y las instrucciones incluidas no son suficientes para garantizar un uso correcto y seguro de la

función STO. Para obtener la información completa sobre la función la STO, consulte el *Manual de funcionamiento de VLT® Safe Torque Off*.

Medidas de protección

- La instalación y puesta en servicio de sistemas de ingeniería de seguridad solo pueden ser llevadas a cabo por personal competente y cualificado.
- Instale la unidad en un alojamiento IP54 o en un entorno equivalente. En aplicaciones especiales se requiere un grado de protección IP mayor.
- El cable situado entre el terminal 37 y el dispositivo externo de seguridad debe estar protegido contra cortocircuitos, de conformidad con la tabla D.4 de la norma ISO 13849-2.
- Cuando haya fuerzas externas que influyan sobre el eje del motor (por ejemplo, cargas suspendidas), deben tomarse medidas adicionales para evitar peligros potenciales (por ejemplo, un freno de retención de seguridad).

2.7 Funciones de fallo, advertencia y alarma

El convertidor de frecuencia monitoriza muchos aspectos del funcionamiento del sistema, incluidas las condiciones de la red, la carga y el rendimiento del motor, así como el estado del convertidor. 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 controla para estudiar los límites de rendimiento. El convertidor de frecuencia incluye diversas respuestas preprogramadas ante fallos, advertencias y alarmas. Seleccione funciones de alarma y advertencia adicionales para mejorar o modificar el rendimiento del sistema.

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

2.7.1 Funcionamiento con temperatura excesiva

Por defecto, el convertidor de frecuencia emite una alarma y realiza una desconexión en caso de 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 de conmutación. Después, si es necesario, reducirá la frecuencia de salida.

La reducción automática de la potencia no sustituye los ajustes del usuario para reducción de potencia en función de la temperatura ambiente (consulte el

capítulo 5.4 Reducción de potencia en función de la temperatura ambiente).

2.7.2 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.

2.7.3 Advertencia de realimentación alta o baja

En el modo de funcionamiento de lazo cerrado, el convertidor de frecuencia controla 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.

2.7.4 Desequilibrio de fase o pérdida de fase

Una corriente de rizado excesiva en el bus de CC indica un desequilibrio de fase de red 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 intensidad 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.

2.7.5 Advertencia de frecuencia alta

Al conectar por etapas equipos adicionales, como compresores o ventiladores, el convertidor de frecuencia podrá emitir una advertencia cuando la velocidad del motor sea elevada. Puede introducirse un ajuste específico de alta frecuencia en el convertidor de frecuencia. Si la frecuencia de salida 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.

2.7.6 Advertencia de baja frecuencia

Al 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.

2.7.7 Advertencia de intensidad alta

Esta función es similar a la advertencia de alta frecuencia, con la excepción de que se utiliza un ajuste de intensidad 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.

2.7.8 Advertencia de intensidad baja

Esta función es similar a la advertencia de baja frecuencia (consulte el capítulo 2.7.6 *Advertencia de baja frecuencia*), con la excepción de que se utiliza un ajuste de intensidad baja para emitir una advertencia y desconectar los equipos. La función no está activa cuando la unidad está parada ni en el arranque mientras no se alcanza la intensidad de funcionamiento configurada.

2.7.9 Advertencia de ausencia de carga / correa rota

Esta función puede usarse para monitorizar una situación de ausencia de carga, por ejemplo 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.

2.7.10 Interfaz serie perdida

El convertidor de frecuencia puede detectar una pérdida de comunicación serie. Se puede seleccionar un retardo de tiempo de hasta 99 s para evitar una respuesta por interrupciones en el bus de comunicación serie. Cuando se exceda el retardo, las opciones disponibles serán que la unidad:

- Mantenga su última velocidad.
- Funcione a máxima velocidad.
- Funcione a una velocidad predeterminada.
- Se detenga y emita una advertencia.

2.8 Interfaces de usuario y programación

El convertidor de frecuencia utiliza parámetros para la programación de sus funciones de aplicación. Los parámetros incluyen la descripción de una función y un menú de opciones seleccionables o para la introducción de valores numéricos. Un ejemplo de menú de programación está disponible en la *Ilustración 2.20*.

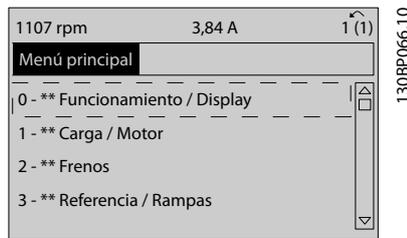


Ilustración 2.20 Ejemplo de menú de programación

Interfaz de usuario local

Para la programación local, se puede acceder a los parámetros pulsando [Quick Menu] o [Main Menu] en el LCP.

El menú rápido está destinado al arranque inicial y a las características del motor. El menú principal accede a todos los parámetros y permite la programación de aplicaciones avanzadas.

Interfaz de usuario remoto

Para la programación remota, Danfoss cuenta con un programa de software para el desarrollo, el almacenamiento y la transferencia de información. Software de configuración MCT 10 permite al usuario conectar un PC al convertidor de frecuencia y realizar una programación en vivo en lugar de utilizar el teclado LCP. Igualmente, la programación puede hacerse sin conexión y descargarse a la unidad. También puede cargarse en el PC todo el perfil del convertidor de frecuencia para su almacenamiento de seguridad o análisis. Un conector USB y un terminal RS485 están disponibles para la conexión al convertidor de frecuencia.

Software de configuración MCT 10 puede descargarse gratuitamente en www.VLT-software.com. También puede solicitar el CD con el número de referencia 130B1000. Un manual del usuario suministra instrucciones detalladas del funcionamiento. Consulte también el capítulo 2.8.2 Software para PC.

Programación de los terminales de control

- Cada terminal de control posee funciones específicas que puede realizar.
- Los parámetros asociados con el terminal activan las selecciones de la función.
- Para un funcionamiento adecuado del convertidor de frecuencia mediante los terminales de control, estos deben estar:

- Correctamente conectados.
- Programados para la función pretendida.

2.8.1 Panel de control local

El panel de control local (LCP) es una pantalla gráfica situada en la parte delantera de la unidad, que facilita la interfaz de usuario mediante botones y mensajes de estado, advertencias y alarmas, programación de parámetros y más. También está disponible una pantalla numérica con opciones de visualización limitadas. En la *Ilustración 2.21* se muestra el LCP.

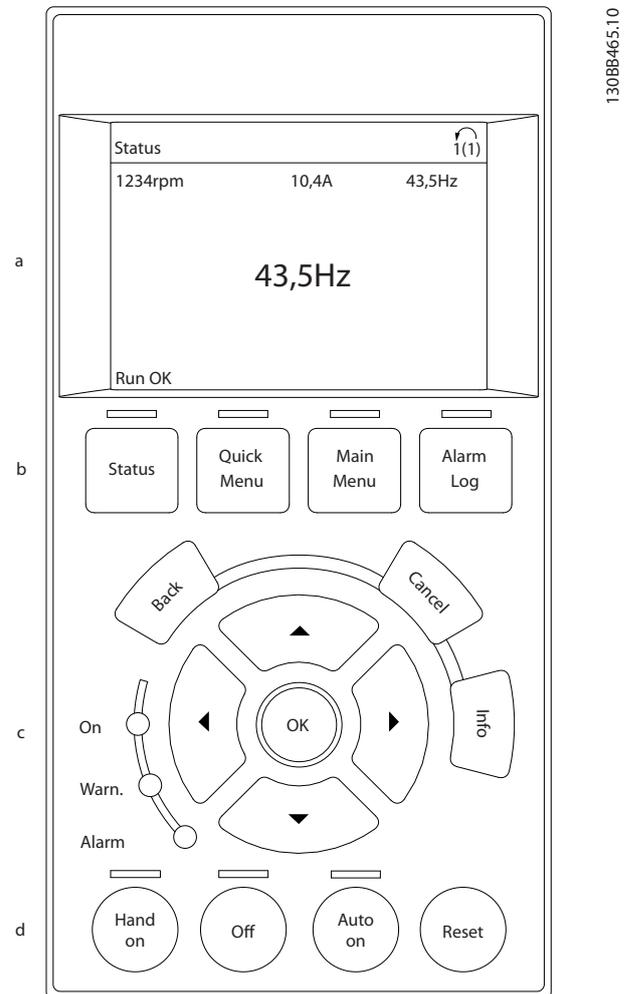


Ilustración 2.21 Panel de control local

2.8.2 Software para PC

El PC se conecta mediante un cable USB estándar (host/dispositivo) o mediante la interfaz RS485.

El USB es un bus serie que emplea cuatro cables apantallados con cuatro clavijas de toma a tierra conectadas al apantallamiento del puerto USB del PC. Si se conecta el PC

a un convertidor de frecuencia a través del cable USB, existe el riesgo potencial de dañar el controlador del host del USB del PC. Todos los PC estándar se fabrican sin aislamiento galvánico en el puerto USB. Cualquier diferencia de potencial de toma de tierra causada por no seguir las recomendaciones descritas en el *Manual de funcionamiento* puede dañar el controlador del puerto USB a través del apantallamiento del cable USB. Al conectar el PC a un convertidor de frecuencia mediante un cable USB, utilice un aislamiento USB con aislamiento galvánico para proteger el controlador del puerto USB del PC de las diferencias de potencial de toma de tierra. No utilice un cable de alimentación de PC con un conector de tierra si el PC está conectado a un convertidor de frecuencia a través de un cable USB. Este reduce la diferencia de potencial de la toma de tierra, pero no elimina todas las diferencias de potencial debidas a la toma de tierra y al apantallamiento conectado al puerto USB del PC.

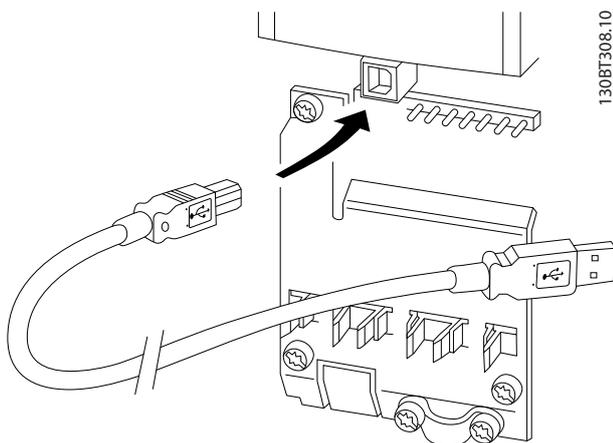


Ilustración 2.22 Conexión USB

2.8.2.1 Software de configuración MCT 10

Software de configuración MCT 10 se ha concebido para la puesta en servicio y el mantenimiento del convertidor de frecuencia, incluida la programación guiada del controlador de centrales, el reloj en tiempo real, el controlador smart logic y el mantenimiento preventivo.

Este software permite controlar fácilmente los detalles y facilita una visión general de los sistemas, ya sean grandes o pequeños. La herramienta maneja todas las series de convertidores de frecuencia, VLT® Advanced Active Filters AAF 006 y los datos relacionados con VLT® Soft Starter.

Ejemplo 1: almacenamiento de datos en el PC a través del Software de configuración MCT 10

1. Conecte un PC a la unidad mediante USB o a través de la interfaz RS485.
2. Abra el Software de configuración MCT 10
3. Seleccione el puerto USB o la interfaz RS485.

4. Seleccione *copy*.
5. Seleccione el apartado *project*.
6. Seleccione *paste*.
7. Seleccione *save as*.

En este momento, se almacenarán todos los parámetros.

Ejemplo 2: transferencia de datos del PC al convertidor de frecuencia a través del Software de configuración MCT 10

1. Conecte un PC a la unidad mediante el puerto USB o través de la interfaz RS485.
2. Abra el Software de configuración MCT 10
3. Seleccione *Open* (se muestran los archivos guardados).
4. Abra el archivo apropiado.
5. Seleccione *Write to drive*.

En este momento, todos los parámetros se transfieren al convertidor de frecuencia.

Tiene a su disposición un manual independiente del Software de configuración MCT 10. Descargue el software y el manual de www.danfoss.com/BusinessAreas/DrivesSolutions/SoftwareDownload/.

2.8.2.2 VLT® Harmonics Calculation Software MCT 31

La herramienta de cálculo de armónicos MCT 31 para PC permite realizar con facilidad una estimación de la distorsión armónica en una aplicación específica. Puede calcularse la distorsión armónica tanto de los convertidores de frecuencia de Danfoss como de marcas distintas a Danfoss con dispositivos adicionales de reducción armónica, como Danfoss VLT® Advanced Harmonic Filters AHF 005/AHF 010 y los rectificadores de 12-18 pulsos.

MCT 31 también puede descargarse desde www.danfoss.com/BusinessAreas/DrivesSolutions/Software-download/.

2.8.2.3 Software de cálculo de armónicos (HCS)

El HCS es una versión avanzada de la herramienta de cálculo de armónicos. Los resultados calculados se comparan con las normas pertinentes y se pueden imprimir.

Para obtener más información, consulte www.danfoss-hcs.com/Default.asp?LEVEL=START

2.9 previo

Los modelos de convertidor de frecuencia de Danfoss de hasta 90 kW no requieren mantenimiento. Los convertidores de frecuencia de alta potencia (potencia nominal de 110 kW o superior) tienen esteras de filtro incorporadas que el operario debe limpiar periódicamente, en función de la exposición al polvo y los contaminantes. Los intervalos de mantenimiento para los ventiladores de refrigeración (aproximadamente 3 años) y para los condensadores (aproximadamente 5 años) se recomiendan en la mayoría de entornos.

2.9.1 Almacenamiento

Al igual que el resto de equipos electrónicos, los convertidores de frecuencia se deben almacenar en un lugar seco. El conformado periódico (carga del condensador) no es necesario durante el almacenamiento.

Se recomienda mantener el equipo sellado en su embalaje hasta la instalación.

3 Integración del sistema

3

Este capítulo describe las consideraciones que se deben tener en cuenta para integrar el convertidor de frecuencia en el diseño de un sistema. El capítulo está dividido en los siguientes apartados:

- *Capítulo 3.1 Condiciones ambientales de funcionamiento*
Condiciones ambientales de funcionamiento del convertidor de frecuencia, que incluyen:
 - Entorno.
 - Alojamientos.
 - Temperatura.
 - Reducción de potencia.
 - Otras consideraciones.
- *Capítulo 3.2 CEM, armónicos y protección de fuga a tierra*
Entrada (de regeneración) del convertidor de frecuencia a la red eléctrica, que incluye:
 - Potencia.
 - Armónicos.
 - Seguimiento.
 - Otras consideraciones.
- *Capítulo 3.4 Integración de la red*
Entrada al convertidor de frecuencia desde la red eléctrica, que incluye:
 - Potencia.
 - Armónicos.
 - Seguimiento.
 - Cableado.
 - Fusibles.
 - Otras consideraciones.
- *Capítulo 3.5 Integración del motor*
Salida del convertidor de frecuencia al motor, que incluye:
 - Tipos de motor.
 - Carga.
 - Seguimiento.
 - Cableado.
 - Otras consideraciones.
- *Capítulo 3.6 Entradas y salidas adicionales, capítulo 3.7 Planificación mecánica*
Integración de la entrada y la salida del convertidor de frecuencia para un diseño óptimo del sistema, que incluye:

- Acoplamiento del convertidor de frecuencia y el motor.
- Características del sistema.
- Otras consideraciones.

Un diseño integral del sistema toma en consideración las áreas potencialmente problemáticas mientras que aplica la combinación más eficaz de las funciones del convertidor de frecuencia. La siguiente información proporciona pautas para la planificación y la especificación de un sistema de control de motor con convertidores de frecuencia.

Las características operativas aportan una serie de conceptos de diseño, desde el simple control de velocidad del motor hasta un sistema de automatización completamente integrado, donde se incluye, a modo de ejemplo:

- Manejo de retroalimentación.
- Información del estado operativo.
- Respuestas automatizadas ante fallos.
- Programación remota.

Un concepto de diseño completo incluye la especificación detallada de las necesidades y el uso.

- Tipos de convertidores de frecuencia
- Motores
- Requisitos de red
- Estructura de control y programación
- Comunicación serie
- Tamaño, forma y peso del equipo
- Requisitos de potencia y de cableado de control; tipo y longitud
- Fusibles
- Equipo auxiliar
- Transporte y almacenamiento

Consulte el *capítulo 3.10 Lista de verificación del diseño del sistema*, donde encontrará una guía práctica de selección y el diseño.

Entender las funciones y las opciones estratégicas puede optimizar un diseño de sistema y, posiblemente, evitar añadirle componentes o funciones duplicados.

3.1 Condiciones ambientales de funcionamiento

3.1.1 Humedad

Aunque el convertidor de frecuencia pueda funcionar correctamente a humedades elevadas (hasta el 95 % de humedad relativa), evite la condensación. Hay un riesgo específico de condensación cuando el convertidor de frecuencia está más frío que el aire ambiente húmedo. La humedad del aire también puede condensarse en los componentes electrónicos y provocar cortocircuitos. La condensación se produce en unidades sin potencia. Instale un calefactor de armario cuando pueda formarse condensación a causa de las condiciones ambientales. Evite la instalación en áreas con escarcha. Alternativamente, operar el convertidor de frecuencia en modo de espera (con la unidad conectada a la red) reduce el riesgo de condensación. Asegúrese de que la disipación de potencia sea suficiente para mantener los circuitos del convertidor de frecuencia sin humedad.

3.1.2 Temperatura

Se especifican límites de temperatura ambiente mínimos y máximos para todos los convertidores de frecuencia. Si se evitan temperaturas ambiente extremas, se prolonga la vida del equipo y se aumenta al máximo la fiabilidad general del sistema. Siga las recomendaciones enumeradas para disfrutar del rendimiento y la vida útil máximos del equipo.

- Aunque el convertidor de frecuencia puede funcionar a temperaturas de hasta -10 °C , solo se garantiza un funcionamiento correcto con la carga nominal con temperaturas de 0 °C o superiores.
- No sobrepase el límite máximo de temperatura.
- La vida útil de los componentes electrónicos disminuye un 50 % cada 10 °C cuando funciona por encima de la temperatura prevista.
- Incluso los dispositivos con clasificaciones de protección IP54, IP55 o IP66 deben seguir los rangos de temperatura ambiente especificados.
- Puede ser necesaria una climatización adicional del alojamiento o del lugar de instalación.

3.1.3 Refrigeración

Los convertidores de frecuencia disipan la potencia en forma de calor. Las siguientes recomendaciones son necesarias para la eficaz refrigeración de las unidades.

- La temperatura máxima del aire que penetre en la protección nunca debe exceder los 40 °C (104 °F).
- La temperatura media diurna/nocturna no debe superar los 35 °C (95 °F).
- Monte la unidad de manera que permita que el aire de refrigeración fluya libremente a través de las aletas de refrigeración. Consulte el *capítulo 3.7.1 Separación* para realizar el montaje con los espacios de separación correctos.
- Cumpla con los requisitos mínimos de espacio libre delante y detrás de la unidad para proporcionar el flujo de aire de refrigeración adecuado. Consulte los requisitos para una instalación adecuada en el *manual de funcionamiento*.

3.1.3.1 Ventiladores

El convertidor de frecuencia tiene ventiladores integrados para garantizar una refrigeración óptima. El ventilador principal fuerza el caudal de aire a lo largo de las aletas de refrigeración del disipador, lo que garantiza que el aire interno se refrigere. Algunos tamaños de potencia tienen un pequeño ventilador secundario cerca de la tarjeta de control, lo que garantiza que el aire interno circule para evitar puntos calientes.

La temperatura interna del convertidor de frecuencia controla el ventilador principal. La velocidad aumenta gradualmente junto con la temperatura, lo que reduce el ruido y el consumo energético cuando disminuye la necesidad y garantiza la refrigeración máxima cuando es necesaria. El control de ventilador se puede adaptar mediante *parámetro 14-52 Control del ventilador* para que se ajuste a cualquier aplicación, además de proteger contra los efectos negativos de la refrigeración en climas fríos. Si se produce un exceso de temperatura dentro del convertidor de frecuencia, este reduce el patrón y la frecuencia de conmutación. Consulte el *capítulo 5.1 Reducción de potencia* para más información.

3.1.3.2 Cálculo del flujo de aire necesario para la refrigeración del convertidor de frecuencia

El flujo de aire necesario para refrigerar un convertidor de frecuencia, o varios convertidores de frecuencia en un mismo alojamiento, puede calcularse de la siguiente manera:

1. Determine la pérdida de potencia a salida máxima para todos los convertidores de frecuencia a partir de las tablas de datos del *capítulo 7 Especificaciones*.
2. Añada los valores de pérdida de potencia de todos los convertidores de frecuencia que pueden

funcionar simultáneamente. La suma resultante será el calor Q que se debe transferir. Multiplique el resultado con el factor f, tomado de la *Tabla 3.1*. Por ejemplo, $f = 3,1 \text{ m}^3 \times \text{K/Wh}$ al nivel del mar.

3. Determine la temperatura más alta del aire que entre en el alojamiento. Sustraiga esta temperatura a la temperatura requerida en el interior del alojamiento, por ejemplo 45 °C (113 °F).
4. Divida el total del paso 2 por el total del paso 3.

El cálculo se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$V = \frac{f \times Q}{T_i - T_A}$$

donde

V = flujo de aire en m^3/h

f = factor en $\text{m}^3 \times \text{K/Wh}$

Q = calor que se debe transferir en W

T_i = temperatura en el interior del alojamiento en °C

T_A = temperatura ambiente en °C

f = $cp \times \rho$ (calor específico del aire x densidad del aire)

AVISO!

El calor específico del aire (cp) y la densidad del aire (ρ) no son constantes, pero dependen de la temperatura, de la humedad y de la presión atmosférica. Por lo tanto, dependen de la altitud sobre el nivel del mar.

La *Tabla 3.1* muestra los valores típicos del factor f, calculados para diferentes altitudes.

Altitud	Calor específico del aire cp	Densidad del aire ρ	Factor f
[m]	[kJ/kgK]	[kg/m³]	[m³·K/Wh]
0	0,9480	1,225	3,1
500	0,9348	1,167	3,3
1000	0,9250	1,112	3,5
1500	0,8954	1,058	3,8
2000	0,8728	1,006	4,1
2500	0,8551	0,9568	4,4
3000	0,8302	0,9091	4,8
3500	0,8065	0,8633	5,2

Tabla 3.1 Factor f, calculado para diferentes altitudes

Ejemplo

¿Qué flujo de aire se necesita para refrigerar dos convertidores de frecuencia (con pérdidas de calor de 295 W y 1430 W) que funcionan simultáneamente y montados en un alojamiento con un pico de temperatura ambiente de 37 °C?

- La suma de las pérdidas de calor de ambos convertidores de frecuencia es 1725 W.
- Si multiplicamos 1725 W por $3,3 \text{ m}^3 \times \text{K/Wh}$ se obtiene un resultado de $5693 \text{ m}^3 \times \text{K/h}$.

- Si restamos 37 °C a 45 °C, el resultado es 8 °C (=8 K).
- Si dividimos $5693 \text{ m}^3 \times \text{K/h}$ por 8 K, el resultado es: $711,6 \text{ m}^3/\text{h}$.

Si se necesita el flujo de aire en CFM, utilice el factor de conversión $1 \text{ m}^3/\text{h} = 0,589 \text{ CFM}$.

En el ejemplo anterior, $711,6 \text{ m}^3/\text{h} = 418,85 \text{ CFM}$.

3.1.4 Sobretensión generada por el motor

La tensión del bus de CC aumenta cuando el motor actúa como generador. Esto puede ocurrir de dos maneras:

- La carga arrastra al motor cuando el convertidor de frecuencia funciona con una frecuencia de salida constante. Esto se conoce generalmente como carga de arrastre.
- Durante la desaceleración, si la inercia de la carga es alta y el tiempo de desaceleración del convertidor de frecuencia está configurado en un valor corto.

El convertidor de frecuencia no puede regenerar energía que vuelva a la entrada. Por lo tanto, limita la energía aceptada desde el motor cuando está configurado para aceptar la rampa automática. Si la sobretensión se produce durante la desaceleración, el convertidor de frecuencia intentará hacer esto incrementando automáticamente el tiempo de deceleración. Si esto no resulta, o si la carga arrastra al motor cuando funciona a frecuencia constante, el convertidor de frecuencia se apaga y muestra un mensaje de fallo cuando se alcanza un nivel crítico de tensión de bus de CC.

3.1.5 Ruido acústico

El ruido acústico del convertidor de frecuencia procede de tres fuentes:

- Bobinas del enlace de CC (circuito intermedio)
- Bobina de choque del filtro RFI
- Vent. internos

Consulte la *Tabla 7.40* para obtener información sobre las clasificaciones de ruido acústico.

3.1.6 Vibración y golpe

El convertidor de frecuencia ha sido probado según un procedimiento basado en la norma CEI 68-2-6/34/35 y 36. Estas pruebas someten la unidad a fuerzas de 0,7 g en el rango de 18 a 1000 Hz aleatoriamente, en tres direcciones y durante dos horas. Todos los convertidores de frecuencia de Danfoss cumplen con los requisitos que corresponden a estas condiciones cuando la unidad está montada en la

pared o el suelo, así como cuando está montada en paneles o atornillada a paredes o suelos.

3.1.7 Entornos agresivos

3.1.7.1 Gases

Los gases agresivos, como el sulfuro de hidrógeno, cloro o amoníaco, pueden dañar los componentes mecánicos y eléctricos del convertidor de frecuencia. La contaminación del aire de refrigeración también puede causar la descomposición gradual de las juntas de las puertas y las pistas de PCB. Los contaminantes agresivos están a menudo presentes en instalaciones de tratamiento de aguas residuales o piscinas. La corrosión del cobre es una señal clara de un entorno agresivo.

Clasificaciones de las clases del revestimiento barnizado

AVISO!

El convertidor de frecuencia se entrega de serie con un barnizado de las placas de circuito de clase 3C2. Si se solicita, el barnizado clase 3C3 está disponible.

Tipo de gas	Unidad	Clase				
		3C1	3C2		3C3	
			Valor medio	Valor máximo ¹⁾	Valor medio	Valor máximo ¹⁾
Sal marina	n/a	Ninguno	Neblina salina		Neblina salina	
Óxidos de azufre	mg/m ³	0,1	0,3	1,0	5,0	10
Sulfuro de hidrógeno	mg/m ³	0,01	0,1	0,5	3,0	10
Cloro	mg/m ³	0,01	0,1	0,03	0,3	1,0
Cloruro de hidrógeno	mg/m ³	0,01	0,1	0,5	1,0	5,0
Fluoruro de hidrógeno	mg/m ³	0,003	0,01	0,03	0,1	3,0
Amoniaco	mg/m ³	0,3	1,0	3,0	10	35
Ozono	mg/m ³	0,01	0,05	0,1	0,1	0,3
Nitrógeno	mg/m ³	0,1	0,5	1,0	3,0	9,0

Tabla 3.2 Clasificaciones de las clases del revestimiento barnizado

1) Los valores máximos son valores pico transitorios que no deben ocurrir durante más de 30 minutos al día.

3.1.7.2 Exposición al polvo

La instalación de convertidores de frecuencia en entornos con una alta exposición al polvo es, a menudo, inevitable. El polvo afecta a las unidades montadas en pared o bastidor con clasificación de protección IP55 o IP66, y también a dispositivos montados en armario con clasificación de protección IP21 o IP20. Considere los tres

aspectos descritos en este apartado cuando se instalen convertidores de frecuencia en estos entornos.

Refrigeración reducida

El polvo forma depósitos en la superficie del dispositivo y dentro de él, en las placas de circuitos y los componentes electrónicos. Estos depósitos funcionan como capas de aislamiento y obstaculizan la transferencia de calor al aire ambiente, lo que reduce la capacidad de refrigeración. Los componentes se calientan, lo cual produce un envejecimiento acelerado de los componentes electrónicos y disminuye la vida útil de la unidad. Los depósitos de polvo en el dissipador de la parte posterior de la unidad también disminuyen la vida útil de la unidad.

Ventiladores de refrigeración

El flujo de aire para refrigerar la unidad se produce mediante los ventiladores de refrigeración, normalmente ubicados en la parte posterior del dispositivo. Los rotores del ventilador poseen pequeños cojinetes en los que el polvo puede penetrar y actuar como un abrasivo. La presencia de polvo en los cojinetes provoca daños en los cojinetes y fallos del ventilador.

Filtros

Los convertidores de frecuencia de alta potencia están equipados con ventiladores de refrigeración que expelen aire caliente desde el interior del dispositivo. A partir de un determinado tamaño, estos ventiladores se equipan con esteras de filtro. Estos filtros se puede obstruir rápidamente cuando se utilizan en ambientes polvorientos. En estas condiciones, es necesario tomar medidas preventivas.

Mantenimiento periódico

En las condiciones descritas anteriormente, se recomienda limpiar el convertidor de frecuencia durante el mantenimiento periódico. Elimine el polvo del dissipador y los ventiladores y limpie las esteras de filtro.

3.1.8 Definiciones de clasificación IP

	Contra la penetración de objetos sólidos extraños	Contra el acceso a piezas peligrosas por extraños
Primer dígito	0 (no protegido)	(no protegido)
	1 ≥50 mm de diámetro	Dorso de la mano
	2 12,5 mm de diámetro	Dedo
	3 2,5 mm de diámetro	Herramienta
	4 ≥1,0 mm de diámetro	Cable
	5 Protección contra el polvo	Cable
	6 Hermetismo al polvo	Cable
	Contra la penetración de agua con efecto nocivo	

		Contra la penetración de objetos sólidos extraños	Contra el acceso a piezas peligrosas por
Segundo dígito	0	(no protegido)	–
	1	Gotas que caen verticalmente	–
	2	Caídas con un ángulo de 15°	–
	3	Agua pulverizada	–
	4	Salpicaduras de agua	–
	5	Chorros de agua	–
	6	Potentes chorros de agua	–
	7	Inmersión temporal	–
	8	Inmersión a largo plazo	–
		Información complementaria específica para	
Primera letra	A		Dorso de la mano
	B		Dedo
	C		Herramienta
	D		Cable
		Información complementaria específica para	
Letra adicional	H	Dispositivo de tensión alta	–
	M	Dispositivo que se desplaza durante la prueba de agua	–
	S	Dispositivo fijo durante la prueba de agua	–
	W	Condiciones atmosféricas	–

Tabla 3.3 Definiciones CEI 60529 de las clasificaciones IP

3.1.8.1 Opciones de armario y clasificaciones

Los convertidores de frecuencia de Danfoss están disponibles con tres clasificaciones de protección diferentes:

- IP00 o IP20 para instalación en armario.
- IP54 o IP55 para montaje local.
- IP66 para condiciones ambientales extremas, como una humedad (del aire) extremadamente alta o altas concentraciones de polvo o de gases agresivos.

3.1.9 Interferencias de radiofrecuencia

El objetivo principal en la práctica es obtener sistemas que funcionen de forma estable sin interferencias de radiofrecuencia entre sus componentes. Para conseguir un alto nivel de inmunidad, se recomienda usar convertidores de frecuencia con filtros RFI de alta calidad.

Utilice filtros de categoría C1, especificados en la norma EN 61800-3, que respetan los límites de la Clase B de la norma general EN 55011.

Coloque avisos en el convertidor de frecuencia si los filtros RFI no corresponden a la categoría C1 (Categoría C2 o inferior). La responsabilidad del etiquetado correcto recae en el operador.

En la práctica, existen dos enfoques sobre los filtros RFI:

- Integrados en el equipo
 - Los filtros integrados requieren espacio en el armario pero eliminan los costes suplementarios de instalación, cableado y materiales. Sin embargo, la ventaja más importante es la conformidad perfecta con CEM y el cableado de filtros integrados.
- Opciones externas
 - Los filtros RFI externos opcionales instalados en la entrada del convertidor de frecuencia generan una caída de tensión. En la práctica, esto quiere decir que la tensión máxima de red no está presente en la entrada del convertidor de frecuencia y puede ser necesario un convertidor de una mayor clasificación. La longitud máxima del cable de motor para que respete los límites de CEM está comprendida entre 1 y 50 m. Se generan costes por materiales, cableado y ensamblaje. La conformidad CEM no ha sido probada.

AVISO!

Para garantizar un funcionamiento sin interferencias del convertidor de frecuencia, utilice siempre un filtro RFI de categoría C1.

AVISO!

Las unidades VLT® Refrigeration Drive FC 103 se suministran de serie con filtros RFI integrados conformes a la categoría C1 (EN 61800-3) para su uso en sistemas de red de 400 V y potencias de salida de hasta 90 kW o conformes a la categoría C2 para potencias de salida comprendidas entre 110 y 630 kW. Las unidades FC 103 son conformes a la categoría C1, con cables de motor apantallados de hasta 50 m o a la categoría C2, con cables de motor apantallados de hasta 150 m. Consulte la *Tabla 3.4* para obtener más detalles.

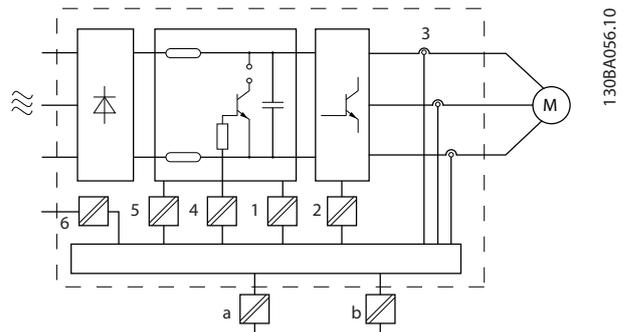
3.1.10 Conformidad PELV y de aislamiento galvánico

Garantice la protección contra descargas eléctricas cuando la fuente de alimentación eléctrica sea del tipo de tensión de protección muy baja (PELV) y asegúrese de que la instalación se realice de acuerdo con las normativas locales y nacionales sobre equipos PELV.

Para mantener el estado PELV en los terminales de control, todas las conexiones deben ser PELV, por ejemplo, los termistores deben disponer de un aislamiento reforzado/doble. Todos los terminales de control y de relé de los convertidores de frecuencia de Danfoss cumplen con los requisitos de PELV (salvo la conexión a tierra en triángulo por encima de 400 V).

El aislamiento galvánico (garantizado) 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.

Se proporciona aislamiento eléctrico como se muestra en la *Ilustración 3.1*. Los componentes descritos cumplen con los requisitos de aislamiento galvánico y PELV.



1	Fuente de alimentación (SMPS) con aislamiento de V CC e indicación de la tensión de corriente intermedia.
2	Accionamiento de puerta para los IGBT
3	Transductores de corriente
4	Optoacoplador, módulo de freno.
5	Circuitos de afluj de corriente interna, RFI y medición de temperatura.
6	Relés configurables
a	Aislamiento galvánico para la opción de seguridad de 24 V
b	Aislamiento galvánico para la interfaz del bus estándar RS485.

Ilustración 3.1 Aislamiento galvánico

Instalación en altitudes elevadas

⚠️ ADVERTENCIA

SOBRETENSIÓN Las instalaciones que exceden los límites de altitud pueden no respetar los requisitos de PELV. El aislamiento entre los componentes y las piezas esenciales puede resultar insuficiente. Existe un riesgo de sobretensión. Para reducir el riesgo de sobretensión, utilice dispositivos de protección externos o aislamiento galvánico.

Para instalaciones en altitudes elevadas, consulte a Danfoss sobre el cumplimiento de los requisitos de PELV.

- 380-500 V (protecciones A, B y C): más de 2000 m (6500 ft)
- 380-500 V (protecciones D, E y F): más de 3000 m (9800 ft)
- 525-690 V: más de 2000 m (6500 ft)

3.2 CEM, armónicos y protección de fuga a tierra

3.2.1 Aspectos generales de las emisiones CEM

Los convertidores de frecuencia (y otros dispositivos eléctricos) generan campos magnéticos o electrónicos que pueden interferir con su entorno. La compatibilidad electromagnética (CEM) de estos efectos depende de la potencia y de las características armónicas de los

3

dispositivos. La interacción incontrolada entre dispositivos eléctricos en un sistema puede degradar la compatibilidad y perjudicar su funcionamiento fiable. Las interferencias pueden adoptar la forma de:

- Distorsión de los armónicos del suministro de red.
- Descargas electrostáticas.
- Fluctuaciones rápidas de tensión.
- Interferencia de alta frecuencia.

Los dispositivos eléctricos generan interferencias y se ven afectados por las interferencias de otras fuentes. Las interferencias eléctricas suelen aparecer a frecuencias situadas 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 de motor, junto con una alta dU/dt de la tensión del motor, generan corrientes de fuga, como se muestra en la *Ilustración 3.2*. La utilización de un cable de motor apantallado aumenta la corriente de fuga (consulte la *Ilustración 3.2*), 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 rango 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), en principio solo habrá un pequeño campo electromagnético (I_4) desde el cable apantallado del motor, tal y como se indica en la *Ilustración 3.2*.

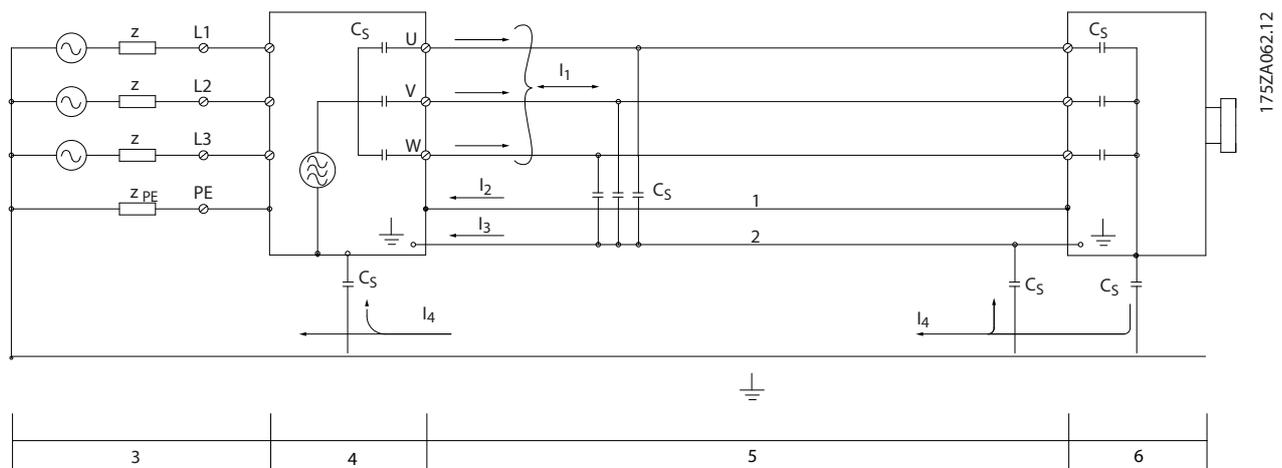
El apantallamiento reduce la interferencia radiada, aunque incrementa la interferencia de baja frecuencia en la red

eléctrica. Conecte el apantallamiento del cable de motor a la protección del convertidor de frecuencia, así como a la protección del motor. La mejor forma de realizar la conexión es utilizar abrazaderas de apantallamiento integradas para evitar extremos de apantallamiento en espiral (cables de pantalla retorcidos y embornados). Estos cables de pantalla retorcidos y embornados aumentan la impedancia del apantallamiento a 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 relé, el cable de control, la interfaz de señales y el freno, monte el apantallamiento en ambos extremos de la protección. En algunas situaciones, sin embargo, es necesario romper el apantallamiento para evitar lazos de intensidad.

Al colocar el apantallamiento en una placa de montaje para el convertidor de frecuencia, dicha placa deberá estar fabricada en metal para conducir las intensidades del apantallamiento de vuelta a la unidad. Asegúrese, además, de que la placa de montaje y el alojamiento del convertidor de frecuencia hagan buen contacto eléctrico a través de los tornillos de montaje.

Si se utilizan cables no apantallados, no se cumplirán algunos de los requisitos de emisiones, aunque sí se respetarán la mayoría de los requisitos de inmunidad. Para reducir el nivel de interferencia del sistema completo (unidad + 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. Concretamente, los elementos electrónicos de control generan una radiointerferencia superior a 50 MHz (transmitida por el aire).



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

Ilustración 3.2 Generación de corrientes de fuga

3.2.2 Resultados de las pruebas de CEM (emisión)

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

Tipo de filtro RFI		Emisión conducida			Emisión irradiada		
		Longitud del cable [m]			Longitud del cable [m]		
Normas y requisitos	EN 55011	Clase B	Clase A, grupo 1	Clase A, grupo 2	Clase B	Clase A, grupo 1	Clase A, grupo 2
		Entorno doméstico, establecimientos comerciales e industria ligera	Entorno industrial	Entorno industrial	Entorno doméstico, establecimientos comerciales e industria ligera	Entorno industrial	Entorno industrial
	EN/CEI 61800-3	Categoría C1	Categoría C2	Categoría C3	Categoría C1	Categoría C2	Categoría C3
		Primer ambiente (hogar y oficina)	Primer ambiente (hogar y oficina)	Segundo ambiente (entorno industrial)	Primer ambiente (hogar y oficina)	Primer ambiente (hogar y oficina)	Segundo ambiente (entorno industrial)
H1							
	1,1-22 kW 220-240 V	50	150	150	No	Sí	N/A
	1,1-45 kW 200-240 V	50	150	150	No	Sí	Sí
	1,1-90 kW 380-480 V	50	150	150	No	Sí	Sí
H2/H5							
	1,1-22 kW 220-240 V	No	No	25	No	No	N/A
	1,1-3,7 kW 200-240 V	No	No	5	No	No	No
	5,5-45 kW 200-240 V	No	No	25	No	No	No
	1,1-7,5 kW 380-480 V	No	No	5	No	No	No
	11-90 kW 380-480 V	No	No	25	No	No	No
HX							
	1,1-90 kW 525-600 V	No	No	No	No	No	No

Tabla 3.4 Resultados de las pruebas de CEM (emisión)

HX, H1 o H2 se define en las pos. 16-17 del código descriptivo para filtros de CEM.

HX: no hay filtros de CEM integrados en el convertidor de frecuencia (solo en unidades de 600 V).

H1: filtro de CEM integrado. Cumple con la clase A1/B

H2: sin filtro de CEM adicional. Cumple con la clase A2.

H5: versiones marítimas. Cumple con los mismos niveles de emisiones que las versiones H2.

3.2.3 Requisitos en materia de emisiones

La norma de productos CEM para convertidores de frecuencia define cuatro categorías (C1, C2, C3 y C4) con requisitos especificados para la emisión e inmunidad. La *Tabla 3.5* indica la definición de las cuatro categorías y la clasificación equivalente de la norma EN 55011.

Categoría	Definición	Clase de emisiones equivalente en EN 55011
C1	Convertidores de frecuencia instalados en el primer ambiente (hogar y oficina) con una tensión de alimentación inferior a 1000 V.	Clase B
C2	Convertidores de frecuencia instalados en el primer ambiente (hogar y oficina), con una tensión de alimentación inferior a 1000 V, que no son ni enchufables ni desplazables y están previstos para su instalación y puesta en marcha por profesionales.	Clase A, grupo 1
C3	Convertidores de frecuencia instalados en el segundo ambiente (industrial) con una tensión de alimentación inferior a 1000 V.	Clase A, grupo 2
C4	Convertidores de frecuencia instalados en el segundo ambiente con una tensión de alimentación igual o superior a 1000 V y una intensidad nominal igual o superior a 400 A o prevista para el uso en sistemas complejos.	Sin límite. Realice un plan de CEM.

Tabla 3.5 Correlación entre CEI 61800-3 y EN 55011

Cuando se utilizan normas de emisiones generales (conducidas), los convertidores de frecuencia deben cumplir los límites de la *Tabla 3.6*.

Entorno	Norma de emisiones generales	Clase de emisiones equivalente en 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 3.6 Correlación entre Normas de emisiones generales y EN 55011

3.2.4 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 los requisitos para el entorno industrial. Por consiguiente, también cumplen los requisitos mínimos de los entornos domésticos y de oficina, con un amplio margen de seguridad.

Para documentar la inmunidad contra interferencias eléctricas, se han realizado las siguientes pruebas de inmunidad según las siguientes normas básicas:

- **EN 61000-4-2 (CEI 61000-4-2):** descargas electrostáticas (ESD): simulación de descargas electrostáticas de seres humanos.
- **EN 61000-4-3 (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 61000-4-4 (CEI 61000-4-4):** Transitorios de conexión/desconexión: Simulación de la interferencia introducida por el acoplamiento de un contactor, relés o dispositivos similares.
- **EN 61000-4-5 (CEI 61000-4-5):** Transitorios de sobretensión: simulación de transitorios introducidos, por ejemplo, al caer rayos cerca de las instalaciones.
- **EN 61000-4-6 (CEI 61000-4-6):** RF modo común: simulación del efecto del equipo transmisor de radio conectado a cables de conexión.

Consulte el *Tabla 3.7*.

Norma básica	Ráfaga ²⁾ CEI 61000-4-42)	Sobretensión ²⁾ CEI 61000-4-5	ESD ²⁾ 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
Rango de tensión: 200-240 V, 380-500 V, 525-600 V, 525-690 V					
Línea	4 kV CM	2 kV/2 Ω DM 4 kV/12 Ω CM	—	—	10 V _{RMS}
Motor	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 3.7 Tabla sobre inmunidad CEM

1) Inyección en apantallamiento de cables.

2) Valores obtenidos normalmente mediante pruebas.

3.2.5 Aislamiento del motor

Los motores modernos para uso con convertidores de frecuencia presentan un elevado grado de aislamiento para responder a la nueva generación de IGBT de gran eficacia con una dU/dt elevada. Para actualizar motores antiguos, confirme el aislamiento del motor o mitíguele con un filtro dU/dt o incluso un filtro senoidal, si fuera necesario.

Para longitudes del cable de motor \leq que la longitud del cable máxima que se indica en el *capítulo 7 Especificaciones*, se recomiendan las clasificaciones de aislamiento del motor disponibles en la *Tabla 3.8*. Si un motor tiene una clasificación de aislamiento inferior, utilice un filtro dU/dt o senoidal.

Tensión de red nominal [V]	Aislamiento del motor [V]
$U_N \leq 420$	U _{LL} estándar = 1300
$420 V < U_N \leq 500$	U _{LL} reforzada = 1600
$500 V < U_N \leq 600$	U _{LL} reforzada = 1800
$600 V < U_N \leq 690$	U _{LL} reforzada = 2000

Tabla 3.8 Aislamiento del motor

3.2.6 Corrientes en los cojinetes del motor

Para reducir al mínimo las corrientes en el eje y los cojinetes, conecte a tierra lo siguiente respecto a la máquina accionada:

- Convertidor de frecuencia
- Motor
- Máquina accionada

Estrategias estándar de mitigación

1. Utilizar un cojinete aislado.
2. Aplicar rigurosos procedimientos de instalación:
 - 2a Asegúrese de que el motor y la carga del motor estén alineados.
 - 2b Seguir estrictamente las directrices de instalación CEM.
 - 2c Reforzar la PE de modo que la impedancia de alta frecuencia sea inferior en la PE que los cables de alimentación de entrada
 - 2d Proporcione una buena conexión de alta frecuencia entre el motor y el convertidor de frecuencia, por ejemplo, mediante un cable apantallado que tenga una conexión de 360° en el motor y en el convertidor de frecuencia.
 - 2e Asegurarse de que la impedancia desde el convertidor de frecuencia hasta la tierra sea inferior que la impedancia de tierra de la máquina, lo que puede resultar difícil para las bombas.
 - 2f Realice una conexión a tierra directa entre el motor y la carga del motor (por ejemplo, una bomba).
3. Reducir la frecuencia de conmutación de IGBT.
4. Modificar la forma de onda del inversor, AVM de 60° frente a SFAVM.
5. Instalar un sistema de conexión a tierra del eje o usar un acoplador aislante.

6. Aplicar un lubricante conductor.
7. Usar el ajuste mínimo de velocidad, si es posible.
8. Tratar de asegurar que la tensión de red esté equilibrada con la conexión a tierra. Esto puede resultar difícil para sistemas de patilla con toma de tierra, IT, TT o TN-CS.
9. Usar un filtro senoidal o dU/dt.

3.2.7 Armónicos

Dispositivos eléctricos con rectificadores de diodos, como por ejemplo

- Luces fluorescentes
- Ordenadores
- Fotocopiadoras
- Faxes
- Diversos equipos de laboratorio y
- Sistemas de telecomunicaciones

pueden añadir distorsión armónica a la alimentación de red. Los convertidores de frecuencia utilizan una entrada con puente de diodos, que también puede contribuir a la distorsión armónica.

El convertidor de frecuencia no consume 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 afecten directamente al consumo de energía eléctrica, estas generan calor en el cableado y los transformadores. Esta generación de calor puede afectar a otros dispositivos que se encuentren en la misma línea de potencia.

3.2.7.1 Análisis de armónicos

Diversas características del sistema eléctrico de un edificio determinan la contribución exacta de armónicos del convertidor de frecuencia al THD de una instalación y a su capacidad de cumplir las normas IEEE. Es difícil hacer generalizaciones sobre la contribución de armónicos de los convertidores de frecuencia en una instalación específica. Cuando sea necesario, realice un análisis de los armónicos del sistema para determinar los efectos sobre el equipo.

El convertidor de frecuencia acepta una intensidad no senoidal de la red, lo que aumenta la intensidad de entrada I_{RMS} . Se transforma una intensidad no senoidal por medio de un análisis de series Fourier y se separa en intensidades de onda senoidal con diferentes frecuencias, es decir, con diferentes corrientes armónicas I_n con 50 Hz o 60 Hz como frecuencia fundamental.

Los armónicos no afectan directamente al consumo de energía, aunque aumentan las pérdidas de calor en la instalación (transformador, inductores, cables). Por ello, en instalaciones eléctricas con un porcentaje alto de carga del rectificador, mantenga las corrientes armónicas en un nivel bajo para evitar sobrecargar el transformador, los inductores y los cables.

Abreviatura	Descripción
f_1	Frecuencia fundamental
I_1	Corriente fundamental
U_1	Tensión fundamental
I_n	Corrientes armónicas
U_n	Tensión armónica
n	Orden armónico

Tabla 3.9 Abreviaturas relativas a armónicos

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

Tabla 3.10 Corriente no senoidal transformada

Corriente	Corriente armónica				
	I_{RMS}	I_1	I_5	I_7	I_{11-49}
Intensidad de entrada	1,0	0,9	0,4	0,2	<0,1

Tabla 3.11 Corrientes armónicas en comparación con la corriente de entrada RMS Corriente

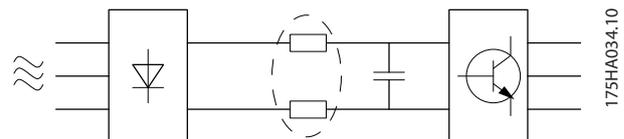


Ilustración 3.3 Bobinas del bus de CC

AVISO!

Algunas corrientes armónicas pueden perturbar el equipo de comunicación conectado al mismo transformador o causar resonancias si se utilizan condensadores de corrección del factor de potencia.

Para asegurar corrientes armónicas bajas, el convertidor de frecuencia cuenta con filtros pasivos. Las bobinas de CC reducen la distorsión armónica total (THD) al 40 %.

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 (THD) se calcula según los distintos armónicos de tensión individual, usando esta fórmula:

$$THD = \frac{\sqrt{U_5^2 + U_7^2 + \dots + U_N^2}}{U_1}$$

3.2.7.2 Requisitos en materia de emisión de armónicos

Equipos conectados a la red pública de suministro eléctrico

Opción	Definición
1	CEI/EN 61000-3-2 Clase A para equipo trifásico equilibrado (solo para equipos profesionales de hasta 1 kW de potencia total).
2	CEI/EN 61000-3-12 Equipo 16 A-75 A y equipo profesional desde 1 kW hasta una intensidad de fase de 16 A.

Tabla 3.12 Normas de emisión de armónicos

3.2.7.3 Resultados de la prueba de armónicos (emisión)

Los tamaños de potencia de hasta PK75 en T2 y T4 cumplen las disposiciones de CEI / EN 61000-3-2 Clase A. Los tamaños de potencia desde P1K1 hasta P18K en T2 y hasta P90K en T4 cumplen las disposiciones de CEI / EN 61000-3-12, tabla 4. Los tamaños de potencia de P110 a P450 en T4 también cumplen las disposiciones de la norma CEI/EN 61000-3-12, aunque no sea necesario porque las intensidades se encuentran por encima de los 75 A.

La *Tabla 3.13* describe cómo la potencia de cortocircuito de la fuente de alimentación S_{SC} en el punto de conexión entre el suministro del usuario y el sistema público (R_{SCE}) es mayor o igual a:

$$S_{SC} = \sqrt{3} \times R_{SCE} \times U_{red} \times I_{equ} = \sqrt{3} \times 120 \times 400 \times I_{equ}$$

	Corriente armónica individual I_n/I_1 (%)			
	I_5	I_7	I_{11}	I_{13}
Real (típico)	40	20	10	8
Límite para $R_{SCE} \geq 120$	40	25	15	10
	Factor de distorsión de corriente armónica (%)			
	THD	PWHD		
Real (típico)	46	45		
Límite para $R_{SCE} \geq 120$	48	46		

Tabla 3.13 Resultados de la prueba de armónicos (emisión)

Es responsabilidad del instalador o del usuario del equipo asegurar, mediante consulta con la compañía de distribución si fuera necesario, que el equipo está conectado únicamente a una fuente de alimentación con una potencia de cortocircuito S_{SC} superior o igual a la especificada en la ecuación.

Para conectar otros tamaños de potencia a la red pública de suministro eléctrico, consulte al operador de la red de distribución.

Conformidad con varias directrices de nivel de sistema: Los datos de corriente armónica de la *Tabla 3.13* se proporcionan de acuerdo con la norma CEI/EN61000-3-12, con referencia al estándar de producto de sistemas Power Drive. Pueden utilizarse como base para el cálculo de la influencia de las corrientes armónicas sobre la fuente de alimentación del sistema y para la documentación del cumplimiento de las directrices regionales aplicables: IEEE 519-1992; G5/4.

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

En la *Ilustración 3.4*, 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 un número de cargas. El punto de acoplamiento común al que se conectan todas las cargas es el PCC2. Cada carga está conectada a través de cables con una impedancia Z_1 , Z_2 y Z_3 .

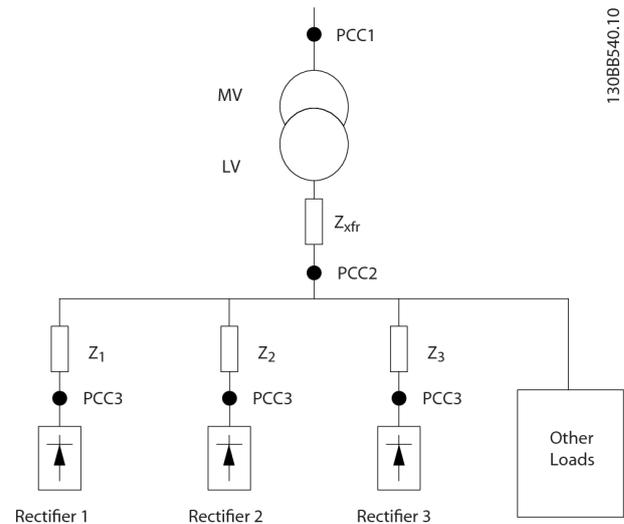


Ilustración 3.4 Sistema de distribución pequeño

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 sabiendo únicamente el rendimiento armónico de la carga. Para predecir la distorsión en el PCC, deben conocerse tanto la configu-

ración del sistema de distribución como las impedancias relevantes.

Un término empleado comúnmente para describir la impedancia de una red es la relación de cortocircuito R_{scc} . Esta relación 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}).

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

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

El efecto negativo de los armónicos es doble.

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

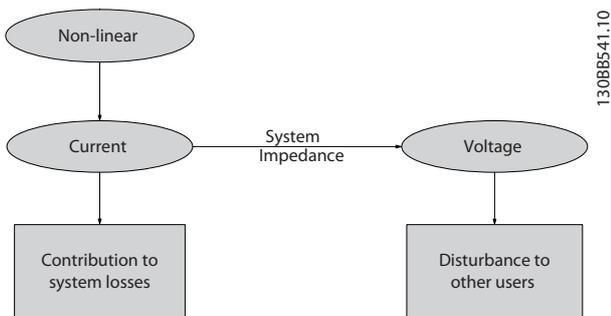


Ilustración 3.5 Efecto negativo de los armónicos

3.2.7.5 Normas y requisitos de limitación armónica

Los requisitos para la limitación armónica pueden ser:

- Requisitos específicos de la aplicación.
- Normas que deben respetarse.

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, si ambos motores reciben la alimentación a través de un convertidor de frecuencia, el transformador tendrá un tamaño menor. 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. Hay que tener en cuenta que la aplicación de las diferentes normas depende de las diferentes regiones geográficas y sectores industriales. Las normas siguientes son las más comunes:

- IEC61000-3-2
- IEC61000-3-12
- IEC61000-3-4
- IEEE 519
- G5/4

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

En Europa, la THDv máxima es del 8 % si la planta está conectada a través de la red pública. Si la planta cuenta con su propio transformador, el límite es del 10 % de THVD. VLT® Refrigeration Drive FC 103 está concebido para soportar el 10 % de THVD.

3.2.7.6 Mitigación de armónicos

Para casos en los que se necesita una supresión adicional de armónicos, Danfoss ofrece una amplia gama de equipos de mitigación. Se trata de:

- Convertidores de frecuencia de 12 pulsos.
- Filtros AHF.
- Convertidores de frecuencia de bajos armónicos.
- Filtros activos.

La elección de la solución correcta depende de varios factores:

- La red (distorsión de fondo, desequilibrio de red, resonancia y tipo de fuente de alimentación [transformador/generador]).
- Aplicación (perfil de carga, número de cargas y tamaño de la carga).
- Requisitos/reglamentos locales/nacionales (IEEE519, CEI, G5/4, etc.).
- Coste total de propiedad (coste inicial, rendimiento, mantenimiento, etc.).

Considere siempre la mitigación de armónicos si la carga del transformador presenta una contribución no lineal del 40 % o superior.

Danfoss ofrece herramientas para el cálculo de armónicos; consulte el *capítulo 2.8.2 Software para PC*.

3.2.8 Corriente de fuga a tierra

Siga las normas locales y nacionales sobre la conexión a tierra de protección del equipo con una corriente de fuga superior a 3,5 mA.

La tecnología del convertidor de frecuencia implica una conmutación de alta frecuencia con alta potencia. Esto genera una corriente de fuga en la conexión a tierra. La corriente de fuga a tierra está compuesta por varias contribuciones y depende de las diversas configuraciones del sistema, incluidos:

- Filtrado RFI.
- Longitud del cable de motor.
- Apantallamiento de cables de motor.
- Potencia del convertidor de frecuencia.

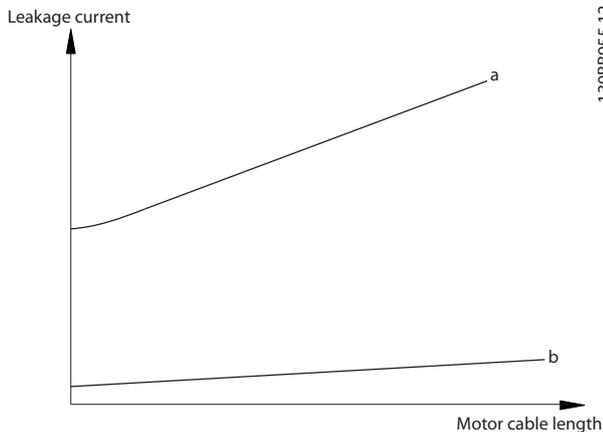


Ilustración 3.6 La longitud del cable de motor y la magnitud de potencia influyen en la corriente de fuga. Magnitud de potencia a > magnitud de potencia b

La corriente de fuga también depende de la distorsión de la línea.

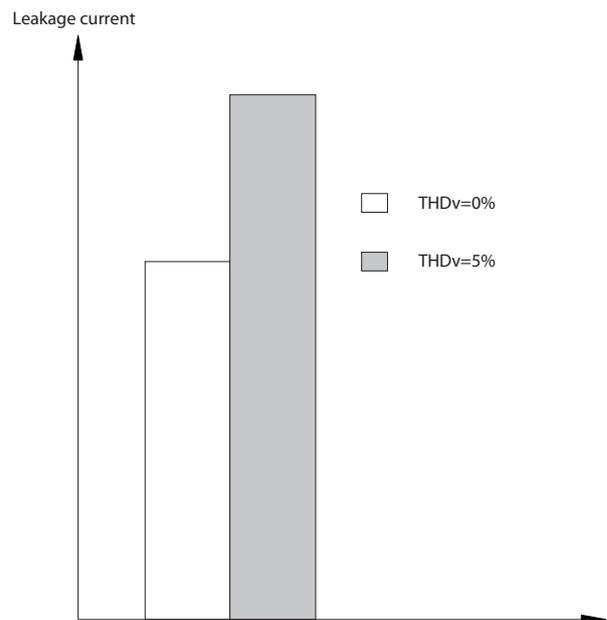


Ilustración 3.7 La distorsión de la línea influye en la corriente de fuga

Si la corriente de fuga supera los 3,5 mA, el cumplimiento de la norma EN/CEI 61800-5-1 (estándar de producto de sistemas Power Drive) requiere una atención especial. Refuerce la conexión a tierra con los siguientes requisitos de conexión a tierra de protección:

- Cable de puesta a tierra (terminal 95) con sección transversal de al menos 10 mm².
- Dos cables de conexión a tierra independientes que cumplan con las normas de dimensionamiento.

Consulte las normas EN/CEI 61800-5-1 y EN 50178 para obtener más información.

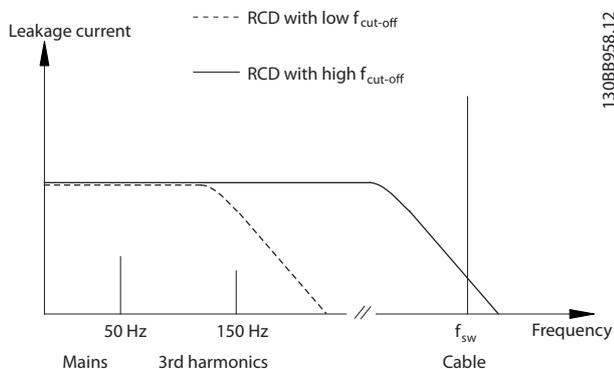
Uso de RCD

En caso de que se usen dispositivos de corriente diferencial (RCD), llamados también disyuntores de fuga a tierra (ELCB), habrá que cumplir las siguientes indicaciones:

- Utilice únicamente RCD de tipo B, que son capaces de detectar intensidades de CA y CC.
- Utilice RCD con retardo para evitar fallos provocados por las intensidades a tierra de los transitorios.
- La dimensión de los RCD debe ser conforme a la configuración de sistema y las consideraciones medioambientales.

3

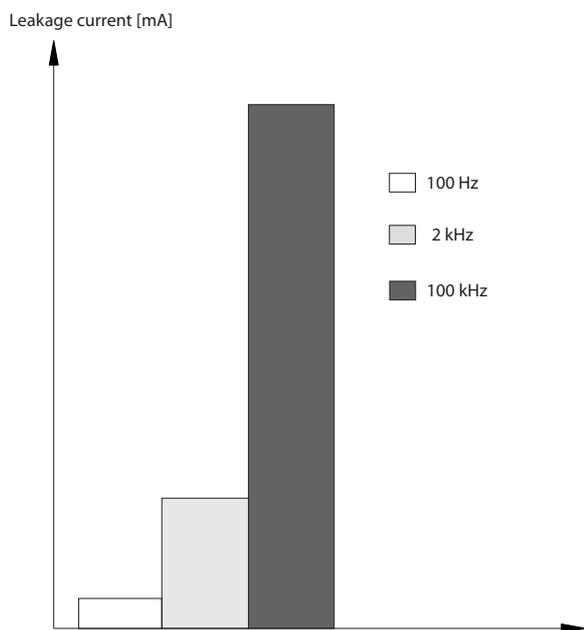
La corriente de fuga incluye varias frecuencias que proceden tanto de la frecuencia de red como de la frecuencia de conmutación. Que la frecuencia de conmutación se detecte depende del tipo de RCD utilizado.



13088958.12

Ilustración 3.8 Contribuciones principales a la corriente de fuga

La cantidad de corriente de fuga detectada por el RCD depende de la frecuencia de corte del RCD.



13088957.11

Ilustración 3.9 Influencia de la frecuencia de corte del RCD sobre la corriente de fuga

3.3 Rendimiento energético

La norma EN 50598, *Ecodiseño para los accionamientos eléctricos de potencia, arrancadores de motores, electrónica de potencia y sus aplicaciones*, proporciona directrices para la evaluación del rendimiento energético de los convertidores de frecuencia.

Esta norma ofrece un método neutral para determinar las clases de rendimiento y las pérdidas de potencia con carga máxima y parcial. La norma permite la combinación de cualquier motor con cualquier convertidor de frecuencia.

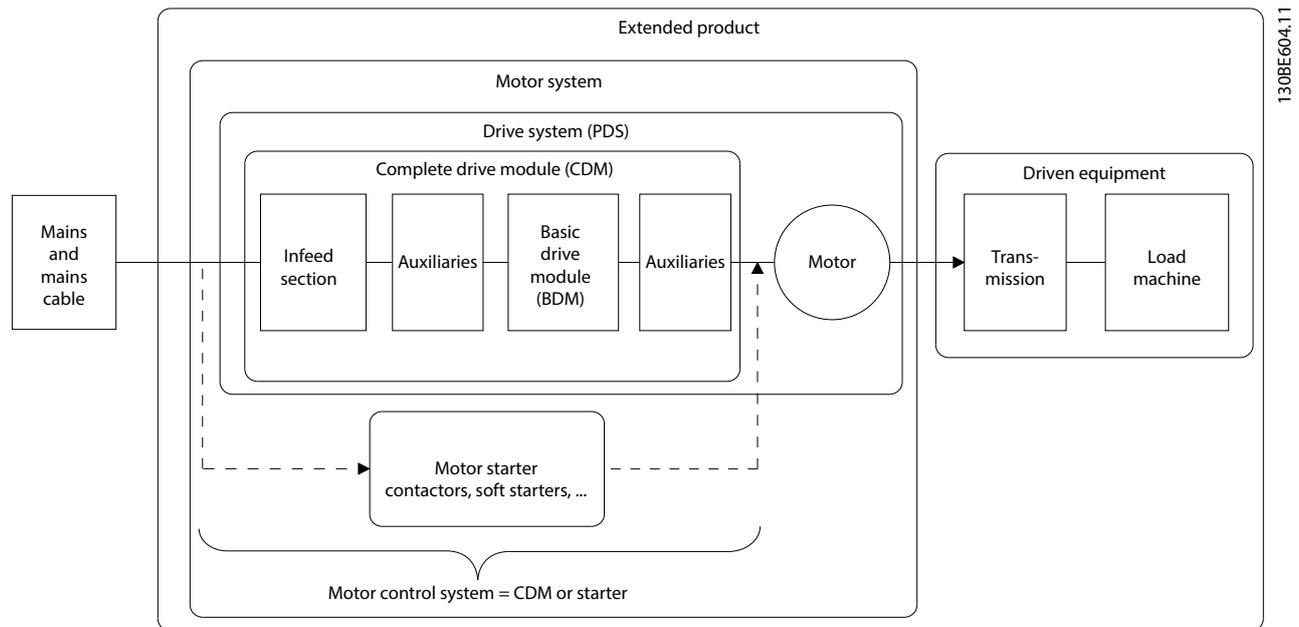


Ilustración 3.10 Sistema Power Drive (PDS) y módulo de convertidor de frecuencia completo (CDM)

Componentes auxiliares: filtro armónico avanzado AHF 005, AHF 010, reactancia de línea MCC 103, filtro senoidal MCC 101, filtro dU/dt MCC 102.

3.3.1 Clases IE e IES

Módulos de convertidor de frecuencia completo (CDM)

Según la norma EN 50598-2, el módulo de convertidor de frecuencia completo (CDM) abarca el convertidor de frecuencia, su sección de alimentación y los componentes auxiliares.

Clases de rendimiento energético para CDM:

- IE0 = inferior al nivel técnico actual del sector.
- IE1 = nivel técnico actual del sector.
- IE2 = superior al nivel técnico actual del sector.

Los convertidores de frecuencia de Danfoss cumplen los requisitos de la clase de rendimiento energético IE2. La clase de rendimiento energético se define en el punto nominal del CDM.

Sistemas Power drive (PDS)

Un sistema Power Drive (PDS) está formado por un módulo de convertidor de frecuencia completo (CDM) y un motor.

Clases de rendimiento energético para el PDS:

- IES0 = inferior al nivel técnico actual del sector.
- IES1 = nivel técnico actual del sector.
- IES2 = superior al nivel técnico actual del sector.

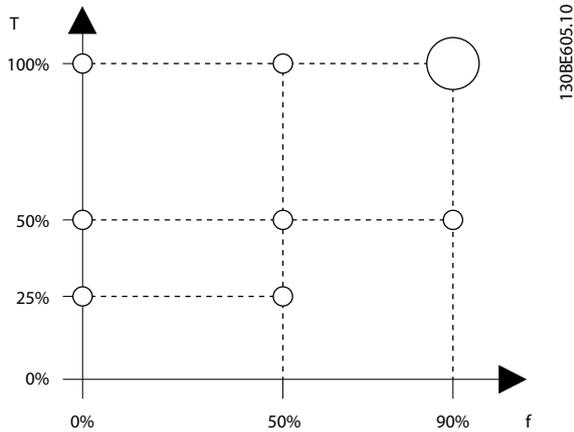
En función del rendimiento del motor, los motores accionados por un convertidor de frecuencia Danfoss VLT® cumplen habitualmente los requisitos de rendimiento energético de la clase IES2.

La clase de rendimiento energético se define en el punto nominal del PDS y puede calcularse a partir del CDM y de las pérdidas del motor.

3.3.2 Datos de pérdida de potencia y datos de rendimiento

La pérdida de potencia y el rendimiento de un convertidor de frecuencia dependen de la configuración y de los equipos auxiliares. Para obtener los datos de pérdida de potencia y rendimiento específicos para una configuración, utilice la herramienta DanfossDanfoss ecoSmart.

Los datos de pérdida de potencia se presentan en % de la potencia nominal aparente de salida y se determinan conforme a la norma EN 50598-2. Cuando se han determinado los datos de pérdida de potencia, el convertidor de frecuencia utiliza los ajustes de fábrica, salvo en el caso de los datos del motor que se necesitan para accionar el motor.



T	Par [%]
f	Frecuencia [%]

Ilustración 3.11 Puntos de funcionamiento del convertidor de frecuencia conforme a la norma EN 50598-2

Consulte www.danfoss.com/vltenergyefficiency para obtener los datos de pérdida de potencia y rendimiento del convertidor de frecuencia en los puntos de funcionamiento especificados en la Ilustración 3.11.

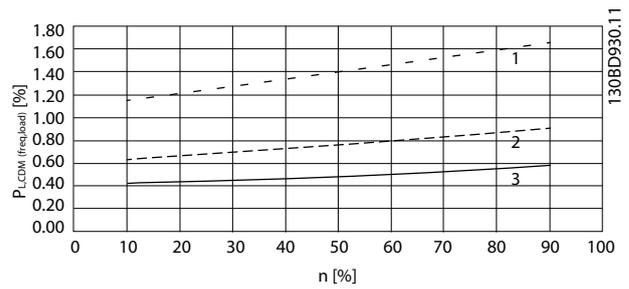
Utilice la aplicación Danfoss ecoSmart para calcular las clases de rendimiento IE e IES. Dicha aplicación está disponible en ecosmart.danfoss.com.

Ejemplo de datos disponibles

En el siguiente ejemplo se muestran los datos de pérdida de potencia y rendimiento para un convertidor de frecuencia de las siguientes características:

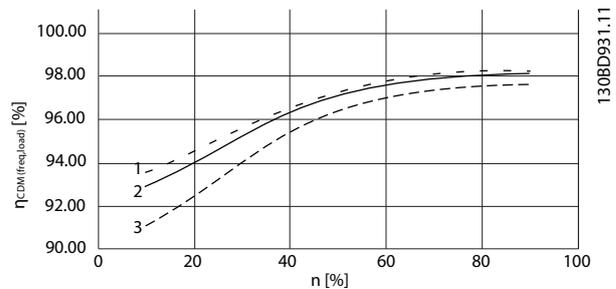
- Potencia de salida de 55 kw, tensión nominal de 400 V.
- Potencia nominal aparente, S_r , 67,8 kVa.
- Potencia nominal de salida, P_{CDM} , 59,2 kW.
- Rendimiento nominal, η_r , 98,3 %.

En la Ilustración 3.12 y la Ilustración 3.13 se muestran las curvas de rendimiento y pérdida de potencia. La velocidad es proporcional a la frecuencia.



1	100 % de carga
2	50 % de carga
3	25 % de carga

Ilustración 3.12 Datos de pérdida de potencia del convertidor de frecuencia. Pérdidas relativas de CDM ($P_{L, CDM}$ [%]) frente a la velocidad (n) [% de velocidad nominal].



1	100 % de carga
2	50 % de carga
3	25 % de carga

Ilustración 3.13 Datos de rendimiento del convertidor de frecuencia. Rendimiento del CDM (η_{CDM} [%]) frente a la velocidad (n) [% de la velocidad nominal].

Interpolación de la pérdida de potencia

Determine la pérdida de potencia en un punto de funcionamiento arbitrario mediante interpolación de dos dimensiones.

3.3.3 Pérdidas y rendimiento de un motor

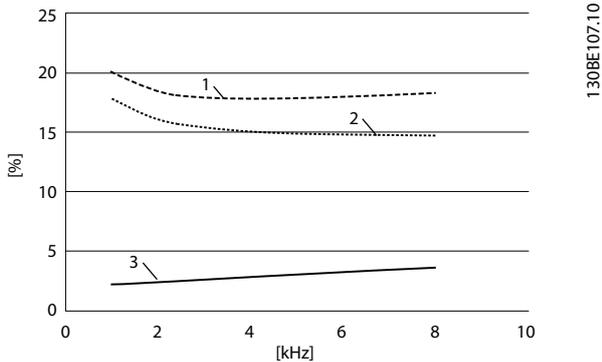
El rendimiento de un motor que funciona al 50-100 % de su velocidad nominal y al 75-100 % de su par nominal es prácticamente constante. Esto es así cuanto el convertidor de frecuencia controla el motor y también cuando el motor funciona directamente con alimentación de red.

El rendimiento depende del tipo de motor y del nivel de magnetización.

Para obtener más información sobre tipos de motores, consulte el folleto de tecnología de motores disponible en www.vlt-drives.danfoss.com.

Frecuencia de conmutación

La frecuencia de conmutación influye en las pérdidas de magnetización del motor y en las pérdidas de conmutación del convertidor de frecuencia, como se muestra en la *Ilustración 3.14*.



1	Motor y convertidor de frecuencia
2	Solo motor
3	Solo convertidor de frecuencia

Ilustración 3.14 Pérdidas [%] frente a la frecuencia de conmutación [kHz]

AVISO!

Un convertidor de frecuencia produce pérdidas adicionales de armónicos en el motor. Estas pérdidas disminuyen cuando aumenta la frecuencia de conmutación.

3.3.4 Pérdidas y rendimiento de un sistema Power Drive

Para calcular las pérdidas de potencia de un sistema Power Drive en diferentes puntos de funcionamiento, añada las pérdidas de potencia al punto de funcionamiento de cada componente del sistema:

- Convertidor de frecuencia.
- Motor.
- Equipo auxiliar.

3.4 Integración de la red

3.4.1 Configuraciones de red y efectos CEM

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 la CEM, siendo el sistema aislado IT 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 de los convertidores de frecuencia. Este sistema presenta buenas características de CEM si se realiza bien la conexión a tierra.
Sistema de red de 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 3.14 Tipos de sistemas de red de CA

3.4.2 Interferencia de la red de baja frecuencia

3.4.2.1 Fuente de alimentación de red no senoidal

La tensión de red no suele ser una tensión senoidal uniforme con amplitud y frecuencia constantes. Esto se debe en parte a las cargas que consumen corrientes no senoidales de la red o que tienen características no lineales, como por ejemplo:

- Ordenadores.
- Televisores.
- Fuentes de alimentación conmutadas.
- Lámparas de alto rendimiento energético.
- Convertidores de frecuencia.

Las desviaciones son inevitables y admisibles dentro de ciertos límites.

3.4.2.2 Conformidad con la Directiva CEM

En la mayor parte de Europa, la base para la evaluación objetiva de la calidad de la potencia de red es la Ley sobre compatibilidad electromagnética de dispositivos (EMVG). La conformidad con esta normativa garantiza que todos los

dispositivos y redes conectados a los sistemas de distribución eléctrica cumplan su objetivo sin causar problemas.

Norma	Definición
EN 61000-2-2, EN 61000-2-4, EN 50160	Define los límites de la tensión de red que se deben respetar en las redes eléctricas públicas e industriales.
EN 61000-3-2, 61000-3-12	Regula la interferencia de la red producida por los dispositivos conectados.
EN 50178	Controla los equipos electrónicos que se usan en las instalaciones de potencia.

Tabla 3.15 Normas de diseño EN para la calidad de la potencia de red

3.4.2.3 Convertidores de frecuencia sin interferencias

Todos los convertidores de frecuencia generan interferencias de la red. Las normas actuales solo definen rangos de frecuencia de hasta 2 kHz. Algunos convertidores de frecuencia desplazan la interferencia de la red a la zona situada por encima de los 2 kHz, que no está contemplada en la norma, y se anuncian como dispositivos «sin interferencias». Actualmente se están estudiando los límites para esta región. Los convertidores de frecuencia no alteran la interferencia de la red.

3.4.2.4 Descripción de la interferencia de la red

La distorsión por la interferencia de la red de la forma de onda senoidal causada por las intensidades de entrada pulsatorias se conoce comúnmente como «armónicos». Se deriva del análisis de Fourier y se calcula hasta los 2,5 kHz, que corresponden al 50.º armónico de la frecuencia de red.

Los rectificadores de entrada de convertidores de frecuencia generan esta forma típica de interferencia armónica en la red. Cuando los convertidores de frecuencia están conectados a sistemas de red de 50 Hz, el tercer armónico (150 Hz), el quinto armónico (250 Hz) o el séptimo armónico (350 Hz) muestran los efectos más fuertes. El contenido total de armónicos se denomina distorsión armónica total (THD).

3.4.2.5 Efectos de la interferencia de la red

Las fluctuaciones de armónicos y las de tensión son dos formas de interferencias de la red de baja frecuencia. Tienen un aspecto diferente en su origen del que tienen en cualquier otro punto del sistema de red cuando se ha conectado una carga. Por consiguiente, se deben tener en cuenta colectivamente toda una serie de influencias a la hora de evaluar los efectos de la interferencia de la red. Entre estas influencias se incluyen la alimentación de la red, la estructura y las cargas.

Pueden producirse advertencias de baja tensión y pérdidas funcionales más elevadas como resultado de la interferencia de la red.

Advertencias de baja tensión

- Mediciones de tensión incorrectas debido a la distorsión de la tensión de red senoidal.
- Causan mediciones de potencia incorrectas porque solo los sistemas de medición capaces de medir RMS reales tienen los armónicos en cuenta.

Pérdidas más elevadas

- Los armónicos reducen la potencia activa, la potencia aparente y la potencia reactiva.
- Distorsionan las cargas eléctricas produciendo interferencias audibles en otros dispositivos o, en el peor de los casos, incluso su destrucción.
- Reducen la vida útil de los dispositivos como resultado de su calentamiento.

AVISO!

Un contenido excesivo de armónicos supone una carga para el equipo de corrección del factor de potencia y puede incluso causar su destrucción. Por este motivo, instale bobinas de choque para la corrección del factor de potencia del equipo cuando el contenido de armónicos sea excesivo.

3.4.3 Análisis de la interferencia de la red

Para evitar deficiencias en la calidad de la potencia de red, pueden utilizarse diversos métodos para analizar los sistemas o dispositivos que producen corrientes armónicas. Los programas de análisis de la red, como el software de cálculo de armónicos (HCS), analizan los diseños de los sistemas en lo que respecta a los armónicos. Pueden probarse de antemano medidas específicas, de modo que se garantice la consiguiente compatibilidad del sistema.

Para el análisis de los sistemas de red, dirijase a <http://www.danfoss-hcs.com/Default.asp?LEVEL=START> para descargar el software.

AVISO!

Danfoss tiene un nivel muy alto de competencia en CEM y suministra a sus clientes cálculos de red o análisis de CEM con una evaluación detallada, además de cursos, seminarios y talleres de formación.

3.4.4 Opciones para la reducción de la interferencia de la red

En términos generales, la interferencia de la red generada por convertidores de frecuencia puede reducirse limitando la amplitud de las corrientes pulsadas. Esta reducción mejora el factor de potencia λ (lambda).

Se recomiendan diferentes métodos para evitar los armónicos del suministro de red:

- Bobinas de choque de entrada o bobinas de choque de enlace de CC en los convertidores de frecuencia.
- Filtros pasivos.
- Filtros activos.
- Enlaces de CC reducidos.
- Convertidores de frecuencia de entrada activa y bajos armónicos.
- Rectificadores de 12, 18 o 24 pulsos por ciclo.

3.4.5 Interferencias de radiofrecuencia

Los convertidores de frecuencia generan interferencias de radiofrecuencia (RFI) debido a sus pulsos de corriente de anchura variable. Los convertidores de frecuencia y los cables de motor irradian estos componentes y los dirigen al sistema de red.

Los filtros RFI se utilizan para reducir esta interferencia en la red. Proporcionan inmunidad al ruido para proteger los dispositivos de la interferencia conducida de alta frecuencia. También reducen la interferencia emitida al cable de red y la radiación procedente del cable de red. Los filtros están diseñados para limitar la interferencia a un nivel específico. A menudo, se suministran filtros integrados de serie previstos para un nivel específico de inmunidad.

AVISO!

Todos los convertidores de frecuencia VLT® Refrigeration Drive FC 103 están equipados de serie con bobinas de choque para interferencias de la red.

3.4.6 Clasificación del lugar de funcionamiento

Conocer los requisitos del entorno en que el convertidor de frecuencia está diseñado para funcionar es el factor más importante en lo que respecta a la conformidad con CEM.

3.4.6.1 Entorno 1/clase B: Residencial

Los lugares de funcionamiento conectados a la red eléctrica pública de tensión baja, incluidas las áreas de industria ligera, se clasifican como Entorno 1 / Clase B. No tienen transformadores de distribución propios de tensión alta o tensión media para un sistema de red independiente. Las clasificaciones de entornos se aplican tanto dentro como fuera de los edificios. Algunos ejemplos generales son:

- Áreas empresariales.
- Edificios residenciales.
- Restaurantes.
- Aparcamientos.
- Instalaciones de ocio.

3.4.6.2 Entorno 2/clase A: Industrial

Los entornos industriales no están conectados a la red eléctrica pública. En su lugar, disponen de sus propios transformadores de distribución de tensión alta o media. Las clasificaciones de los entornos se aplican tanto dentro como fuera de los edificios.

Se definen como industriales y se caracterizan por condiciones electromagnéticas específicas:

- La presencia de dispositivos científicos, médicos o industriales.
- La conmutación de grandes cargas inductivas o capacitivas.
- La incidencia de fuertes campos magnéticos (por ejemplo, debido a corrientes elevadas).

3.4.6.3 Entornos especiales

En áreas con transformadores de tensión media claramente demarcadas de otras áreas, el usuario decidirá la clasificación de entorno de su instalación. El usuario es responsable de garantizar la compatibilidad electromagnética necesaria para permitir el funcionamiento sin problemas de todos los dispositivos en determinadas condiciones. Algunos ejemplos de estos entornos especiales son:

- Centros comerciales.
- Supermercados.
- Estaciones de servicio.
- Edificios de oficina.
- Almacenes.

3.4.6.4 Etiquetas de advertencia

Cuando un convertidor de frecuencia no sea conforme a la Categoría C1, se debe suministrar una nota de advertencia. Esto será responsabilidad del usuario. La eliminación de interferencias se basa en las clases A1, A2 y B de la norma EN 55011. El usuario es el último responsable de la adecuada clasificación de los dispositivos y del coste de solucionar problemas de CEM.

3.4.7 Utilización con una fuente de entrada aislada

La mayoría de los sistemas de alimentación de los Estados Unidos deben conectarse a tierra. Aunque no es lo más habitual en los Estados Unidos, la potencia de entrada puede proceder de una fuente aislada. Todos los convertidores de frecuencia de Danfoss pueden utilizarse con una fuente de entrada aislada, así como con líneas de alimentación con toma de tierra.

3.4.8 Corrección del factor de potencia

El equipamiento de corrección del factor de potencia sirve para reducir el cambio de fase (φ) entre la tensión y la corriente y para desplazar el factor de potencia más cerca de la unidad (coseno φ). Esto es necesario cuando en un sistema de distribución eléctrica se utiliza un gran número de cargas inductivas, como motores o lastres de lámparas. Los convertidores de frecuencia que disponen de un bus de CC aislado no consumen ninguna potencia reactiva del sistema de red ni generan cambios de fase con corrección del factor de potencia. Tienen un coseno φ de aproximadamente 1.

Por esta razón, los motores con control de velocidad no tienen que tenerlos en cuenta a la hora de dimensionar equipos de corrección del factor de potencia. Sin embargo, la corriente consumida por el equipo de corrección de fase aumenta porque los convertidores de frecuencia generan armónicos. La carga y el calor de los condensadores aumentan a medida que el número de generadores de armónicos aumenta. Por este motivo, instale bobinas de choque en el equipo de corrección del factor de potencia. Estas bobinas de choque también evitan la resonancia entre las inductancias de carga y la capacitancia. Los convertidores de frecuencia que tienen $\cos\varphi < 1$ también requieren bobinas de choque en el equipo de corrección del factor de potencia. Asimismo, para las dimensiones de los cables tenga en cuenta el nivel de potencia reactiva más elevado.

3.4.9 Retardo de la potencia de entrada

Para asegurarse de que los circuitos de supresión de la sobretensión de entrada funcionen correctamente, aplique un retardo de tiempo entre las sucesivas aplicaciones de potencia de entrada.

La *Tabla 3.16* muestra el tiempo mínimo que se debe permitir entre las aplicaciones de potencia de entrada.

Tensión de entrada [V]	380	415	460	600
Tiempo de espera [s]	48	65	83	133

Tabla 3.16 Retardo de la potencia de entrada

3.4.10 Transitorios de red

Los transitorios son breves picos de tensión en el rango de unos pocos miles de voltios. Pueden ocurrir en todo tipo de sistemas de distribución de potencia, tanto en entornos industriales como residenciales.

Los rayos son una causa frecuente de transitorios. Sin embargo, también son causados por cargas grandes de conmutación en línea o fuera de línea o cuando se conmuta otro equipo de transitorios de red, como, por ejemplo, un equipo de corrección del factor de potencia. También pueden producir transitorios los cortocircuitos, las desconexiones de magnetotérmicos en sistemas de distribución de potencia y los acoplamientos inductivos entre cables paralelos.

La norma EN 61000-4-1 describe las formas de estos transitorios y la cantidad de energía que contienen. Hay varias maneras para limitar los efectos nocivos de los transitorios. Los descargadores de gas contra sobretensiones y los explosores ofrecen una protección de primer nivel contra los transitorios de alta energía. Para una protección de segundo nivel, la mayoría de los dispositivos electrónicos (incluidos los convertidores de frecuencia) utilizan resistencias (varistores) que dependen de la tensión para atenuar los transitorios.

3.4.11 Funcionamiento con un generador de reserva

Utilice sistemas de potencia de seguridad cuando se necesite mantener el funcionamiento en caso de fallo de red. También se utilizan en paralelo con la red eléctrica pública para conseguir una mayor potencia de red. Esta es una práctica común en las unidades combinadas de potencia eléctrica y térmica, en la que se aprovecha el alto rendimiento que se alcanza con esta forma de conversión de energía. Cuando la potencia de seguridad la suministra un generador, la impedancia de la red suele ser mayor que si la potencia se toma de la red pública. Esto hace que la distorsión armónica total aumente. Con un diseño adecuado, los generadores pueden operar en un sistema con dispositivos inductores de armónicos.

Al diseñar un sistema, valore la posibilidad de usar un generador de reserva.

- Cuando el sistema conmuta de funcionamiento en red a alimentación desde el generador, es habitual que la carga de armónicos aumente.
- Los diseñadores deben calcular el aumento de carga armónica para garantizar que la calidad de la potencia cumpla las normativas de prevención de problemas con armónicos y fallos en los equipos.

- Evite la carga asimétrica del generador, puesto que produce mayores pérdidas y puede hacer que la distorsión armónica total aumente.
- Un escalonamiento 5/6 del bobinado del generador atenúa el quinto y el séptimo armónico, pero permite el aumento del tercer armónico. Un escalonamiento 2/3 reduce el tercer armónico.
- Cuando sea posible, el operador deberá desconectar el equipo de corrección del factor de potencia porque este genera resonancia en el sistema.
- Las bobinas de choque o los filtros de absorción activos, así como las cargas resistivas en paralelo, pueden atenuar los armónicos.
- Las cargas capacitivas en paralelo crean una carga adicional debido a los imprevisibles efectos de resonancia.

Puede realizarse un análisis más exacto usando un software de análisis de red, como el HCS. Para el análisis de los sistemas de red, diríjase a <http://www.danfoss-hcs.com/Default.asp?LEVEL=START> para descargar el software.

Al operar con dispositivos inductores de armónicos, las cargas máximas basadas en un funcionamiento sin problemas de la instalación se muestran en la tabla de límites de armónicos.

Límites de armónicos

- Rectificadores B2 y B6 ⇒ máximo 20 % de la carga nominal del generador.
- Rectificador B6 con bobina de choque ⇒ máximo 20-35 % de la carga nominal del generador, según la composición.
- Rectificador B6 controlado ⇒ máximo 10 % de la carga nominal del generador.

3.5 Integración del motor

3.5.1 Consideraciones sobre la selección del motor

El convertidor de frecuencia puede inducir estrés eléctrico en un motor. Por lo tanto, tenga en cuenta los siguientes efectos sobre el motor al acoplarlo con el convertidor de frecuencia:

- Tensión de aislamiento
- Tensión de apoyo
- Tensión térmica

3.5.2 Filtros senoidales y filtros dU/dt

Los filtros de salida facilitan que algunos motores reduzcan el estrés eléctrico y permiten una mayor longitud del cable. Las opciones de salida incluyen los filtros senoidales (también llamados filtros LC) y los filtros DU/dt. Los filtros dU/dt reducen la subida brusca de la tasa de pulsos. Los filtros senoidales reducen los pulsos de tensión para convertirlos en una tensión de salida casi senoidal. Con algunos convertidores de frecuencia, los filtros senoidales cumplen la norma EN 61800-3 RFI, categoría C2 para cables de motor no apantallados. Consulte el *capítulo 3.8.3 Filtros senoidales*.

Para obtener más información sobre opciones de filtros senoidales y dU/dt, consulte el *capítulo 6.2.6 Filtros senoidales*, el *capítulo 3.8.3 Filtros senoidales* y el *capítulo 6.2.7 Filtros dU/dt*.

Para obtener más información sobre los números de pedido de filtros senoidales y dU/dt, consulte el *capítulo 3.8.3 Filtros senoidales* y el *capítulo 6.2.7 Filtros dU/dt*.

3.5.3 Conexión a tierra correcta del motor

La correcta conexión a tierra del motor es imperativa para la seguridad personal y para cumplir los requisitos eléctricos de CEM en equipos de tensión baja. Una correcta conexión a tierra es necesaria para un uso efectivo del apantallamiento y los filtros. Deben comprobarse los detalles del diseño para ejecutar correctamente la CEM.

3.5.4 Cables de motor

En el *capítulo 7.5 Especificaciones del cable* se facilitan recomendaciones y especificaciones de cable de motor.

Es posible utilizar cualquier tipo de motor asíncrono trifásico estándar con una unidad de convertidor de frecuencia. Según el ajuste de fábrica, el motor gira en sentido horario con la salida del convertidor de frecuencia conectada del modo siguiente:

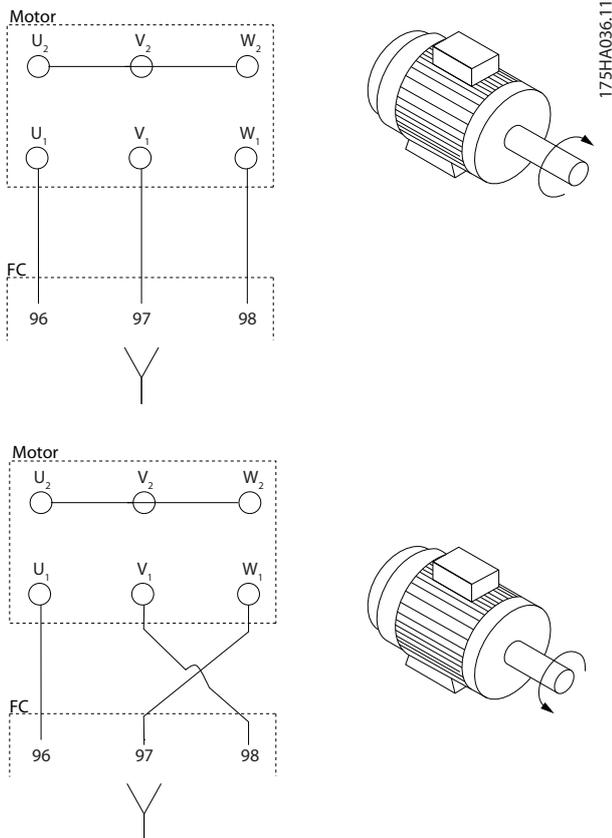


Ilustración 3.15 Conexión de terminal para giros en sentido horario y en sentido antihorario

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

3.5.5 Apantallamiento del cable de motor

Los convertidores de frecuencia generan pulsos de flancos inclinados en sus salidas. Estos pulsos contienen componentes de alta frecuencia (llegando hasta el rango de los gigahercios), que causan una radiación indeseable desde el cable del motor. Los cables de motor apantallados reducen esta radiación.

La finalidad del apantallamiento es:

- Reducir la magnitud de la interferencia radiada.
- Mejorar la inmunidad a las interferencias de los dispositivos individuales.

El apantallamiento captura los componentes de alta frecuencia y los devuelve a la fuente de la interferencia, en este caso el convertidor de frecuencia. Los cables de motor apantallados también aportan inmunidad a la interferencia de fuentes externas próximas.

Ni siquiera un buen apantallamiento elimina completamente la radiación. Los componentes del sistema

ubicados en entornos de radiación deben funcionar sin degradación.

3.5.6 Conexión de motores múltiples

AVISO!

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 a pocas revoluciones.

El convertidor de frecuencia puede controlar varios motores conectados en paralelo. Al utilizar la conexión del motor en paralelo, tenga en cuenta lo siguiente:

- El modo VCC⁺ se puede utilizar en algunas aplicaciones.
- El consumo total de corriente por parte de los motores no debe sobrepasar la corriente nominal de salida I_{INV} del convertidor de frecuencia.
- No utilice conexiones de punto común para longitudes de cable largas, consulte la Ilustración 3.17.
- La longitud total del cable de motor detallada en la Tabla 3.4 es válida siempre y cuando se mantengan cortos los cables paralelos (menos de 10 m cada uno); consulte la Ilustración 3.19 y la Ilustración 3.20.
- Tenga en cuenta la caída de tensión en todos los cables de motor, consulte la Ilustración 3.20.
- Para cables paralelos largos, utilice un filtro LC. Consulte la Ilustración 3.20.
- Para cables largos sin conexión paralela, consulte la Ilustración 3.21.

AVISO!

Cuando los motores se encuentran conectados en paralelo, ajuste *parámetro 1-01 Motor Control Principle* en [0] U/f.

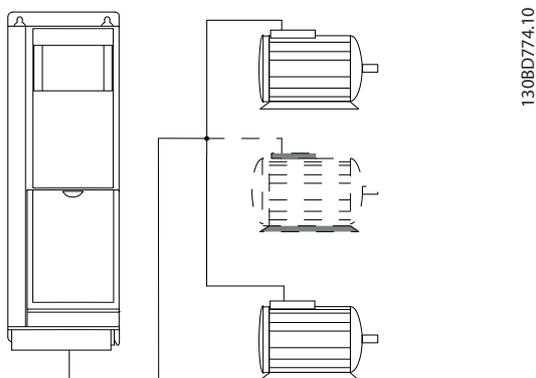


Ilustración 3.16 Conexión de punto común para longitudes del cable cortas

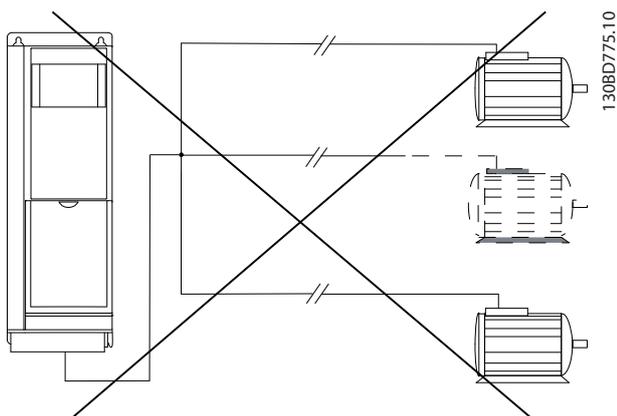


Ilustración 3.17 Conexión de punto común para longitudes del cable largas

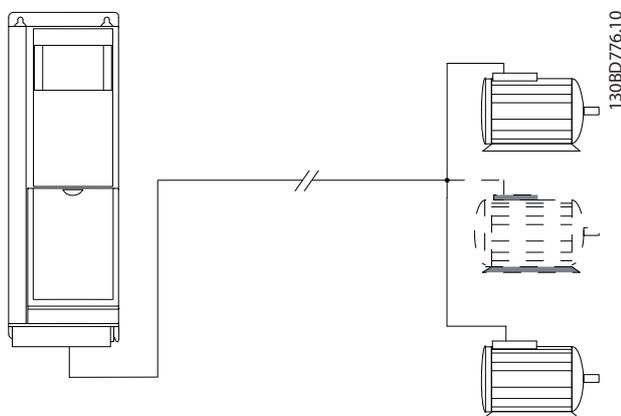


Ilustración 3.18 Cables paralelos sin carga

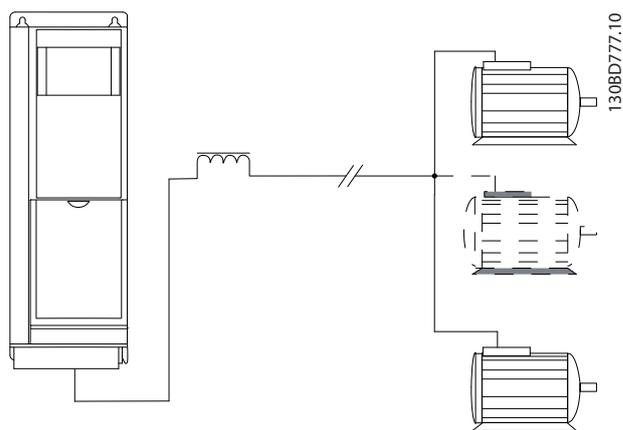


Ilustración 3.19 Cables paralelos con carga

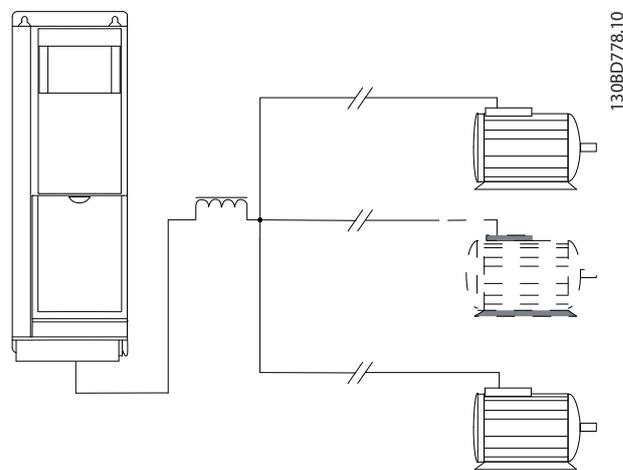


Ilustración 3.20 Filtro LC para cables paralelos largos

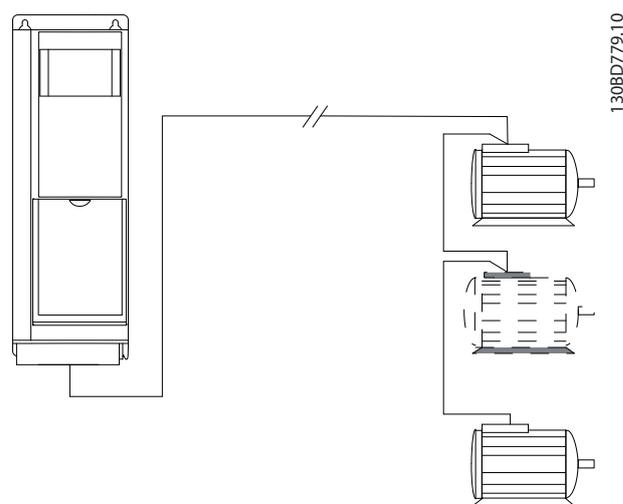


Ilustración 3.21 Cables largos en conexión en serie

Consulte la *Tabla 7.7* para obtener información sobre las longitudes de los cables para varias conexiones de motor en paralelo.

3

3.5.7 Protección térmica motor

El convertidor de frecuencia aporta protección térmica del motor de varias maneras:

- El límite de par protege el motor ante sobrecargas, independientemente de la velocidad.
- La velocidad mínima limita el rango de velocidad mínima de funcionamiento, por ejemplo a entre 30 y 50/60 Hz.
- La velocidad máxima limita la velocidad de salida máxima.
- Hay una entrada disponible para un termistor externo.
- El relé termoelectrónico (ETR) para motores asíncronos simula un relé bimetálico basado en mediciones internas. El ETR mide la tensión real, la velocidad y el tiempo para calcular la temperatura del motor y protegerlo de recalentamientos emitiendo una advertencia o cortando la alimentación al motor. Las características del ETR se muestran en la *Ilustración 3.22*.

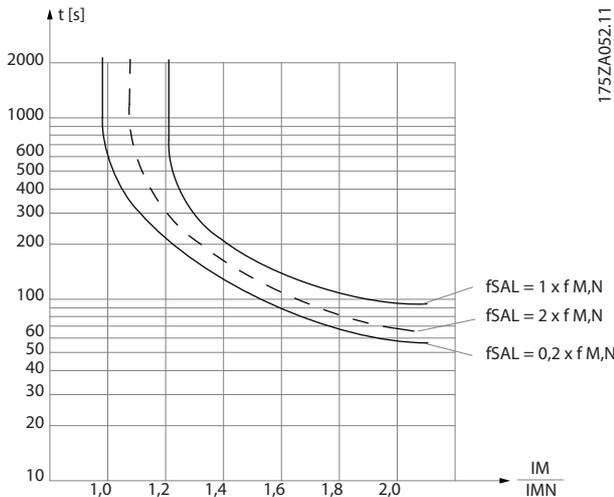


Ilustración 3.22 Características del relé termoelectrónico

el eje X muestra la relación entre los valores I_{motor} e I_{motor} nominal. El eje Y muestra el intervalo en segundos que transcurre antes de que el ETR se corte y realice una desconexión. Las curvas muestran la velocidad nominal característica, al doble de la velocidad nominal y al 0,2 x de la velocidad nominal.

A una velocidad inferior, el ETR se desconecta con un calentamiento inferior debido a una menor refrigeración del motor. De ese modo, el motor queda protegido frente al sobrecalentamiento, incluso a baja velocidad. La función ETR calcula la temperatura del motor en función de la intensidad y la velocidad reales.

3.5.8 Contactor de salida

Aunque en general no es una práctica recomendada, hacer funcionar un contactor de salida entre el motor y el convertidor de frecuencia no produce daños en el convertidor de frecuencia. Cerrando un contactor de salida previamente abierto puede conectarse un convertidor de frecuencia en funcionamiento a un motor detenido. Esto puede hacer que el convertidor de frecuencia se desconecte y emita una señal de error.

3.5.9 Rendimiento energético

Rendimiento de los convertidores de frecuencia

La carga del convertidor de frecuencia apenas influye en su rendimiento.

Esto significa que el rendimiento del convertidor de frecuencia no cambia cuando se seleccionan otras características U/f distintas. Sin embargo, las características U/f influyen en el rendimiento del motor.

El rendimiento disminuye un poco si la frecuencia de conmutación se ajusta en un valor superior a 5 kHz. El rendimiento también se reduce ligeramente si el cable de motor tiene más de 30 m de longitud.

Cálculo del rendimiento

Calcule el rendimiento del convertidor de frecuencia a diferentes cargas basándose en la *Ilustración 3.23*.

Multiplique el factor de este gráfico por el factor de rendimiento específico indicado en el *capítulo 7.1 Datos eléctricos*.

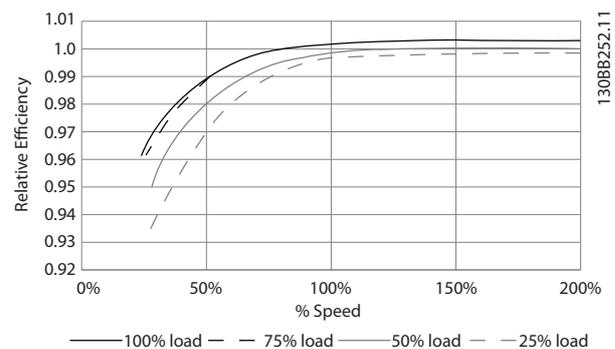


Ilustración 3.23 Curvas de rendimiento típico

Ejemplo: supongamos un convertidor de frecuencia de 55 kW, 380-480 V CA con un 25 % de su carga al 50 % de velocidad. El gráfico muestra que un rendimiento nominal de 0,97 para un convertidor de frecuencia de 55 kW es 0,98. El rendimiento real es: $0,97 \times 0,98 = 0,95$.

Rendimiento del motor

El rendimiento de un motor conectado al convertidor de frecuencia depende del nivel de magnetización. El rendimiento del motor depende del tipo de motor.

- En el intervalo del 75-100 % del par nominal, el rendimiento del motor es prácticamente constante, tanto cuando lo controla el convertidor de frecuencia como cuando funciona directamente con tensión de red.
- La influencia de la característica U/f en motores pequeños es mínima. Sin embargo, en motores a partir de 11 kW y superiores se obtienen ventajas de rendimiento considerables.
- La frecuencia de conmutación no afecta al rendimiento de los motores pequeños, pero los motores de 11 kW y superiores obtienen un rendimiento mejorado (1-2 %). Esto se debe a que la forma senoidal de la intensidad del motor es casi perfecta a una frecuencia de conmutación alta.

Rendimiento del sistema

Para calcular el rendimiento del sistema, multiplique el rendimiento del convertidor de frecuencia por el rendimiento del motor.

3.6 Entradas y salidas adicionales

3.6.1 Esquema de cableado

Cuando están cableados y programados correctamente, los terminales de control proporcionan:

- Realimentación, referencia y otras señales de entrada al convertidor de frecuencia.
- El estado de salida y las condiciones de fallo del convertidor de frecuencia.
- Relés para utilizar equipos auxiliares.
- Una interfaz de comunicación serie.
- 24 V comunes.

Los terminales de control se pueden programar para varias funciones seleccionando opciones de parámetros mediante el panel de control local (LCP) en la parte frontal de la unidad o las fuentes externas. La mayor parte del cableado de control será suministrado por el cliente, a no ser que se solicite a la fábrica.

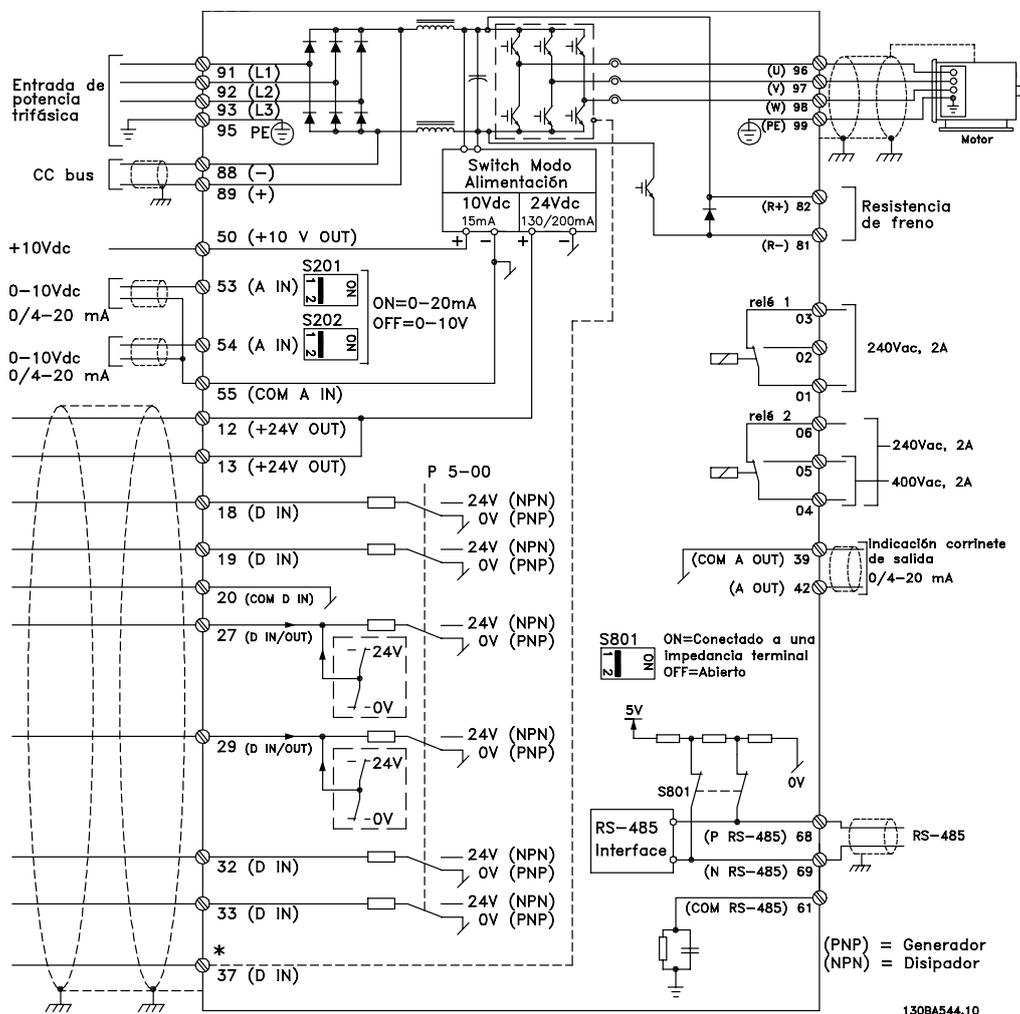


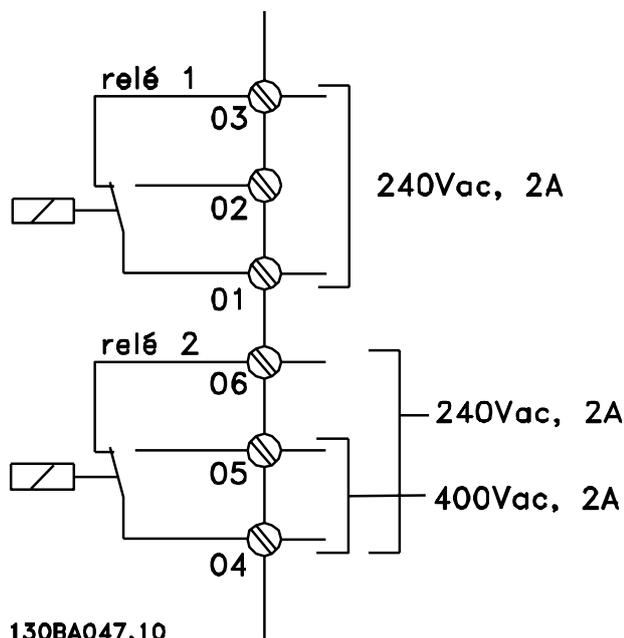
Ilustración 3.24 Esquema básico del cableado

A = analógico, D = digital

*El terminal 37 (opcional) se utiliza para la STO. Para conocer las instrucciones de instalación de la STO, consulte el *Manual de funcionamiento de Safe Torque Off para los convertidores de frecuencia VLT®*.

**No conecte el apantallamiento de cables.

3.6.2 Conexiones de los relés



130BA047.10

Relé	Terminal ¹⁾	Descripción
1	1	Común
	2	Normalmente abierto Máximo 240 V
	3	Normalmente cerrado Máximo 240 V
2	4	Común
	5	Normalmente cerrado Máximo 240 V
	6	Normalmente cerrado Máximo 240 V
1	01-02	Conexión (normalmente abierta)
	01-03	Desconexión (normalmente cerrada)
2	04-05	Conexión (normalmente abierta)
	04-06	Desconexión (normalmente cerrada)

Ilustración 3.25 Salida de relé 1 y 2, tensiones máximas

1) Para añadir más salidas de relé, instale VLT® Relay Option Module MCB 105 o VLT® Relay Option Module MCB 113.

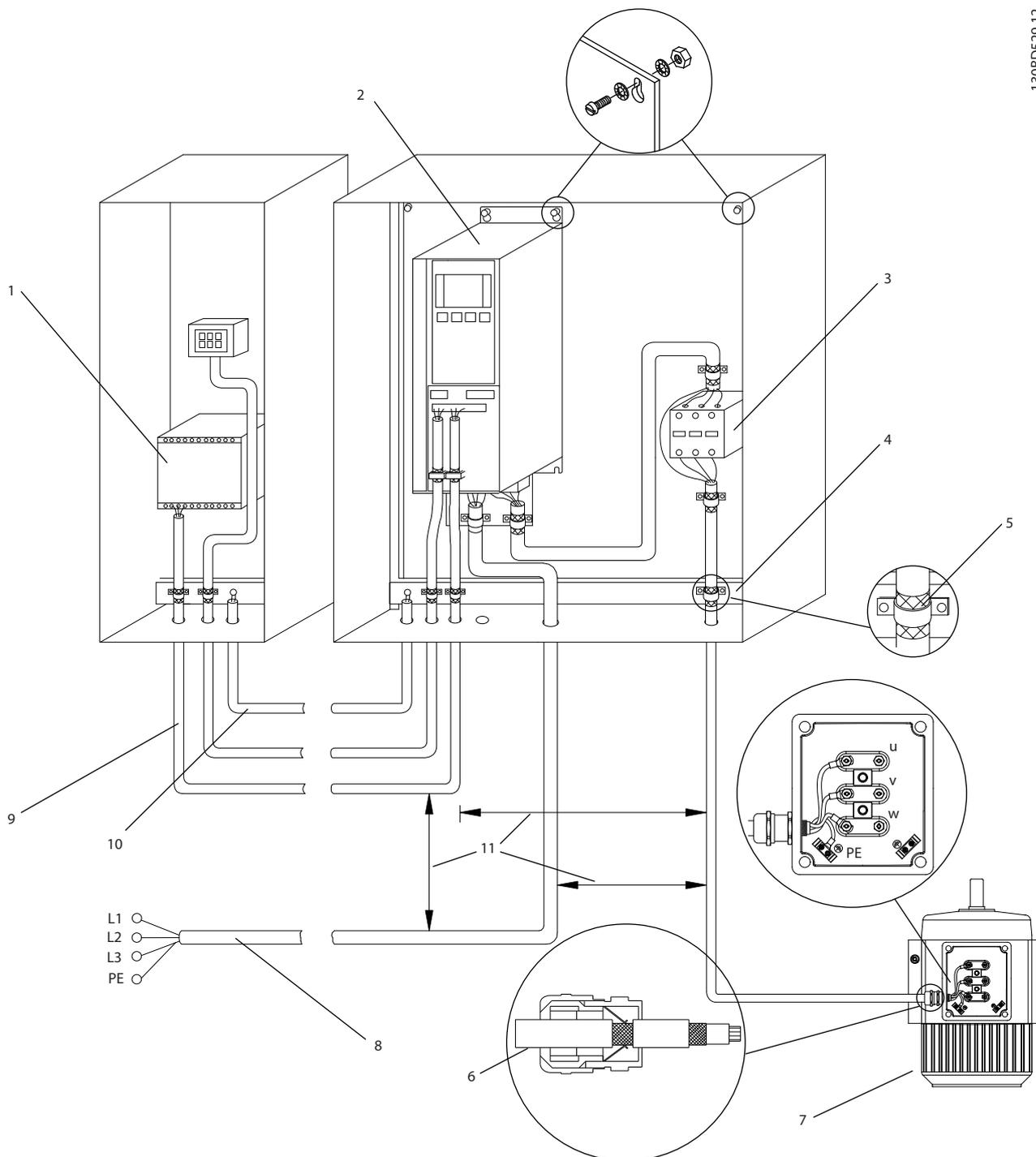
Para obtener más información sobre los relés, consulte el capítulo 7 Especificaciones y el capítulo 8.3 Dibujos del terminal de relé.

Para obtener más información sobre las opciones de relé, consulte el capítulo 3.8 Opciones y accesorios.

3.6.3 Conexión eléctrica conforme a CEM

3

130BD529.12



1	PLC	7	Motor, trifásico, y toma de tierra de seguridad (apantallada).
2	Convertidor de frecuencia	8	Red, trifásica, y toma de tierra de seguridad reforzada (no apantallada)
3	Contactora de salida	9	Cableado de control (apantallado)
4	Abrazadera de cable	10	Ecualización de potencial mín. 16 mm ² (0,025 en)
5	Aislamiento de cable (pelado)	11	Espacio libre entre el cable de control, el cable de motor y el cable de red: mínimo 200 mm
6	Prensacables		

Ilustración 3.26 Conexión eléctrica conforme a CEM

Para obtener más información sobre CEM, consulte el capítulo 2.5.18 Conformidad con CEM y el capítulo 3.2 CEM, armónicos y protección de fuga a tierra.

AVISO!

INTERFERENCIA DE CEM

Utilice cables apantallados para el cableado de control y del motor y cables independientes para la potencia de entrada, el cableado del motor y el cableado de control. No aislar los cables de control, del motor o de potencia puede provocar un comportamiento inesperado o una reducción del rendimiento. Se requiere un espacio libre mínimo de 200 mm (7,9 in) entre los cables de control, del motor y de potencia.

3.7 Planificación mecánica

3.7.1 Separación

El montaje lado a lado es adecuado para todos los tamaños de protección, excepto cuando se utiliza un kit de protección IP21/IP4X/TIPO 1 (consulte el capítulo 3.8 Opciones y accesorios).

Espacio libre horizontal, IP20

Los tamaños de protección IP20 A y B pueden colocarse lado a lado sin espacio libre en medio. Sin embargo, el orden correcto de montaje sí es importante. La Ilustración 3.27 muestra cómo realizar correctamente el montaje.

NOTA

Para A2 y A3, asegúrese de que exista un espacio libre entre los convertidores de frecuencia de 40 mm, como mínimo.

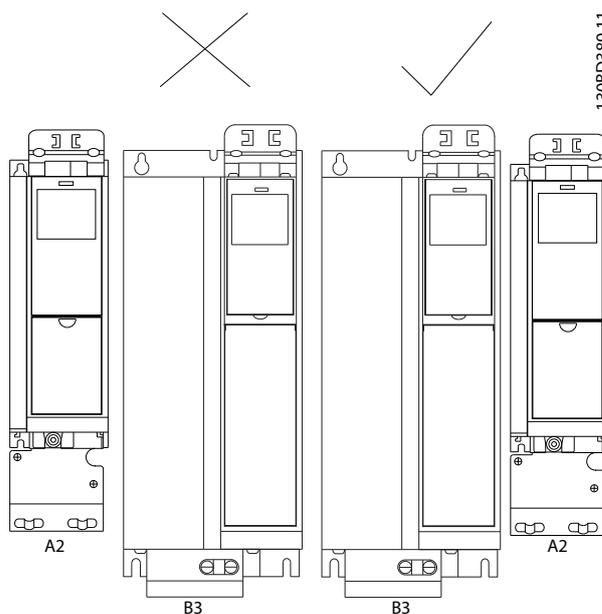


Ilustración 3.27 Montaje lado a lado correcto sin espacio de separación

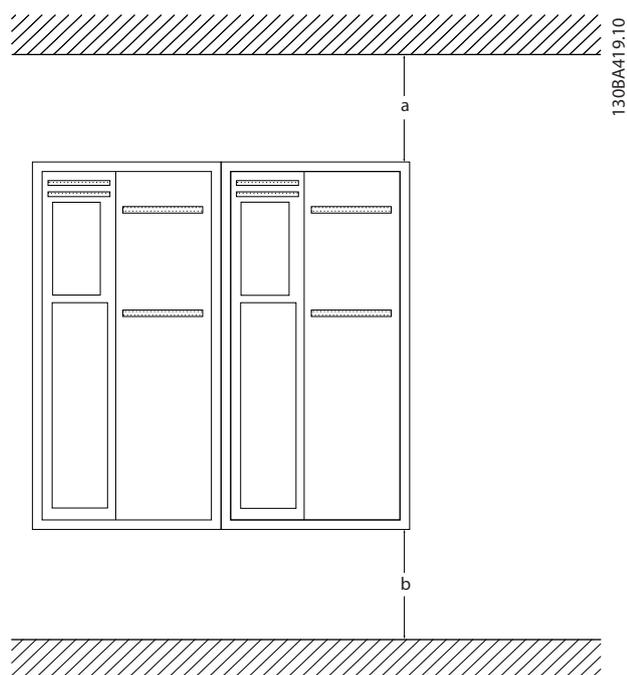
Espacio de separación horizontal, kit de protección IP21

Cuando se utilice el kit de protección IP21 en los tipos de protección A2 o A3, asegúrese de que exista un espacio libre entre los convertidores de frecuencia de 50 mm, como mínimo.

Espacio de separación vertical

Para conseguir unas condiciones de refrigeración óptimas, asegúrese de dejar un espacio para que circule el aire libremente por encima y por debajo del convertidor de frecuencia. Consulte el Ilustración 3.28.

3



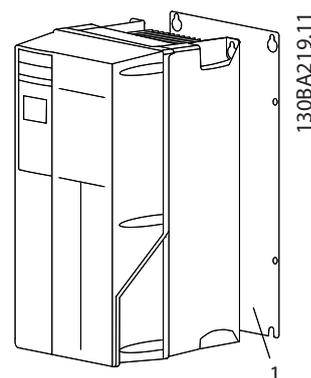
Tamaño de la protección	A2/A3/A4/A5/B1	B2/B3/B4/C1/C3	C2/C4
a [mm]	100	200	225
b [mm]	100	200	225

Ilustración 3.28 Espacio de separación vertical

3.7.2 Montaje en pared

Cuando se realice el montaje contra una pared lisa, no se necesitará placa posterior.

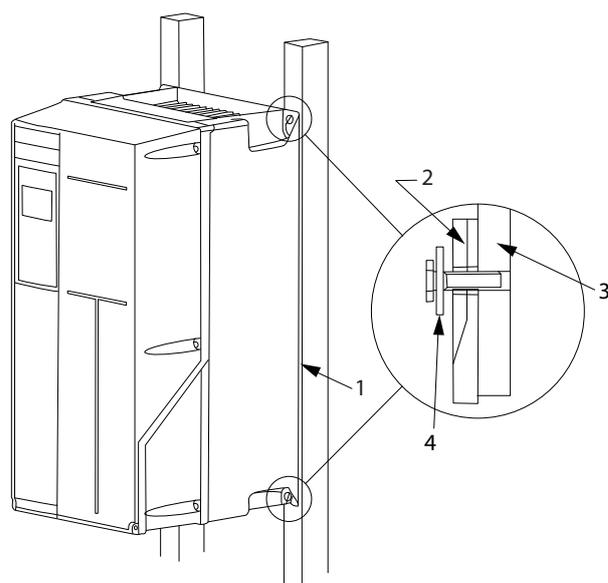
Cuando se realice el montaje contra una pared irregular, utilice una placa posterior para garantizar que corra el aire de refrigeración necesario sobre el disipador. Utilice la placa posterior únicamente con los modelos de protección A4, A5, B1, B2, C1 y C2.



1	Placa posterior
---	-----------------

Ilustración 3.29 Montaje con placa posterior

En el caso de convertidores de frecuencia con clasificación de protección IP66, utilice una arandela de fibra o de nailon para proteger el barnizado epoxi.



1	Placa posterior
2	Convertidor de frecuencia con protección IP66
3	Placa posterior
4	Arandela de fibra

Ilustración 3.30 Montaje con placa posterior para clasificación de protección IP66

3.7.3 Acceso

Para planificar la accesibilidad del cableado antes de realizar el montaje, consulte los dibujos disponibles en el capítulo 8.1 Diagramas de la conexión de red y el capítulo 8.2 Dibujos de la conexión del motor.

3.8 Opciones y accesorios

Opciones

Para conocer los números de pedido, consulte el capítulo 6 Código descriptivo y selección

Apantallamiento de red

- Apantallamiento Lexan® montado frente a los terminales de potencia de entrada y la placa de entrada para protección contra contactos cuando la puerta del alojamiento esté abierta.

Filtros RFI

- El convertidor de frecuencia incluye filtros RFI de clase A2 integrados de serie. Si se requieren niveles adicionales de protección RFI/CEM, pueden obtenerse utilizando filtros RFI opcionales de clase A1 para la supresión de interferencias de radiofrecuencia y radiación electromagnética de conformidad con la norma EN 55011.

Dispositivo de corriente diferencial (RCD)

Utiliza el método de equilibrado central para supervisar las corrientes de fallo a tierra en sistemas conectados a tierra y en sistemas conectados a tierra de alta resistencia (sistemas TN y TT en la terminología CEI). Hay una advertencia previa (50 % del valor de consigna de alarma principal) y un valor de consigna de alarma principal. Cada valor de consigna lleva asociado un relé de alarma SPDT para uso externo, que requiere un transformador de corriente externo *de tipo «ventana»* (suministrado e instalado por el cliente).

- Integrado en el circuito de Safe Torque Off del convertidor de frecuencia.
- El dispositivo CEI 60755 de tipo B supervisa las intensidades de fallo a tierra CC con pulsos y CC pura.
- Indicador LED de gráfico de barras para el nivel de corriente de fallo a tierra desde el 10 hasta el 100 % del valor de consigna.
- Memoria de fallos.
- Tecla TEST/RESET.

Monitor de resistencia de aislamiento (IRM)

Supervisa la resistencia del aislamiento en sistemas sin toma de tierra (sistemas IT en terminología CEI) entre los conductores de fase del sistema y la toma de tierra. Hay una advertencia previa mediante resistencia y un valor de consigna de alarma principal para el nivel de aislamiento. Para cada valor de consigna hay asociado un relé de alarma SPDT para uso externo.

AVISO!

Solo puede conectarse un sistema de control de resistencia del aislamiento a cada sistema sin toma de tierra (IT).

- Integrado en el circuito de Safe Torque Off del convertidor de frecuencia.
- Pantalla LCD de la resistencia de aislamiento.

- Memoria de fallos.
- Teclas INFO, TEST y RESET.

Fusibles

- Se recomiendan fusibles para la protección de sobrecarga de corriente de acción rápida en el convertidor de frecuencia. La protección de los fusibles limitará los daños al convertidor de frecuencia y minimizará el tiempo de reparación en caso de una avería. Los fusibles son necesarios para cumplir con la certificación marítima.

Desconexión

- Un mango montado en la puerta permite el funcionamiento manual de un interruptor de desconexión de potencia para activar y desactivar la potencia al convertidor de frecuencia, aumentando la seguridad durante el mantenimiento. La desconexión se bloquea con las puertas del alojamiento para evitar que estas se abran mientras se sigue aplicando potencia.

Magnetotérmicos

- Un magnetotérmico puede desconectarse remotamente pero debe reiniciarse manualmente. Los magnetotérmicos se bloquean con las puertas del alojamiento para impedir que se abran mientras se aplica potencia. Cuando se pide un magnetotérmico como opción, los fusibles también se incluyen para una protección de sobrecarga de corriente de acción rápida en el convertidor de frecuencia.

Contactores

- Un interruptor de contactor controlado eléctricamente permite la activación y desactivación remotas de la potencia al convertidor de frecuencia. Si se solicita la opción de parada de emergencia CEI, el relé de seguridad Pilz monitoriza un contacto auxiliar con el contactor.

Arrancadores manuales del motor

Proporcionan potencia trifásica para los ventiladores de refrigeración eléctricos que suelen necesitar los motores de mayor tamaño. Los guardamotors reciben el suministro eléctrico desde el lado de carga de cualquier contactor, magnetotérmico o interruptor de desconexión alimentado y desde el lado de entrada del filtro RFI de clase 1 (opcional). La alimentación se activa antes de cada arrancador del motor y se desactiva cuando la alimentación de entrada al convertidor de frecuencia está desconectada. Pueden usarse hasta dos arrancadores (uno si se ha solicitado un circuito de 30 A protegido por fusible). Los arrancadores del motor están integrados en el circuito de Safe Torque Off del convertidor de frecuencia.

La unidad presenta las siguientes funciones:

- Interruptor de funcionamiento (activado/desactivado).
- Protección contra cortocircuitos y sobrecargas con función de prueba.
- Función de reinicio manual.

30 A, terminales protegidos con fusible

- Potencia trifásica ajustada a la tensión de red entrante para alimentar equipos auxiliares del cliente.
- No disponible si se seleccionan dos arrancadores manuales del motor.
- Los terminales estarán desactivados cuando la alimentación de entrada al convertidor de frecuencia esté desconectada.
- La alimentación para los terminales protegidos por fusible se suministrará desde el lado de carga de cualquier contactor, magnetotérmico o interruptor de desconexión y desde el lado de entrada del filtro RFI de clase 1 (opcional).

Suministro externo de 24 V CC

- 5 A, 120 W, 24 V CC.
- Protegida frente a sobreintensidad de salida, sobrecarga, cortocircuitos y sobretensión.
- Para la alimentación de accesorios suministrados por el cliente, como sensores, dispositivos PLC de E/S, contactores, detectores de temperatura, luces indicadoras y/u otros dispositivos electrónicos.
- El diagnóstico incluye un contacto seco de estado de CC, un LED verde de estado de CC y un LED rojo de sobrecarga.

Supervisión de temperatura externa

- Diseñada para supervisar la temperatura de componentes de sistema externos, como las bobinas y/o los cojinetes del motor. Incluye ocho módulos de entrada universal más dos módulos exclusivos de entrada de termistor. Los diez módulos están integrados en el circuito de STO y pueden supervisarse mediante una red de bus de campo (requiere la compra de un acoplador de módulo/bus independiente). Encargue una opción de freno STO para seleccionar la supervisión de la temperatura externa.

Comunicaciones serie

VLT® PROFIBUS DP-V1 MCA 101

- Al utilizar el PROFIBUS DP V1, se garantiza un producto con un gran nivel de compatibilidad y disponibilidad, así como servicio técnico para los principales proveedores de PLC y compatibilidad con futuras versiones.
- Comunicación rápida y eficaz, instalación transparente, diagnóstico avanzado y parametri-

zación y autoconfiguración de los datos de proceso a través del archivo GSD.

- Una parametrización cíclica utilizando PROFIBUS DP-V1, PROFIdrive o las máquinas de estado de perfiles FC de Danfoss, PROFIBUS DP-V1, maestro clase 1 y 2.
- Números de pedido:
 - 130B1100 sin revestimiento barnizado.
 - 130B1200 barnizado (Clase G3/ISA S71.04-1985).

VLT® LonWorks para ADAP-KOOL® MCA 107

- Intercambio continuo de mensajes entre diferentes procesadores.
- Permite la comunicación directa entre dispositivos individuales de la red.

VLT® PROFINET MCA 120

La opción PROFINET ofrece conectividad a redes basadas en PROFINET a través del protocolo PROFINET. Esta opción puede manejar una sola conexión con un intervalo real de paquetes de hasta 1 ms en ambas direcciones.

- Servidor web incorporado para diagnóstico remoto y lectura de parámetros básicos del convertidor de frecuencia.
- Si se producen determinadas advertencias o alarmas, o si estas se han solucionado, puede configurarse el envío de un mensaje de correo electrónico a uno o varios destinatarios.
- TCP/IP para acceso fácil a los datos de configuración del convertidor de frecuencia de Software de configuración MCT 10.
- Subida y bajada de archivo a través de FTP (*File Transfer Protocol*).
- Soporte del DCP (protocolo de descubrimiento y configuración).

Más opciones

VLT® General Purpose I/O MCB 101

La opción de E/S ofrece un número ampliado de entradas y salidas de control.

- Tres entradas digitales de 0-24 V: lógica 0<5 V; lógica 1>10 V.
- Dos entradas analógicas de 0-10 V: Resolución de 10 bits más signo
- Dos salidas digitales NPN/PNP en contrafase.
- Una salida analógica de 0/4-20 mA.
- Conexión con resorte.
- Ajustes independientes de parámetros.

- Números de pedido:
 - 130B1125 sin revestimiento barnizado.
 - 130B1212 barnizado (Clase G3/ISA S71.04-1985).

VLT® Relay Option MCB 105

Permite ampliar las funciones de relé con 3 salidas de relé adicionales.

- Carga máxima del terminal: carga resistiva CA-1: 240 V CA, 2 A, CA-15.
- Carga inductiva con $\cos \phi$ 0,4: 240 V CA, 0,2 A, CC-1.
- Carga resistiva: 24 V CC, 1 A, CC-13.
- Carga inductiva: para $\cos \phi$ 0,4: 24 V CC, 0,1 A.
- Carga mínima del terminal: CC 5 V: 10 mA.
- Frecuencia máxima de conmutación con carga nominal/mínima: 6 min – 1/20 s – 1.
- Números de pedido:
 - 130B1110 sin revestimiento barnizado.
 - 130B1210 barnizado (Clase G3/ISA S71.04-1985).

VLT® Analog I/O Option MCB 109

Esta opción analógica de entrada/salida se instala fácilmente en el convertidor de frecuencia para actualizar a un rendimiento y control avanzados utilizando entradas/salidas adicionales. Esta opción también actualiza el convertidor de frecuencia con un sistema de alimentación auxiliar mediante batería de emergencia para el reloj integrado en el convertidor de frecuencia. De este modo, se ofrece un uso estable de todas las funciones del reloj del convertidor de frecuencia, como las acciones temporizadas.

- Tres entradas analógicas, cada una de ellas configurable como entrada de tensión y de temperatura.
- Conexión de señales analógicas de 0 a 10 V, así como de entradas de temperatura PT1000 y NI1000.
- Tres salidas analógicas, cada una de ellas configurable como salida de 0-10 V.
- Se incluye una fuente de alimentación de seguridad para la función de reloj integrada en el convertidor de frecuencia. La duración normal de la batería de seguridad es de 10 años, según el entorno.
- Números de pedido:
 - 130B1143 sin revestimiento barnizado
 - 130B1243 barnizado (Clase G3/ISA S71.04-1985)

VLT® Extended Relay Card MCB 113

Extended Relay Card MCB 113 añade entradas/salidas al convertidor de frecuencia para conseguir una mayor flexibilidad.

- Siete entradas digitales.
- Dos salidas analógicas.
- Cuatro relés SPDT.
- Cumple con las recomendaciones de NAMUR.
- Posibilidad de aislamiento galvánico.
- Números de pedido:
 - 130B1164 sin revestimiento barnizado.
 - 130B1264 barnizado.

VLT® 24 V DC Supply Option MCB 107

Esta opción se utiliza para conectar un suministro de CC externo para mantener activas la sección de control y cualquier opción activa cuando la potencia de red está desconectada.

- Rango de tensión de entrada: 24 V CC ± 15 % (máximo 37 V en 10 s).
- Intensidad de entrada máxima: 2,2 A.
- Longitud máxima del cable: 75 m.
- Carga de capacitancia de entrada: <10 μ F.
- Retardo de arranque: <0,6 s.
- Fácil de instalar en convertidores de frecuencia de máquinas existentes.
- Mantiene la actividad de la placa de control y de las opciones durante los cortes de alimentación.
- Mantiene activos los buses de campo durante los cortes de alimentación.
- Números de pedido:
 - 130B1108 sin revestimiento barnizado.
 - 130B1208 barnizado (Clase G3/ISA S71.04-1985).

3.8.1 Opciones de comunicación

- VLT® PROFIBUS DP-V1 MCA 101
- VLT® AK-LonWorks MCA 107
- VLT® PROFINET MCA 120

Si desea obtener información adicional, consulte el capítulo 7 Especificaciones.

3.8.2 Entrada/salida, realimentación y opciones de seguridad

- VLT® General Purpose I/O Module MCB 101
- VLT® Relay Card MCB 105
- VLT® Extended Relay Card MCB 113

Si desea obtener información adicional, consulte el capítulo 7 Especificaciones.

3.8.3 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 interruptores 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.

Danfoss suministra 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, lo que significa que la corriente y la tensión se vuelven casi senoidales. Por ello, el ruido acústico del motor se reduce al mínimo.

La corriente de rizado en las bobinas del filtro senoidal también produce algo de ruido. Resuelva este problema integrando el filtro en un alojamiento o similar.

3.8.4 Filtros dU/dt

Danfoss suministra filtros dU/dt, que son filtros de paso bajo de modo diferencial que reducen las tensiones pico entre fases en el terminal del motor y reducen el tiempo de subida a un nivel que reduce el esfuerzo del aislamiento de los bobinados del motor. Esto es un problema, especialmente en cables de motor cortos.

En comparación con los filtros senoidales (consulte el capítulo 3.8.3 Filtros senoidales), los filtros dU/dt tienen una frecuencia de corte por encima de la frecuencia de conmutación.

3.8.5 Filtros armónicos

VLT® Advanced Harmonic Filter AHF 005 y AHF 010 son filtros armónicos avanzados que no pueden compararse con filtros de trampa armónica tradicionales. Los filtros armónicos de Danfoss han sido especialmente diseñados

para adaptarse a los convertidores de frecuencia de Danfoss.

Si se conectan los filtros armónicos AHF 005 o AHF 010 de Danfoss delante de un convertidor de frecuencia de Danfoss, la distorsión de corriente armónica total devuelta a la red eléctrica se reducirá al 5 % y 10 %, respectivamente.

3.8.6 Kit de protección IP21 / NEMA tipo 1

IP20/IP4X superior / NEMA TIPO 1 es una protección opcional disponible para las unidades IP20 compactas. Si se utiliza el kit de protección, una unidad IP20 sube a la categoría de protección IP21/4X parte superior / TIPO 1.

La IP4X superior puede aplicarse a todos los modelos estándar del FC 103 IP20.

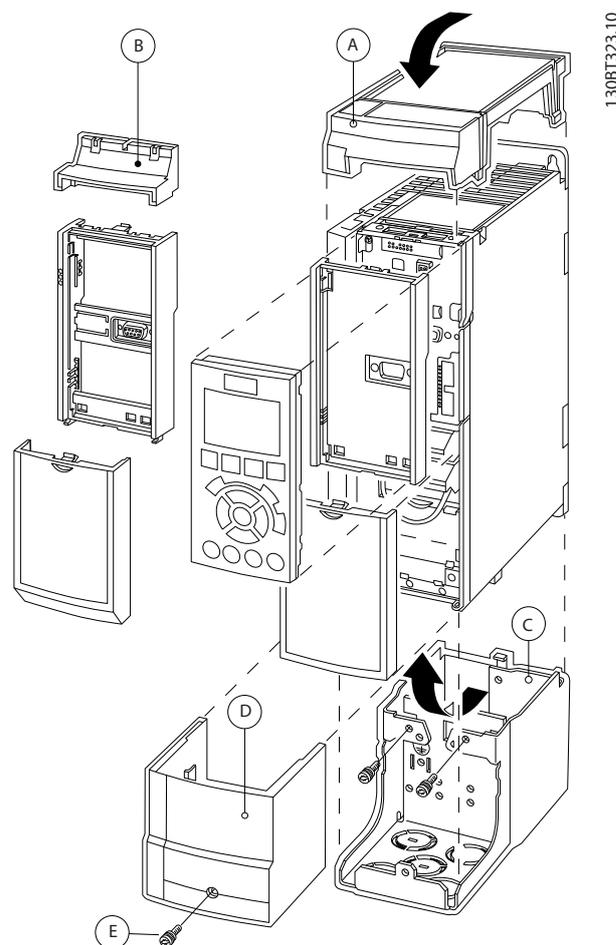
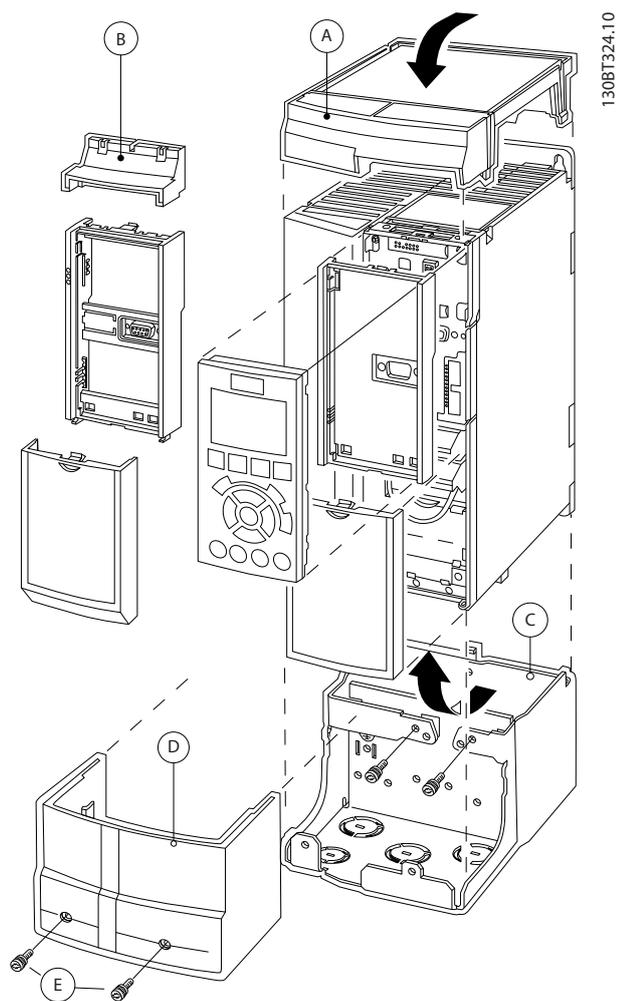


Ilustración 3.31 Protección tamaño A2



A	Tapa superior
B	Ala
C	Pieza base
D	Tapa de la base
E	Tornillo/s

Ilustración 3.32 Protección tamaño A3

1. Coloque la tapa superior tal como indica la imagen. Si se usa la opción A o B, ajuste el ala de forma que tape la entrada superior.
2. Coloque la pieza base C en la parte inferior del convertidor de frecuencia.
3. Use las abrazaderas de la bolsa de accesorios para sujetar correctamente los cables.

Orificios para prensacables:

- Tamaño A2: 2 × M25 y 3 × M32.
- Tamaño A3: 3 × M25 y 3 × M32.

Tipo de protección	Altura A [mm]	Anchura B [mm]	Profundidad C ¹⁾ [mm]
A2	372	90	205
A3	372	130	205
B3	475	165	249
B4	670	255	246
C3	755	329	337
C4	950	391	337

Tabla 3.17 Dimensiones

1) Si se utiliza la opción A/B, aumenta la profundidad (consulte el capítulo 7.9 Potencias de salida, peso y dimensiones para obtener más información).

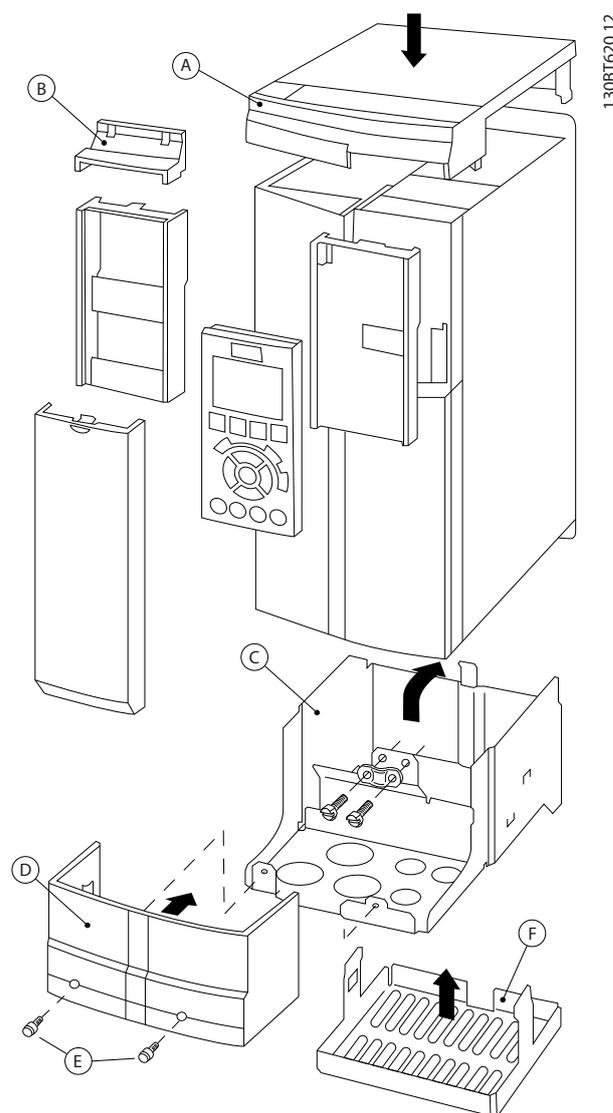


Ilustración 3.33 Tamaño de la protección B3

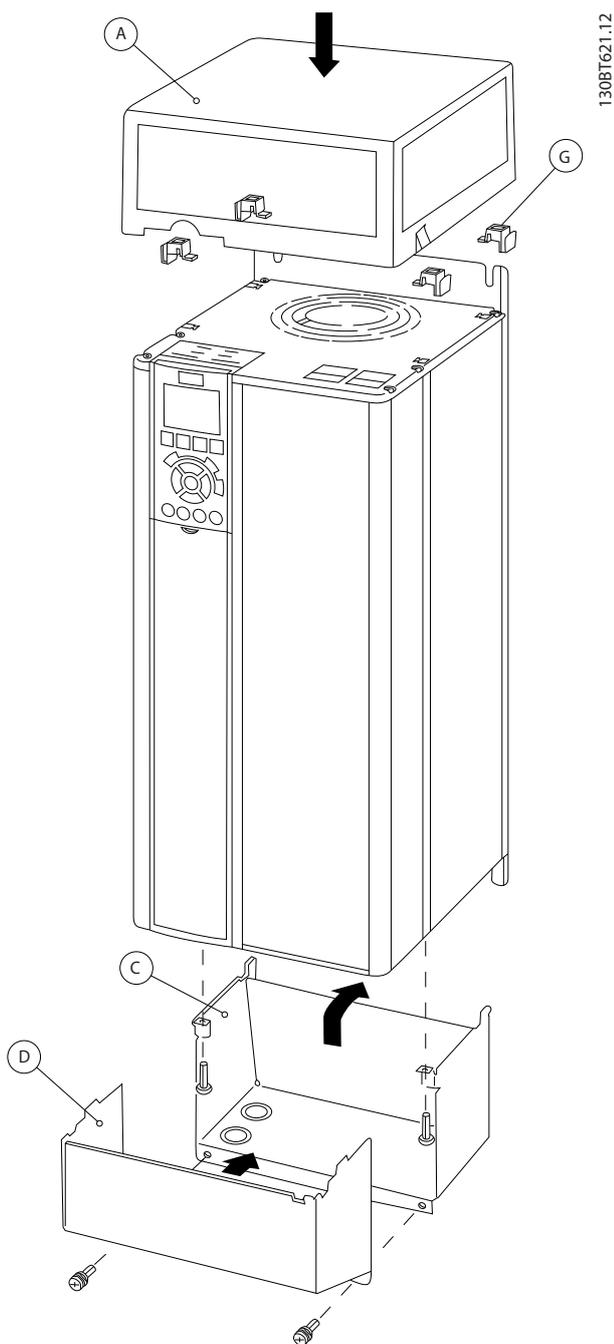


Ilustración 3.34 Tamaños de protección B4, C3 y C4

A	Tapa superior
B	Ala
C	Pieza base
D	Tapa de la base
E	Tornillo/s
F	Tapa del ventilador
G	Clip superior

Tabla 3.18 Leyenda para la Ilustración 3.33 y la Ilustración 3.34

Cuando se usan el módulo de opción A y/o el módulo de opción B, el ala (B) debe ajustarse a la tapa superior (A).

AVISO!

La instalación lado a lado no es posible cuando se utiliza el Kit de protección IP21/IP4X / TIPO 1

3.8.7 Filtros de modo común

Los núcleos de modo común de alta frecuencia (núcleos HF-CM) reducen la interferencia electromagnética y eliminan el daño generado a los cojinetes por las descargas eléctricas. Son núcleos magnéticos nanocristalinos especiales que tienen un rendimiento de filtrado superior en comparación con los núcleos de ferrita habituales. El núcleo HF-CM actúa como un inductor de modo común entre fases y tierra.

Instalados alrededor de las tres fases del motor (U, V y W), los filtros de modo común reducen las intensidades de modo común de alta frecuencia. Como resultado, se reduce la interferencia electromagnética de alta frecuencia del cable de motor.

El número de núcleos necesarios depende de la longitud del cable de motor y de la tensión del convertidor de frecuencia. Cada kit consta de dos núcleos. Consulte la *Tabla 3.19* para determinar el número de núcleos necesarios.

Longitud del cable ¹⁾ [m]	Tamaño de la protección				
	A y B		C		
	T2/T4	T7	T2/T4	T7	T7
50	2	4	2	2	4
100	4	4	2	4	4
150	4	6	4	4	4
300	4	6	4	4	6

Tabla 3.19 Número de núcleos

1) Cuando se necesiten cables más largos, apile más núcleos HF-CM.

Instale los núcleos HF-CM pasando los cables de las tres fases del motor (U, V y W) a través de cada núcleo, como se indica en la *Ilustración 3.35*.

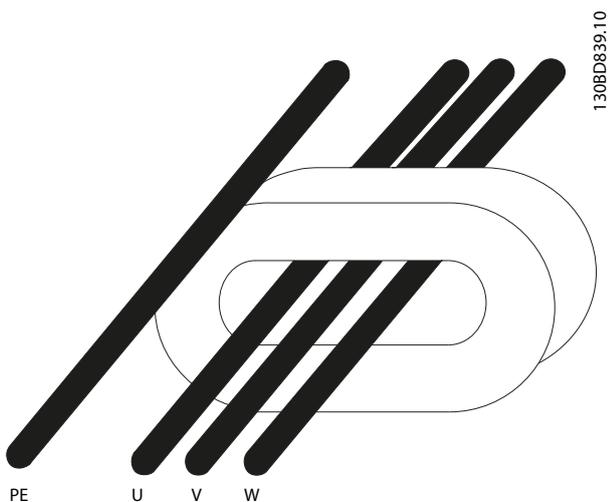


Ilustración 3.35 Núcleo HF-CM con las fases del motor

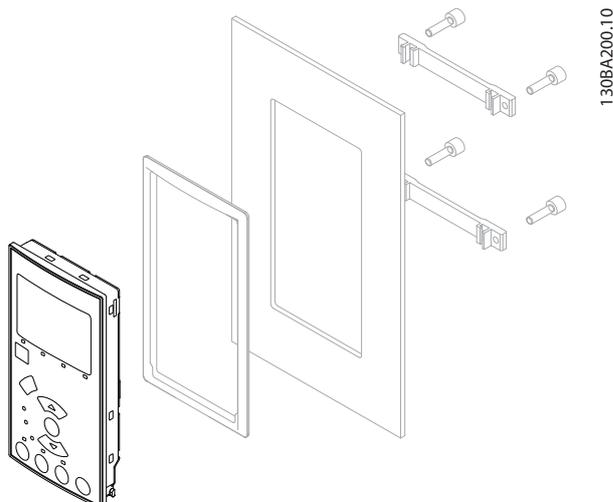


Ilustración 3.37 Kit LCP con LCP numérico, sujetiones y junta
Número de pedido 130B1114

3.8.8 Kit de montaje remoto para LCP

El LCP se puede llevar hasta el frontal de un alojamiento utilizando el kit de montaje remoto. Apriete los tornillos de sujeción con un par máximo de 1 Nm.

La protección del LCP es IP66 nominal.

Protección	IP66 delantero
Longitud máxima del cable entre el LCP y la unidad	3 m
Comunicación serie	RS485

Tabla 3.20 Datos técnicos

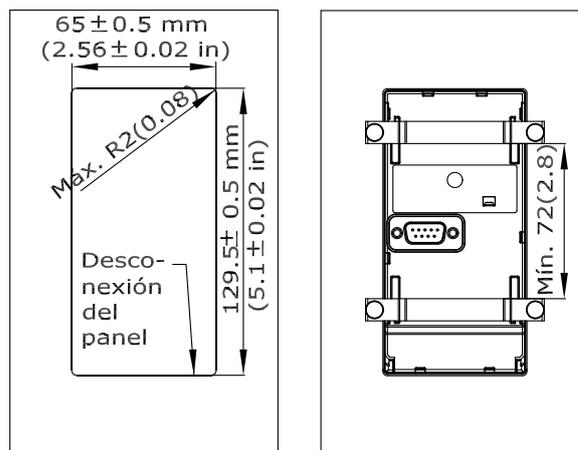


Ilustración 3.38 Dimensiones del kit LCP

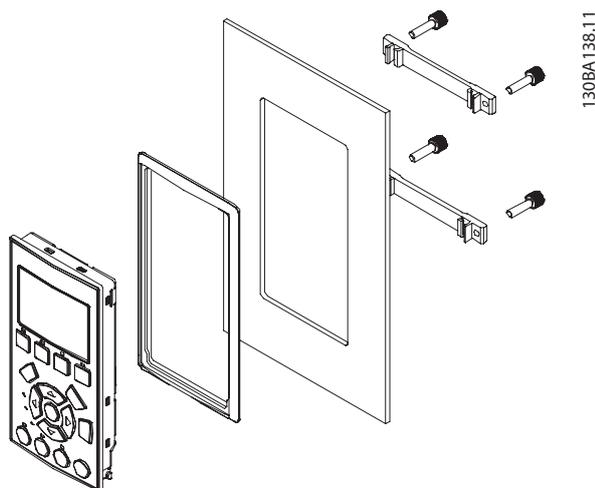


Ilustración 3.36 Kit LCP con LCP gráfico, sujetiones, cable de 3 m y junta Número de pedido 130B1113

3.8.9 Soporte de montaje para tamaños de protección A5, B1, B2, C1 y C2

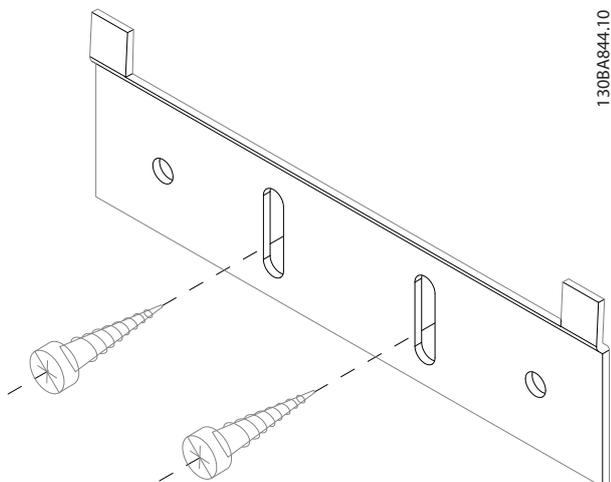


Ilustración 3.39 Soporte inferior

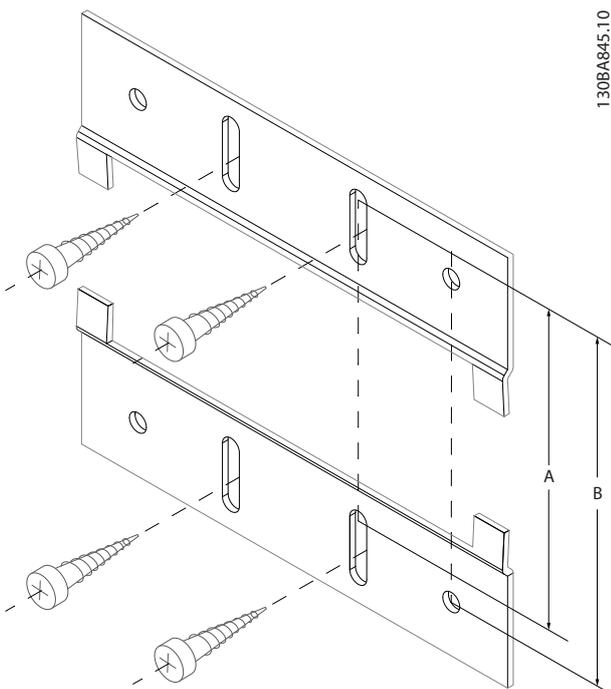


Ilustración 3.40 Soporte superior

Consulte las dimensiones en la *Tabla 3.21*.

Tamaño de la protección	IP	A [mm]	B [mm]	Número de pedido
A5	55/66	480	495	130B1080
B1	21/55/66	535	550	130B1081
B2	21/55/66	705	720	130B1082
B3	21/55/66	730	745	130B1083
B4	21/55/66	820	835	130B1084

Tabla 3.21 Detalles de los soportes de montaje

3.9 Interfaz serie RS485

3.9.1 Descripción general

RS485 es una interfaz de bus de dos cables compatible con la topología de red multipunto. Los nodos se puede conectar como bus, o mediante cables de derivación desde una línea de tronco común. Se pueden conectar un total de 32 nodos a un único segmento de red.

Los repetidores dividen los segmentos de la red, consulte la *Ilustración 3.41*.

AVISO!

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.

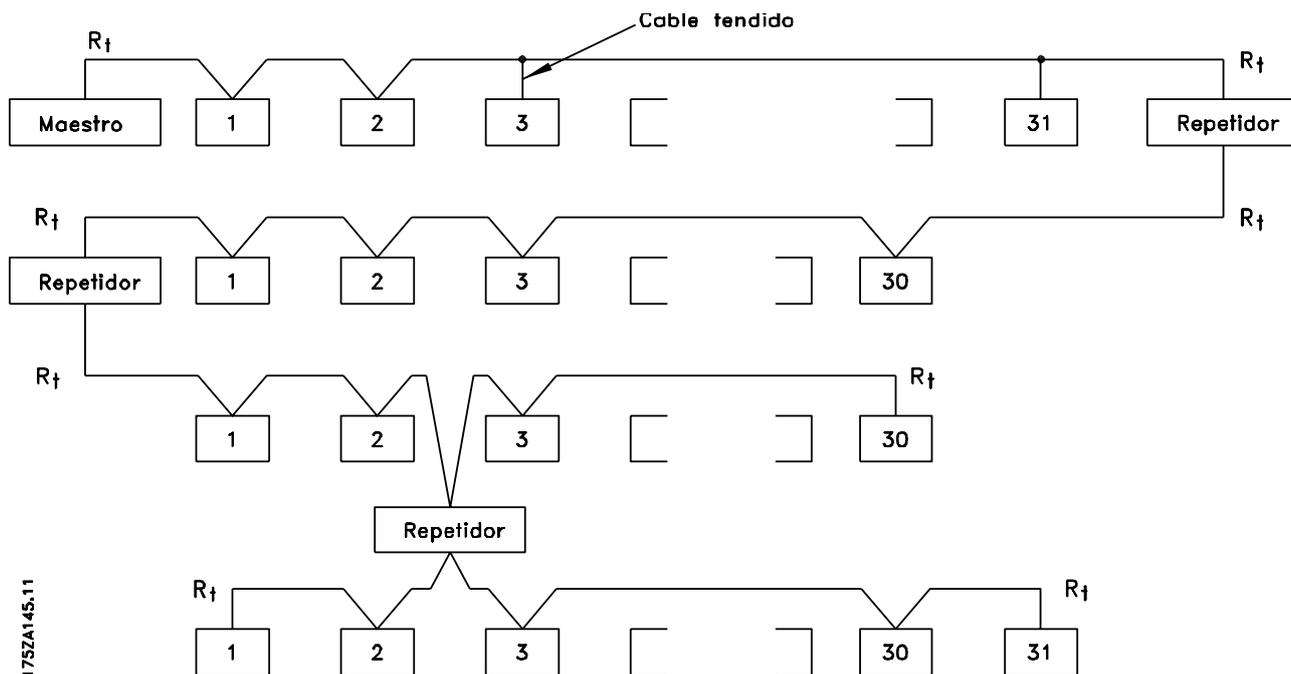
Termine cada segmento en ambos extremos, utilizando bien el interruptor de terminación (S801) del convertidor de frecuencia, o bien una red predispuesta de resistencias de terminación. Utilice siempre cable de par trenzado y apantallado (STP) para cablear el bus y siga unas buenas prácticas de instalación.

Es importante disponer de una conexión a tierra de baja impedancia para el apantallamiento de cada nodo, incluso a frecuencias altas. De este modo, conecte una gran superficie del apantallamiento a la toma de tierra, por ejemplo, mediante una abrazadera o un prensacables conductor. Puede ser necesario utilizar cables equalizadores de potencial para mantener el mismo potencial de masa en toda la red, especialmente en instalaciones que incluyan cables largos.

Para evitar diferencias de impedancia, utilice siempre el mismo tipo de cable en toda la red. Cuando conecte un motor al convertidor de frecuencia, utilice siempre cable de motor apantallado.

Cable	Par trenzado apantallado (STP)
Impedancia [Ω]	120
Longitud del cable [m]	Máximo 1200 (incluidos los ramales conectables) Máximo 500 entre estaciones.

Tabla 3.22 Especificaciones del cable



175ZA145.11

Ilustración 3.41 Interfaz de bus RS485

		Parámetros	
FC		Función	Ajuste
+24 V	120	Parámetro 8-30	FC*
+24 V	130	Protocolo	
D IN	180	Parámetro 8-31	1*
D IN	190	Dirección	
COM	200	Parámetro 8-32	9600*
D IN	270	Velocidad en	
D IN	290	baudios	
D IN	320	* = Valor por defecto	
D IN	330	Notas/comentarios:	
D IN	370	seleccione el protocolo, la dirección y la velocidad en baudios en los parámetros mencionados anteriormente. D IN 37 es una opción.	
+10 V	500		
A IN	530		
A IN	540		
COM	550		
A OUT	420		
COM	390		
R1	010		
	020		
	030		
R2	040		
	050		
	060		
	610		
	680		
	690		

Tabla 3.23 Conexión de red RS485

3.9.2 Conexión de red

Puede haber uno o varios convertidores de frecuencia conectados a un controlador (o maestro) mediante la interfaz normalizada RS485. El terminal 68 está conectado a la señal P (TX+, RX+), mientras que el terminal 69 está conectado a la señal N (TX-, RX-). Consulte las imágenes en el capítulo 3.6.1 Esquema de cableado.

Si hay más de un convertidor de frecuencia conectado a un maestro, utilice conexiones en paralelo.

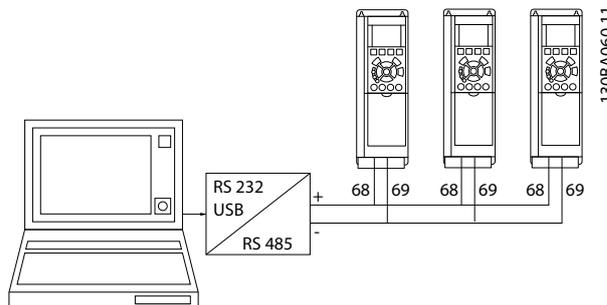


Ilustración 3.42 Conexiones en paralelo

Para evitar potenciales corrientes de ecuilibración en la pantalla, realice el cableado conforme a la Ilustración 3.24.

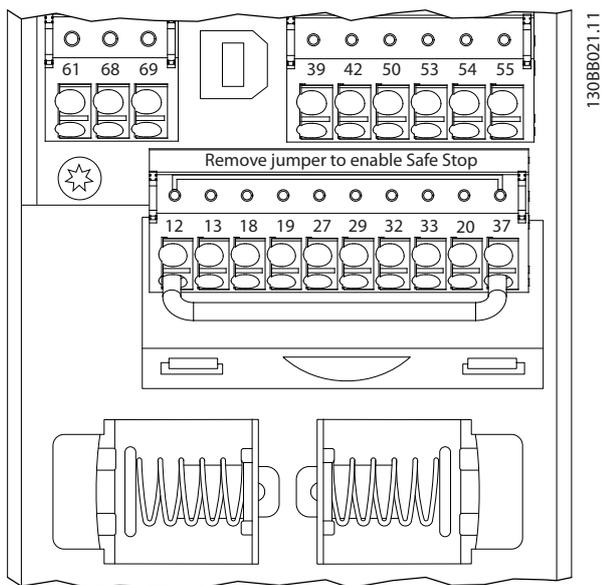


Ilustración 3.43 Terminales de la tarjeta de control

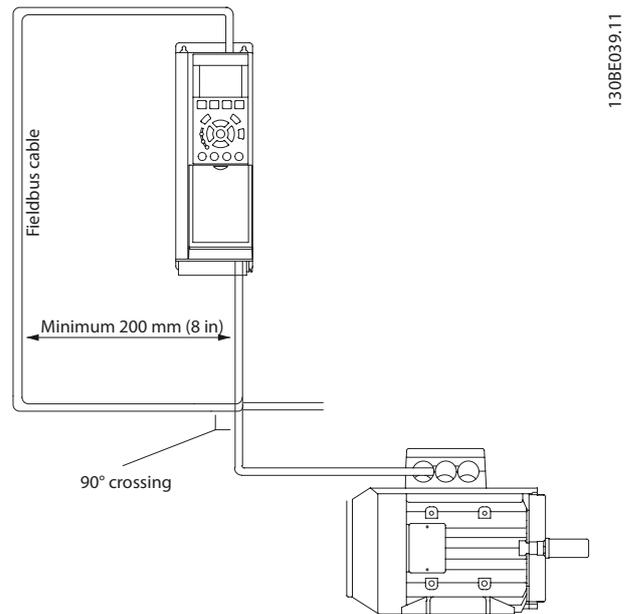


Ilustración 3.44 Enrutado de los cables

3.9.3 Terminación de bus RS485

Termine el bus RS485 con una resistencia de red en ambos extremos. Para este propósito, ajuste el interruptor S801 de la tarjeta de control en ON.

Ajuste el protocolo de comunicación a *parámetro 8-30 Protocolo*.

3.9.4 Precauciones de compatibilidad electromagnética (CEM)

Se recomienda adoptar las siguientes precauciones de CEM para que la red RS485 funcione sin interferencias.

Cumpla las disposiciones nacionales y locales pertinentes, por ejemplo, las relativas a la conexión a tierra de protección. Mantenga alejado el cable de comunicación RS485 de los cables del motor y de la resistencia de freno para evitar el acoplamiento del ruido de alta frecuencia de un cable con otro. Normalmente, es suficiente con una distancia de 200 mm (8 in), pero se recomienda guardar la mayor distancia posible entre los cables, especialmente cuando estos se instalen en paralelo y cubran distancias largas. Si el cruce es inevitable, el cable RS485 debe cruzar los cables de motor en un ángulo de 90°.

3.9.5 Aspectos generales del protocolo FC

El protocolo FC, también conocido como bus FC o bus estándar, es el bus de campo estándar de Danfoss. Define una técnica de acceso conforme al principio maestro/esclavo para las comunicaciones mediante bus de campo. Pueden conectarse al bus un maestro y un máximo de 126 esclavos. El maestro selecciona individualmente los esclavos mediante un carácter de dirección incluido en el telegrama. Un esclavo no puede transmitir por sí mismo sin recibir previamente una petición para hacerlo, y tampoco es posible la transmisión directa de mensajes entre esclavos. Las comunicaciones se producen en modo semidúplex.

La función de maestro no se puede transmitir a otro nodo (sistema de maestro único).

La capa física es RS485, por lo que utiliza el puerto RS485 integrado en el convertidor de frecuencia. El protocolo FC admite varios formatos de telegrama:

- un formato breve de 8 bytes para datos de proceso,
- un formato largo de 16 bytes, que también incluye un canal de parámetros,
- un formato para textos.

3.9.6 Configuración de red

Para permitir el protocolo FC para el convertidor de frecuencia, ajuste los siguientes parámetros:

Número de parámetro	Ajuste
Parámetro 8-30 Protocolo	FC
Parámetro 8-31 Dirección	1-126
Parámetro 8-32 Velocidad en baudios	2400-115200
Parámetro 8-33 Paridad / Bits de parada	Paridad par, 1 bit de parada (predeterminado)

Tabla 3.24 Parámetros de protocolo FC

3.9.7 Estructura de formato de mensaje del protocolo FC

3.9.7.1 Contenido de un carácter (byte)

La transferencia de cada carácter comienza con un bit de inicio. A continuación, se transfieren 8 bits de datos, que corresponden a un byte. Cada carácter está asegurado mediante un bit de paridad. Este bit se ajusta a 1 cuando alcanza la paridad. La paridad se da cuando hay un número equivalente de 1 s en los 8 bits de datos y en el bit de paridad en total. Un bit de parada completa un carácter, por lo que consta de 11 bits en total.

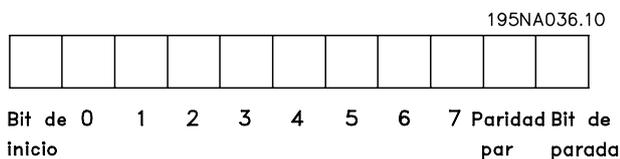


Ilustración 3.45 Contenido de un carácter

3.9.7.2 Estructura de telegramas

Cada telegrama tiene la siguiente estructura:

- Carácter de inicio (STX) = 02 hex
- Un byte que indica la longitud del telegrama (LGE).
- Un byte que indica la dirección del convertidor de frecuencia (ADR).

A continuación, están los bytes de datos, en número variable según el tipo de telegrama.

Un byte de control de datos (BCC) completa el telegrama.



Ilustración 3.46 Estructura de telegramas

3.9.7.3 Longitud del telegrama (LGE)

La longitud del telegrama es el número de bytes de datos, más el byte de dirección ADR y el byte de control de datos BCC.

4 bytes de datos	LGE = 4 + 1 + 1 = 6 bytes
12 bytes de datos	LGE = 12 + 1 + 1 = 14 bytes
Telegramas que contienen texto	10 ¹ +n bytes

Tabla 3.25 Longitud de los telegramas

1) 10 es el número de caracteres fijos, y 'n' es variable (depende de la longitud del texto).

3.9.7.4 Dirección del convertidor de frecuencia (ADR)

Se utilizan dos formatos diferentes para la dirección.

El intervalo de direcciones del convertidor de frecuencia es de 1 a 31 o de 1 a 126.

- Formato de dirección 1-31
 - Bit 7 = 0 (formato de dirección 1-31 activado).
 - El bit 6 no se utiliza.
 - Bit 5 = 1: Transmisión, los bits de dirección (0-4) no se utilizan.
 - Bit 5 = 0: sin transmisión.
 - Bit 0-4 = dirección del convertidor de frecuencia 1-31.
- Formato de dirección 1-126
 - Bit 7 = 1 (formato de dirección 1-126 activado).
 - Bit 0-6 = dirección del convertidor de frecuencia 1-126.
 - Bit 0-6 = 0 transmisión.

El esclavo devuelve el byte de la dirección sin cambios al maestro en el telegrama de respuesta.

3.9.7.5 Byte de control de datos (BCC)

La suma de verificación (checksum) se calcula como una función XOR. Antes de que se reciba el primer byte del telegrama, la suma de verificación calculada es 0.

3.9.7.6 El campo de datos

La estructura de los bloques de datos depende del tipo de telegrama. Hay tres tipos de telegrama, y cada uno de ellos se aplica tanto a los telegramas de control (maestro⇒esclavo) como a los de respuesta (esclavo⇒maestro).

Los 3 tipos de telegrama son:

3

Bloque de proceso (PCD)

El PCD está formado por un bloque de datos de cuatro bytes (2 códigos) y contiene:

- Código de control y valor de referencia (de maestro a esclavo).
- Código de estado y frecuencia de salida actual (de esclavo a maestro).



130BA269.10

Ilustración 3.47 Bloque de proceso

Bloque de parámetros

El bloque de parámetros se utiliza para transferir parámetros entre un maestro y un esclavo. El bloque de datos está formado por 12 bytes (6 códigos) y también contiene el bloque de proceso.

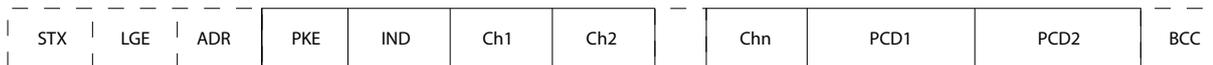
130BA271.10



Ilustración 3.48 Bloque de parámetros

Bloque de texto

El bloque de texto se utiliza para leer o escribir textos mediante el bloque de datos.



130BA270.10

Ilustración 3.49 Bloque de texto

3.9.7.7 El campo PKE

El campo PKE contiene dos subcampos:

- Comando de parámetro y respuesta AK.
- Número de parámetro PNU.

150BA268.10

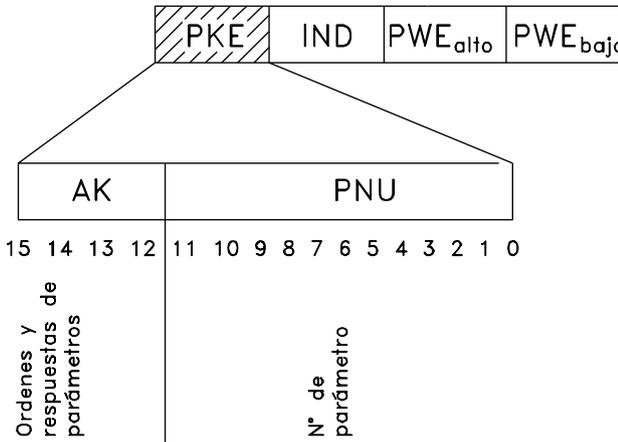


Ilustración 3.50 Campo PKE

Los bits n.º 12-15 transfieren comandos de parámetros del maestro al esclavo y devuelven las respuestas procesadas del esclavo al maestro.

Número de bit				Comando de parámetro
15	14	13	12	
0	0	0	0	Sin comando.
0	0	0	1	Leer valor de parámetro.
0	0	1	0	Escribir valor de parámetro en RAM (código).
0	0	1	1	Escribir valor de parámetro en RAM (doble código).
1	1	0	1	Escribir valor de parámetro en RAM y EEPROM (doble código).
1	1	1	0	Escribir valor de parámetro en RAM y EEPROM (código).
1	1	1	1	Leer/escribir texto.

Tabla 3.26 Comandos de parámetro maestro⇒esclavo

Número de bit				Respuesta
15	14	13	12	
0	0	0	0	Sin respuesta.
0	0	0	1	Valor de parámetro transferido (código).
0	0	1	0	Valor de parámetro transferido (doble código).
0	1	1	1	El comando no se puede ejecutar.
1	1	1	1	texto transferido.

Tabla 3.27 Respuesta esclavo⇒maestro

Si el comando no se puede realizar, el esclavo envía esta respuesta:

0111 Comando no ejecutable

y devuelve un informe de fallo (consulte la Tabla 3.28) en el valor del parámetro (PWE):

PWE bajo (hex)	Informe de fallo
0	El número de parámetro utilizado no existe.
1	No hay acceso de escritura para el parámetro definido.
2	El valor de dato supera los límites del parámetro.
3	El subíndice utilizado no existe.
4	El parámetro no es de tipo matriz.
5	El tipo de datos no coincide con el parámetro definido.
11	No es posible cambiar los datos del parámetro definido en el modo actual del convertidor de frecuencia. Algunos parámetros solo se pueden cambiar cuando el motor está parado.
82	No hay acceso de bus al parámetro definido.
83	No es posible modificar datos por estar seleccionado el ajuste de fábrica

Tabla 3.28 Informe de fallo en el valor del parámetro

3.9.7.8 Número de parámetro (PNU)

Los bits 0-11 transfieren los números de parámetros. La función del parámetro correspondiente se explica en la descripción del parámetro en la Guía de programación.

3.9.7.9 Índice (IND)

El índice se utiliza junto con el número de parámetro para el acceso de lectura / escritura a los parámetros con un índice, por ejemplo, *parámetro 15-30 Reg. alarma: código de fallo*. El índice consta de 2 bytes, un byte bajo y un byte alto.

Solo el byte bajo se utiliza como índice.

3.9.7.10 Valor de parámetro (PWE)

El bloque de valor de parámetro consta de 2 códigos (4 bytes) y el valor depende del comando definido (AK). El maestro solicita un valor de parámetro cuando el bloque PWE no contiene ningún valor. Para cambiar el valor de un parámetro (escritura), escriba el nuevo valor en el bloque PWE y envíelo del maestro al esclavo.

Si el esclavo responde a una solicitud de parámetro (comando de lectura), el valor de parámetro actual en el bloque PWE se transfiere y devuelve al maestro. Si un parámetro no contiene un valor numérico, sino varias opciones de datos, por ejemplo el *parámetro 0-01 Idioma*, donde [0] es Inglés y [4] es Danés, seleccione el valor de dato introduciéndolo en el bloque PWE. La comunicación serie solo es capaz de leer parámetros que tienen el tipo de dato 9 (cadena de texto).

De *Parámetro 15-40 Tipo FC* a *parámetro 15-53 Número serie tarjeta potencia* contienen el tipo de dato 9. Por ejemplo, se puede leer el tamaño del convertidor de frecuencia y el intervalo de tensión de red en *parámetro 15-40 Tipo FC*. Cuando se transfiere una cadena de texto (lectura), la longitud del telegrama varía, y los textos pueden tener distinta longitud. La longitud del telegrama se define en el segundo byte, denominado LGE. Cuando se utiliza la transferencia de texto, el carácter de índice indica si se trata de un comando de lectura o de escritura. Para leer un texto a través del bloque PWE, ajuste el comando del parámetro (AK) a F hex. El carácter de índice de byte alto debe ser 4. Algunos parámetros contienen texto que se puede escribir mediante el bus de campo. Para escribir un texto mediante el bloque PWE, ajuste el comando de parámetro (AK) a F hex. El carácter de índice de byte alto debe ser 5.

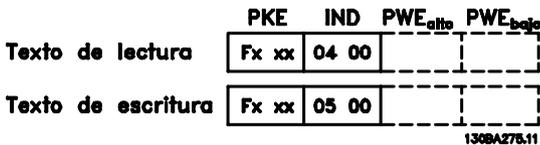


Ilustración 3.51 Texto a través del bloque PWE

3.9.7.11 Tipos de datos admitidos

«Sin signo» significa que el telegrama no tiene ningún signo de funcionamiento.

Tipos de datos	Descripción
3	Entero 16
4	Entero 32
5	Sin signo 8
6	Sin signo 16
7	Sin signo 32
9	Cadena de texto
10	Cadena de bytes
13	Diferencia de tiempo
33	Reservado
35	Secuencia de bits

Tabla 3.29 Tipos de datos admitidos

3.9.7.12 Conversion

Los distintos atributos de cada parámetro se muestran en los ajustes de fábrica. Los valores de parámetros que se transfieren son únicamente números enteros. Para transferir decimales se utilizan factores de conversión.

Parámetro 4-12 Límite bajo veloc. motor [Hz] tiene un factor de conversión de 0,1. Para preajustar la frecuencia mínima a 10 Hz, transfiera el valor 100. Un factor de conversión de 0,1 significa que el valor transferido se multiplica por 0,1. Por lo tanto, el valor 100 se lee como 10,0.

Ejemplos:

- 0 s⇒índice de conversión 0
- 0,00 s⇒índice de conversión -2
- 0 ms⇒índice de conversión -3
- 0,00 ms⇒índice de conversión -5

3.9.7.13 Códigos de proceso (PCD)

El bloque de códigos de proceso se divide en dos bloques de 16 bits, que siempre se suceden en la secuencia definida.

PCD 1	PCD 2
Telegrama de control (código de control maestro⇒esclavo)	Valor de referencia
Telegrama de control (código de estado esclavo⇒maestro)	Frecuencia de salida actual

Tabla 3.30 Códigos de proceso (PCD)

3.9.8 Ejemplos de protocolo FC

3.9.8.1 Escritura del valor de un parámetro.

Cambie *parámetro 4-14 Límite alto veloc. motor [Hz]* a 100 Hz.

Escriba los datos en EEPROM.

PKE=E19E hex - Escriba un único código en

parámetro 4-14 Límite alto veloc. motor [Hz].

IND = 0000 hex

PWEALTO = 0000 Hex

PWEBAJO=03E8 hex - Valor de dato 1000, correspondiente a 100 Hz, consulte el *capítulo 3.9.7.12 Conversion*.

El telegrama tendrá este aspecto:

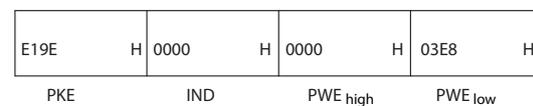


Ilustración 3.52 Escriba los datos en EEPROM

AVISO!

El Parámetro 4-14 Límite alto veloc. motor [Hz] es un único código, y el comando de parámetro que se debe grabar en la EEPROM es E. El número de parámetro 4-14 es 19E en hexadecimal.

La respuesta del esclavo al maestro será la siguiente:

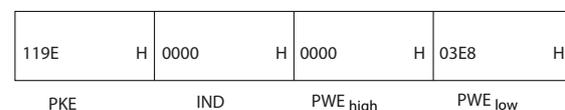


Ilustración 3.53 Respuesta del esclavo

3.9.8.2 Lectura del valor de un parámetro

Lea el valor en *parámetro 3-41 Rampa 1 tiempo acel. rampa*.

PKE=1155 hex - Lea el valor del parámetro en

parámetro 3-41 Rampa 1 tiempo acel. rampa.

IND = 0000 hex

PWEALTO = 0000 Hex

PWEBAJO = 0000 hex

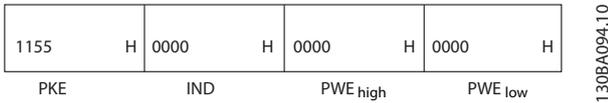


Ilustración 3.54 Valor del parámetro

Si el valor de *parámetro 3-41 Rampa 1 tiempo acel. rampa* es 10 s, la respuesta del esclavo al maestro será

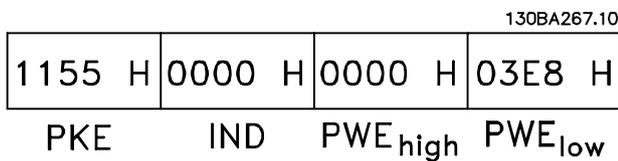


Ilustración 3.55 Respuesta del esclavo

3E8 Hex corresponde a 1000 en decimal. El índice de conversión para el *parámetro 3-41 Rampa 1 tiempo acel. rampa* es -2, es decir, 0,01.

El *Parámetro 3-41 Rampa 1 tiempo acel. rampa* es del tipo Sin signo 32.

3.9.9 Protocolo Modbus RTU

3.9.9.1 Requisitos previos

Danfoss da por sentado que el controlador instalado es compatible con las interfaces mencionadas en este manual y que se siguen estrictamente todos los requisitos y limitaciones estipulados tanto en el controlador como en el convertidor de frecuencia.

El Modbus RTU (*Remote Terminal Unit*) integrado está diseñado para comunicarse con cualquier controlador compatible con las interfaces definidas en este manual. Se da por supuesto que el usuario tiene pleno conocimiento de las capacidades y limitaciones del controlador.

3.9.9.2 Visión general de Modbus RTU

Independientemente de los tipos de redes de comunicación física, en la visión general de Modbus RTU se describe el proceso que un controlador utiliza para solicitar acceso a otro dispositivo. Esto incluye cómo el Modbus RTU responde a las solicitudes de otro dispositivo y cómo se detectarán y se informará de los errores que se

produzcan. También se establece un formato común para el diseño y los contenidos de los campos de mensajes. Durante las comunicaciones en una red Modbus RTU, el protocolo:

- Determina cómo aprende cada controlador su dirección de dispositivo.
- Reconoce un mensaje dirigido a él.
- Determina qué acciones tomar.
- Extrae cualquier dato o información incluidos en el mensaje.

Si se requiere una respuesta, el controlador construirá el mensaje de respuesta y lo enviará.

Los controladores se comunican utilizando una técnica maestro/esclavo en la que solo el maestro puede iniciar transacciones (llamadas peticiones). Los esclavos responden proporcionando al maestro los datos pedidos o realizando la acción solicitada en la petición.

El maestro puede dirigirse a un esclavo individualmente, o puede iniciar la transmisión de un mensaje a todos los esclavos. Los esclavos devuelven una respuesta a las peticiones que se les dirigen individualmente. No se responde a las peticiones transmitidas por el maestro. El protocolo Modbus RTU establece el formato de la petición del maestro suministrando:

- La dirección (o transmisión) del dispositivo.
- Un código de función en el que se define la acción solicitada.
- Cualquier dato que se deba enviar.
- Un campo de comprobación de errores.

El mensaje de respuesta del esclavo también se construye utilizando el protocolo Modbus. Contiene campos que confirman la acción realizada, los datos que se hayan de devolver y un campo de comprobación de errores. Si se produce un error en la recepción del mensaje o si el esclavo no puede realizar la acción solicitada, este devuelve un mensaje de error. Si no, se producirá un error de tiempo límite.

3.9.9.3 Convertidor de frecuencia con Modbus RTU

El convertidor de frecuencia se comunica en formato Modbus RTU a través de la interfaz RS485 integrada. Modbus RTU proporciona acceso al código de control y a la referencia de bus del convertidor de frecuencia.

El código de control permite al maestro del Modbus controlar varias funciones importantes del convertidor de frecuencia:

- Arranque
- Detener el convertidor de frecuencia de diversas formas:

- Paro por inercia
- Parada rápida
- Parada por freno de CC
- Parada (de rampa) normal
- Reinicio tras desconexión por avería
- Funcionamiento a diferentes velocidades predeterminadas
- Funcionamiento en sentido inverso
- Cambiar el ajuste activo
- Controlar el relé integrado del convertidor de frecuencia

La referencia de bus se utiliza, normalmente, para el control de velocidad. También es posible acceder a los parámetros, leer sus valores y, en su caso, escribir valores en ellos. Esto permite una amplia variedad de opciones de control, incluido el control del valor de consigna del convertidor de frecuencia cuando se utiliza el controlador PI interno.

3.9.9.4 Configuración de red

Para activar Modbus RTU en el convertidor de frecuencia, ajuste los siguientes parámetros:

Parámetro	Ajuste
Parámetro 8-30 Protocolo	Modbus RTU
Parámetro 8-31 Dirección	1-247
Parámetro 8-32 Velocidad en baudios	2400-115200
Parámetro 8-33 Paridad / Bits de parada	Paridad par, 1 bit de parada (predeterminado)

Tabla 3.31 Parámetros de Modbus RTU

3.9.10 Estructura de formato de mensaje de Modbus RTU

3.9.10.1 Convertidor de frecuencia con Modbus RTU

Los controladores están configurados para comunicarse en la red Modbus utilizando el modo RTU, con cada byte de un mensaje que contenga dos caracteres hexadecimales de 4 bits. El formato de cada byte se muestra en la *Tabla 3.32*.

Bit de inicio	Byte de datos								Parada / paridad	Parada

Tabla 3.32 Formato de cada byte

Sistema de codificación	binario de 8 bits, hexadecimal 0-9, A-F Dos caracteres hexadecimales contenidos en cada campo de 8 bits del mensaje.
Bits por byte	1 bit de inicio. 8 bits de datos, el menos significativo enviado primero; 1 bit de paridad par/impar; sin bit de no paridad. 1 bit de parada si se utiliza paridad; 2 bits si no se usa paridad.
Campo de comprobación de errores	Comprobación de redundancia cíclica (CRC).

3.9.10.2 Estructura de telegrama Modbus RTU

El dispositivo emisor coloca un mensaje Modbus RTU en un formato con un comienzo conocido y un punto final. Esto permite a los dispositivos receptores comenzar al principio del mensaje, leer la parte de la dirección, determinar a qué dispositivo se dirige (o a todos, si el mensaje es una transmisión) y reconocer cuándo el mensaje se ha completado. Los mensajes parciales se detectan y se determinan los errores resultantes. Los caracteres que se van a transmitir deben estar en formato hexadecimal 00 a FF en cada campo. El convertidor de frecuencia monitoriza continuamente el bus de red, también durante los intervalos silenciosos. Cuando el primer campo (el campo de dirección) es recibido, cada convertidor de frecuencia o dispositivo lo descodifica para determinar a qué dispositivo se dirige. Los mensajes Modbus RTU dirigidos a cero son mensajes de transmisión. No se permiten respuestas a los mensajes de transmisión. En la *Tabla 3.33* se muestra un formato típico de mensaje.

Arranque	Dirección	Función	Datos	Comprobación CRC	final decel.
T1-T2-T3-T4	8 bits	8 bits	N × 8 bits	16 bits	T1-T2-T3-T4

Tabla 3.33 Estructura típica de telegrama Modbus RTU

3.9.10.3 Campo de arranque/parada

El mensaje comienza con un periodo de silencio de al menos 3,5 intervalos de caracteres. Esto se implementa como un múltiplo de intervalos de caracteres a la velocidad en baudios seleccionada (mostrada como Arranque T1-T2-T3-T4). El primer campo que se transmite es la dirección del dispositivo. Tras el último carácter transmitido, un periodo similar de al menos 3,5 intervalos de carácter marca el fin del mensaje. Después de este periodo, puede comenzar otro mensaje. El formato completo del mensaje debe transmitirse como un flujo continuo. Si se produce un periodo de más de 1,5 intervalos de carácter antes de que se complete el formato,

el dispositivo receptor descarta el mensaje incompleto y asume que el siguiente byte es el campo de dirección de un nuevo mensaje. De forma similar, si un nuevo mensaje comienza antes de 3,5 intervalos de carácter tras un mensaje previo, el dispositivo receptor lo considerará una continuación del mensaje anterior. Esto produce un error de tiempo límite (falta de respuesta por parte del esclavo), porque el valor del campo CRC final no es válido para los mensajes combinados.

3.9.10.4 Campo de dirección

El campo de dirección de un mensaje contiene 8 bits. Las direcciones válidas de dispositivos esclavos están en el rango de 0 a 247 decimal. Los dispositivos esclavos individuales tienen direcciones asignadas en un rango entre 1 y 247 (0 se reserva para el modo de transmisión, que reconocen todos los esclavos). Un maestro se dirige a un esclavo poniendo la dirección de este en el campo de dirección del mensaje. Cuando el esclavo envía su respuesta, pone su propia dirección en dicho campo de dirección, para que el maestro sepa qué esclavo le está contestando.

3.9.10.5 Campo de función

El campo de función de un mensaje contiene 8 bits. Los códigos válidos están en el rango de 1 a FF. Los campos de función se utilizan para enviar mensajes entre el maestro y el esclavo. Cuando se envía un mensaje desde un maestro a un dispositivo esclavo, el campo de código de función le indica al esclavo la clase de acción que debe realizar. Cuando el esclavo responde al maestro, utiliza el campo de código de función para indicar una respuesta normal (sin error) o que se ha producido un error de alguna clase (esta respuesta se denomina «excepción»). Para dar una respuesta normal, el esclavo simplemente devuelve el código de función original. Para responder con una excepción, el esclavo devuelve un código equivalente al de la función original, pero con su bit más significativo cambiado a 1 lógico. Además, el esclavo pone un código único en el campo de datos del mensaje de respuesta. Este código le indica al maestro el tipo de error producido o la razón de la excepción. Consulte también el *capítulo 3.9.10.10 Códigos de función admitidos por Modbus RTU* y el *capítulo 3.9.10.11 Códigos de excepción Modbus*.

3.9.10.6 Campo de datos

El campo de datos se construye utilizando grupos de dos dígitos hexadecimales, en el intervalo de 00 a FF en hexadecimal. Están hechos con un carácter RTU. El campo de datos de los mensajes enviados desde un maestro a un dispositivo esclavo contiene información más detallada que el esclavo debe utilizar para realizar la acción definida por el código de función. Este puede incluir elementos tales como direcciones de registro o bobinas, la cantidad de

elementos que se manejarán y el contador de los bytes de datos reales del campo.

3.9.10.7 Campo de comprobación CRC

En los mensajes se incluye un campo de comprobación de errores, que opera en base al método de comprobación de redundancia cíclica (CRC). El campo CRC comprueba el contenido de todo el mensaje. Se aplica independientemente del método de comprobación de paridad utilizado para los caracteres individuales del mensaje. El dispositivo transmisor calcula el valor de CRC y lo añade como último campo en el mensaje. El dispositivo receptor vuelve a calcular un CRC durante la recepción del mensaje y compara el valor calculado con el valor recibido en el campo CRC. Si los dos valores son distintos, se produce un error de tiempo límite de bus. El campo de comprobación de errores contiene un valor binario de 16 bits implementado como dos bytes de 8 bits. Cuando esto se ha realizado, el byte de orden bajo del campo se añade primero, seguido del byte de orden alto. El byte de orden alto del CRC es el último byte que se envía en el mensaje.

3.9.10.8 Direccionamiento de bobinas

En Modbus, todos los datos están organizados en bobinas y registros de retención. Las bobinas almacenan un solo bit, mientras que los registros de retención alojan un código de 2 bytes (16 bits). Todas las direcciones de datos de los mensajes Modbus están referenciadas a cero. La primera aparición de un elemento de datos se gestiona como elemento número cero. Por ejemplo: la bobina conocida como *bobina 1* de un controlador programable se trata como el campo de dirección de un mensaje Modbus. La *Bobina 127 decimal* se trata como *bobina 007EHEX (126 decimal)*.

El *registro de retención 40001* se trata como *registro 0000* en el campo de dirección del mensaje. El campo de código de función ya especifica una operación de registro de retención. Por lo tanto, la referencia 4XXXX es implícita. El *registro de retención 40108* se procesa como un *registro 006BHEX (107 decimal)*.

Número de bobina	Descripción	Dirección de la señal
1-16	Código de control del convertidor de frecuencia.	De maestro a esclavo
17-32	Velocidad del convertidor de frecuencia o intervalo de referencias de valor de consigna 0x0-0xFFFF (-200 %~200 %).	De maestro a esclavo
33-48	Código de estado del convertidor de frecuencia (consulte la <i>Tabla 3.36</i>).	De esclavo a maestro
49-64	Modo de lazo abierto: frecuencia de salida del convertidor de frecuencia. Modo de lazo cerrado: señal de realimentación del convertidor de frecuencia.	De esclavo a maestro
65	Control de escritura de parámetro (maestro a esclavo).	De maestro a esclavo
	0 = Los cambios en los parámetros se escriben en la RAM del convertidor de frecuencia.	
	1 = Los cambios de los parámetros se escriben en la RAM y en la EEPROM del convertidor de frecuencia.	
66-65536	Reservado.	

Tabla 3.34 Descripciones de bobinas

Bobina	0	1
01	Referencia interna, bit menos significativo (lsb)	
02	Referencia interna, bit más significativo (msb)	
03	Freno de CC	Sin freno de CC
04	Paro por inercia	Sin paro por inercia
05	Parada rápida	Sin parada rápida
06	Mantener frecuencia	No mantener frecuencia
07	Parada de rampa	Arranque
08	Sin reinicio	Reinicio
09	Sin velocidad fija	Velocidad fija
10	Rampa 1	Rampa 2
11	Datos no válidos	Datos válidos
12	Relé 1 desactivado	Relé 1 activado
13	Relé 2 desactivado	Relé 2 activado
14	Ajuste del bit menos significativo (lsb)	
15	Ajuste del bit más significativo (msb)	
16	Sin cambio de sentido	Cambio de sentido

Tabla 3.35 Código de control del convertidor de frecuencia (perfil FC)

Bobina	0	1
33	Control no preparado	Control prep.
34	Convertidor de frecuencia no preparado	Convertidor de frecuencia listo
35	Paro por inercia	Cerrado seguro
36	Sin alarma	Alarma
37	Sin uso	Sin uso
38	Sin uso	Sin uso
39	Sin uso	Sin uso
40	Sin advertencia	Advertencia
41	No en referencia	En referencia
42	Modo manual	Modo automático
43	Fuera de rango de frecuencia	En rangos de frecuencia
44	Detenido	En func.
45	Sin uso	Sin uso
46	Sin advertencia de tensión	Advertencia de tensión
47	No en límite de intensidad	Límite de intensidad
48	Sin advertencia térmica	Advertencia térmica

Tabla 3.36 Código de estado del convertidor de frecuencia (perfil FC)

Número de registro	Descripción
00001-00006	Reservado
00007	Último código de error desde una interfaz de objeto de datos de convertidor de frecuencia
00008	Reservado
00009	Índice de parámetro ¹⁾
00010-00990	Grupo de parámetros 000 (parámetros del 0-01 al 0-99)
01000-01990	Grupo de parámetros 100 (parámetros del 1-00 al 1-99)
02000-02990	Grupo de parámetros 200 (parámetros del 2-00 al 2-99)
03000-03990	Grupo de parámetros 300 (parámetros del 3-00 al 3-99)
04000-04990	Grupo de parámetros 400 (parámetros del 4-00 al 4-99)
...	...
49000-49990	Grupo de parámetros 4900 (parámetros del 49-00 al 49-99)
50000	Datos de entrada: registro de código de control de convertidor de frecuencia (CTW)
50010	Datos de entrada: registro de referencia de bus (REF)
...	...
50200	Datos de salida: registro de código de estado de convertidor de frecuencia (STW).
50210	Datos de salida: registro del valor actual principal del convertidor de frecuencia (MAV).

Tabla 3.37 Registros de retención

1) Utilizado para especificar el número de índice que se debe usar al acceder a un parámetro indexado.

3.9.10.9 Control del convertidor de frecuencia

Los códigos disponibles para su uso en los campos de datos y función de un mensaje Modbus RTU se enumeran en el capítulo 3.9.10.10 Códigos de función admitidos por Modbus RTU y el capítulo 3.9.10.11 Códigos de excepción Modbus.

3.9.10.10 Códigos de función admitidos por Modbus RTU

El Modbus RTU admite el uso de los códigos de función (consulte la Tabla 3.38) en el campo de función de un mensaje.

Función	Código de función (hex)
Leer bobinas	1
Leer registros de retención	3
Escribir una sola bobina	5
Escribir un solo registro	6
Escribir múltiples bobinas	F
Escribir múltiples registros	10
Obtener contador de eventos de comunicación	B
Informar de ID de esclavo	11

Tabla 3.38 Códigos de función

Función	Código de función	Código de subfunción	Subfunción
Diagnóstico	8	1	Reiniciar comunicación
		2	Devolver registro de diagnóstico
		10	Borrar contadores y registro de diagnóstico
		11	Devolver recuento de mensajes de bus
		12	Devolver recuento de errores de comunicación de bus
		13	Muestra el recuento de errores de esclavo
		14	Devolver recuento de mensajes de esclavo

Tabla 3.39 Códigos de función y códigos de subfunción

3.9.10.11 Códigos de excepción Modbus

Para obtener una explicación completa sobre la estructura de una excepción, consulte el capítulo 3.9.10.5 Campo de función.

Código	Nombre	Significado
1	Función incorrecta	El código de función recibido en la petición no es una acción permitida para el servidor (o esclavo). Esto puede ser debido a que el código de la función solo se aplica a dispositivos recientes y no se implementó en la unidad seleccionada. También puede indicar que el servidor (o esclavo) se encuentra en un estado incorrecto para procesar una petición de este tipo, por ejemplo, porque no esté configurado y se le pide devolver valores registrados.
2	Dirección de datos incorrecta	La dirección de datos recibida en la petición no es una dirección admisible para el servidor (o esclavo). Más concretamente, la combinación del número de referencia y la longitud de transferencia no es válida. Para un controlador con 100 registros, una petición con desviación 96 y longitud 4 sería aceptada, mientras que una petición con desviación 96 y longitud 5 genera una excepción 02.
3	Valor de datos incorrecto	Un valor contenido en el campo de datos de solicitud no es un valor permitido para el servidor (o esclavo). Esto indica un fallo en la estructura de la parte restante de una petición compleja como, por ejemplo, la de que la longitud implicada es incorrecta. NO significa, específicamente, que un conjunto de datos enviado para su almacenamiento en un registro tenga un valor que se encuentra fuera de la expectativa del programa de la aplicación, ya que el protocolo Modbus no conoce el significado de cualquier valor determinado de cualquier registro en particular.
4	Fallo del dispositivo esclavo	Un error irreparable se produjo mientras el servidor (o esclavo) intentaba ejecutar la acción solicitada.

Tabla 3.40 Códigos de excepción Modbus

3.9.11 Acceso a los parámetros

3.9.11.1 Gestión de parámetros

El PNU (número de parámetro) se traduce de la dirección del registro contenida en el mensaje de lectura o escritura Modbus. El número de parámetro se traslada a Modbus como (10 × número de parámetro) decimal. Ejemplo: Lectura *parámetro 3-12 Catch up/slow Down Value* (16 bit): el registro de retención 3120 almacena el valor de los parámetros. Un valor de 1352 (decimal) significa que el parámetro está ajustado en 12,52 %

Lectura del *parámetro 3-14 Referencia interna relativa* (32 bits): los registros de retención 3410 y 3411 almacenan el valor de los parámetros. Un valor de 11 300 (decimal) significa que el parámetro está ajustado en 1113,00.

Para obtener más información sobre los parámetros, el tamaño y el índice de conversión, consulte la *Guía de programación*.

3.9.11.2 Almacenamiento de datos

El decimal de la bobina 65 determina si los datos escritos en el convertidor de frecuencia se almacenan en EEPROM y RAM (bobina 65 = 1) o solo en RAM (bobina 65 = 0).

3.9.11.3 IND (índice)

Algunos de los parámetros del convertidor de frecuencia son parámetro de matrices, p. ej., el *parámetro 3-10 Referencia interna*. Dado que el Modbus no es compatible con matrices en los registros de retención, el convertidor de frecuencia ha reservado el registro de retención 9 como indicador para la matriz. Antes de leer o escribir un parámetro de matrices, configure el registro de retención 9. Si se configura el registro de retención en el valor 2, las siguientes lecturas/escrituras a los parámetros de matrices estarán en el índice 2.

3.9.11.4 Bloques de texto

A los parámetros almacenados como cadenas de texto se accede de la misma forma que a los restantes. El tamaño máximo de un bloque de texto es 20 caracteres. Si se realiza una petición de lectura de un parámetro por más caracteres de los que el parámetro almacena, la respuesta se trunca. Si la petición de lectura se realiza por menos caracteres de los que el parámetro almacena, la respuesta se rellena con espacios en blanco.

3.9.11.5 Factor de conversión

Debido a que un valor de parámetro solo puede transferirse como un número entero, es necesario utilizar un factor de conversión para transmitir las cifras decimales.

3.9.11.6 Valores de parámetros

Tipos de datos estándar

Los tipos de datos estándar son int 16, int 32, uint 8, uint 16 y uint 32. Se guardan como registros 4x (40001-4FFFF). Los parámetros se leen utilizando la función 03 hex *Read Holding Registers* (Lectura de registros de retención). Los parámetros se escriben utilizando la función 6 hex *Preset Single Register* (Preajustar registro único) para 1 registro (16 bits) y la función 10 Hex *Preset Multiple Registers* (Preajustar múltiples registros) para 2 registros (32 bits). Los tamaños

legibles van desde 1 registro (16 bits) hasta 10 registros (20 caracteres).

Tipos de datos no estándar

Los tipos de datos no estándar son cadenas de texto y se almacenan como registros 4x (40001-4FFFF). Los parámetros se leen utilizando la función 03 hex *Read Holding Registers* (Lectura de registros de retención) y se escriben utilizando la función 10 hex *Preset Multiple Registers* (Preajustar múltiples registros). Los tamaños legibles van desde 1 registro (2 caracteres) hasta 10 registros (20 caracteres).

3.9.12 Perfil de control del convertidor de frecuencia

3.9.12.1 Código de control de acuerdo con el perfil FC (*parámetro 8-10 Trama control=perfil FC*)

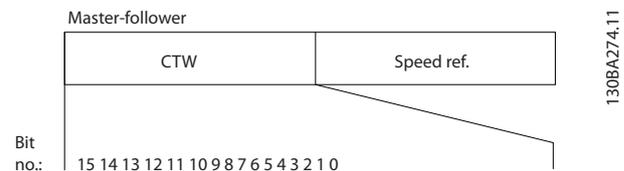


Ilustración 3.56 Código de control

Bit	Valor de bit = 0	Valor de bit = 1
00	Valor de referencia	Selección externa, bit menos significativo (lsb)
01	Valor de referencia	Selección externa, bit más significativo (msb)
02	Freno de CC	Rampa
03	Funcionamiento por inercia	Sin funcionamiento por inercia
04	Parada rápida	Rampa
05	Mantener frecuencia de salida	Usar rampa
06	Parada de rampa	Arranque
07	Sin función	Reinicio
08	Sin función	Velocidad fija
09	Rampa 1	Rampa 2
10	Datos no válidos	Datos válidos
11	Sin función	Relé 01 activo
12	Sin función	Relé 02 activo
13	Ajuste de parámetros	Selección del bit menos significativo (lsb)
14	Ajuste de parámetros	Selección del bit más significativo (msb)
15	Sin función	Cambio sentido

Tabla 3.41 Bits del código de control

Explicación de los bits de control

Bits 00/01

Los bits 00 y 01 se utilizan para seleccionar entre los cuatro valores de referencia, que están preprogramados en *parámetro 3-10 Referencia interna*, según la *Tabla 3.42*.

Valor de referencia programado	Parámetro	Bit 01	Bit 00
1	<i>Parámetro 3-10 Referencia interna [0]</i>	0	0
2	<i>Parámetro 3-10 Referencia interna [1]</i>	0	1
3	<i>Parámetro 3-10 Referencia interna [2]</i>	1	0
4	<i>Parámetro 3-10 Referencia interna [3]</i>	1	1

Tabla 3.42 Valores de referencia

AVISO!

Haga una selección en *parámetro 8-56 Selec. referencia interna* para definir cómo se direccionan los bits 00/01 con la función correspondiente en las entradas digitales.

Bit 02: freno de CC

El bit 02 = 0 causa el frenado de CC y la parada. Ajuste la intensidad y duración de frenado en *parámetro 2-01 Intens. freno CC* y en *parámetro 2-02 Tiempo de frenado CC*.

El bit 02 = 1 provoca una rampa.

Bit 03: funcionamiento por inercia

Bit 03=0: el convertidor de frecuencia libera inmediatamente al motor (los transistores de salida se desactivan) y se produce inercia hasta la parada.

Bit 03=1: si se cumplen las demás condiciones de arranque, el convertidor de frecuencia arranca el motor.

Haga una selección en *parámetro 8-50 Selección inercia* para definir cómo se direcciona el bit 03 con la correspondiente función en una entrada digital.

Bit 04: parada rápida

Bit 04=0: hace decelerar el motor hasta pararse (se ajusta en *parámetro 3-81 Tiempo rampa parada rápida*).

Bit 05: mantener la frecuencia de salida

Bit 05=0: la frecuencia de salida actual (en Hz) se mantiene. Cambiar la frecuencia de salida mantenida únicamente mediante las entradas digitales (de *parámetro 5-10 Terminal 18 Entrada digital* a *parámetro 5-15 Terminal 33 entrada digital*) programadas en *Aceleración y Enganc. abajo*.

AVISO!

Si está activada la opción *Mantener salida*, detenga el convertidor de frecuencia mediante:

- Bit 03: paro por inercia.
- Bit 02: frenado de CC.
- Entrada digital (de *parámetro 5-10 Terminal 18 Entrada digital* a *parámetro 5-15 Terminal 33 entrada digital*) programada en *Frenado de CC, Paro por inercia o Reinicio* y *Paro por inercia*.

Bit 06: parada/arranque de rampa

Bit 06=0: provoca una parada y hace que la velocidad del motor decelere hasta detenerse mediante el parámetro de rampa de deceleración seleccionado.

Bit 06=1: si se cumplen las demás condiciones de arranque, se permite al convertidor de frecuencia arrancar el motor.

Haga una selección en *parámetro 8-53 Selec. arranque* para definir cómo se direcciona el bit 06 *Parada/arranque de rampa* con la función correspondiente en una entrada digital.

Bit 07: reinicio

Bit 07=0: sin reinicio.

Bit 07=1: reinicia una desconexión. El reinicio se activa en el frente delantero de la señal, es decir, cuando cambia de 0 lógico a 1 lógico.

Bit 08: velocidad fija

Bit 08=1: *Parámetro 3-19 Velocidad fija [RPM]* determina la frecuencia de salida.

Bit 09: selección de rampa 1/2

Bit 09=0: la rampa 1 está activa (de *parámetro 3-41 Rampa 1 tiempo acel. rampa* a *parámetro 3-42 Rampa 1 tiempo desaccel. rampa*).

Bit 09=1: la rampa 2 está activa (de *parámetro 3-51 Rampa 2 tiempo acel. rampa* a *parámetro 3-52 Rampa 2 tiempo desaccel. rampa*).

Bit 10: datos no válidos / datos válidos

Indica al convertidor de frecuencia si debe utilizar o ignorar el código de control.

Bit 10=0: el código de control se ignora.

Bit 10=1: el código de control se utiliza. Esta función es relevante porque el telegrama contiene siempre el código de control, independientemente del tipo de telegrama. Desactive el código de control si no se debe utilizar al actualizar o leer parámetros.

Bit 11: relé 01

Bit 11=0: relé no activado.

Bit 11=1: relé 01 activado, siempre que se haya seleccionado [36] *Bit código control 11* en el *parámetro 5-40 Relé de función*.

Bit 12, relé 04

Bit 12=0: el relé 04 no está activado.

Bit 12=1: relé 04 activado, siempre que se haya seleccionado [37] *Bit código control 12* en el parámetro 5-40 *Relé de función*.

Bit 13/14: selección de ajuste

Utilice los bits 13 y 14 para elegir entre los cuatro ajustes de menú, según la *Tabla 3.43*.

Ajuste	Bit 14	Bit 13
1	0	0
2	0	1
3	1	0
4	1	1

Tabla 3.43 Especificación de los ajustes del menú

Esta función solamente es posible cuando se selecciona [9] *Ajuste activo* en el parámetro 0-10 *Ajuste activo*.

Haga una selección en parámetro 8-55 *Selec. ajuste* para definir cómo se direccionan los bits 13/14 con la función correspondiente en las entradas digitales.

Bit 15: cambio del sentido

Bit 15=0: sin cambio de sentido.

Bit 15=1: Cambio de sentido. En los ajustes predeterminados, el cambio de sentido se ajusta a digital en parámetro 8-54 *Selec. sentido inverso*. El bit 15 solo causa el cambio de sentido cuando se ha seleccionado [1] *Bus*, [2] *Lógico Y* o [3] *Lógico O*.

3.9.12.2 Código de estado conforme al perfil FC (STW) (parámetro 8-10 *Trama control* = perfil FC)

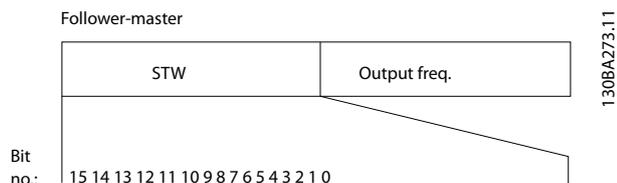


Ilustración 3.57 Código de estado

Bit	Bit = 0	Bit = 1
00	Control no preparado	Control prep.
01	Convertidor de frecuencia no preparado	Convertidor listo
02	Funcionamiento por inercia	Activar
03	Sin error	Desconexión
04	Sin error	Error (sin desconexión)
05	Reservado	-
06	Sin error	Bloqueo por alarma
07	Sin advertencia	Advertencia
08	Velocidad ≠ ref.	Velocidad = referencia
09	Funcionamiento local	Control de bus
10	Fuera del límite de frecuencia	Límite de frecuencia OK
11	Sin función	En funcionamiento
12	Convertidor de frecuencia OK	Detenido, arranque automático
13	Tensión OK	Tensión excedida
14	Par OK	Par excedido
15	Temporizador OK	Temporizador excedido

Tabla 3.44 Bits del código de estado

Explicación de los bits de estado

Bit 00: control no listo / listo

Bit 00=0: el convertidor de frecuencia se desconecta.
 Bit 00=1: Los controles del convertidor de frecuencia están preparados, pero el componente de potencia podría no estar recibiendo suministro eléctrico (en el caso de suministro externo de 24 V a los controles).

Bit 01: convertidor de frecuencia preparado

Bit 01=1: el convertidor de frecuencia está listo para funcionar, pero la orden de funcionamiento por inercia esta activada mediante las entradas digitales o la comunicación serie.

Bit 02: paro por inercia

Bit 02=0: el convertidor de frecuencia libera el motor.
 Bit 02=1: el convertidor de frecuencia arranca el motor con una orden de arranque.

Bit 03: sin error / desconexión

Bit 03=0: el convertidor de frecuencia no está en modo de fallo.
 Bit 03=1: el convertidor de frecuencia se desconecta. Para restablecer el funcionamiento, pulse [Reset].

Bit 04: sin error / error (sin desconexión)

Bit 04=0: el convertidor de frecuencia no está en modo de fallo.
 Bit 04=1: el convertidor de frecuencia muestra un error pero no se desconecta.

Bit 05: sin uso

El bit 05 no se utiliza en el código de estado.

Bit 06: sin error / bloqueo por alarma

Bit 06=0: el convertidor de frecuencia no está en modo de fallo.

Bit 06=1: el convertidor de frecuencia se ha desconectado y bloqueado.

Bit 07: sin advertencia / advertencia

Bit 07=0: No hay advertencias.

Bit 07=1: se ha producido una advertencia.

Bit 08: velocidad ≠ referencia / velocidad = referencia

Bit 08=0: el motor está funcionando pero la velocidad actual es distinta a la referencia interna de velocidad. Por ejemplo, esto puede ocurrir cuando la velocidad sigue una rampa hacia arriba o hacia abajo durante el arranque / la parada.

Bit 08=1: la velocidad del motor es igual a la referencia interna de velocidad.

Bit 09: funcionamiento local / control de bus

Bit 09=0: [Stop/Reset] está activo en la unidad de control o se selecciona [2] Local en el parámetro 3-13 Lugar de referencia. No es posible el control mediante la comunicación serie.

Bit 09=1 Es posible controlar el convertidor de frecuencia a través de la comunicación serie / el bus de campo.

Bit 10: fuera de límite de frecuencia

Bit 10=0: la frecuencia de salida ha alcanzado el valor ajustado en parámetro 4-11 Límite bajo veloc. motor [RPM] o parámetro 4-13 Límite alto veloc. motor [RPM].

Bit 10=1: la frecuencia de salida está dentro de los límites definidos.

Bit 11: sin función / en funcionamiento

Bit 11=0: el motor no está en marcha.

Bit 11=1: el convertidor de frecuencia tiene una señal de arranque o la frecuencia de salida es superior a 0 Hz.

Bit 12, Convertidor OK/parado, arranque automático

Bit 12=0: no hay una sobrettemperatura temporal en el inversor.

Bit 12=1: el inversor se ha parado debido a una temperatura excesiva, pero la unidad no se ha desconectado y terminará su funcionamiento cuando la temperatura disminuya.

Bit 13: tensión OK / límite excedido

Bit 13=0: no hay advertencias de tensión.

Bit 13=1: la tensión del bus de CC del convertidor de frecuencia es demasiado baja o demasiado elevada.

Bit 14: par OK / límite excedido

Bit 14=0: la intensidad del motor es inferior al límite de par seleccionado en parámetro 4-18 Límite intensidad.

Bit 14=1: se ha sobrepasado el límite de par en parámetro 4-18 Límite intensidad.

Bit 15: temporizador OK / límite excedido

Bit 15=0: los temporizadores para la protección térmica del motor y la protección térmica no han sobrepasado el 100 %.

Bit 15=1: uno de los temporizadores ha sobrepasado el 100 %.

Si se pierde la conexión entre la opción InterBus y el convertidor de frecuencia, o si se produce un problema de comunicación interna, todos los bits del STW se ajustan a «0».

3.9.12.3 Valor de referencia de velocidad de bus

El valor de referencia de la velocidad se transmite al convertidor de frecuencia en forma de valor relativo en %. El valor se transmite en forma de una palabra de 16 bits; en enteros (0-32 767), el valor 16 384 (4000 Hex) corresponde al 100 %. Las cifras negativas se codifican en complemento a 2. La frecuencia real de salida (MAV) se escala de la misma forma que la referencia del bus.

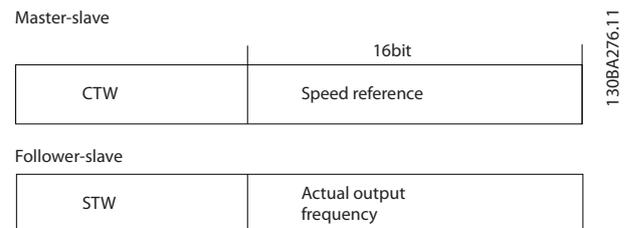


Ilustración 3.58 Frecuencia real de salida (MAV)

La referencia y la MAV se escalan de la siguiente forma:

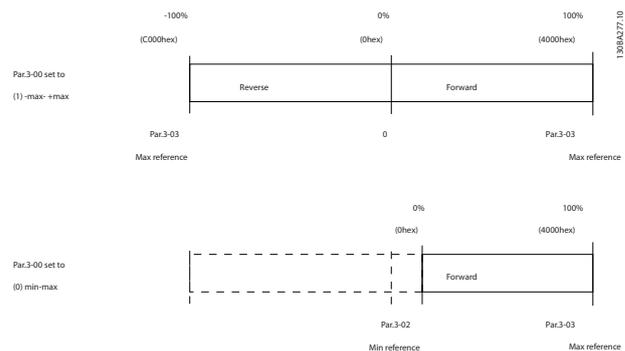


Ilustración 3.59 Referencia y MAV

3.9.12.4 Código de control de acuerdo con el perfil de PROFdrive (CTW)

El código de control se utiliza para enviar comandos de un maestro (p. ej., un PC) a un esclavo.

Bit	Bit = 0	Bit = 1
00	Off 1	On 1
01	Off 2	On 2
02	Off 3	On 3
03	Funcionamiento por inercia	Sin funcionamiento por inercia
04	Parada rápida	Rampa
05	Mantener la salida de frecuencia	Usar rampa
06	Parada de rampa	Arranque
07	Sin función	Reinicio
08	Velocidad fija 1 Off	Velocidad fija 1 On
09	Velocidad fija 2 Off	Velocidad fija 2 On
10	Datos no válidos	Datos válidos
11	Sin función	Enganche abajo
12	Sin función	Enganche arriba
13	Ajuste de parámetros	Selección del bit menos significativo (lsb)
14	Ajuste de parámetros	Selección del bit más significativo (msb)
15	Sin función	Cambio sentido

Tabla 3.45 Bits del código de control

Explicación de los bits de control

Bit 00: APAGADO 1 / ENCENDIDO 1

Las paradas de rampa normal utilizan los tiempos de rampa de la rampa actualmente seleccionada. Bit 00=0 provoca una parada y la activación del relé de salida 1 o 2 si la frecuencia de salida es 0 Hz y si se ha seleccionado [31] Relay 123 en el *parámetro 5-40 Relé de función*.

Cuando bit 0=1, el convertidor de frecuencia está en el estado 1: *Encendido inhibido*.

Bit 01: off 2 / on 2

Paro por inercia

Si la frecuencia de salida es de 0 Hz y se ha seleccionado [31] Relay 123 en el *parámetro 5-40 Relé de función*, cuando el bit 01=0, se produce una parada por inercia y la activación del relé de salida 1 o 2.

Bit 02: off 3 / on 3

Parada rápida utilizando el tiempo de rampa de *parámetro 3-81 Tiempo rampa parada rápida*. Si la frecuencia de salida es de 0 Hz y se ha seleccionado [31] Relay 123 en el *parámetro 5-40 Relé de función*, cuando el bit 02=0, se produce una parada rápida y la activación del relé de salida 1 o 2.

Cuando bit 02=1, el convertidor de frecuencia está en Estado 1: *Encendido inhibido*.

Bit 03: funcionamiento por inercia / sin inercia

Paro por inercia, bit 03=0 produce una parada.

Si se cumplen las demás condiciones de arranque, cuando el bit 03=1, el convertidor de frecuencia podrá arrancar.

AVISO!

La selección en *parámetro 8-50 Selección inercia* determina el enlace del bit 03 con la correspondiente función de las entradas digitales.

Bit 04: parada rápida / rampa

Parada rápida utilizando el tiempo de rampa de *parámetro 3-81 Tiempo rampa parada rápida*.

Cuando el bit 04=0, se produce una parada rápida.

Si se cumplen las demás condiciones de arranque, cuando el bit 04=1, el convertidor de frecuencia podrá arrancar.

AVISO!

La selección en *parámetro 8-51 Quick Stop Select* determina el enlace del bit 04 con la correspondiente función de las entradas digitales.

Bit 05: mantener la salida de frecuencia / utilizar rampa

Cuando el bit 05=0, se mantiene la frecuencia de salida actual aunque se cambie el valor de referencia.

Cuando bit 05=1, el convertidor de frecuencia realiza su función reguladora de nuevo; el funcionamiento se produce de acuerdo con el respectivo valor de referencia.

Bit 06: parada / arranque de rampa

La parada de rampa normal utiliza los tiempos de rampa de la rampa actualmente seleccionada. Además, se activa el relé de salida 01 o 04 si la frecuencia de salida es 0 Hz y si se ha seleccionado [31] Relay 123 en el *parámetro 5-40 Relé de función*.

Bit 06=0 da lugar a una parada.

Si se cumplen las demás condiciones de arranque, cuando el bit 06=1, el convertidor de frecuencia podrá arrancar.

AVISO!

La selección en *parámetro 8-53 Selec. arranque* determina el enlace del bit 06 con la correspondiente función de las entradas digitales.

Bit 07: sin función / reinicio

Reinicio después de la desconexión.

Reconoce el evento en el buffer defectuoso.

Cuando el bit 07=0, no se produce el reinicio.

Cuando hay un cambio de inclinación del bit 07 a 1, se produce un reinicio después de la desconexión.

Bit 08: velocidad fija 1 off/on

Activación de la velocidad preprogramada en el *parámetro 8-90 Veloc Bus Jog 1*. VELOCIDAD FIJA 1 solo es posible si el bit 04=0 y el bit 00-03=1.

Bit 09: velocidad fija 2 off/on

Activación de la velocidad preprogramada en *parámetro 8-91 Veloc Bus Jog 2*. Velocidad fija 2 solo es posible si el bit 04=0 y el bit 00-03=1.

Bit 10: datos no válidos / válidos

Indica al convertidor de frecuencia si debe utilizar o pasar por alto el código de control.
 El bit 10=0 hace que se pase por alto el código de control.
 El bit 10=1 hace que se utilice el código de control. Esta función es importante, debido a que el código de control siempre está contenido en el telegrama, independientemente del tipo de telegrama que se emplee. Si no hay que utilizarlo para actualizar o leer parámetros, será posible desactivar el código de control.

Bit 11: sin función / ralentizar

Se utiliza para reducir el valor de referencia de velocidad en la cantidad señalada en *parámetro 3-12 Catch up/slow Down Value*.
 Cuando el bit 11=0, no se producirá ninguna modificación del valor de referencia.
 Cuando el bit 11=1, el valor de referencia se reduce.

Bit 12: sin función / enganche arriba

Se utiliza para aumentar el valor de referencia de velocidad en la cantidad señalada en el *parámetro 3-12 Catch up/slow Down Value*.
 Cuando el bit 12=0, no se producirá ninguna modificación del valor de referencia.
 Cuando el bit 12=1, el valor de referencia se incrementa. Si tanto la deceleración como la aceleración están activadas (bits 11 y 12=1), la deceleración tiene prioridad, es decir, el valor de referencia de velocidad se reducirá.

Bits 13/14: selección de ajustes

Los bits 13 y 14 se utilizan para seleccionar entre los cuatro ajustes de parámetros de acuerdo con la *Tabla 3.46*.
 La función solo es posible cuando se selecciona [9] *Ajuste activo* en *parámetro 0-10 Ajuste activo*. La selección del *parámetro 8-55 Selec. ajuste* determina cómo los bits 13 y 14 enlazan con la función correspondiente de las entradas digitales. Solo es posible modificar el ajuste durante el funcionamiento si los ajustes se han enlazado en *parámetro 0-12 Ajuste actual enlazado a*.

Ajuste	Bit 13	Bit 14
1	0	0
2	1	0
3	0	1
4	1	1

Tabla 3.46 Selección de ajustes

Bit 15: sin función / cambio de sentido

El bit 15=0 hace que no haya cambio de sentido.
 El bit 15=1 hace que haya un cambio de sentido.

AVISO!

En los ajustes de fábrica, el cambio de sentido se ajusta a [0] *Entrada digital* en el *parámetro 8-54 Selec. sentido inverso*.

AVISO!

El bit 15 solo causa el cambio de sentido cuando se ha seleccionado [1] *Bus*, [2] *Lógico Y* o [3] *Lógico O* en el *parámetro 8-54 Selec. sentido inverso*.

3.9.12.5 Código de estado según el perfil de PROFdrive (STW)

El código de estado se utiliza para comunicar al maestro (por ejemplo, un PC) el estado de un esclavo.

Bit	Bit = 0	Bit = 1
00	Control no preparado	Control prep.
01	Convertidor de frecuencia no preparado	Convertidor listo
02	Funcionamiento por inercia	Activar
03	Sin error	Desconexión
04	Off 2	On 2
05	Off 3	On 3
06	Arranque posible	Arranque imposible
07	Sin advertencia	Advertencia
08	Velocidad≠referencia	Velocidad = referencia
09	Funcionamiento local	Control de bus
10	Fuera del límite de frecuencia	Límite de frecuencia OK
11	Sin función	En funcionamiento
12	Convertidor de frecuencia OK	Detenido, arranque automático
13	Tensión OK	Tensión excedida
14	Par OK	Par excedido
15	Temporizador OK	Temporizador excedido

Tabla 3.47 Bits del código de estado

Explicación de los bits de estado

Bit 00: control no listo / listo

Cuando el bit 00=0, los bits 00, 01 o 02 del código de control son 0 (OFF 1, OFF 2 o OFF 3) o el convertidor de frecuencia se apaga (desconexión).
 Cuando el bit 00=1, el control del convertidor de frecuencia está preparado, pero no hay necesariamente una fuente de alimentación a la unidad (en el caso de suministro externo de 24 V del sistema de control).

Bit 01: convertidor de frecuencia no preparado / preparado

Misma importancia que el bit 00, no obstante, hay suministro desde la unidad de alimentación. El convertidor de frecuencia está preparado cuando recibe las señales de arranque necesarias.

Bit 02: funcionamiento por inercia / activar

Cuando el bit 02=0, los bits 00, 01 o 02 del código de control son 0 (OFF 1, OFF 2 o OFF 3 o funcionamiento por inercia) o el convertidor de frecuencia se apaga (desconexión).

Cuando bit 02=1, los bits 00, 01 o 02 del código de control son 1; el convertidor de frecuencia no se ha desconectado.

Bit 03: sin error / desconexión

Cuando el bit 03=0, hay un estado sin error del convertidor de frecuencia.

Cuando el bit 03=1, el convertidor de frecuencia se ha desconectado y necesita una señal de reinicio para poder arrancar.

Bit 04: on 2/off 2

Cuando el bit 01 del código de control es 0, el bit 04=0.

Cuando el bit 01 del código de control es 1, el bit 04=1.

Bit 05: on 3/off 3

Cuando el bit 02 del código de control es 0, el bit 05=0.

Cuando el bit 02 del código de control es 1, el bit 05=1.

Bit 06: arranque posible / arranque imposible

Si se ha seleccionado [1] Perfil *PROFIdrive* en el parámetro 8-10 *Trama control*, el bit 06 es 1 tras el reconocimiento de la desconexión, tras la activación de Off2 u Off3 y tras la conexión de la tensión de red, se reinicia *Arranque imposible*, el bit 00 del código de control se ajusta a 0 y los bits 01, 02 y 10 se ajustan a 1.

Bit 07: sin advertencia / advertencia

El bit 07=0 significa que no hay advertencias.

Bit 07=1 significa que se ha producido una advertencia.

Bit 08: velocidad ≠ referencia / velocidad = referencia

Cuando el bit 08=0, la velocidad actual del motor se desvía del valor de referencia de velocidad ajustado. Esto podría suceder, por ejemplo, cuando la velocidad cambia durante el arranque / la parada mediante una rampa de aceleración/deceleración.

Cuando el bit 08=1, la velocidad del motor se corresponde con el valor de referencia de velocidad ajustado.

Bit 09: funcionamiento local / control de bus

Bit 09=0 indica que el convertidor de frecuencia se ha detenido mediante el botón [Stop] del LCP o que se ha seleccionado [0] *Conex. a manual/auto* o [2] *Local* en el parámetro 3-13 *Lugar de referencia*.

Cuando el bit 09=1, el convertidor de frecuencia se puede controlar mediante la interfaz serie.

Bit 10: fuera del límite de frecuencia / límite de frecuencia OK

Cuando el bit 10=0, la frecuencia de salida está fuera de los límites ajustados en parámetro 4-52 *Advert. Veloc. baja* y en parámetro 4-53 *Advert. Veloc. alta*.

Cuando el bit 10=1, la frecuencia de salida se encuentra dentro de los límites indicados.

Bit 11: sin función / en funcionamiento

Cuando el bit 11=0, el motor no está en funcionamiento.

Cuando el bit 11=1, el convertidor de frecuencia tiene una señal de arranque o la frecuencia de salida es mayor que 0 Hz.

Bit 12, convertidor de frecuencia OK/parado, arranque automático

Cuando el bit 12=0, no hay sobrecarga temporal del inversor.

Cuando el bit 12=1, el inversor se para debido a sobrecarga. No obstante, el convertidor de frecuencia no está apagado (desconectado) y arranca de nuevo cuando finaliza la sobrecarga.

Bit 13: tensión OK / tensión excedida

Cuando el bit 13=0, significa que no se han excedido los límites de tensión del convertidor de frecuencia.

Cuando el bit 13=1, la tensión directa al enlace de CC del convertidor de frecuencia es demasiado baja o demasiado alta.

Bit 14: par OK / par excedido

Cuando el bit 14=0, el par del motor es inferior al límite seleccionado en parámetro 4-16 *Modo motor límite de par* y en parámetro 4-17 *Modo generador límite de par*.

Cuando el bit 14=1, se ha sobrepasado el límite seleccionado en parámetro 4-16 *Modo motor límite de par* o parámetro 4-17 *Modo generador límite de par*.

Bit 15: temporizador OK / temporizador excedido

Cuando el bit 15=0, los temporizadores para la protección térmica del motor y la protección térmica del convertidor de frecuencia, respectivamente, no han sobrepasado el 100 %.

Cuando el bit 15=1, uno de los temporizadores ha sobrepasado el 100 %.

3.10 Lista de verificación del diseño del sistema

Tabla 3.48 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	<input type="checkbox"/>
Modelo de convertidor			
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			
	Conectores		
	Contactos		
	Filtros		
Salida			
Cables			
	Tipo		
	Longitud		
Fusibles			
	Tipo		
	Tamaño		
	Clasificación		
Opciones			
	Filtros		
Control			
Cableado			
	Tipo		
	Longitud		
	Conexiones de terminal		
Comunicación			
	Protocolo		
	Conexión		

3

Categoría	Detalles	Notas	<input checked="" type="checkbox"/>
	Cableado		
Opciones			
	Conectores		
	Contactos		
	Filtros		
Motor			
	Tipo		
	Clasificación		
	Tensión		
	Opciones		
Equipo y herramientas especiales			
	Movimiento y almacenamiento		
	Montaje		
	Conexión de la red de alimentación		

Tabla 3.48 Lista de verificación del diseño del sistema

4 Ejemplos de aplicaciones

4.1 Ejemplos de aplicaciones

VLT® Refrigeration Drive FC 103 está diseñado para aplicaciones de refrigeración. Entre la amplia gama de funciones de serie y opcionales se incluye el SmartStart optimizado:

- **Alternancia del motor**
La función de alternancia del motor resulta adecuada para las aplicaciones con dos motores que comparten un convertidor de frecuencia (por ejemplo, aplicaciones de ventilador o de bomba).

AVISO!

No utilice la alternancia del motor con compresores.

- **Control de centrales**
El control de centrales básico está integrado de serie, con una capacidad de hasta tres compresores. El control de centrales permite el control de velocidad de un compresor particular de un grupo de compresores. Para controlar hasta seis compresores, utilice VLT® Extended Relay Card MCB 113.
- **Control de temperatura de condensación flotante**
Ahorra dinero mediante el control de la temperatura exterior y haciendo que la temperatura de condensación sea lo más baja posible, lo cual reduce la velocidad del ventilador y el consumo energético.
- **Gestión de retorno de aceite**
La gestión de retorno de aceite mejora la fiabilidad y la vida útil del compresor y garantiza una lubricación adecuada, mediante el seguimiento del compresor de velocidad variable. Cuando ha estado funcionando durante un tiempo determinado, aumenta la velocidad para devolver el aceite al depósito.
- **Seguimiento de baja presión y alta presión**
Ahorra dinero reduciendo la necesidad de reinicios *in situ*. El convertidor de frecuencia controla la presión del sistema y, si esta alcanza un nivel cercano al que acciona la válvula de parada, el convertidor de frecuencia efectúa un apagado de seguridad y reanuda poco después.
- **STO**
La STO activa la Safe Torque Off (inercia) cuando se produce una situación grave.

- **Modo reposo**
El modo reposo ahorra energía deteniendo la bomba cuando no hay demanda.
- Reloj en tiempo real.
- **Smart logic control (SLC)**
El SLC comprende la programación de una secuencia que consta de eventos y acciones. El SLC ofrece una amplia gama de funciones de PLC con comparadores, reglas lógicas y temporizadores.

4.2 Funciones de aplicación seleccionadas

4.2.1 SmartStart

Para configurar el convertidor de frecuencia del modo más lógico y eficiente, el texto y el lenguaje utilizados en el convertidor de frecuencia deben ser perfectamente comprensibles para los ingenieros e instaladores del sector de la refrigeración. Para que la instalación sea aún más eficaz, el menú del asistente de configuración integrado guía al usuario a través de la configuración del convertidor de frecuencia de una manera clara y estructurada.

Se contemplan las siguientes aplicaciones:

- Control multicompresor.
- Ventilador multi condensador, torre de refrigeración / condensación por evaporación.
- Bomba y ventilador únicos.
- Sistema de bomba.

Esta función se activa en el primer encendido, tras un reinicio de fábrica o desde el menú rápido. Al activar el asistente, el convertidor de frecuencia solicitará la información que necesita para ejecutar la aplicación.

4

4.2.2 Arranque/parada

Terminal 18 = Arranque/parada, *parámetro 5-10 Terminal 18 Entrada digital [8] Arranque.*

Terminal 27 = Sin función, *parámetro 5-12 Terminal 27 Entrada digital [0] Sin función (predeterminado: [2] Inercia).*

Parámetro 5-10 Terminal 18 Entrada digital = [8] Arranque (predeterminado).

Parámetro 5-12 Terminal 27 Entrada digital = [2] Inercia (predeterminado).

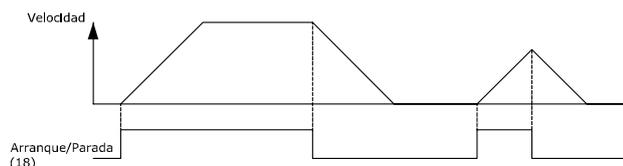
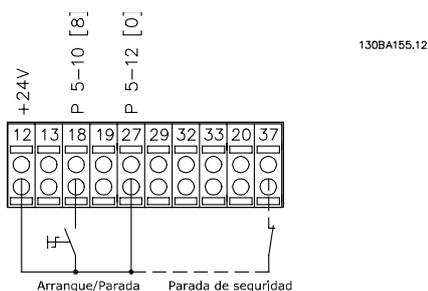


Ilustración 4.1 Terminal 37: Disponible solo con la función de Safe Torque Off (STO)

4.2.3 Arranque/parada por pulsos

Terminal 18 = Arranque/parada, *parámetro 5-10 Terminal 18 Entrada digital [9] Arranque por pulsos.*

Terminal 27 = Parada *parámetro 5-12 Terminal 27 Entrada digital [6] Parada.*

Parámetro 5-10 Terminal 18 Entrada digital = [9] Arranque por pulsos.

Parámetro 5-12 Terminal 27 Entrada digital = [6] Parada.

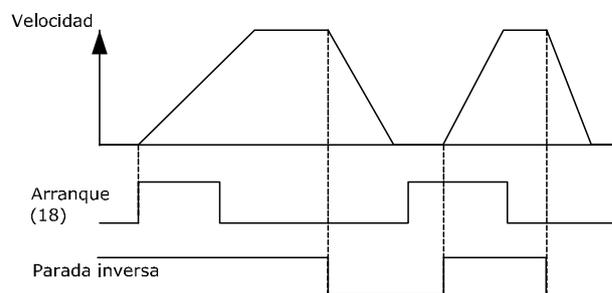
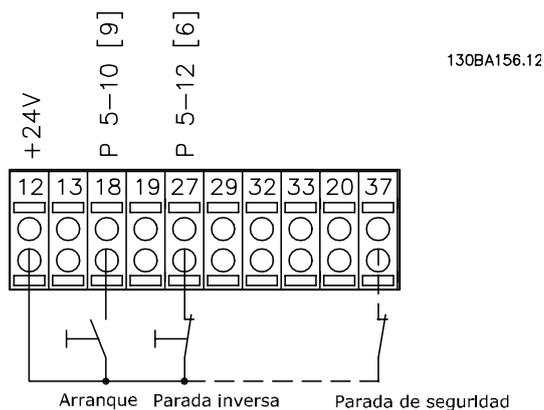


Ilustración 4.2 Terminal 37: solo disponible con la función STO

4.2.4 Referencia de potenciómetro

Referencia de tensión mediante un potenciómetro.

Parámetro 3-15 Fuente 1 de referencia [1] = Entrada analógica 53

Parámetro 6-10 Terminal 53 escala baja $V = 0\text{ V}$

Parámetro 6-11 Terminal 53 escala alta $V = 10\text{ V}$

Parámetro 6-14 Term. 53 valor bajo ref./realim = 0 r/min

Parámetro 6-15 Term. 53 valor alto ref./realim = 1500 r/min

Interruptor S201 = OFF (U)

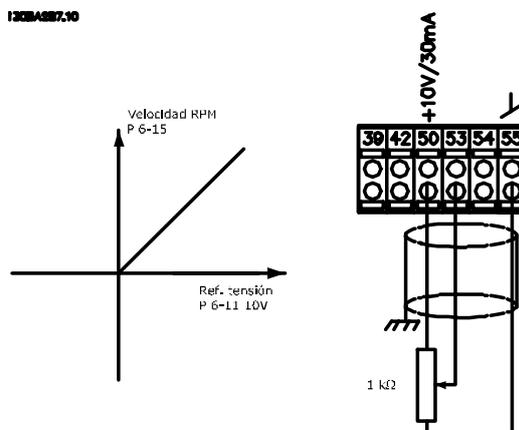


Ilustración 4.3 Referencia de tensión a través de un potenciómetro

4

4.3 Ejemplos de configuración de la aplicación

Los ejemplos de esta sección pretenden ser una referencia rápida para aplicaciones comunes.

- Los ajustes de parámetros son los valores regionales predeterminados, salvo que se indique lo contrario (seleccionado en *parámetro 0-03 Ajustes regionales*).
- Los parámetros asociados con los terminales y sus ajustes se muestran al lado de los dibujos.
- También se muestran los ajustes de interruptor necesarios para los terminales analógicos A53 o A54.

AVISO!

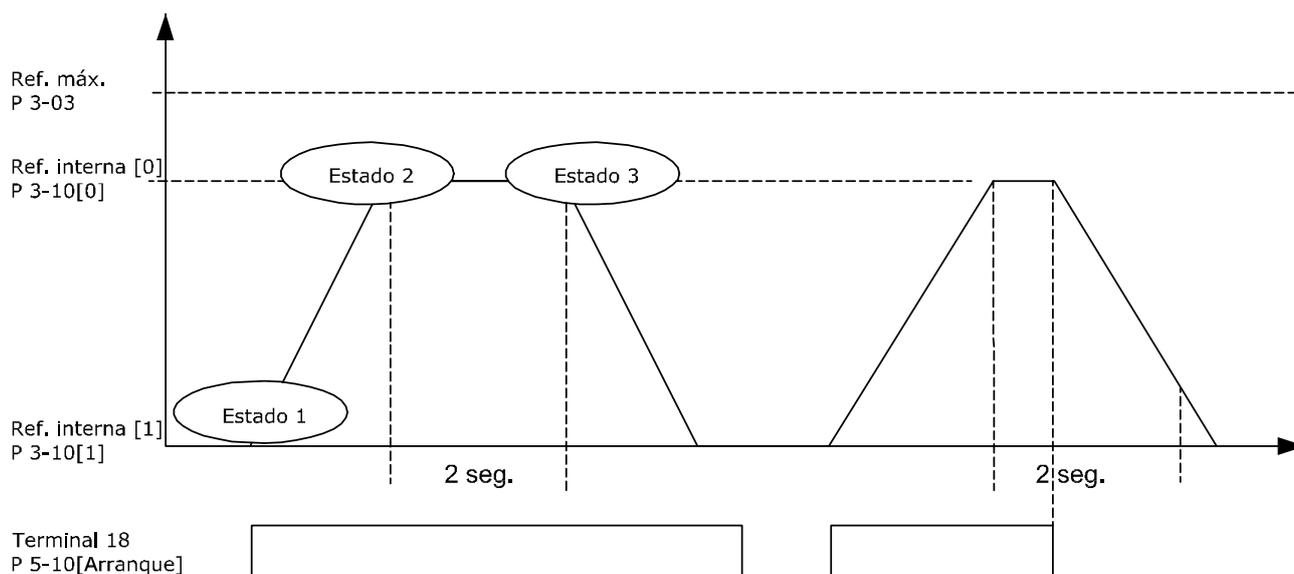
Si se usa la función opcional STO, puede ser necesario un puente entre el terminal 12 (o 13) y el 37 para que el convertidor de frecuencia funcione cuando esté usando los valores de programación ajustados en fábrica.

Ejemplo de aplicación del SLC

Una secuencia 1:

1. Arranque.
2. Rampa de aceleración.
3. Funcionamiento a la velocidad de referencia durante 2 s.
4. Rampa de desaceleración.
5. Detención del eje hasta la parada.

4



130BA157.11

Ilustración 4.4 Aceleración de rampa / deceleración de rampa

Ajuste los tiempos de rampa en el *parámetro 3-41 Rampa 1 tiempo acel. rampa* y el *parámetro 3-42 Rampa 1 tiempo desaccel. rampa* a los valores deseados.

$$t_{rampa} = \frac{t_{acel.} \times n_{norm} (par. 1 - 25)}{ref. [RPM]}$$

Ajuste el terminal 27 a [0] Sin función (*parámetro 5-12 Terminal 27 Entrada digital*)

Ajuste la referencia interna 0 a la primera velocidad preajustada (*parámetro 3-10 Referencia interna [0]*) en forma de porcentaje de la velocidad de referencia máxima (*parámetro 3-03 Referencia máxima*). Ejemplo: 60 %

Ajuste la referencia interna 1 a la segunda velocidad preajustada (*parámetro 3-10 Referencia interna [1]*) Ejemplo: 0 % (cero).

Ajuste el temporizador 0 para una velocidad de funcionamiento constante en *parámetro 13-20 Temporizador Smart Logic Controller [0]*. Ejemplo: 2 s

Ajuste el Evento 1 de *parámetro 13-51 Evento Controlador SL [1]* a [1] Verdadero.

Ajuste el Evento 2 de *parámetro 13-51 Evento Controlador SL [2]* a [4] En referencia.

Ajuste el Evento 3 de *parámetro 13-51 Evento Controlador SL [3]* a [30] Tiempo límite SL 0.

Ajuste el Evento 4 de *parámetro 13-51 Evento Controlador SL [4]* a [0] Falso.

Ajuste la Acción 1 de *parámetro 13-52 Acción Controlador SL [1]* a [10] Selec. ref. presel. 0.

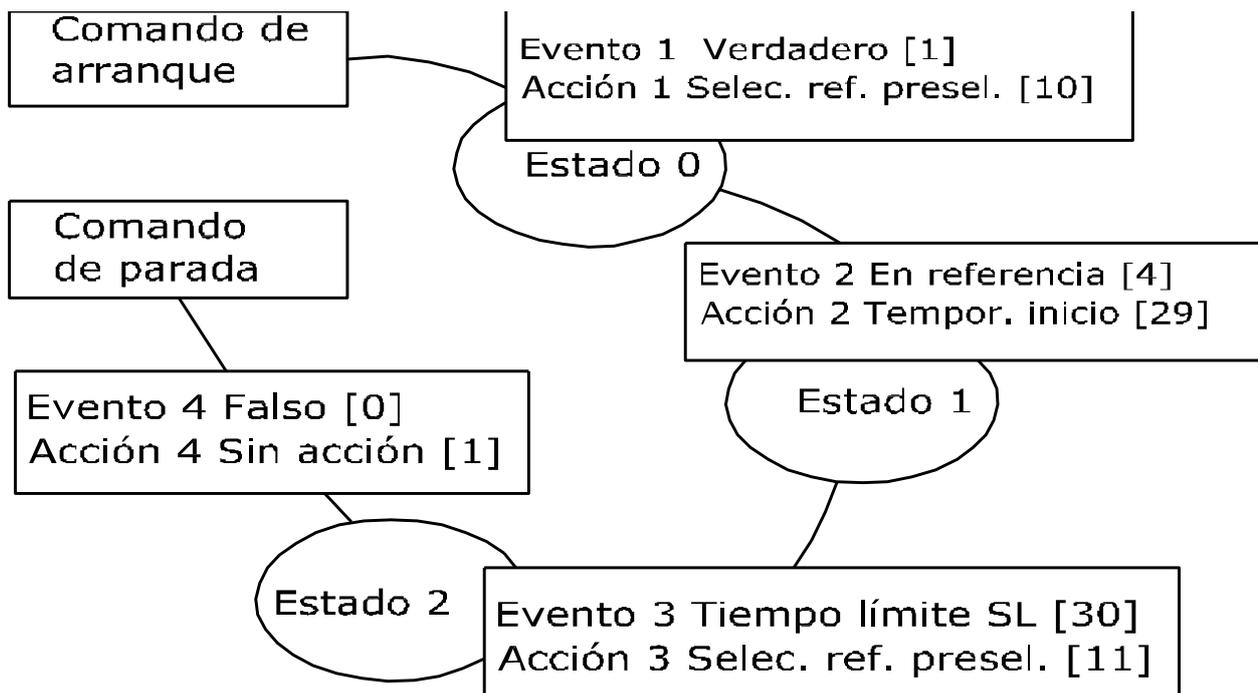
Ajuste la Acción 2 de *parámetro 13-52 Acción Controlador SL [2]* a [29] Tempor. inicio 0.

Ajuste la Acción 3 de *parámetro 13-52 Acción Controlador SL [3]* a [11] Selec. ref. presel. 1.

Ajuste la Acción 4 de *parámetro 13-52 Acción Controlador SL [4]* a [1] Sin acción.

Ajuste el en el *parámetro 13-00 Modo Controlador SL* a ON.

El comando de arranque/parada se aplica en el terminal 18. Si se aplica la señal de parada, el convertidor de frecuencia se desacelerará y pasará a modo libre.



4

130BA148.11

Ilustración 4.5 Ejemplo de aplicación del SLC

4.3.1 Realimentación

		Parámetros	
FC		Función	Ajuste
+24 V	12	Parámetro 6-22	4 mA*
+24 V	13	Terminal 54	escala baja mA
D IN	18	Parámetro 6-23	20 mA*
D IN	19	Terminal 54	escala alta mA
COM	20	Parámetro 6-24	0*
D IN	27	Term. 54 valor	bajo ref./realim
D IN	29	Parámetro 6-25	50*
D IN	32	Term. 54 valor	alto ref./realim
D IN	33	* = Valor por defecto	
D IN	37	Notas/comentarios: D IN 37 es una opción.	
+10 V	50		
A IN	53		
A IN	54		
COM	55		
A OUT	42		
COM	39		

Tabla 4.1 Transductor analógico de realimentación de corriente

		Parámetros	
FC		Función	Ajuste
+24 V	12	Parámetro 6-20	0,07 V*
+24 V	13	Terminal 54	escala baja V
D IN	18	Parámetro 6-21	10 V*
D IN	19	Terminal 54	escala alta V
COM	20	Parámetro 6-24	0*
D IN	27	Term. 54 valor	bajo ref./realim
D IN	29	Parámetro 6-25	50*
D IN	32	Term. 54 valor	alto ref./realim
D IN	33	* = Valor por defecto	
D IN	37	Notas/comentarios: D IN 37 es una opción.	
+10 V	50		
A IN	53		
A IN	54		
COM	55		
A OUT	42		
COM	39		

Tabla 4.2 Transductor analógico de realimentación de tensión (3 cables)

		Parámetros	
		Función	Ajuste
	FC	Parámetro 6-20	0,07 V*
		Terminal 54	
		escala baja V	
		Parámetro 6-21	10 V*
		Terminal 54	
		escala alta V	
		Parámetro 6-24	0*
		Term. 54 valor bajo ref./realim	
		Parámetro 6-25	50*
		Term. 54 valor alto ref./realim	
		* = Valor por defecto	
		Notas/comentarios: D IN 37 es una opción.	

Tabla 4.3 Transductor analógico de realimentación de tensión (4 cables)

		Parámetros	
		Función	Ajuste
	FC	Parámetro 6-12	4 mA*
		Terminal 53	
		escala baja mA	
		Parámetro 6-13	20 mA*
		Terminal 53	
		escala alta mA	
		Parámetro 6-14	0 Hz
		Term. 53 valor bajo ref./realim	
		Parámetro 6-15	50 Hz
		Term. 53 valor alto ref./realim	
		* = Valor por defecto	
		Notas/comentarios: D IN 37 es una opción.	

Tabla 4.5 Referencia analógica de velocidad (intensidad)

4.3.2 Velocidad

		Parámetros	
		Función	Ajuste
	FC	Parámetro 6-10	0,07 V*
		Terminal 53	
		escala baja V	
		Parámetro 6-11	10 V*
		Terminal 53	
		escala alta V	
		Parámetro 6-14	0 Hz
		Term. 53 valor bajo ref./realim	
		Parámetro 6-15	50 Hz
		Term. 53 valor alto ref./realim	
		* = Valor por defecto	
		Notas/comentarios: D IN 37 es una opción.	

Tabla 4.4 Referencia analógica de velocidad (tensión)

		Parámetros	
		Función	Ajuste
	FC	Parámetro 6-10	0,07 V*
		Terminal 53	
		escala baja V	
		Parámetro 6-11	10 V*
		Terminal 53	
		escala alta V	
		Parámetro 6-14	0 Hz
		Term. 53 valor bajo ref./realim	
		Parámetro 6-15	50 Hz
		Term. 53 valor alto ref./realim	
		* = Valor por defecto	
		Notas/comentarios: D IN 37 es una opción.	

Tabla 4.6 Referencia de velocidad (con un potenciómetro manual)

4.3.3 Arranque/parada

		Parámetros	
		Función	Ajuste
		Parámetro 5-10 [8] Terminal 18 Entrada digital	Arranque*
		Parámetro 5-12 [7] Parada Terminal 27 Entrada digital	externa
		* = Valor por defecto	
		Notas/comentarios: D IN 37 es una opción.	

Tabla 4.7 Ejecutar/parar el comando con parada externa

		Parámetros	
		Función	Ajuste
		Parámetro 5-10 [8] Arranque* Terminal 18 Entrada digital	
		Parámetro 5-11 [52] Permiso Terminal 19 Entrada digital	de arranque
		Parámetro 5-12 [7] Parada Terminal 27 Entrada digital	externa
		Parámetro 5-40 [167] Coman. Relé de función	arranque activo
		* = Valor por defecto	
		Notas/comentarios: D IN 37 es una opción.	

Tabla 4.9 Permiso de arranque

		Parámetros	
		Función	Ajuste
		Parámetro 5-10 [8] Arranque* Terminal 18 Entrada digital	
		Parámetro 5-12 [7] Parada Terminal 27 Entrada digital	externa
		* = Valor por defecto	
		Notas/comentarios: Si parámetro 5-12 Terminal 27 Entrada digital se ajusta a [0] Sin función, no se necesita un puente al terminal 27. D IN 37 es una opción.	

Tabla 4.8 Ejecutar/parar el comando sin parada externa

4.3.4 Termistor motor

⚠ ADVERTENCIA

AISLAMIENTO DEL TERMISTOR

Riesgo de lesiones personales o daños al equipo.

- Utilice únicamente termistores con aislamiento reforzado o doble para cumplir los requisitos de aislamiento PELV.

4

VLT		Parámetros	
		Función	Ajuste
+24 V	12	Parámetro 1-90 <i>Protección térmica motor</i>	[2] Descon. termistor
+24 V	13		
D IN	18		
D IN	19	Parámetro 1-93 <i>Fuente de termistor</i>	[1] Entrada analógica 53
COM	20		
D IN	27	* = Valor predeterminado	
D IN	29	Notas/comentarios: si solo se requiere una advertencia, ajuste el parámetro 1-90 <i>Protección térmica motor</i> en [1] <i>Advert. termistor</i> . D IN 37 es una opción.	
D IN	32		
D IN	33		
D IN	37		
+10 V	50		
A IN	53		
A IN	54		
COM	55		
A OUT	42		
COM	39		

Tabla 4.10 Termistor motor

5 Condiciones especiales

5.1 Reducción de potencia

Este apartado ofrece datos detallados acerca del funcionamiento del convertidor de frecuencia en condiciones que requieren reducción de potencia. En algunas condiciones, la reducción de potencia se hace manualmente. En otras, el convertidor de frecuencia efectúa un grado de reducción de potencia cuando es necesario. La reducción de potencia garantiza el rendimiento en fases críticas en las que la alternativa puede ser una desconexión.

5.2 Reducción de potencia manual

5.2.1 Cuándo puede interesar una reducción de potencia

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

- Funcionamiento por encima de los 1000 m (baja presión atmosférica).
- Funcionamiento a baja velocidad.
- Cables de motor largos.
- Cables con una gran sección transversal.
- Temperatura ambiente alta.

Para obtener más información, consulte el capítulo 5.4 Reducción de potencia en función de la temperatura ambiente.

5.2.2 Reducción de potencia en función del funcionamiento a bajas vueltas

Cuando se conecta un motor a un convertidor de frecuencia, es necesario comprobar si la refrigeración del motor es la adecuada.

El nivel de calentamiento depende de la carga del motor, así como de la velocidad y del tiempo de funcionamiento.

Aplicaciones de par constante (modo CT)

Se puede producir un problema con valores bajos de r/min en aplicaciones de par constante. En una aplicación de par constante, un motor puede sobrecalentarse a velocidades bajas debido a una escasez de aire de refrigeración proveniente del ventilador integrado en el motor.

Por lo tanto, si el motor tiene que funcionar de forma continua a un valor de r/min inferior a la mitad del valor nominal, suministre al motor aire adicional para su enfriamiento. Asimismo, también puede utilizar un motor diseñado para este tipo de funcionamiento.

Una alternativa es reducir el nivel de carga del motor seleccionando un motor más grande. No obstante, el

diseño del convertidor de frecuencia establece un límite en cuanto al tamaño del motor.

Aplicaciones de par variable (cuadrático) (VT)

En aplicaciones VT, como bombas centrífugas y ventiladores, donde el par es proporcional a la raíz cuadrada de la velocidad y la potencia es proporcional al cubo de la velocidad, no hay necesidad de un enfriamiento adicional ni de una reducción de potencia del motor.

5.2.3 Reducción de potencia debido a la baja presión atmosférica

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

A una altitud inferior a 1000 m, no es necesario reducir la potencia. A altitudes superiores a los 1000 m, reduzca la intensidad de salida máxima (I_{sa}) a temperatura ambiente (T_{amb}) conforme a la *Ilustración 5.1*. Para altitudes por encima de los 2000 m, póngase en contacto con Danfoss en relación con PELV.

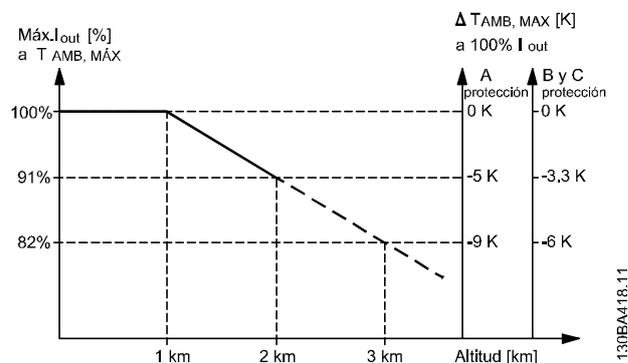


Ilustración 5.1 Reducción de potencia de la intensidad de salida frente a la altitud a $T_{\text{AMB, MÁX}}$ para tamaños de protección A, B y C.

Una alternativa es reducir la temperatura ambiente en altitudes elevadas, a fin de garantizar el 100 % de la intensidad de salida en estas condiciones. Como ejemplo de cómo leer el *Ilustración 5.1*, se presenta la situación a 2000 m para un tamaño de protección B con $T_{\text{AMB, MÁX.}} = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$. A una temperatura de $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($T_{\text{AMB, MÁX.}} = -3,3\text{ K}$), está disponible el 91 % de la corriente nominal de salida. A una temperatura de $41,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, está disponible el 100 % de la corriente nominal de salida.

5.3 Reducción de potencia para cables de motor largos o de mayor sección transversal

AVISO!

Aplicable únicamente a convertidores de frecuencia de hasta 90 kW.

La longitud máxima del cable para este convertidor de frecuencia es de 300 m de cable no apantallado y de 150 m de cable apantallado.

El convertidor de frecuencia se ha diseñado para funcionar utilizando un cable de motor con una determinada sección transversal. Si se utiliza otro cable con una sección mayor, reduzca la intensidad de salida en un 5 % por cada paso que se incremente la sección transversal del cable.

Una mayor sección transversal del cable produce una mayor capacitancia a tierra y, con ello, una mayor corriente de fuga a tierra.

5.4 Reducción de potencia en función de la temperatura ambiente

La temperatura media ($T_{AMB, AVG}$) medida a lo largo de 24 horas debe ser de al menos 5 °C inferior a la máxima temperatura ambiente permitida ($T_{AMB, MÁX.}$). Si el convertidor de frecuencia funciona a temperaturas ambiente elevadas, reduzca la intensidad de salida constante. Esta reducción de potencia depende del patrón de conmutación, que puede ajustarse en AVM o SFAVM de 60° en *parámetro 14-00 Patrón conmutación*.

5.4.1 Reducción de potencia en función de la temperatura ambiente, tamaño de protección A

AVM de 60°, modulación de la anchura de impulsos

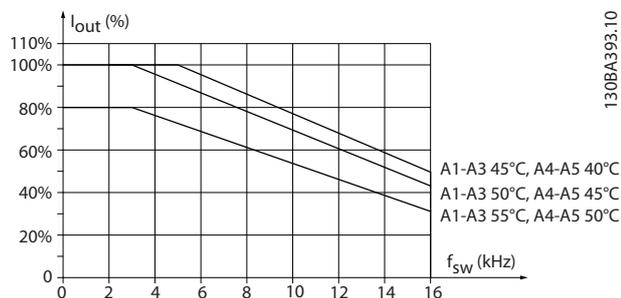


Ilustración 5.2 Reducción de potencia de I_{sal} para distintas $T_{AMB, MÁX.}$ para tamaño de protección A, utilizando AVM de 60°

SFAVM: modulación vectorial asíncrona de la frecuencia del estátor

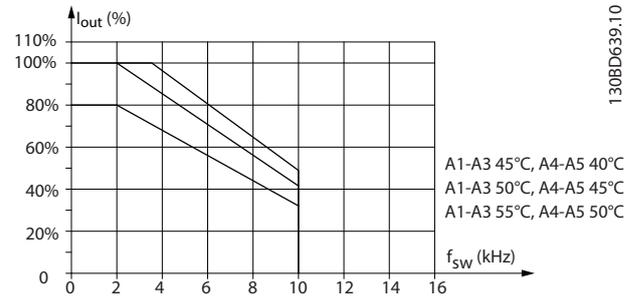


Ilustración 5.3 Reducción de potencia de la I_{sal} para diferentes $T_{AMB, MÁX.}$ en protecciones de tamaño A, mediante SFAVM

Cuando solo se utilizan cables de motor de 10 m o menos en tamaño de protección A, se necesita una reducción de potencia menor. Esto es debido al hecho de que la longitud del cable de motor tiene una influencia relativamente elevada en la reducción de potencia recomendada.

60° AVM

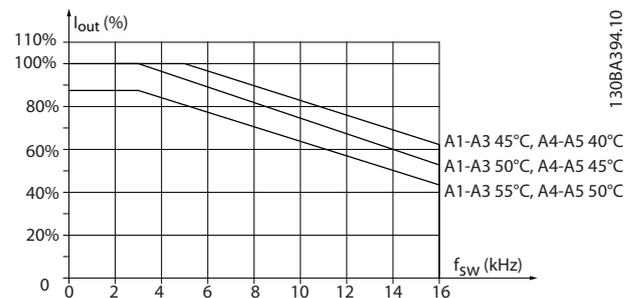


Ilustración 5.4 Reducción de potencia de I_{sal} para diferentes $T_{AMB, MÁX.}$ en protecciones de tipo A, mediante AVM de 60° y un cable de motor de 10 m como máximo

SFAVM

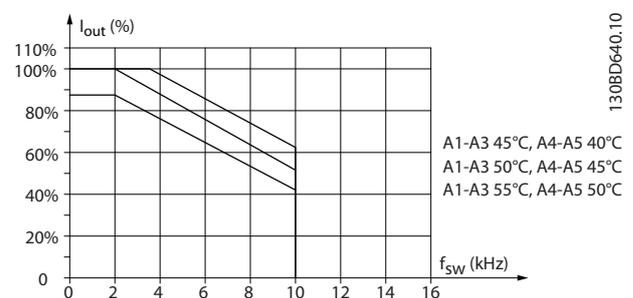


Ilustración 5.5 Reducción de potencia de I_{sal} para diferentes $T_{AMB, MÁX.}$ para tipos de protección A, con SFAVM y un cable de motor de 10 m como máximo

5.4.2 Reducción de potencia en función de la temperatura ambiente, tamaño de protección B

Protección B, T2 y T4

AVM de 60°, modulación de la anchura de impulsos

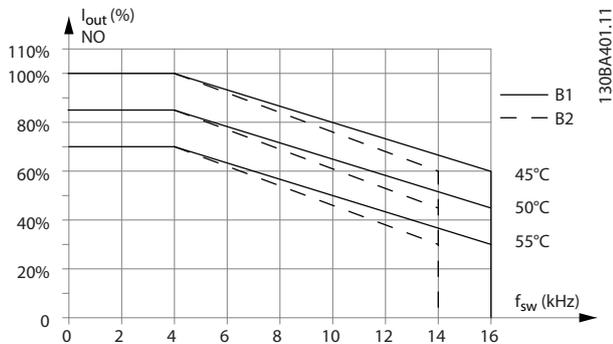


Ilustración 5.6 Reducción de potencia de I_{sal} para diferentes T_{AMB, MÁX.} para tamaños de protección B1 y B2, con AVM de 60° en modo de sobrecarga normal (110 % por encima del par)

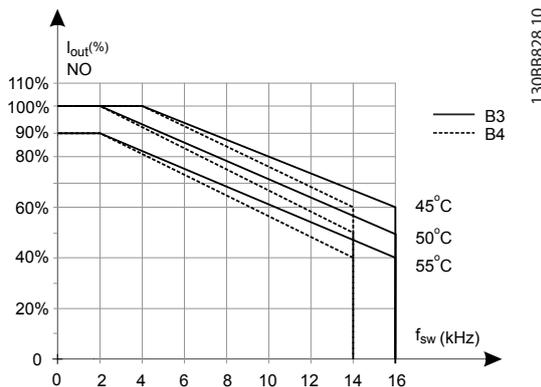


Ilustración 5.7 Reducción de potencia de I_{sal} para diferentes T_{AMB, MÁX.} para tamaños de protección B3 y B4, con AVM de 60° en modo de sobrecarga normal (110 % por encima del par)

SFAVM: modulación vectorial asíncrona de la frecuencia del estátor

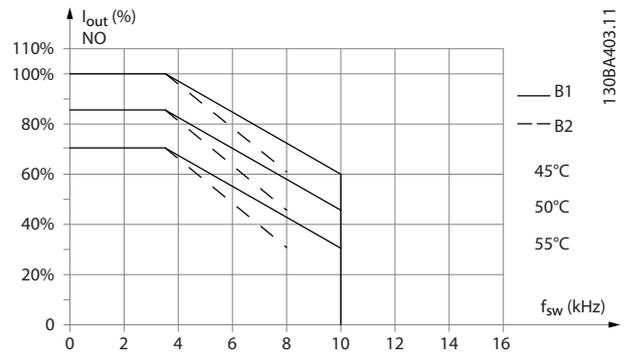


Ilustración 5.8 Reducción de potencia de I_{sal} para diferentes T_{AMB, MÁX.} para tamaños de protección B1 y B2, con SFAVM en modo de sobrecarga normal (110 % por encima del par)

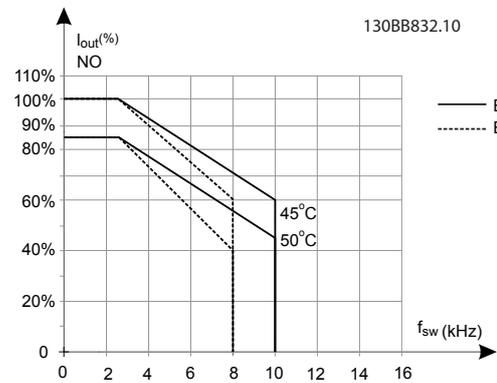


Ilustración 5.9 Reducción de potencia de I_{sal} para diferentes T_{AMB, MÁX.} para tamaños de protección B3 y B4, con SFAVM en modo de sobrecarga normal (110 % por encima del par)

Protecciones B, T6

AVM de 60°, modulación de la anchura de impulsos

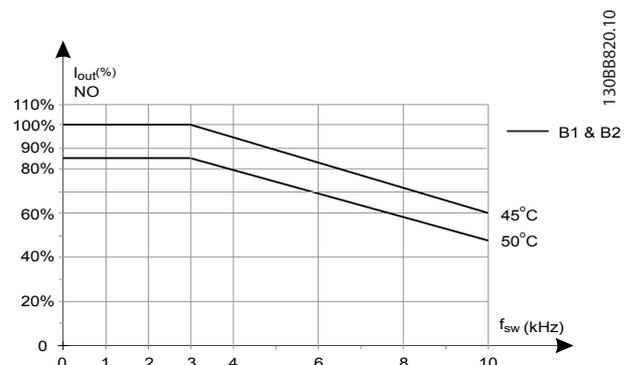


Ilustración 5.10 Reducción de potencia de la intensidad de salida con frecuencia de conmutación y temperatura ambiente para convertidores de frecuencia de 600 V, tamaño de protección B, 60 AVM, NO

SFAVM: modulación vectorial asíncrona de la frecuencia del estátor

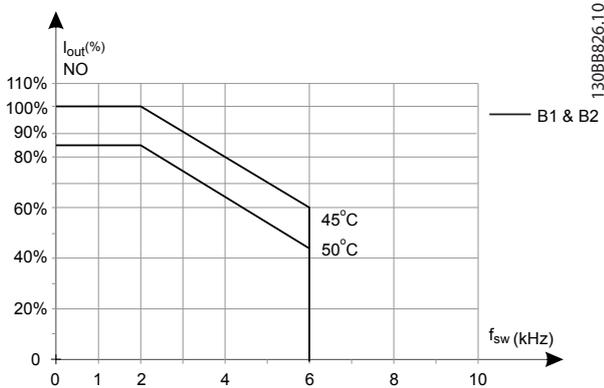


Ilustración 5.11 Reducción de potencia de la intensidad de salida con frecuencia de conmutación y temperatura ambiente para convertidores de frecuencia de 600 V, tamaño de protección B; SFAVM, NO

Protecciones B, T7

Protecciones B2 y B4, 525-690 V

AVM de 60°, modulación de la anchura de impulsos

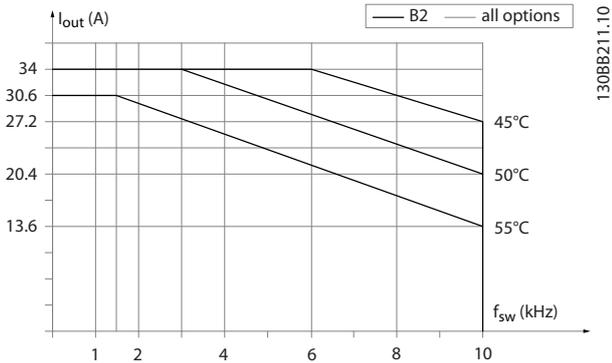


Ilustración 5.12 Reducción de potencia de la intensidad de salida con frecuencia de conmutación y temperatura ambiente para tamaños de protección B2 y B4, AVM de 60°.

SFAVM: modulación vectorial asíncrona de la frecuencia del estátor

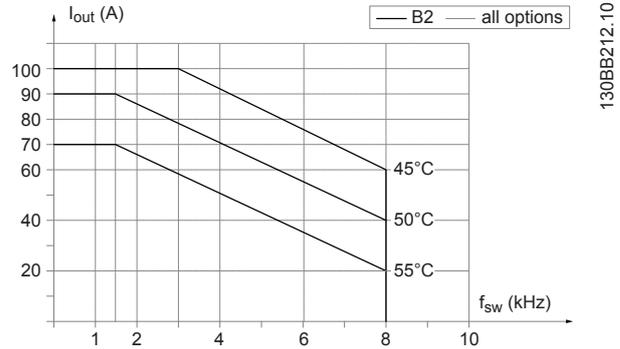


Ilustración 5.13 Reducción de potencia de la intensidad de salida con frecuencia de conmutación y temperatura ambiente para tamaños de protección B2 y B4, SFAVM.

5.4.3 Reducción de potencia en función de la temperatura ambiente, tamaño de protección C

Protecciones C, T2 y T4

AVM de 60°, modulación de la anchura de impulsos

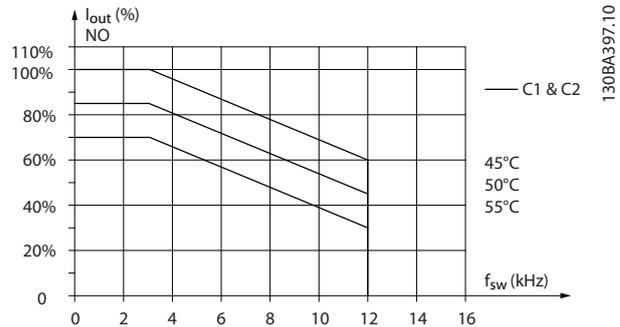


Ilustración 5.14 Reducción de potencia de I_{sal} para diferentes T_{AMB, MÁX.} para tamaños de protección C1 y C2 con AVM de 60° en modo de sobrecarga normal (110 % por encima del par)

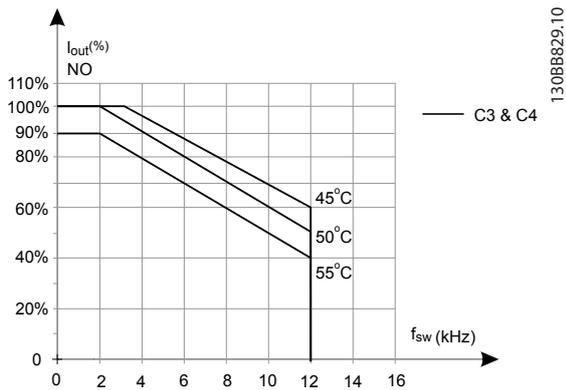


Ilustración 5.15 Reducción de potencia de I_{sal} para diferentes $T_{AMB, MÁX.}$ para tamaños de protección C3 y C4, con AVM de 60° en modo de sobrecarga normal (110 % por encima del par)

Tamaño de protección C, T6
AVM de 60°, modulación de la anchura de impulsos

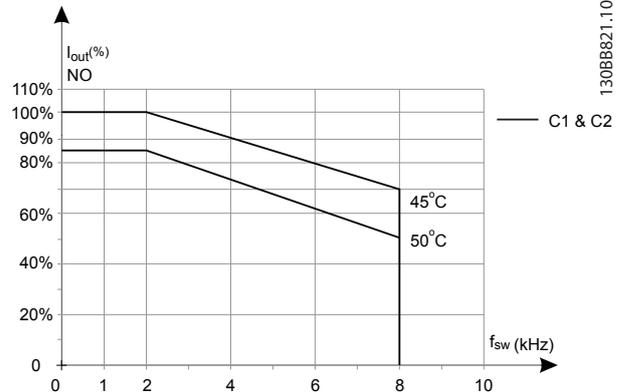


Ilustración 5.18 Reducción de potencia de la intensidad de salida con frecuencia de conmutación y temperatura ambiente para convertidores de frecuencia de 600 V, tamaño de protección C, 60 AVM, NO

SFAVM: modulación vectorial asínrona de la frecuencia del estátor

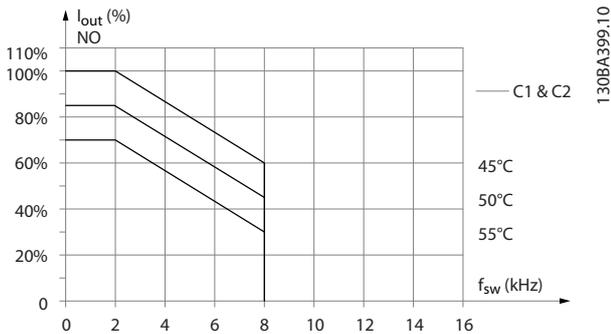


Ilustración 5.16 Reducción de potencia de I_{sal} para diferentes $T_{AMB, MÁX.}$ para tamaños de protección C1 y C2, con SFAVM en modo de sobrecarga normal (110 % por encima del par)

SFAVM: modulación vectorial asínrona de la frecuencia del estátor

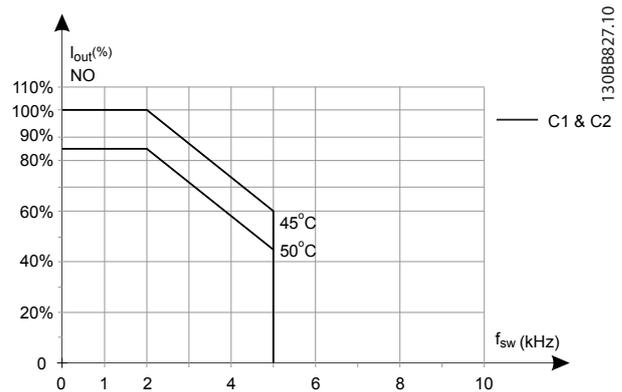


Ilustración 5.19 Reducción de potencia de la intensidad de salida con frecuencia de conmutación y temperatura ambiente para convertidores de frecuencia de 600 V, tamaño de protección C; SFAVM, NO

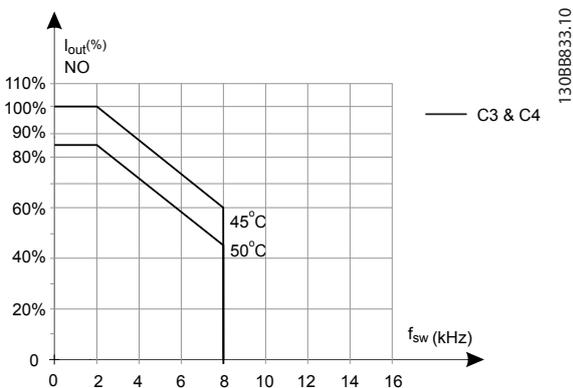


Ilustración 5.17 Reducción de potencia de I_{sal} para diferentes $T_{AMB, MÁX.}$ para tamaños de protección C3 y C4, con SFAVM en modo de sobrecarga normal (110 % por encima del par)

Tamaño de protección C, T7

AVM de 60°, modulación de la anchura de impulsos

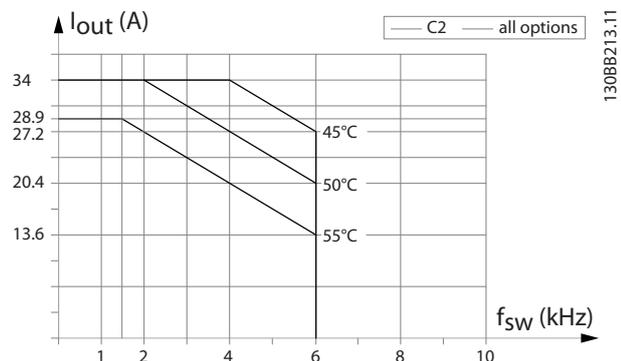


Ilustración 5.20 Reducción de potencia de la intensidad de salida con frecuencia de conmutación y temperatura ambiente para tamaño de protección C2, AVM de 60°.

SFAVM: modulación vectorial asínrona de la frecuencia del estátor

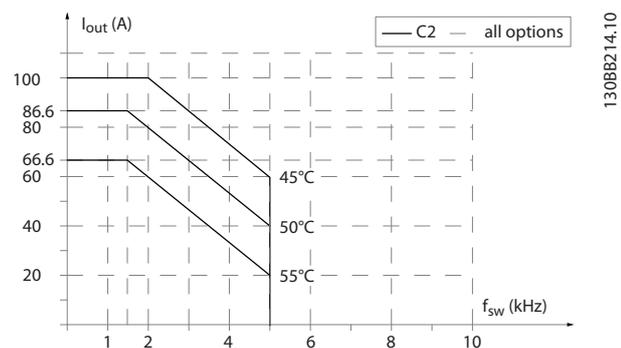


Ilustración 5.21 Reducción de potencia de la intensidad de salida con frecuencia de conmutación y temperatura ambiente para tamaño de protección C2, SFAVM.

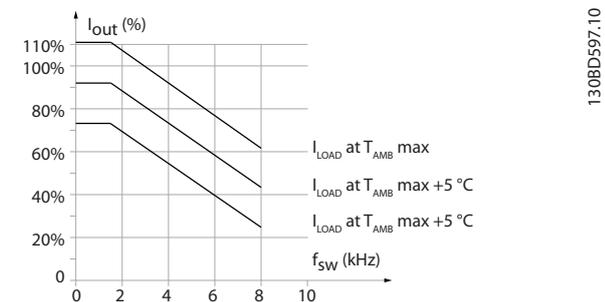


Ilustración 5.22 Reducción de potencia de la intensidad de salida con frecuencia de conmutación y temperatura ambiente para tamaño de protección C3

6 Código descriptivo y selección

6.1 Pedidos

6.1.1 Introducción

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	
AKD-	0	P								T												X	X	S	X	X	X	X	A		B		C						D

130BA859.10

Ilustración 6.1 Código descriptivo

Configure el convertidor de frecuencia apropiado para la aplicación correcta a partir del configurador de convertidores de frecuencia disponible en Internet y genere la cadena del código descriptivo. El configurador de convertidores de frecuencia genera un número de pedido de ocho dígitos para su envío a la oficina local de ventas.

El configurador de convertidores de frecuencia también puede establecer una lista de proyectos con varios productos y enviársela a un representante de ventas de Danfoss.

Acceda al configurador de convertidores de frecuencia en el siguiente sitio web:
www.danfoss.com/Spain.

6.1.2 Código descriptivo

Un ejemplo del código descriptivo es:
FC-103-P18KT4E21H1XGCSXXSXXXXAZBKCSXXDX

El significado de los caracteres de la cadena puede encontrarse en el *Tabla 6.1* y el *Tabla 6.2*. En el ejemplo anterior, se incluyen en el convertidor de frecuencia una opción AK-LonWorks y una opción de E/S general.

Descripción	Posición	Opciones posibles ¹⁾
Grupo de producto y serie VLT	1-6	FC 103
Potencia de salida	8-10	1,1-90 kW (P1K1-P90K)
Número de fases	11	3 fases (T)
Tensión de red	11-12	T 2: 200-240 V CA T 4: 380-480 V CA

Descripción	Posición	Opciones posibles ¹⁾
Protección	13-15	E20: IP20 E21: IP 21/NEMA 1 E55: IP 55/NEMA 12 E66: IP66 P21: IP21/NEMA 1 con placa posterior P55: IP55/NEMA 12 con placa posterior Z55: Protección IP55 A4 Z66: Protección IP66 A4
Filtro RFI	16-17	H1: filtro RFI clase A1/B H2: filtro RFI clase A2 Hx: sin filtro RFI
Display	19	G: Panel de control local gráfico (GLCP) X: sin panel de control local
PCB barnizada	20	X: PCB no barnizada C: PCB barnizada
Opción de red	21	X: Sin interruptor de desconexión de la red 1: con interruptor de desconexión de la red (solo IP55)
Adaptación	22	Reservado
Adaptación	23	Reservado
Versión de software	24-27	Software actual
Idioma del software	28	

Tabla 6.1 Código descriptivo de pedido

1) Algunas de las opciones disponibles dependen del tamaño de la protección.

Descripción	Posición	Opciones posibles
Opciones A	29-30	AX: sin opciones AZ: VLT® AK-LonWorks MCA 107 A0: VLT® PROFIBUS DP MCA 101 AL: VLT® PROFINET MCA 120
Opciones B	31-32	BX: sin opción BK: General Purpose I/O option MCB 101 BP: VLT® Relay option MCB 105 BO: VLT® Analog I/O option MCB 109
Opciones C0 MCO	33-34	CX: sin opciones
Opciones C1	35	X: sin opciones R: VLT® Extended Relay Card MCB 113
Software de opción C	36-37	XX: software estándar
Opciones D	38-39	DX: sin opción D0: VLT® 24 V DC Supply option MCB 107

Tabla 6.2 Código descriptivo de pedido; opciones

6.2 Opciones, accesorios y repuestos

6.2.1 Números de pedido: Opciones y accesorios

AVISO!

Las opciones se pueden pedir como opciones integradas de fábrica.

Consulte la información sobre pedidos.

Tipo	Descripción	Número de pedido
Hardware diverso I		
Conector del enlace de CC	Bloque de terminales para la conexión al bus de CC en A2/A3	130B1064
Kit IP 21 / 4X superior / TIPO 1	IP21/NEMA1 superior + A2 inferior	130B1122
Kit IP 21 / 4X superior / TIPO 1	IP21/NEMA1 superior + A3 inferior	130B1123
Kit IP 21 / 4X superior / TIPO 1	IP21/NEMA1 superior + B3 inferior	130B1187
Kit IP 21 / 4X superior / TIPO 1	IP21/NEMA1 superior + B4 inferior	130B1189
Kit IP 21 / 4X superior / TIPO 1	IP21/NEMA1 superior + C3 inferior	130B1191

Tipo	Descripción	Número de pedido
Hardware diverso I		
Kit IP 21 / 4X superior / TIPO 1	IP21/NEMA1 superior + C4 inferior	130B1193
IP21 / 4X superior	IP21 Tapa superior A2	130B1132
IP21 / 4X superior	IP21 Tapa superior A3	130B1133
IP 21 / 4X superior	IP21 Tapa superior B3	130B1188
IP 21 / 4X superior	IP21 Tapa superior B4	130B1190
IP 21 / 4X superior	IP21 Tapa superior C3	130B1192
IP 21 / 4X superior	IP21 Tapa superior C4	130B1194
Kit de montaje en panel	Tamaño de protección A5	130B1028
Kit de montaje en panel	Tamaño de protección B1	130B1046
Kit de montaje en panel	Tamaño de protección B2	130B1047
Kit de montaje en panel	Tamaño de protección C1	130B1048
Kit de montaje en panel	Tamaño de protección C2	130B1049
Bloques de terminales	Bloques de terminales con tornillo para sustituir a terminales de muelle 1 conector de 10 contactos, 1 de 6 y 1 de 3	130B1116
Placa posterior	A5 IP55 / NEMA 12	130B1098
Placa posterior	B1 IP21/IP55/NEMA 12	130B3383
Placa posterior	B2 IP21/IP55/NEMA 12	130B3397
Placa posterior	C1 IP21/IP55/NEMA 12	130B3910
Placa posterior	C2 IP21/IP55/NEMA 12	130B3911
Placa posterior	A5 IP66	130B3242
Placa posterior	B1 IP66	130B3434
Placa posterior	B2 IP66	130B3465
Placa posterior	C1 IP66	130B3468
Placa posterior	C2 IP66	130B3491
LCP y kits		
LCP 102	Panel de control local gráfico (GLCP)	130B1107
Cable del LCP	Cable LCP individual, 3 m	175Z0929
Kit LCP	Kit de montaje de LCP, formado por el LCP gráfico, las sujeciones, un cable de 3 m y la junta	130B1113
Kit LCP	Kit de montaje de LCP, formado por el LCP numérico, las sujeciones y la junta	130B1114

Tipo	Descripción	Número de pedido
Hardware diverso I		
Kit LCP	Kit de montaje de LCP para todos los LCP, formado por tres sujeciones, un cable de 3 m y la junta	130B1117
Kit LCP	Kit de montaje frontal, protecciones IP55/IP66, sujeciones, 8 m de cable y junta	130B1129

Tipo	Descripción	Número de pedido
Hardware diverso I		
Kit LCP	Kit de montaje de LCP para todos los LCP, que incluye las sujeciones y la junta (sin cable)	130B1170

Tabla 6.3 Opciones y accesorios

Tipo	Descripción	Comentarios
Opciones para ranura A		Número de pedido barnizado
MCA 107	AK-LonWorks	130B1108
Opciones para ranura B		
MCB 101	VLT® General Purpose I/O Module MCB 101	130B1212
MCB 105	VLT® Relay Card MCB 105	130B1210
MCB 109	VLT® Analog I/O MCB 109 y batería de emergencia para reloj en tiempo real	130B1243
Opción para ranura C		
MCB 113	VLT® Extended Relay Card MCB 113	130B1264
Opción para ranura D		
MCB 107	Alimentación de seguridad de 24 V CC	130B1208

Tabla 6.4 Números de pedido para las opciones A, B, C y D

Para obtener información sobre el bus de campo y la compatibilidad de opciones de aplicaciones con versiones de software anteriores, póngase en contacto con el distribuidor de Danfoss.

Tipo	Descripción	Número de pedido	Comentarios
Repuestos			
Placa de control convertidor de frecuencia	Con función STO	130B1150	
Placa de control convertidor de frecuencia	Sin función STO	130B1151	
Ventilador A2	Ventilador, protección de tamaño A2	130B1009	
Ventilador A3	Ventilador, protección de tamaño A3	130B1010	
Ventilador A5	Ventilador, protección de tamaño A5	130B1017	
Ventilador B1	Ventilador externo, protección de tamaño B1	130B3407	
Ventilador B2	Ventilador externo, protección de tamaño B2	130B3406	
Ventilador B3	Ventilador externo, protección de tamaño B3	130B3563	
Ventilador B4	Ventilador externo, 18,5/22 kW	130B3699	
Ventilador B4	Ventilador externo 22/30 kW	130B3701	
Ventilador C1	Ventilador externo, protección de tamaño C1	130B3865	
Ventilador C2	Ventilador externo, protección de tamaño C2	130B3867	
Ventilador C3	Ventilador externo, protección de tamaño C3	130B4292	
Ventilador C4	Ventilador externo, protección de tamaño C4	130B4294	
Hardware diverso II			
Bolsa de accesorios A2	Bolsa de accesorios, protección de tamaño A2	130B1022	
Bolsa de accesorios A3	Bolsa de accesorios, protección de tamaño A3	130B1022	
Bolsa de accesorios A5	Bolsa de accesorios, tamaño de protección A5	130B1023	
Bolsa de accesorios B1	Bolsa de accesorios, tamaño de protección B1	130B2060	
Bolsa de accesorios B2	Bolsa de accesorios, tamaño de protección B2	130B2061	
Bolsa de accesorios B3	Bolsa de accesorios, tamaño de protección B3	130B0980	
Bolsa de accesorios B4	Bolsa de accesorios, protección de tamaño B4	130B1300	Pequeña
Bolsa de accesorios B4	Bolsa de accesorios, protección de tamaño B4	130B1301	Grande
Bolsa de accesorios C1	Bolsa de accesorios, tamaño de protección C1	130B0046	
Bolsa de accesorios C2	Bolsa de accesorios, tamaño de protección C2	130B0047	
Bolsa de accesorios C3	Bolsa de accesorios, tamaño de protección C3	130B0981	
Bolsa de accesorios C4	Bolsa de accesorios, protección de tamaño C4	130B0982	Pequeña
Bolsa de accesorios C4	Bolsa de accesorios, protección de tamaño C4	130B0983	Grande

Tabla 6.5 Números de pedido de los repuestos

6.2.2 Números de pedido: Filtros armónicos

Los filtros armónicos se utilizan para reducir los armónicos del suministro de red.

Para obtener los números de pedido, consulte la *Guía de diseño de VLT® Advanced Harmonic Filter AHF 005/AHF 010*.

AVISO!

La compatibilidad de los filtros senoidales y AHF requiere la versión de software 1.1x o superior. Los filtros dU/dt son compatibles y pueden utilizarse con cualquier versión del software.

6.2.3 Números de pedido: Módulos de filtro senoidal, 200-480 V CA

Tamaño del convertidor de frecuencia			Frecuencia de conmutación mínima [kHz]	Máx. frecuencia de salida [Hz]	Referencia IP20	Referencia IP00	Intensidad nominal del filtro a 50 Hz [A]
200-240 V	380-440 V	440-480 V					
	P1K1	P1K1	5	120	130B2441	130B2406	4,5
	P1K5	P1K5	5	120	130B2441	130B2406	4,5
	P2K2	P2K2	5	120	130B2443	130B2408	8
P1K1	P3K0	P3K0	5	120	130B2443	130B2408	8
P1K5			5	120	130B2443	130B2408	8
	P4K0	P4K0	5	120	130B2444	130B2409	10
P2K2	P5K5	P5K5	5	120	130B2446	130B2411	17
P3K0	P7K5	P7K5	5	120	130B2446	130B2411	17
P4K0			5	120	130B2446	130B2411	17
P5K5	P11K	P11K	4	60	130B2447	130B2412	24
P7K5	P15K	P15K	4	60	130B2448	130B2413	38
	P18K	P18K	4	60	130B2448	130B2413	38
P11K	P22K	P22K	4	60	130B2307	130B2281	48
P15K	P30K	P30K	3	60	130B2308	130B2282	62
P18K	P37K	P37K	3	60	130B2309	130B2283	75
P22K	P45K	P55K	3	60	130B2310	130B2284	115
P30K	P55K	P75K	3	60	130B2310	130B2284	115
P37K	P75K	P90K	3	60	130B2311	130B2285	180
P45K	P90K		3	60	130B2311	130B2285	180

Tabla 6.6 Alimentación de red 3 x 200-480 V

AVISO!

Cuando se utilicen filtros senoidales, la frecuencia de conmutación deberá cumplir con las especificaciones de filtro de parámetro 14-01 Frecuencia conmutación.

AVISO!

Consulte también la *Guía de diseño de filtros de salida*.

6.2.4 Números de pedido: Módulos de filtro senoidal, 525-600/690 V CA

Tamaño del convertidor de frecuencia		Frecuencia de conmutación mínima [kHz]	Máx. frecuencia de salida [Hz]	Referencia IP20	Referencia IP00	Intensidad nominal del filtro a 50 Hz [A]
525-600 V	690 V					
P1K1		2	60	130B2341	130B2321	13
P1K5		2	60	130B2341	130B2321	13
P2k2		2	60	130B2341	130B2321	13
P3K0		2	60	130B2341	130B2321	13
P4K0		2	60	130B2341	130B2321	13
P5K5		2	60	130B2341	130B2321	13
P7K5		2	60	130B2341	130B2321	13
	P11K	2	60	130B2342	130B2322	28
P11K	P15K	2	60	130B2342	130B2322	28
P15K	P18K	2	60	130B2342	130B2322	28
P18K	P22K	2	60	130B2342	130B2322	28
P22K	P30K	2	60	130B2343	130B2323	45
P30K	P37K	2	60	130B2343	130B2323	45
P37K	P45K	2	60	130B2344	130B2324	76
P45K	P55K	2	60	130B2344	130B2324	76
P55K	P75K	2	60	130B2345	130B2325	115
P75K	P90K	2	60	130B2345	130B2325	115
P90K		2	60	130B2346	130B2326	165

Tabla 6.7 Alimentación de red 3 × 525-690 V

AVISO!

Cuando se utilicen filtros senoidales, la frecuencia de conmutación deberá cumplir con las especificaciones de filtro de parámetro 14-01 Frecuencia conmutación.

AVISO!

Consulte también la *Guía de diseño de filtros de salida*.

6.2.5 Filtros armónicos

Los filtros armónicos se utilizan para reducir los armónicos del suministro de red.

- AHF 010: distorsión de corriente del 10 %.
- AHF 005: distorsión de corriente del 5 %.

Refrigeración y ventilación

IP20: refrigeración por convección natural o mediante ventiladores integrados.

IP00: se requiere refrigeración adicional forzada. Asegúrese de que el flujo de aire que pasa por el filtro es suficiente durante la instalación para evitar el sobrecalentamiento del filtro. Se requiere un flujo de aire de 2 m/s en el filtro, como mínimo.

Potencia e intensidad nominales ¹⁾		Motor utilizado normalmente	Intensidad nominal del filtro		Número de pedido AHF 005		Número de pedido AHF 010	
			50 Hz		IP00	IP20	IP00	IP20
[kW]	[A]	[kW]	[A]					
1,1-4,0	1,2-9	3	10	130B1392	130B1229	130B1262	130B1027	
5,5-7,5	14,4	7,5	14	130B1393	130B1231	130B1263	130B1058	
11,0	22	11	22	130B1394	130B1232	130B1268	130B1059	
15,0	29	15	29	130B1395	130B1233	130B1270	130B1089	
18,0	34	18,5	34	130B1396	130B1238	130B1273	130B1094	
22,0	40	22	40	130B1397	130B1239	130B1274	130B1111	
30,0	55	30	55	130B1398	130B1240	130B1275	130B1176	
37,0	66	37	66	130B1399	130B1241	130B1281	130B1180	
45,0	82	45	82	130B1442	130B1247	130B1291	130B1201	
55,0	96	55	96	130B1443	130B1248	130B1292	130B1204	
75,0	133	75	133	130B1444	130B1249	130B1293	130B1207	
90,0	171	90	171	130B1445	130B1250	130B1294	130B1213	

Tabla 6.8 Filtros armónicos para 380-415 V, 50 Hz

Potencia e intensidad nominales ¹⁾		Motor utilizado normalmente	Intensidad nominal del filtro		Número de pedido AHF 005		Número de pedido AHF 010	
			60 Hz		IP00	IP20	IP00	IP20
[kW]	[A]	[kW]	[A]					
1,1-4,0	1,2-9	3	10	130B3095	130B2857	130B2874	130B2262	
5,5-7,5	14,4	7,5	14	130B3096	130B2858	130B2875	130B2265	
11,0	22	11	22	130B3097	130B2859	130B2876	130B2268	
15,0	29	15	29	130B3098	130B2860	130B2877	130B2294	
18,0	34	18,5	34	130B3099	130B2861	130B3000	130B2297	
22,0	40	22	40	130B3124	130B2862	130B3083	130B2303	
30,0	55	30	55	130B3125	130B2863	130B3084	130B2445	
37,0	66	37	66	130B3026	130B2864	130B3085	130B2459	
45,0	82	45	82	130B3127	130B2865	130B3086	130B2488	
55,0	96	55	96	130B3128	130B2866	130B3087	130B2489	
75,0	133	75	133	130B3129	130B2867	130B3088	130B2498	
90,0	171	90	171	130B3130	130B2868	130B3089	130B2499	

Tabla 6.9 Filtros armónicos para 380-415 V, 60 Hz

Potencia e intensidad nominales ¹⁾		Motor utilizado normalmente	Intensidad nominal del filtro		Número de pedido AHF 005		Número de pedido AHF 010	
			60 Hz					
[kW]	[A]	[kW]	[A]	IP00	IP20	IP00	IP20	
1,1-4,0	1-7,4	3	10	130B1787	130B1752	130B1770	130B1482	
5,5-7,5	9,9-13	7,5	14	130B1788	130B1753	130B1771	130B1483	
11,0	19	11	19	130B1789	130B1754	130B1772	130B1484	
15,0	25	15	25	130B1790	130B1755	130B1773	130B1485	
18,0	31	18,5	31	130B1791	130B1756	130B1774	130B1486	
22,0	36	22	36	130B1792	130B1757	130B1775	130B1487	
30,0	47	30	48	130B1793	130B1758	130B1776	130B1488	
37,0	59	37	60	130B1794	130B1759	130B1777	130B1491	
45,0	73	45	73	130B1795	130B1760	130B1778	130B1492	
55,0	95	55	95	130B1796	130B1761	130B1779	130B1493	
75,0	118	75	118	130B1797	130B1762	130B1780	130B1494	
90	154	90	154	130B1798	130B1763	130B1781	130B1495	

Tabla 6.10 Filtros armónicos para 440-480 V, 60 Hz

1) Intensidad y potencia nominales del convertidor de frecuencia conforme a las condiciones reales de funcionamiento.

Potencia e intensidad nominales ¹⁾		Motor utilizado normalmente	Intensidad nominal del filtro		Número de pedido AHF 005		Número de pedido AHF 010	
			60 Hz					
[kW]	[A]	[kW]	[A]	IP00	IP20	IP00	IP20	
11,0	15	10	15	130B5261	130B5246	130B5229	130B5212	
15,0	19	16,4	20	130B5262	130B5247	130B5230	130B5213	
18,0	24	20	24	130B5263	130B5248	130B5231	130B5214	
22,0	29	24	29	130B5263	130B5248	130B5231	130B5214	
30,0	36	33	36	130B5265	130B5250	130B5233	130B5216	
37,0	49	40	50	130B5266	130B5251	130B5234	130B5217	
45,0	58	50	58	130B5267	130B5252	130B5235	130B5218	
55,0	74	60	77	130B5268	130B5253	130B5236	130B5219	
75,0	85	75	87	130B5269	130B5254	130B5237	130B5220	
90	106	90	109	130B5270	130B5255	130B5238	130B5221	

Tabla 6.11 Filtros armónicos para 600 V, 60 Hz

Potencia e intensidad nominales ¹⁾		Motor utilizado normalmente	Intensidad y potencia nominales		Motor utilizado normalmente	Intensidad nominal del filtro	Número de pedido AHF 005		Número de pedido AHF 010	
			551-690 V							
500-550 V						50 Hz				
[kW]	[A]	[kW]	[kW]	[A]	[kW]	[A]	IP00	IP20	IP00	IP20
11,0	15	7,5	P15K	16	15	15	130B5000	130B5088	130B5297	130B5280
15,0	19,5	11	P18K	20	18,5	20	130B5017	130B5089	130B5298	130B5281
18,0	24	15	P22K	25	22	24	130B5018	130B5090	130B5299	130B5282
22,0	29	18,5	P30K	31	30	29	130B5019	130B5092	130B5302	130B5283
30,0	36	22	P37K	38	37	36	130B5021	130B5125	130B5404	130B5284
37,0	49	30	P45K	48	45	50	130B5022	130B5144	130B5310	130B5285
45,0	59	37	P55K	57	55	58	130B5023	130B5168	130B5324	130B5286
55,0	71	45	P75K	76	75	77	130B5024	130B5169	130B5325	130B5287
75,0	89	55	-	-	-	87	130B5025	130B5170	130B5326	130B5288
90,0	110	90	-	-	-	109	130B5026	130B5172	130B5327	130B5289

Tabla 6.12 Filtros armónicos para 500-690 V, 50 Hz

1) Intensidad y potencia nominales del convertidor de frecuencia conforme a las condiciones reales de funcionamiento.

6.2.6 Filtros senoidales

Potencia e intensidad nominales del convertidor de frecuencia						Intensidad nominal del filtro			Frecuencia de conmutación [kHz]	Número de pedido	
200-240 V		380-440 V		441-500 V		50 Hz	60 Hz	100 Hz		IP00	IP20/23 ¹⁾
[kW]	[A]	[kW]	[A]	[kW]	[A]	[A]	[A]	[A]			
-	-	1,1	3	1,1	3	4,5	4	3,5	5	130B2406	130B2441
-	-	1,5	4,1	1,5	3,4						
-	-	2,2	5,6	2,2	4,8	8	7,5	5,5	5	130B2408	130B2443
1,1	6,6	3	7,2	3	6,3						
1,5	7,5	-	-	-	-						
-	-	4	10	4	8,2	10	9,5	7,5	5	130B2409	130B2444
2,2	10,6	5,5	13	5,5	11	17	16	13	5	130B2411	130B2446
3	12,5	7,5	16	7,5	14,5						
3,7	16,7	-	-	-	-						
5,5	24,2	11	24	11	21	24	23	18	4	130B2412	130B2447
7,5	30,8	15	32	15	27	38	36	28,5	4	130B2413	130B2448
		18,5	37,5	18,5	34						
11	46,2	22	44	22	40	48	45,5	36	4	130B2281	130B2307
15	59,4	30	61	30	52	62	59	46,5	3	130B2282	130B2308
18,5	74,8	37	73	37	65	75	71	56	3	130B2283	130B2309
22	88	45	90	55	80	115	109	86	3	130B3179	130B3181*
30	115	55	106	75	105						
37	143	75	147	90	130						
45	170	90	177			180	170	135	3	130B3182	130B3183*

6

Tabla 6.13 Filtros senoidales para convertidores de frecuencia de 380-500 V

1) Los números de pedido marcados con * son IP23.

Potencia e intensidad nominales del convertidor de frecuencia						Intensidad nominal del filtro a 690 V			Frecuencia de conmutación [kHz]	Número de pedido	
525-600 V		551-690 V		525-550 V		50 Hz	60 Hz	100 Hz		IP00	IP20/23 ¹⁾
[kW]	[A]	[kW]	[A]	[kW]	[A]	[A]	[A]	[A]			
1,1	2,4	1,5	2,2	1,5	2,7	4,5	4	3	4	130B7335	130B7356
1,5	2,7	2,2	3,2	2,2	3,9						
2,2	3,9	3,0	4,5	3,0	4,9						
3	4,9	4,0	5,5	4,0	6,1	10	9	7	4	130B7289	130B7324
4	6,1	5,5	7,5	5,5	9,0						
5,5	9	7,5	10	7,5	11						
7,5	11	11	13	7,5	14	13	12	9	3	130B3195	130B3196
11	18	15	18	11	19	28	26	21	3	130B4112	130B4113
15	22	18,5	22	15	23						
18,5	27	22	27	18	28						
22	34	30	34	22	36	45	42	33	3	130B4114	130B4115
30	41	37	41	30	48						
37	52	45	52	37	54						
45	62	55	62	45	65	76	72	57	3	130B4116	130B4117*
55	83	75	83	55	87	115	109	86	3	130B4118	130B4119*
75	100	90	100	75	105						
90	131	-	-	90	137						

Tabla 6.14 Filtros senoidales para convertidores de frecuencia de 525-600 V y 525-690 V

1) Los números de pedido marcados con * son IP23.

Parámetro	Ajuste
Parámetro 14-00 Patrón conmutación	[1] SFAVM
Parámetro 14-01 Frecuencia conmutación	Ajústese según el filtro individual. Indicado en la etiqueta de producto del filtro y en el manual del filtro de salida. Los filtros senoidales no permiten una frecuencia de conmutación inferior a la especificada por el filtro individual.
Parámetro 14-55 Filtro de salida	[2] Filtro senoidal fijo
Parámetro 14-56 Capacitance Output Filter	Ajústese según el filtro individual. Indicado en la etiqueta de producto del filtro y en el manual del filtro de salida (solo requerido para el funcionamiento de flujo).
Parámetro 14-57 Inductance Output Filter	Ajústese según el filtro individual. Indicado en la etiqueta de producto del filtro y en el manual del filtro de salida (solo requerido para el funcionamiento de flujo).

Tabla 6.15 Ajustes de parámetros para el funcionamiento de un filtro senoidal

6.2.7 Filtros dU/dt

6

Clasificaciones del convertidor de frecuencia [V]										Intensidad nominal del filtro [V]				Número de pedido		
200–240		380–440		441–500		525–550		551–690		380 a 60 Hz 200-400/ 440 a 50 Hz	460/480 a 60 Hz 500/525 a 50 Hz	575/600 a 60 Hz	690 a 50 Hz	IP00	IP20 ¹⁾	IP54
[kW]	[A]	[kW]	[A]	[kW]	[A]	[kW]	[A]	[kW]	[A]	[A]	[A]	[A]	[A]			
3	12,5	5,5	13	5,5	11	5,5	9,5	1,1	1,6	17	15	13	10	N/A	130B7367*	N/A
3,7	16	7,5	16	7,5	14,5	7,5	11,5	1,5	2,2							
–	–	–	–	–	–	–	–	2,2	3,2							
–	–	–	–	–	–	–	–	3	4,5							
–	–	–	–	–	–	–	–	4	5,5							
–	–	–	–	–	–	–	–	5,5	7,5							
–	–	–	–	–	–	–	–	7,5	10							
5,5	24,2	11	24	11	21	7,5	14	11	13	44	40	32	27	130B2835	130B2836*	130B2837
7,5	30,8	15	32	15	27	11	19	15	18							
–	–	18,5	37,5	18,5	34	15	23	18,5	22							
–	–	22	44	22	40	18,5	28	22	27							
11	46,2	30	61	30	52	30	43	30	34	90	80	58	54	130B2838	130B2839*	130B2840
15	59,4	37	73	37	65	37	54	37	41							
18,5	74,8	45	90	55	80	45	65	45	52							
22	88	–	–	–	–	–	–	–	–							
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	106	105	94	86	130B2841	130B2842*	130B2843
–	–	55	106	75	105	55	87	55	62							
–	–	–	–	–	–	–	–	75	83							
30	115	75	147	90	130	75	113	90	108	177	160	131	108	130B2844	130B2845*	130B2846
37	143	90	177	–	–	90	137	–	–							
45	170	–	–	–	–	–	–	–	–							

Tabla 6.16 Filtros dU/dt para 200-690 V

1) Tamaños de protección A3 específicos compatibles con el montaje en zonas de caída y estilo libro. Conexión de cable apantallado fijo al convertidor de frecuencia.

Parámetro	Ajuste
Parámetro 14-01 Frecuencia conmutación	No se recomienda una frecuencia de conmutación de funcionamiento mayor que la especificada por el filtro individual.
Parámetro 14-55 Filtro de salida	[0] Sin filtro
Parámetro 14-56 Capacitance Output Filter	Sin uso
Parámetro 14-57 Inductance Output Filter	Sin uso

Tabla 6.17 Ajustes de parámetros para el funcionamiento del filtro dU/dt

6.2.8 Filtros de modo común

Tamaño de la protección	Número de pedido	Dimensiones del núcleo					Peso [kg]
		W	w	H	h	d	
A y B	130B3257	60	43	40	25	22,3	0,25
C1	130B7679	82,8	57,5	45,5	20,6	33	-
C2, C3 y C4	130B3258	102	69	61	28	37	1,6

Tabla 6.18 Filtros de modo común, números de pedido

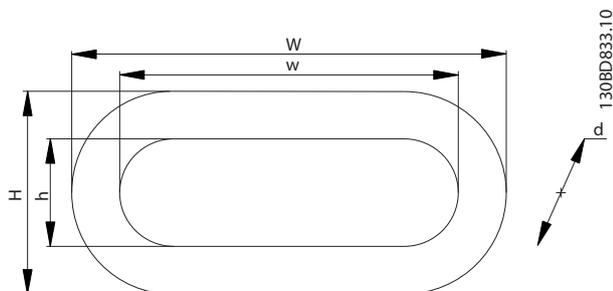


Ilustración 6.2 Núcleo HF-CM

7 Especificaciones

7.1 Datos eléctricos

7.1.1 Fuente de alimentación de red 3 × 200-240 V CA

Designación de tipo	P1K1	P1K5	P2K2	P3K0	P3K7
Sobrecarga ¹⁾	NO	NO	NO	NO	NO
Eje de salida típico [kW]	1,1	1,5	2,2	3,0	3,7
Eje de salida típico [CV] a 208 V	1,5	2,0	2,9	4,0	4,9
IP20/chasis ⁶⁾	A2	A2	A2	A3	A3
IP55 / NEMA 12	A4/A5	A4/A5	A4/A5	A5	A5
IP66 / NEMA 4X	A4/A5	A4/A5	A4/A5	A5	A5
Intensidad de salida					
Continua (3 × 200-240 V) [A]	6,6	7,5	10,6	12,5	16,7
Intermitente (3 × 200-240 V) [A]	7,3	8,3	11,7	13,8	18,4
Continua kVA (208 V CA) [kVA]	2,38	2,70	3,82	4,50	6,00
Intensidad de entrada máxima					
Continua (3 × 200-240 V) [A]	5,9	6,8	9,5	11,3	15,0
Intermitente (3 × 200-240 V) [A]	6,5	7,5	10,5	12,4	16,5
Más especificaciones					
Pérdida de potencia estimada ³⁾ a carga nominal máxima [W] ⁴⁾	63	82	116	155	185
Sección transversal máxima del cable IP20, IP21 ²⁾ (red, motor, freno y carga compartida) [mm ² /(AWG)]	4, 4, 4 (12, 12, 12) (mínimo 0,2 [24])				
Sección transversal máxima del cable IP55, IP66 ²⁾ (red, motor, freno y carga compartida) [mm ² /(AWG)]	4, 4, 4 (12, 12, 12)				
Sección transversal máxima del cable con desconexión	6, 4, 4 (10, 12, 12)				
Rendimiento ⁵⁾	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96

Tabla 7.1 Fuente de alimentación de red 3 × 200-240 V CA

Designación de tipo	P5K5	P7K5	P11K	P15K	P18K	P22K	P30K	P37K	P45K
Sobrecarga ¹⁾	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Eje de salida típico [kW]	5,5	7,5	11	15	18,5	22	30	37	45
Eje de salida típico [CV] a 208 V	7,5	10	15	20	25	30	40	50	60
IP20/chasis ⁶⁾	B3	B3	B3	B4	B4	C3	C3	C4	C4
IP21/NEMA 1	B1	B1	B1	B2	C1	C1	C1	C2	C2
IP55 / NEMA 12	B1	B1	B1	B2	C1	C1	C1	C2	C2
IP66 / NEMA 4X	B1	B1	B1	B2	C1	C1	C1	C2	C2
Intensidad de salida									
Continua (3 × 200-240 V) [A]	24,2	30,8	46,2	59,4	74,8	88,0	115	143	170
Intermitente (3 × 200-240 V) [A]	26,6	33,9	50,8	65,3	82,3	96,8	127	157	187
Continua kVA (208 V CA) [kVA]	8,7	11,1	16,6	21,4	26,9	31,7	41,4	51,5	61,2
Intensidad de entrada máxima									
Continua (3 × 200-240 V) [A]	22,0	28,0	42,0	54,0	68,0	80,0	104,0	130,0	154,0
Intermitente (3 × 200-240 V) [A]	24,2	30,8	46,2	59,4	74,8	88,0	114,0	143,0	169,0
Más especificaciones									
Pérdida de potencia estimada ³⁾ a carga nominal máxima [W] ⁴⁾	269	310	447	602	737	845	1140	1353	1636
Sección transversal máxima del cable IP20 ²⁾ (red, freno, motor y carga compartida) [mm ² / (AWG)]	10, 10 (8, 8, -)			35 (2)		50 (1)		150 (300 MCM)	
Sección transversal máxima del cable IP21, IP55, IP66 ²⁾ (red, motor) [mm ² / (AWG)]	16, 10, 16 (6, 8, 6)			35, -, - (2, -, -)		50 (1)		150 (300 MCM)	
Rendimiento ⁵⁾	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,97	0,97	0,97	0,97

7
Tabla 7.2 Fuente de alimentación de red 3 × 200-240 V CA

7.1.2 Fuente de alimentación de red 3 × 380-480 V CA

Designación de tipo	P1K1	P1K5	P2K2	P3K0	P4K0	P5K5	P7K5
Sobrecarga ¹⁾	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Eje de salida típico [kW]	1,1	1,5	2,2	3,0	4,0	5,5	7,5
Eje de salida típico [CV] a 460 V	1,5	2,0	2,9	4,0	5,0	7,5	10
IP20/chasis ⁶⁾	A2	A2	A2	A2	A2	A3	A3
IP55 / NEMA 12	A4/A5	A4/A5	A4/A5	A4/A5	A4/A5	A5	A5
IP66 / NEMA 4X	A4/A5	A4/A5	A4/A5	A4/A5	A4/A5	A5	A5
Intensidad de salida							
Continua (3 × 380-440 V) [A]	3	4,1	5,6	7,2	10	13	16
Intermitente (3 × 380-440 V) [A]	3,3	4,5	6,2	7,9	11	14,3	17,6
Continua (3 × 441-480 V) [A]	2,7	3,4	4,8	6,3	8,2	11	14,5
Intermitente (3 × 441-480 V) [A]	3,0	3,7	5,3	6,9	9,0	12,1	15,4
Continua kVA (400 V CA) [kVA]	2,1	2,8	3,9	5,0	6,9	9,0	11,0
Continua kVA (460 V CA) [kVA]	2,4	2,7	3,8	5,0	6,5	8,8	11,6
Intensidad de entrada máxima							
Continua (3 × 380-440 V) [A]	2,7	3,7	5,0	6,5	9,0	11,7	14,4
Intermitente (3 × 380-440 V) [A]	3,0	4,1	5,5	7,2	9,9	12,9	15,8
Continua (3 × 441-480 V) [A]	2,7	3,1	4,3	5,7	7,4	9,9	13,0
Intermitente (3 × 441-480 V) [A]	3,0	3,4	4,7	6,3	8,1	10,9	14,3
Más especificaciones							
Pérdida de potencia estimada ³⁾ con carga nominal máxima [W] ⁴⁾	58	62	88	116	124	187	255
Sección transversal máxima del cable IP20, IP21 ²⁾ (red, motor, freno y carga compartida) [mm ² /(AWG)] ²⁾	4, 4, 4 (12, 12, 12) (mín. 0,2 [24])						
Sección transversal máxima del cable IP55, IP66 ²⁾ (red, motor, freno y carga compartida) [mm ² /(AWG)] ²⁾	4, 4, 4 (12, 12, 12)						
Sección transversal máxima del cable ²⁾ con desconexión	6, 4, 4 (10, 12, 12)						
Rendimiento ⁵⁾	0,96	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97

Tabla 7.3 Fuente de alimentación de red 3 × 380-480 V CA

Designación de tipo	P11K	P15K	P18K	P22K	P30K	P37K	P45K	P55K	P75K	P90K
Sobrecarga ¹⁾	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Eje de salida típico [kW]	11	15	18,5	22	30	37	45	55	75	90
Eje de salida típico [CV] a 460 V	15	20	25	30	40	50	60	75	100	125
IP20/chasis ⁷⁾	B3	B3	B3	B4	B4	B4	C3	C3	C4	C4
IP21/NEMA 1	B1	B1	B1	B2	B2	C1	C1	C1	C2	C2
IP55 / NEMA 12	B1	B1	B1	B2	B2	C1	C1	C1	C2	C2
IP66 / NEMA 4X	B1	B1	B1	B2	B2	C1	C1	C1	C2	C2
Intensidad de salida										
Continua (3 × 380-439 V) [A]	24	32	37,5	44	61	73	90	106	147	177
Intermitente (3 × 380-439 V) [A]	26,4	35,2	41,3	48,4	67,1	80,3	99	117	162	195
Continua (3 × 440-480 V) [A]	21	27	34	40	52	65	80	105	130	160
Intermitente (3 × 440-480 V) [A]	23,1	29,7	37,4	44	61,6	71,5	88	116	143	176
Continua kVA (400 V CA) [kVA]	16,6	22,2	26	30,5	42,3	50,6	62,4	73,4	102	123
Continua kVA (460 V CA) [kVA]	16,7	21,5	27,1	31,9	41,4	51,8	63,7	83,7	104	128
Intensidad de entrada máxima										
Continua (3 × 380-439 V) [A]	22	29	34	40	55	66	82	96	133	161
Intermitente (3 × 380-439 V) [A]	24,2	31,9	37,4	44	60,5	72,6	90,2	106	146	177
Continua (3 × 440-480 V) [A]	19	25	31	36	47	59	73	95	118	145
Intermitente (3 × 440-480 V) [A]	20,9	27,5	34,1	39,6	51,7	64,9	80,3	105	130	160
Más especificaciones										
Pérdida de potencia estimada ³⁾ con carga nominal máxima [W] ⁴⁾	278	392	465	525	698	739	843	1083	1384	1474
Sección transversal máxima del cable IP20 ²⁾ (red, freno, motor y carga compartida) [mm ² /(AWG)]	10, 10, - (8, 8, -)			35, -, - (2, -, -)			50 (1)		95 (4/0)	
Sección transversal máxima del cable IP21, IP55, IP66 ²⁾ (red, motor) [mm ² /(AWG)]	10, 10, - (8, 8, -)			35, 25, 25 (2, 4, 4)			50 (1)		150 (300 MCM)	
Con interruptor de desconexión de red incluido:	16, 10, 10 (6, 8, 8)					50, 35, 35 (1, 2, 2)			95, 70, 70 (3/0, 2/70, 2/0)	185, 150, 120 (350 MCM, 300 MCM, 4/0)
Rendimiento ⁵⁾	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,99

Tabla 7.4 Fuente de alimentación de red 3 × 380-480 V CA

7.1.3 Fuente de alimentación de red 3 × 525-600 V CA

Designación de tipo	P1K1	P1K5	P2K2	P3K0	P3K7	P4K0	P5K5	P7K5
Sobrecarga ¹⁾	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Eje de salida típico [kW]	1,1	1,5	2,2	3,0	3,7	4,0	5,5	7,5
IP20 / chasis	A3	A3	A3	A3	A2	A3	A3	A3
IP21/NEMA 1	A3	A3	A3	A3	A2	A3	A3	A3
IP55 / NEMA 12	A5	A5	A5	A5	A5	A5	A5	A5
IP66 / NEMA 4X	A5	A5	A5	A5	A5	A5	A5	A5
Intensidad de salida								
Continua (3 × 525-550 V) [A]	2,6	2,9	4,1	5,2	–	6,4	9,5	11,5
Intermitente (3 × 525-550 V) [A]	2,9	3,2	4,5	5,7	–	7,0	10,5	12,7
Continua (3 × 525-600 V) [A]	2,4	2,7	3,9	4,9	–	6,1	9,0	11,0
Intermitente (3 × 525-600 V) [A]	2,6	3,0	4,3	5,4	–	6,7	9,9	12,1
Continua kVA (525 V CA) [kVA]	2,5	2,8	3,9	5,0	–	6,1	9,0	11,0
Continua kVA (575 V CA) [kVA]	2,4	2,7	3,9	4,9	–	6,1	9,0	11,0
Intensidad de entrada máxima								
Continua (3 × 525-600 V) [A]	2,4	2,7	4,1	5,2	–	5,8	8,6	10,4
Intermitente (3 × 525-600 V) [A]	2,7	3,0	4,5	5,7	–	6,4	9,5	11,5
Más especificaciones								
Pérdida de potencia estimada ³⁾ con carga nominal máxima [W] ⁴⁾	50	65	92	122	–	145	195	261
Sección transversal máxima del cable IP20 ²⁾ (red, motor, freno y carga compartida) [mm ² /(AWG)]	4, 4, 4 (12, 12, 12) (mín. 0,2 [24])							
Sección transversal máxima del cable IP55, IP66 ²⁾ (red, motor, freno y carga compartida) [mm ² /(AWG)]	4, 4, 4 (12, 12, 12) (mín. 0,2 [24])							
Sección transversal máxima del cable ²⁾ con desconexión	6, 4, 4 (10, 12, 12)							
Rendimiento ⁵⁾	0,97	0,97	0,97	0,97	–	0,97	0,97	0,97

Tabla 7.5 Fuente de alimentación de red 3 × 525-600 V CA

Designación de tipo	P11K	P15K	P18K	P22K	P30K	P37K	P45K	P55K	P75K	P90K	
Sobrecarga ¹⁾	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
Eje de salida típico [kW]	11	15	18,5	22	30	37	45	55	75	90	
IP20 / chasis	B3	B3	B3	B4	B4	B4	C3	C3	C4	C4	
IP21/NEMA 1	B1	B1	B1	B2	B2	C1	C1	C1	C2	C2	
IP55 / NEMA 12	B1	B1	B1	B2	B2	C1	C1	C1	C2	C2	
IP66 / NEMA 4X	B1	B1	B1	B2	B2	C1	C1	C1	C2	C2	
Intensidad de salida											
Continua (3 × 525-550 V) [A]	19	23	28	36	43	54	65	87	105	137	
Intermitente (3 × 525-550 V) [A]	21	25	31	40	47	59	72	96	116	151	
Continua (3 × 525-600 V) [A]	18	22	27	34	41	52	62	83	100	131	
Intermitente (3 × 525-600 V) [A]	20	24	30	37	45	57	68	91	110	144	
Continua kVA (525 V CA) [kVA]	18,1	21,9	26,7	34,3	41	51,4	61,9	82,9	100	130,5	
Continua kVA (575 V CA) [kVA]	17,9	21,9	26,9	33,9	40,8	51,8	61,7	82,7	99,6	130,5	
Intensidad de entrada máxima											
Continua (3 × 525-600 V) [A]	17,2	20,9	25,4	32,7	39	49	59	78,9	95,3	124,3	
Intermitente (3 × 525-600 V) [A]	19	23	28	36	43	54	65	87	105	137	
Más especificaciones											
Pérdida de potencia estimada ³⁾ con carga nominal máxima [W] ⁴⁾	300	400	475	525	700	750	850	1100	1400	1500	
Sección transversal máxima del cable IP21, IP55, IP66 ²⁾ (red, freno y carga compartida) [mm ² /(AWG)]	16, 10, 10 (6, 8, 8)			35, -, - (2, -, -)			50, -, - (1, -, -)			150 (300 MCM)	
Sección transversal máxima del cable IP21, IP55, IP66 ²⁾ (motor) [mm ² /(AWG)]	10, 10, - (8, 8, -)			35, 25, 25 (2, 4, 4)			50, -, - (1, -, -)			150 (300 MCM)	
Sección transversal máxima del cable IP20 ²⁾ (red, freno y carga compartida) [mm ² /(AWG)]	10, 10, - (8, 8, -)			35, -, - (2, -, -)			50, -, - (1, -, -)			150 (300 MCM)	
Sección transversal máxima del cable ²⁾ con desconexión	16, 10, 10 (6, 8, 8)						50, 35, 35 (1, 2, 2)			95, 70, 70 (3/0, 2/0, 2/0)	185, 150, 120 (350 MCM, 300 MCM, 4/0)
Rendimiento ⁵⁾	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	

Tabla 7.6 Fuente de alimentación de red 3 × 525-600 V CA

Para conocer el tipo de fusible, consulte el capítulo 7.8 Fusibles y magnetotérmicos.

1) Sobrecarga normal = 110 % del par durante 60 s.

2) Los tres valores para la sección transversal máxima del cable son para los terminales de núcleo único, de cable flexible y de cable flexible con manguito, respectivamente.

- 3) Se aplica para seleccionar las dimensiones de la refrigeración del convertidor de frecuencia. Si la frecuencia de conmutación es superior a los ajustes predeterminados, las pérdidas de potencia pueden aumentar. Se incluyen los consumos de energía habituales del LCP y de la tarjeta de control. Para conocer los datos de pérdida de potencia conforme a la norma EN 50598-2, consulte www.danfoss.com/vltenergyefficiency.
- 4) Rendimiento medido en intensidad nominal. Para conocer la clase de rendimiento energético, consulte el capítulo 7.4 Condiciones ambientales. Para conocer las pérdidas a carga parcial, consulte www.danfoss.com/vltenergyefficiency.
- 5) Se mide utilizando cables de motor apantallados de 5 m y en condiciones de carga y frecuencia nominales.
- 6) Las protecciones de tamaño A2+A3 pueden convertirse a IP21 utilizando un kit de conversión. Consulte también capítulo 3.7 Planificación mecánica.
- 7) Las protecciones de tamaños B3+B4 y C3+C4 pueden convertirse a IP21 mediante un kit de conversión. Consulte también capítulo 3.7 Planificación mecánica.

7.2 Fuente de alimentación de red

Fuente de alimentación de red

Terminales de la fuente de alimentación	L1, L2 y L3
Tensión de alimentación	200-240 V ±10%
Tensión de alimentación	380-480 V ±10%
Tensión de alimentación	525-600 V ±10%

Tensión de red baja / corte de red:

Durante un episodio de tensión de red baja o un corte de red, el convertidor de frecuencia sigue funcionando hasta que la tensión del circuito intermedio desciende por debajo del nivel de parada mínimo. El nivel de parada mínimo generalmente es un 15 % inferior a la tensión de alimentación nominal más baja del convertidor de frecuencia. 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 del convertidor de frecuencia.

Frecuencia de alimentación	50/60 Hz ±5 %
Máximo desequilibrio transitorio entre fases de red	3,0 % de la tensión de alimentación nominal
Factor de potencia real (λ)	≥0,9 nominal con carga nominal
Factor de potencia de desplazamiento (cos ϕ)	Prácticamente uno (>0,98)
Conmutación en la entrada de alimentación L1, L2 y L3 (arranques) ≤7,5 kW	Dos veces por minuto, como máximo
Conmutación en la entrada de alimentación L1, L2 y L3 (arranques) 11-75 kW	Una vez por minuto, como máximo
Conmutación en la entrada de alimentación L1, L2 y L3 (arranques) ≥90 kW	Una vez cada dos minutos, como máximo
Entorno según la norma EN 60664-1	Categoría de sobretensión III / grado de contaminación 2

La unidad es adecuada para utilizarse en un circuito capaz de proporcionar no más de 100 000 amperios simétricos RMS, 240/500/600/690 V como máximo.

7.3 Salida del motor y datos del motor

Salida del motor (U, V y W)

Tensión de salida	0-100 % de la tensión de alimentación
Frecuencia de salida (1,1-90 kW)	0-590 ¹⁾ Hz
Interruptor en la salida	Ilimitada
Tiempos de rampa	1-3600 s

1) A partir de la versión del software 1.10 la frecuencia de salida del convertidor de frecuencia está limitada en 590 Hz. Póngase en contacto con el distribuidor local de Danfoss para obtener información adicional.

Características de par

Par de arranque (par constante)	Máximo 110 % durante 60 s ¹⁾
Par de arranque	Máximo 135 % hasta 0,5 s ¹⁾
Par de sobrecarga (par constante)	Máximo 110 % durante 60 s ¹⁾

1) Porcentaje relativo al par nominal.

7.4 Condiciones ambientales

Entorno

Clasificación IP	IP20 ¹⁾ / chasis, IP21 ²⁾ / tipo 1, IP55 / tipo 12, IP66 / tipo 4X
Prueba de vibración	1,0 g
Humedad relativa máxima	5-93 % (CEI 721-3-3< clase 3K3 [sin condensación]) durante el funcionamiento
Entorno agresivo (CEI 60068-2-43) prueba H ₂ S	Clase Kd
Temperatura ambiente ³⁾	Máximo 50 °C (promedio de 24 horas, máx. 45 °C)
Temperatura ambiente mínima durante el funcionamiento a escala completa	0 °C
Temperatura ambiente mínima con rendimiento reducido	-10 °C
Temperatura durante el almacenamiento/transporte	De -25 a +65 / 70 °C
Altitud máxima sobre el nivel del mar sin reducción de potencia	1000 m

Reducción de potencia con la altitud: consulte las condiciones especiales en la Guía de Diseño

Normas CEM, emisión	EN 61800-3
Normas CEM, inmunidad	EN 61800-3
Clase de rendimiento energético ⁴⁾	IE2

Consulte el capítulo 5 Condiciones especiales.

1) Solo para ≤3,7 kW (200-240 V), ≤7,5 kW (380-480 V).

2) Como kit de protección para ≤3,7 kW (200-240 V), ≤7,5 kW (380-480 V).

3) Consulte el capítulo 5 Condiciones especiales para conocer la reducción de potencia por temperatura ambiente alta.

4) 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.

7.5 Especificaciones del cable

Longitudes de cable y secciones transversales para cables de control¹⁾

Máxima longitud del cable del motor, apantallado	150 m (492 ft)
Máxima longitud del cable de motor, cable no apantallado	300 m (984 ft)
Sección transversal máxima a los terminales de control, cable rígido/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

1) Para conocer los cables de alimentación, consulte las tablas de datos eléctricos del capítulo 7.1 Datos eléctricos.

7.5.1 Longitudes de cable para varias conexiones de motor en paralelo

Tamaños de las protecciones	Potencia [kW]	Tensión [V]	1 cable [m]	2 cables [m]	3 cables [m]	4 cables [m]
A2, A4 y A5	1,1-1,5	400	150	45	20	8
A2, A4 y A5	2,2-4	400	150	45	20	11
A3, A4 y A5	5,5-7,5	400	150	45	20	11
B1, B2, B3, B4, C1, C2, C3, C4	11-90	400	150	75	50	37

Tabla 7.7 Longitud máxima del cable para cada cable paralelo

Para obtener más información, consulte el capítulo 3.5.6 Conexión de motores múltiples.

7.6 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
Rango de frecuencia de pulsos	0-110 kHz
(Ciclo de trabajo) Anchura de impulsos mín.	4,5 ms
Resistencia de entrada, R _i	Aproximadamente 4 kΩ

Safe Torque Off (STO) Terminal 37³⁾, ⁴⁾ (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) Los terminales 27 y 29 también pueden programarse como salidas.

2) Excepto el terminal de entrada 37 de Safe Torque Off.

3) Consulte el Manual de funcionamiento de Safe Torque Off para los convertidores de frecuencia VLT® para obtener más información sobre el terminal 37 y la parada de seguridad.

4) Al usar un contactor con una bobina de CC en combinación 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 (o, en su caso, con un MOV de 30 o 50 V para reducir todavía más el tiempo de respuesta) a lo largo de la bobina. Pueden comprarse contactores típicos con este diodo.

Entradas analógicas

N.º de entradas analógicas	2
Número de terminal	53, 54
Modos	Tensión o intensidad
Selección de modo	Interruptor S201 e interruptor S202
Modo tensión	Interruptor S201 / Interruptor 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 intensidad	Interruptor S201 / Interruptor S202 = ON (I)
Nivel de intensidad	De 0/4 a 20 mA (escalable)
Resistencia de entrada, R _i	Aproximadamente 200 Ω
Intensidad 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	100 Hz

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

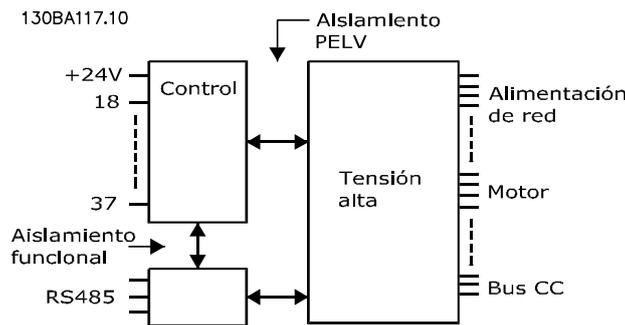


Ilustración 7.1 Aislamiento PELV de entradas analógicas

Entradas de pulsos

Pulso programable	2/1
Número de terminal de pulso	29, 33 ¹⁾ /32 ²⁾ , 33 ²⁾
Frecuencia máxima en los terminales 29, 32 y 33	110 kHz (en contrafase)
Frecuencia máxima en los terminales 29, 32 y 33	5 kHz (colector abierto)
Frecuencia mínima en los terminales 29, 32 y 33	4 Hz
Nivel de tensión	Consulte el capítulo 7.6.1 Entradas digitales
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.
- 2) Entradas de encoder: 32=A y 33=B.

Salida analógica

Número de salidas analógicas programables	1
Número de terminal	42
Rango de intensidad en la salida analógica	De 0/4 a 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 mín. 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

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 $\cos\phi$ 0,4)	240 V CA, 0,2 A
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	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 $\cos\phi$ 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 $\cos\phi$ 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.

Tarjeta de control, salida de 10 V CC

Número de terminal	50
Tensión de salida	10,5 V \pm 0,5 V
Carga máxima	15 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	\pm 0,003 Hz
Precisión repetida del arranque / de la parada precisos (terminales 18 y 19)	\leq \pm 0,1 ms
Tiempo de respuesta del sistema (terminales 18, 19, 27, 29, 32 y 33)	\leq 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 \pm 8 r/min
Precisión de la velocidad (lazo cerrado), en función de la resolución del dispositivo de realimentación	0-6000 r/min: error \pm 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	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 conector USB del convertidor de frecuencia.

7.7 Par de apriete de conexión

Protección	Potencia [kW]			Par [Nm]			
	200-240 V	380-480 V	525-600 V	Red	Motor	Tierra	Relé
A2	1,1-2,2	1,1-4,0	–	1,8	1,8	3	0,6
A3	3,0-3,7	5,5-7,5	1,1-7,5	1,8	1,8	3	0,6
A4	1,1-2,2	1,1-4,0	–	1,8	1,8	3	0,6
A5	1,1-3,7	1,1-7,5	1,1-7,5	1,8	1,8	3	0,6
B1	5,5-11	11-18	11-18	1,8	1,8	3	0,6
B2	15	22-30	22-30	4,5	4,5	3	0,6
B3	5,5-11	11-18	11-18	1,8	1,8	3	0,6
B4	15-18	22-37	22-37	4,5	4,5	3	0,6
C1	18-30	37-55	37-55	10	10	3	0,6
C2	37-45	75-90	75-90	14/24 ¹⁾	14/24 ¹⁾	3	0,6
C3	22-30	45-55	45-55	10	10	3	0,6
C4	37-45	75-90	75-90	14/24 ¹⁾	14/24 ¹⁾	3	0,6

Tabla 7.8 Apriete de los terminales

1) Para diferentes dimensiones x/y de cable, donde $x \leq 95 \text{ mm}^2$ e $y \geq 95 \text{ mm}^2$.

7.8 Fusibles y magnetotérmicos

Se recomienda utilizar fusibles y/o magnetotérmicos en el lateral de la fuente de alimentación, a modo de protección en caso de avería de componentes internos del convertidor de frecuencia (primer fallo).

AVISO!

El uso de fusibles en el lateral de la fuente de alimentación es obligatorio para garantizar que las instalaciones cumplan las normas CEI 60364 (CE) o NEC 2009 (UL).

Recomendaciones:

- Fusibles de tipo gG.
- Magnetotérmicos de tipo Moeller. Para otros tipos de magnetotérmicos, asegúrese de que la energía que entra en el convertidor de frecuencia sea igual o menor que la energía proporcionada por los de tipo Moeller.

El uso de los fusibles y magnetotérmicos recomendados garantiza que los posibles daños en el convertidor de frecuencia se reduzcan a daños en el interior de la unidad. Para obtener más información, consulte la *Nota sobre la aplicación Fusibles y magnetotérmicos*.

Los fusibles del *Tabla 7.9* al *Tabla 7.16* son adecuados para su uso en un circuito capaz de proporcionar $100\,000 \text{ A}_{\text{rms}}$ (simétricos), en función de la clasificación de tensión del convertidor de frecuencia. Con los fusibles adecuados, la intensidad nominal de cortocircuito (SCCR) del convertidor de frecuencia es de $100\,000 \text{ A}_{\text{rms}}$.

7.8.1 Cumplimiento de la normativa CE

200-240 V

Tipo de protección	Potencia [kW]	Tamaño de fusible recomendado	Fusible máximo recomendado	Magnetotérmico recomendado (Moeller)	Nivel de desconexión máximo [A]
A2	1,1-2,2	gG-10 (1,1-1,5) gG-16 (2,2)	gG-25	PKZM0-25	25
A3	3,0-3,7	gG-16 (3) gG-20 (3,7)	gG-32	PKZM0-25	25
B3	5,5-11	gG-25 (5,5-7,5) gG-32 (11)	gG-63	PKZM4-50	50
B4	15-18	gG-50 (15) gG-63 (18)	gG-125	NZMB1-A100	100
C3	22-30	gG-80 (22) aR-125 (30)	gG-150 (22) aR-160 (30)	NZMB2-A200	150
C4	37-45	aR-160 (37) aR-200 (45)	aR-200 (37) aR-250 (45)	NZMB2-A250	250
A4	1,1-2,2	gG-10 (1,1-1,5) gG-16 (2,2)	gG-32	PKZM0-25	25
A5	1,1-3,7	gG-10 (1,1-1,5) gG-16 (2,2-3) gG-20 (3,7)	gG-32	PKZM0-25	25
B1	5,5-11	gG-25 (5,5) gG-32 (7,5-11)	gG-80	PKZM4-63	63
B2	15	gG-50	gG-100	NZMB1-A100	100
C1	18-30	gG-63 (18,5) gG-80 (22) gG-100 (30)	gG-160 (18,5-22) aR-160 (30)	NZMB2-A200	160
C2	37-45	aR-160 (37) aR-200 (45)	aR-200 (37) aR-250 (45)	NZMB2-A250	250

Tabla 7.9 200-240 V, protecciones de tipo A, B y C

380-480 V

Tipo de protección	Potencia [kW]	Tamaño de fusible recomendado	Fusible máximo recomendado	Magnetotérmico recomendado (Moeller)	Nivel de desconexión máximo [A]
A2	1,1-4,0	gG-10 (1,1-3) gG-16 (4)	gG-25	PKZM0-25	25
A3	5,5-7,5	gG-16	gG-32	PKZM0-25	25
B3	11-18	gG-40	gG-63	PKZM4-50	50
B4	22-37	gG-50 (22) gG-63 (30) gG-80 (37)	gG-125	NZMB1-A100	100
C3	45-55	gG-100 (45) gG-160 (55)	gG-150 (45) gG-160 (55)	NZMB2-A200	150
C4	75-90	aR-200 (75) aR-250 (90)	aR-250	NZMB2-A250	250
A4	1,1-4	gG-10 (1,1-3) gG-16 (4)	gG-32	PKZM0-25	25
A5	1,1-7,5	gG-10 (1,1-3) gG-16 (4-7,5)	gG-32	PKZM0-25	25
B1	11-18,5	gG-40	gG-80	PKZM4-63	63
B2	22-30	gG-50 (22) gG-63 (30)	gG-100	NZMB1-A100	100
C1	37-55	gG-80 (37) gG-100 (45) gG-160 (55)	gG-160	NZMB2-A200	160
C2	75-90	aR-200 (75) aR-250 (90)	aR-250	NZMB2-A250	250

7

Tabla 7.10 380-480 V, protecciones de tipo A, B y C

525-600 V

Tipo de protección	Potencia [kW]	Tamaño de fusible recomendado	Fusible máximo recomendado	Magnetotérmico recomendado (Moeller)	Nivel de desconexión máximo [A]
A3	5,5-7,5	gG-10 (5,5) gG-16 (7,5)	gG-32	PKZM0-25	25
B3	11-18	gG-25 (11) gG-32 (15-18)	gG-63	PKZM4-50	50
B4	22-37	gG-40 (22) gG-50 (30) gG-63 (37)	gG-125	NZMB1-A100	100
C3	45-55	gG-63 (45) gG-100 (55)	gG-150	NZMB2-A200	150
C4	75-90	aR-160 (75) aR-200 (90)	aR-250	NZMB2-A250	250
A5	1,1-7,5	gG-10 (1,1-5,5) gG-16 (7,5)	gG-32	PKZM0-25	25
B1	11-18	gG-25 (11) gG-32 (15) gG-40 (18,5)	gG-80	PKZM4-63	63
B2	22-30	gG-50 (22) gG-63 (30)	gG-100	NZMB1-A100	100
C1	37-55	gG-63 (37) gG-100 (45) aR-160 (55)	gG-160 (37-45) aR-250 (55)	NZMB2-A200	160
C2	75-90	aR-200 (75-90)	aR-250	NZMB2-A250	250

Tabla 7.11 525-600 V, protecciones de tipo A, B y C

7.8.2 Conformidad con UL
3 × 200-240 V

Potencia [kW]	Fusible máximo recomendado					
	Bussmann Tipo RK1 ¹⁾	Bussmann Tipo J	Bussmann Tipo T	Bussmann Tipo CC	Bussmann Tipo CC	Bussmann Tipo CC
1,1	KTN-R-10	JKS-10	JJN-10	FNQ-R-10	KTK-R-10	LP-CC-10
1,5	KTN-R-15	JKS-15	JJN-15	FNQ-R-15	KTK-R-15	LP-CC-15
2,2	KTN-R-20	JKS-20	JJN-20	FNQ-R-20	KTK-R-20	LP-CC-20
3,0	KTN-R-25	JKS-25	JJN-25	FNQ-R-25	KTK-R-25	LP-CC-25
3,7	KTN-R-30	JKS-30	JJN-30	FNQ-R-30	KTK-R-30	LP-CC-30
5,5/7,5	KTN-R-50	JKS-50	JJN-50	-	-	-
11	KTN-R-60	JKS-60	JJN-60	-	-	-
15	KTN-R-80	JKS-80	JJN-80	-	-	-
18,5-22	KTN-R-125	JKS-125	JJN-125	-	-	-
30	KTN-R-150	JKS-150	JJN-150	-	-	-
37	KTN-R-200	JKS-200	JJN-200	-	-	-
45	KTN-R-250	JKS-250	JJN-250	-	-	-

Tabla 7.12 3 × 200-240 V, protecciones de tipo A, B y C

Potencia [kW]	Fusible máximo recomendado							
	SIBA Tipo RK1	Littelfuse Tipo RK1	Ferraz Shawmut Tipo CC	Ferraz Shawmut Tipo RK1 ³⁾	Bussmann Tipo JFHR2 ²⁾	Littelfuse JFHR2	Ferraz Shawmut JFHR2 ⁴⁾	Ferraz Shawmut J
1,1	5017906-010	KLN-R-10	ATM-R-10	A2K-10-R	FWX-10	–	–	HSJ-10
1,5	5017906-016	KLN-R-15	ATM-R-15	A2K-15-R	FWX-15	–	–	HSJ-15
2,2	5017906-020	KLN-R-20	ATM-R-20	A2K-20-R	FWX-20	–	–	HSJ-20
3,0	5017906-025	KLN-R-25	ATM-R-25	A2K-25-R	FWX-25	–	–	HSJ-25
3,7	5012406-032	KLN-R-30	ATM-R-30	A2K-30-R	FWX-30	–	–	HSJ-30
5,5/7,5	5014006-050	KLN-R-50	–	A2K-50-R	FWX-50	–	–	HSJ-50
11	5014006-063	KLN-R-60	–	A2K-60-R	FWX-60	–	–	HSJ-60
15	5014006-080	KLN-R-80	–	A2K-80-R	FWX-80	–	–	HSJ-80
18,5-22	2028220-125	KLN-R-125	–	A2K-125-R	FWX-125	–	–	HSJ-125
30	2028220-150	KLN-R-150	–	A2K-150-R	FWX-150	L25S-150	A25X-150	HSJ-150
37	2028220-200	KLN-R-200	–	A2K-200-R	FWX-200	L25S-200	A25X-200	HSJ-200
45	2028220-250	KLN-R-250	–	A2K-250-R	FWX-250	L25S-250	A25X-250	HSJ-250

Tabla 7.13 3 × 200-240 V, protecciones de tipo A, B y C

- 1) Los fusibles KTS de Bussmann pueden sustituir a los KTN en los convertidores de frecuencia de 240 V.
- 2) Los fusibles FWH de Bussmann pueden sustituir a los FWX en los convertidores de frecuencia de 240 V.
- 3) Los fusibles A6KR de Ferraz Shawmut pueden sustituir a los A2KR en los convertidores de frecuencia de 240 V.
- 4) Los fusibles A50X de Ferraz Shawmut pueden sustituir a los A25X en los convertidores de frecuencia de 240 V.

3 × 380-480 V

Potencia [kW]	Fusible máximo recomendado					
	Bussmann Tipo RK1	Bussmann Tipo J	Bussmann Tipo T	Bussmann Tipo CC	Bussmann Tipo CC	Bussmann Tipo CC
1,1	KTS-R-6	JKS-6	JJS-6	FNQ-R-6	KTK-R-6	LP-CC-6
1,5-2,2	KTS-R-10	JKS-10	JJS-10	FNQ-R-10	KTK-R-10	LP-CC-10
3	KTS-R-15	JKS-15	JJS-15	FNQ-R-15	KTK-R-15	LP-CC-15
4	KTS-R-20	JKS-20	JJS-20	FNQ-R-20	KTK-R-20	LP-CC-20
5,5	KTS-R-25	JKS-25	JJS-25	FNQ-R-25	KTK-R-25	LP-CC-25
7,5	KTS-R-30	JKS-30	JJS-30	FNQ-R-30	KTK-R-30	LP-CC-30
11-15	KTS-R-40	JKS-40	JJS-40	–	–	–
18	KTS-R-50	JKS-50	JJS-50	–	–	–
22	KTS-R-60	JKS-60	JJS-60	–	–	–
30	KTS-R-80	JKS-80	JJS-80	–	–	–
37	KTS-R-100	JKS-100	JJS-100	–	–	–
45	KTS-R-125	JKS-125	JJS-125	–	–	–
55	KTS-R-150	JKS-150	JJS-150	–	–	–
75	KTS-R-200	JKS-200	JJS-200	–	–	–
90	KTS-R-250	JKS-250	JJS-250	–	–	–

Tabla 7.14 3 × 380-480 V, protecciones de tipo A, B y C

Potencia [kW]	Fusible máximo recomendado							
	SIBA Tipo RK1	Littelfuse Tipo RK1	Ferraz Shawmut Tipo CC	Ferraz Shawmut Tipo RK1	Bussmann JFHR2	Ferraz Shawmut J	Ferraz Shawmut JFHR2 ¹⁾	Littelfuse JFHR2
1,1	5017906-006	KLS-R-6	ATM-R-6	A6K-6-R	FWH-6	HSJ-6	-	-
1,5-2,2	5017906-010	KLS-R-10	ATM-R-10	A6K-10-R	FWH-10	HSJ-10	-	-
3	5017906-016	KLS-R-15	ATM-R-15	A6K-15-R	FWH-15	HSJ-15	-	-
4	5017906-020	KLS-R-20	ATM-R-20	A6K-20-R	FWH-20	HSJ-20	-	-
5,5	5017906-025	KLS-R-25	ATM-R-25	A6K-25-R	FWH-25	HSJ-25	-	-
7,5	5012406-032	KLS-R-30	ATM-R-30	A6K-30-R	FWH-30	HSJ-30	-	-
11-15	5014006-040	KLS-R-40	-	A6K-40-R	FWH-40	HSJ-40	-	-
18	5014006-050	KLS-R-50	-	A6K-50-R	FWH-50	HSJ-50	-	-
22	5014006-063	KLS-R-60	-	A6K-60-R	FWH-60	HSJ-60	-	-
30	2028220-100	KLS-R-80	-	A6K-80-R	FWH-80	HSJ-80	-	-
37	2028220-125	KLS-R-100	-	A6K-100-R	FWH-100	HSJ-100	-	-
45	2028220-125	KLS-R-125	-	A6K-125-R	FWH-125	HSJ-125	-	-
55	2028220-160	KLS-R-150	-	A6K-150-R	FWH-150	HSJ-150	-	-
75	2028220-200	KLS-R-200	-	A6K-200-R	FWH-200	HSJ-200	A50-P-225	L50-S-225
90	2028220-250	KLS-R-250	-	A6K-250-R	FWH-250	HSJ-250	A50-P-250	L50-S-250

Tabla 7.15 3 × 380-480 V, protecciones de tipo A, B y C

1) Los fusibles A50QS de Ferraz Shawmut pueden sustituir a los A50P.

3 × 525-600 V

Potencia [kW]	Fusible máximo recomendado									
	Bussmann Tipo RK1	Bussmann Tipo J	Bussmann Tipo T	Bussmann Tipo CC	Bussmann Tipo CC	Bussmann Tipo CC	SIBA Tipo RK1	Littelfuse Tipo RK1	Ferraz Shawmut Tipo RK1	Ferraz Shawmut J
1,1	KTS-R-5	JKS-5	JJS-6	FNQ-R-5	KTK-R-5	LP-CC-5	5017906-005	KLS-R-005	A6K-5-R	HSJ-6
1,5-2,2	KTS-R-10	JKS-10	JJS-10	FNQ-R-10	KTK-R-10	LP-CC-10	5017906-010	KLS-R-010	A6K-10-R	HSJ-10
3	KTS-R-15	JKS-15	JJS-15	FNQ-R-15	KTK-R-15	LP-CC-15	5017906-016	KLS-R-015	A6K-15-R	HSJ-15
4	KTS-R-20	JKS-20	JJS-20	FNQ-R-20	KTK-R-20	LP-CC-20	5017906-020	KLS-R-020	A6K-20-R	HSJ-20
5,5	KTS-R-25	JKS-25	JJS-25	FNQ-R-25	KTK-R-25	LP-CC-25	5017906-025	KLS-R-025	A6K-25-R	HSJ-25
7,5	KTS-R-30	JKS-30	JJS-30	FNQ-R-30	KTK-R-30	LP-CC-30	5017906-030	KLS-R-030	A6K-30-R	HSJ-30
11-15	KTS-R-35	JKS-35	JJS-35	-	-	-	5014006-040	KLS-R-035	A6K-35-R	HSJ-35
18	KTS-R-45	JKS-45	JJS-45	-	-	-	5014006-050	KLS-R-045	A6K-45-R	HSJ-45
22	KTS-R-50	JKS-50	JJS-50	-	-	-	5014006-050	KLS-R-050	A6K-50-R	HSJ-50
30	KTS-R-60	JKS-60	JJS-60	-	-	-	5014006-063	KLS-R-060	A6K-60-R	HSJ-60
37	KTS-R-80	JKS-80	JJS-80	-	-	-	5014006-080	KLS-R-075	A6K-80-R	HSJ-80
45	KTS-R-100	JKS-100	JJS-100	-	-	-	5014006-100	KLS-R-100	A6K-100-R	HSJ-100
55	KTS-R-125	JKS-125	JJS-125	-	-	-	2028220-125	KLS-125	A6K-125-R	HSJ-125
75	KTS-R-150	JKS-150	JJS-150	-	-	-	2028220-150	KLS-150	A6K-150-R	HSJ-150
90	KTS-R-175	JKS-175	JJS-175	-	-	-	2028220-200	KLS-175	A6K-175-R	HSJ-175

Tabla 7.16 3 × 525-600 V, protecciones de tipo A, B y C

7.9 Potencias de salida, peso y dimensiones

Tipo de protección [kW]:	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4
200-240 V	1,1-2,2	3,0-3,7	1,1-2,2	1,1-3,7	5,5-11	15	5,5-11	15-18,5	18,5-30	37-45	22-30	37-45
380-480 V	1,1-4,0	5,5-7,5	1,1-4,0	1,1-7,5	11-18,5	22-30	11-18,5	22-37	37-55	75-90	45-55	75-90
525-600 V	1,1-7,5	1,1-7,5	1,1-7,5	1,1-7,5	11-18,5	11-30	11-18,5	22-37	37-55	37-90	45-55	75-90
IP	20	20	55/66	55/66	21/55/66	21/55/66	20	20	21/55/66	21/55/66	20	20
NEMA	Chasis Tipo 1	Chasis Tipo 1	Tipo 12/4X	Tipo 12/4X	Tipo 1/12/4X	Tipo 1/12/4X	Chasis	Chasis	Tipo 1/12/4X	Tipo 1/12/4X	Chasis	Chasis
Altura [mm]												
Protección	A ¹⁾	246	372	390	480	650	350	460	680	770	490	600
Altura de la placa posterior	A	268	375	390	480	650	399	520	680	770	550	660
Altura con placa de desaplamiento para cables de bus de campo	A	374	-	-	-	-	419	595	-	-	630	800
Distancia entre los agujeros de montaje	a	257	350	401	454	624	380	495	648	739	521	631
Anchura [mm]												
Protección	B	90	130	200	242	242	165	231	308	370	308	370
Anchura de la placa posterior	B	90	130	200	242	242	165	231	308	370	308	370
Anchura de la placa posterior con una opción C	B	130	170	-	242	242	205	231	308	370	308	370
Distancia entre los agujeros de montaje	b	70	110	171	210	210	140	200	272	334	270	330
Profundidad²⁾ [mm]												
Sin opción A/B	C	205	205	175	200	260	248	242	310	335	333	333
Con opción A/B	C	220	220	175	200	260	262	242	310	335	333	333
Orificios para los tornillos [mm]												
c	8,0	8,0	8,0	8,2	12	12	8	-	12	12	-	-
d	11	11	11	12	19	19	12	-	19	19	-	-
e	5,5	5,5	5,5	6,5	9	9	6,8	8,5	9,0	9,0	8,5	8,5
f	9	9	9	6	9	9	7,9	15	9,8	9,8	17	17
Peso máximo [kg]												
		4,9	5,3	6,6	7,0	27	12	23,5	45	65	35	50

¹⁾ Consulte el *Ilustración 7.2* y el *Ilustración 7.3* para obtener información sobre los agujeros de montaje superiores e inferiores.

²⁾ La profundidad del alojamiento varía en función de las diferentes opciones instaladas.

Tabla 7.17 Potencias de salida, peso y dimensiones

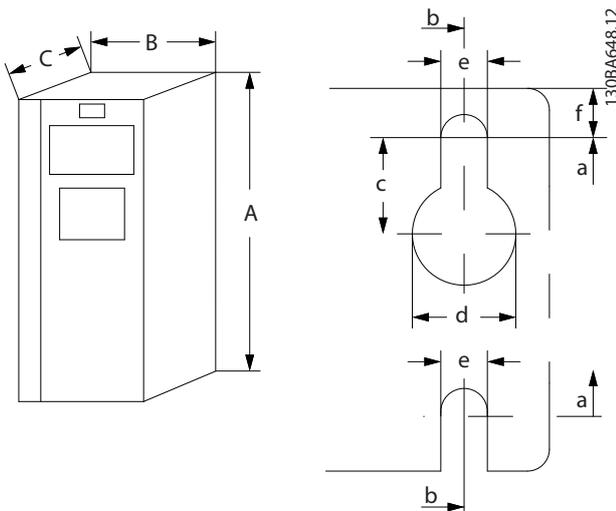


Ilustración 7.2 Agujeros de montaje superiores e inferiores (consulte el capítulo 7.9 Potencias de salida, peso y dimensiones)

7

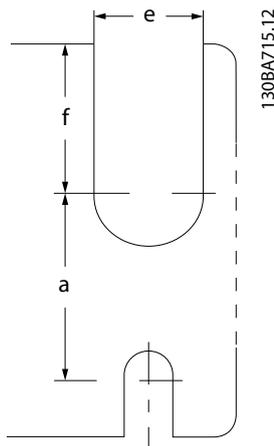


Ilustración 7.3 Agujeros de montaje superiores e inferiores (B4, C3 y C4)

7.10 Prueba dU/dt

Para evitar dañar los motores sin papel de aislamiento de fase o cualquier otro refuerzo de aislamiento diseñados para su funcionamiento con convertidores de frecuencia, instale un filtro dU/dt o un filtro LC en la salida del convertidor de frecuencia.

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:

- Inductancia del motor.
- Cable de motor (tipo, sección transversal, longitud, apantallado o no apantallado).

La inducción natural produce un pico de tensión de sobremodulación en la tensión del motor antes de que se estabilice. El nivel depende de la tensión en el enlace de CC.

La conmutación de los dispositivos IGBT produce tensión pico en los terminales del motor. Tanto el tiempo de subida como la tensión pico influyen en la vida útil del motor. Si la tensión pico es demasiado elevada, los motores sin aislamiento de fase en la bobina se pueden ver perjudicados con el paso del tiempo.

Con cables de motor cortos (unos pocos metros), el tiempo de subida y la tensión pico son inferiores. El tiempo de subida y la tensión pico aumentan con la longitud del cable.

El convertidor de frecuencia cumple con CEI 60034-25 y CEI 60034-17 para el diseño del motor.

Para obtener valores aproximados para las longitudes y tensiones de cable no mencionadas a continuación, utilice estas directrices:

- El tiempo de subida aumenta o disminuye de manera proporcional a la longitud del cable.
- $U_{PICO} = \text{Tensión de CC} \times 1,9$
(Tensión de enlace de CC = Tensión de red \times 1,35).
- $dU/dt = \frac{0.8 \times U_{PICO}}{\text{Tiempo de incremento}}$

Los datos se miden de acuerdo con la norma CEI 60034-17. Las longitudes de cable se indican en metros.

200-240 V (T2)

Longitud del cable [m]	Tensión de red [V]	Tiempo de subida [µs]	U _{PICO} [kV]	dU/dt [kV/µs]
36	240	0,226	0,616	2,142
50	240	0,262	0,626	1,908
100	240	0,650	0,614	0,757
150	240	0,745	0,612	0,655

Tabla 7.18 Convertidor de frecuencia, P5K5, T2

Longitud del cable [m]	Tensión de red [V]	Tiempo de subida [µs]	U _{PICO} [kV]	dU/dt [kV/µs]
5	230	0,13	0,510	3,090
50	230	0,23	0,590	2,034
100	230	0,54	0,580	0,865
150	230	0,66	0,560	0,674

Tabla 7.19 Convertidor de frecuencia, P7K5, T2

Longitud del cable [m]	Tensión de red [V]	Tiempo de subida [µs]	U _{PICO} [kV]	dU/dt [kV/µs]
36	240	0,264	0,624	1,894
136	240	0,536	0,596	0,896
150	240	0,568	0,568	0,806

Tabla 7.20 Convertidor de frecuencia, P11K, T2

Longitud del cable [m]	Tensión de red [V]	Tiempo de subida [µs]	U _{PICO} [kV]	dU/dt [kV/µs]
30	240	0,556	0,650	0,935
100	240	0,592	0,594	0,807
150	240	0,708	0,575	0,669

Tabla 7.21 Convertidor de frecuencia, P15K, T2

Longitud del cable [m]	Tensión de red [V]	Tiempo de subida [µs]	U _{PICO} [kV]	dU/dt [kV/µs]
36	240	0,244	0,608	1,993
136	240	0,568	0,580	0,832
150	240	0,720	0,574	0,661

Tabla 7.22 Convertidor de frecuencia, P18K, T2

Longitud del cable [m]	Tensión de red [V]	Tiempo de subida [µs]	U _{PICO} [kV]	dU/dt [kV/µs]
36	240	0,244	0,608	1,993
136	240	0,560	0,580	0,832
150	240	0,720	0,574	0,661

Tabla 7.23 Convertidor de frecuencia, P22K, T2

Longitud del cable [m]	Tensión de red [V]	Tiempo de subida [µs]	U _{PICO} [kV]	dU/dt [kV/µs]
15	240	0,194	0,626	2,581
50	240	0,252	0,574	1,929
150	240	0,444	0,538	0,977

Tabla 7.24 Convertidor de frecuencia, P30K, T2

Longitud del cable [m]	Tensión de red [V]	Tiempo de subida [µs]	U _{PICO} [kV]	dU/dt [kV/µs]
30	240	0,300	0,598	1,593
100	240	0,536	0,566	0,843
150	240	0,776	0,546	0,559

Tabla 7.25 Convertidor de frecuencia, P37K, T2

Longitud del cable [m]	Tensión de red [V]	Tiempo de subida [µs]	U _{PICO} [kV]	dU/dt [kV/µs]
30	240	0,300	0,598	1,593
100	240	0,536	0,566	0,843
150	240	0,776	0,546	0,559

Tabla 7.26 Convertidor de frecuencia, P45K, T2

380-480 V (T4)

Longitud del cable [m]	Tensión de red [V]	Tiempo de subida [µs]	U _{PICO} [kV]	dU/dt [kV/µs]
5	400	0,640	0,690	0,862
50	400	0,470	0,985	0,985
150	400	0,760	1,045	0,947

Tabla 7.27 Convertidor de frecuencia, P1K5, T4

Longitud del cable [m]	Tensión de red [V]	Tiempo de subida [µs]	U _{PICO} [kV]	dU/dt [kV/µs]
5	400	0,172	0,890	4,156
50	400	0,310	-	2,564
150	400	0,370	1,190	1,770

Tabla 7.28 Convertidor de frecuencia, P4K0, T4

Longitud del cable [m]	Tensión de red [V]	Tiempo de subida [µs]	U _{PICO} [kV]	dU/dt [kV/µs]
5	400	0,04755	0,739	8,035
50	400	0,207	1,040	4,548
150	400	0,6742	1,030	2,828

Tabla 7.29 Convertidor de frecuencia, P7K5, T4

Longitud del cable [m]	Tensión de red [V]	Tiempo de subida [µs]	U _{PICO} [kV]	dU/dt [kV/µs]
15	400	0,408	0,718	1,402
100	400	0,364	1,050	2,376
150	400	0,400	0,980	2,000

Tabla 7.30 Convertidor de frecuencia, P11K, T4

Longitud del cable [m]	Tensión de red [V]	Tiempo de subida [µs]	U _{PICO} [kV]	dU/dt [kV/µs]
36	400	0,422	1,060	2,014
100	400	0,464	0,900	1,616
150	400	0,896	1,000	0,915

Tabla 7.31 Convertidor de frecuencia, P15K, T4



Longitud del cable [m]	Tensión de red [V]	Tiempo de subida [µs]	U _{PICO} [kV]	dU/dt [kV/µs]
36	400	0,344	1,040	2,442
100	400	1,000	1,190	0,950
150	400	1,400	1,040	0,596

Tabla 7.32 Convertidor de frecuencia, P18K, T4

Longitud del cable [m]	Tensión de red [V]	Tiempo de subida [µs]	U _{PICO} [kV]	dU/dt [kV/µs]
36	400	0,232	0,950	3,534
100	400	0,410	0,980	1,927
150	400	0,430	0,970	1,860

Tabla 7.33 Convertidor de frecuencia, P22K, T4

Longitud del cable [m]	Tensión de red [V]	Tiempo de subida [µs]	U _{PICO} [kV]	dU/dt [kV/µs]
15	400	0,271	1,000	3,100
100	400	0,440	1,000	1,818
150	400	0,520	0,990	1,510

Tabla 7.34 Convertidor de frecuencia, P30K, T4

Longitud del cable [m]	Tensión de red [V]	Tiempo de subida [µs]	U _{PICO} [kV]	dU/dt [kV/µs]
5	480	0,270	1,276	3,781
50	480	0,435	1,184	2,177
100	480	0,840	1,188	1,131
150	480	0,940	1,212	1,031

Tabla 7.35 Convertidor de frecuencia, P37K, T4

Longitud del cable [m]	Tensión de red [V]	Tiempo de subida [µs]	U _{PICO} [kV]	dU/dt [kV/µs]
36	400	0,254	1,056	3,326
50	400	0,465	1,048	1,803
100	400	0,815	1,032	1,013
150	400	0,890	1,016	0,913

Tabla 7.36 Convertidor de frecuencia, P45K, T4

Longitud del cable [m]	Tensión de red [V]	Tiempo de subida [µs]	U _{PICO} [kV]	dU/dt [kV/µs]
10	400	0,350	0,932	2,130

Tabla 7.37 Convertidor de frecuencia, P55K, T4

Longitud del cable [m]	Tensión de red [V]	Tiempo de subida [µs]	U _{PICO} [kV]	dU/dt [kV/µs]
5	480	0,371	1,170	2,466

Tabla 7.38 Convertidor de frecuencia, P75K, T4

Longitud del cable [m]	Tensión de red [V]	Tiempo de subida [µs]	U _{PICO} [kV]	dU/dt [kV/µs]
5	400	0,364	1,030	2,264

Tabla 7.39 Convertidor de frecuencia, P90K, T4

7.11 Clasificaciones de ruido acústico

Valores habituales calculados a una distancia de 1 metro de la unidad:

Tamaño de la protección	A velocidad de ventilador reducida (50 %) [dBA]	Velocidad de ventilador máxima [dBA]
A2	51	60
A3	51	60
A4	50	55
A5	54	63
B1	61	67
B2	58	70
B3	59,4	70,5
B4	53	62,8
C1	52	62
C2	55	65
C3	56,4	67,3
C4	-	-

Tabla 7.40 Valores medidos

7.12 Opciones seleccionadas

7.12.1 VLT® General Purpose I/O Module MCB 101

MCB 101 se utiliza para la extensión de las entradas y salidas digitales y analógicas.

Inserte MCB 101 en la ranura B del convertidor de frecuencia.

Contenido:

- Módulo de opción MCB 101
- Montaje de sujeción ampliado para LCP

7.12.2 VLT® Relay Card MCB 105

MCB 105 incluye tres piezas de contactos SPDT y puede 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 mínima ⁻¹ /20 s ⁻¹

1) CEI 947 partes 4 y 5

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

- Módulo de relé MCB 105.
- Montaje de sujeción LCP ampliado y tapa de terminales ampliada.
- Etiqueta para cubrir al acceso a los conmutadores S201, S202 y S801.
- Cintas de cable para sujetar los cables al modulo de relé.

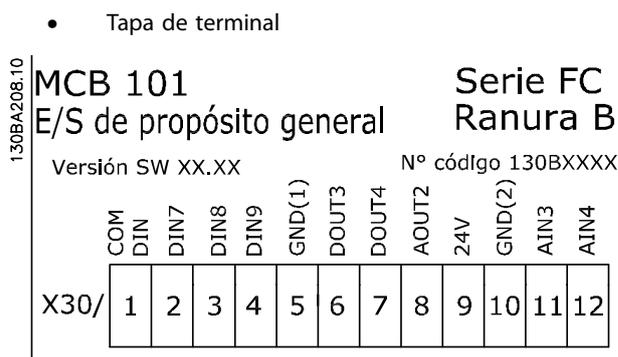
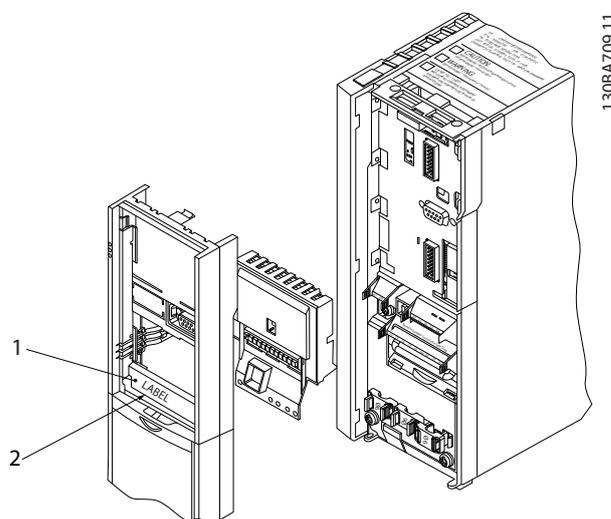
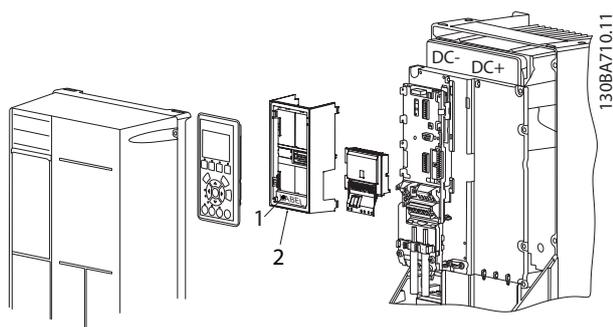


Ilustración 7.4 Opción MCB 101



1	ADVERTENCIA La etiqueta DEBE estar en el bastidor del LCP, tal como se indica (según las normas UL).
2	Tarjeta de relé

Ilustración 7.5 Protecciones de tamaño A2, A3 y B3



1	ADVERTENCIA La etiqueta DEBE estar en el bastidor del LCP, tal como se indica (según las normas UL).
2	Tarjeta de relé

Ilustración 7.6 Protecciones de tamaño A5, B1, B2, B4, C1, C2, C3 y C4



Warning Dual Supply

130BE040.10

Ilustración 7.7 Etiqueta de advertencia colocada en la opción

Cómo añadir MCB 105:

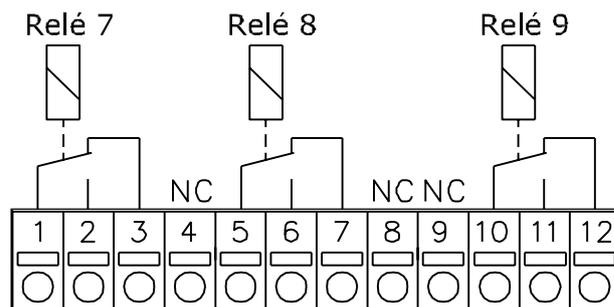
1. Desconecte la alimentación del convertidor de frecuencia.
2. Desconecte la alimentación de las conexiones con corriente de los terminales de relé.
3. Retire del convertidor de frecuencia el LCP, la tapa de terminal y el montaje de sujeción del LCP.
4. Ajuste MCB 105 en la ranura B.
5. Conecte los cables de control y sujételos mediante las cintas de cable suministradas.
6. Asegúrese de que la longitud del cable pelado sea correcta (consulte la *Ilustración 7.9*).
7. No mezcle partes con corriente (tensión alta) con señales de control (PELV).
8. Ajuste el montaje de sujeción del LCP ampliado y la tapa de terminales ampliada.
9. Vuelva a colocar el LCP.
10. Conecte el convertidor de frecuencia a la alimentación.
11. Seleccione las funciones de relé en el *parámetro 5-40 Relé de función* [6-8], *parámetro 5-41 Retardo conex, relé* [6-8] y *parámetro 5-42 Retardo desconex, relé* [6-8].

AVISO!

(Matriz [6] es el relé 7, matriz [7] es el relé 8 y matriz [8] es el relé 9)

AVISO!

Para acceder al interruptor de terminación S801 de RS485 o a los interruptores de intensidad/tensión S201/ S202, desmonte la tarjeta de relé (consulte la *Ilustración 7.5* y la *Ilustración 7.6*, posición 2).



130BA162.10

Ilustración 7.8 Relés

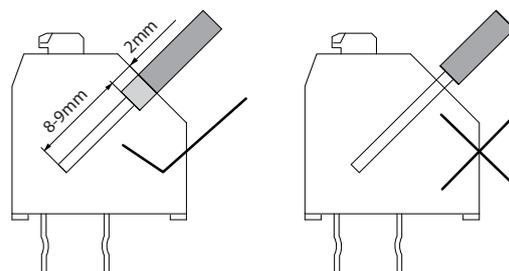
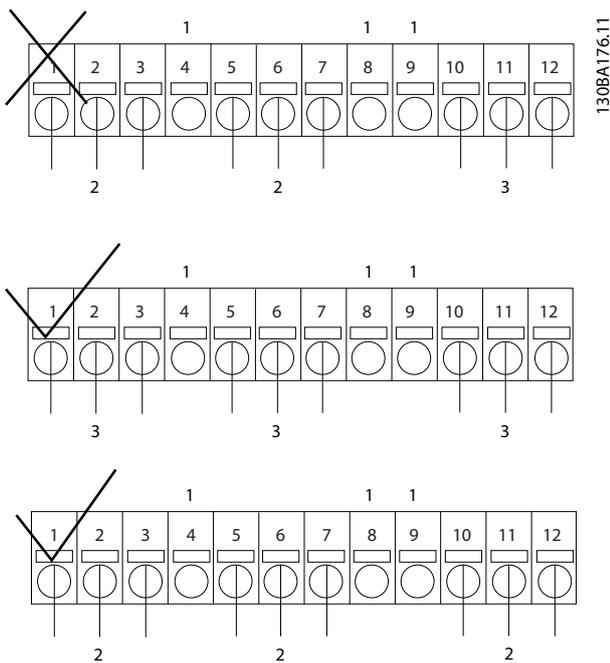


Ilustración 7.9 Inserción correcta de los cables

130BA177.10



1	NC
2	Corriente
3	PELV

Ilustración 7.10 Cableado correcto del relé

AVISO!

No combine sistemas de 24/48 V con sistemas de tensión alta.

7.12.3 VLT® Extended Relay Card MCB 113

MCB 113 amplía las E/S del convertidor de frecuencia con:

- Siete entradas digitales.
- Dos salidas analógicas.
- Cuatro relés SPDT.

La E/S ampliada aumenta la flexibilidad y permite la conformidad con las recomendaciones alemanas NAMUR NE37.

MCB 113 es una opción C1 estándar que se detecta automáticamente tras el montaje.

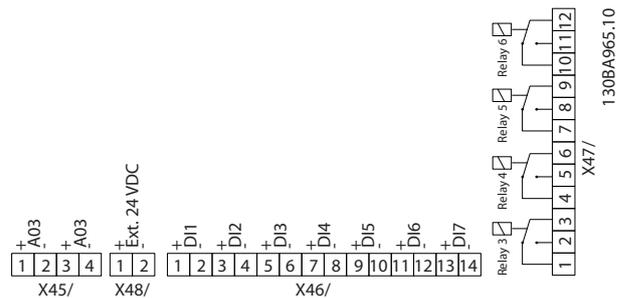


Ilustración 7.11 Conexiones eléctricas del MCB 113

Para garantizar el aislamiento galvánico entre el convertidor de frecuencia y la tarjeta de opción, conecte MCB 113 a una fuente externa de 24 V en X48. Cuando no se necesita aislamiento galvánico, la tarjeta de opción puede alimentarse mediante los 24 V internos del convertidor de frecuencia.

AVISO!

Para conectar a los relés tanto señales de 24 V como de tensión alta, asegúrese de que exista un relé sin utilizar entre la señal de 24 V y la señal de tensión alta.

Para ajustar MCB 113, utilice los grupos de parámetros:

- 5-1* Entradas digitales.
- 6-7* Salida analógica 3.
- 6-8* Salida analógica 4.
- 14-8* Opciones.
- 5-4* Relés.
- 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.
- La matriz [5] es el relé 6.

Datos eléctricos
Relés

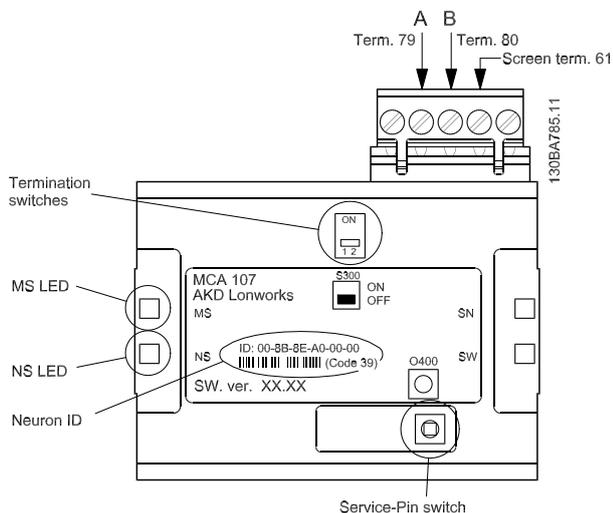
Números	4 SPDT
Carga a 250 V CA/30 V CC	8 A
Carga a 250 V CA / 30 V CC con $\cos\phi = 0,4$	3,5 A
Categoría de sobretensión (contacto-toma de tierra)	III
Categoría de sobretensión (contacto-contacto)	II
Combinación de señales de 250 V y 24 V	Posible con un relé intermedio no utilizado
Máximo retardo de respuesta	10 ms
Aislado del suelo/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 %

7
7.12.4 VLT® LonWorks para ADAP-KOOL® MCA 107

Ilustración 7.12 La opción AKD LonWorks

El pulsador O400 activa la función de parada de servicio.

Etiqueta de LED	Descripción
MS	LED de servicio (rojo)
NS	LED de estado (verde)

Tabla 7.41 Indicadores LED

El ID Neuron está impreso en el equipo opcional en forma de texto y de código de barras (código 39).

S300 conmuta entre:

- Desconexión: Sin terminación (ajustes de fábrica)
- Conexión: Terminación única (120 Ω)

8 Apéndice: selección de dibujos

8.1 Diagramas de la conexión de red

Esta colección de dibujos pretende ayudar a planificar el acceso en la fase de diseño.

Consulte el *manual de funcionamiento* para conocer los procedimientos de instalación, incluidos:

- Los requisitos de seguridad.
- Los procedimientos de instalación paso a paso.
- Configuraciones alternativas.
- Diagramas adicionales.

Conexión de red para protecciones de tipo A2 y A3

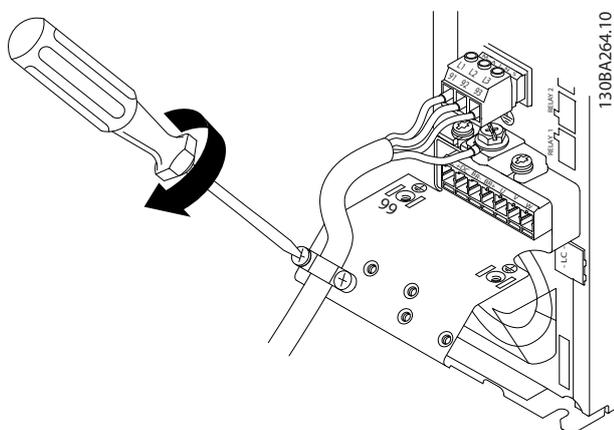


Ilustración 8.1 Bastidor de soporte

Conexión de red para protecciones de tipo A4 y A5

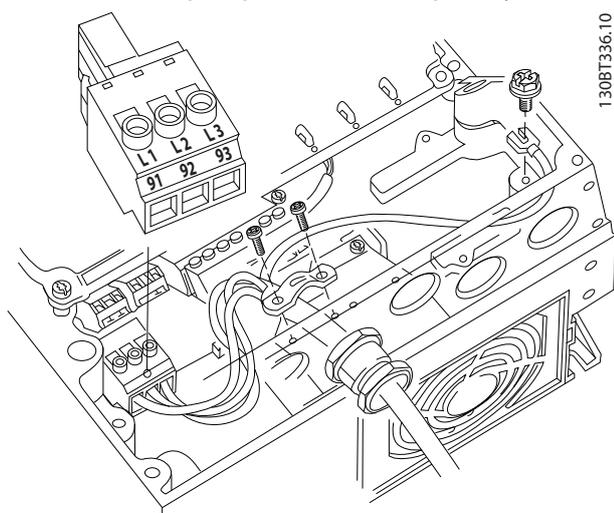


Ilustración 8.2 Conexión a la red y toma de tierra sin desconector

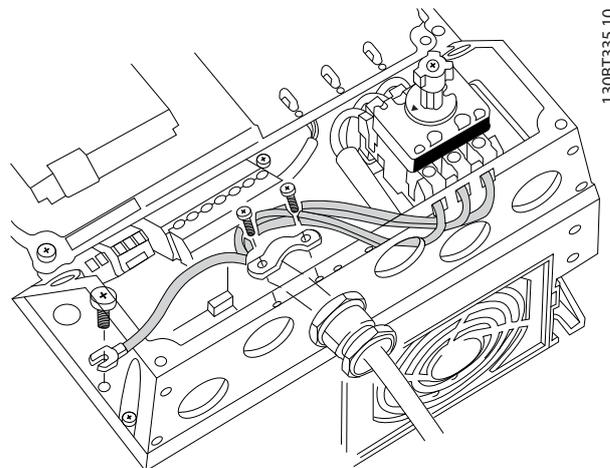


Ilustración 8.3 Conexión a la red y toma de tierra con desconector

Cuando se utilice desconector (protecciones A4/A5), monte la toma de tierra del lado izquierdo del convertidor de frecuencia.

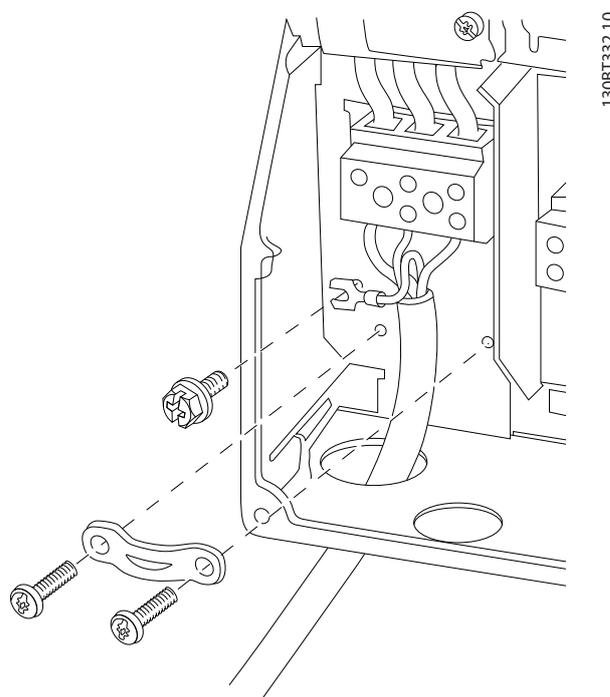


Ilustración 8.4 Conexión de red de las protecciones B1 y B2

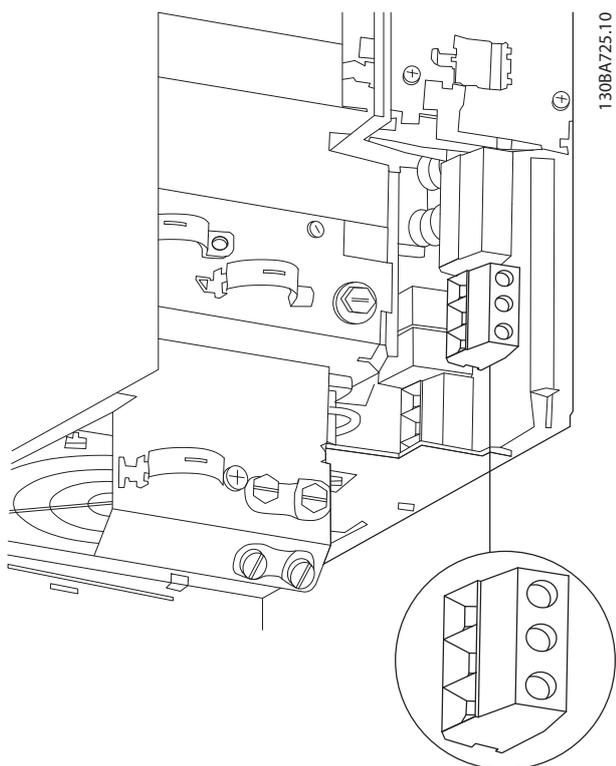


Ilustración 8.5 Conexión de red de la protección B3

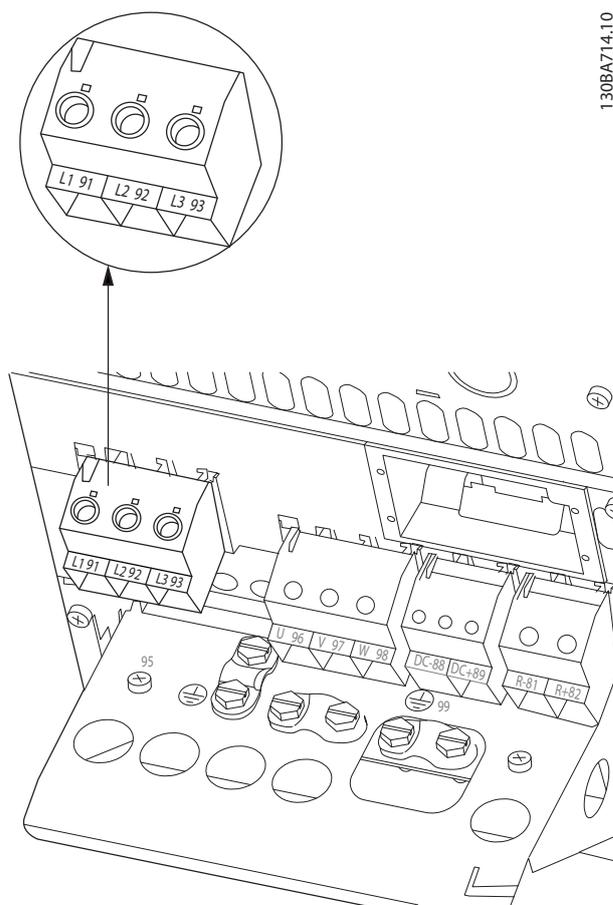
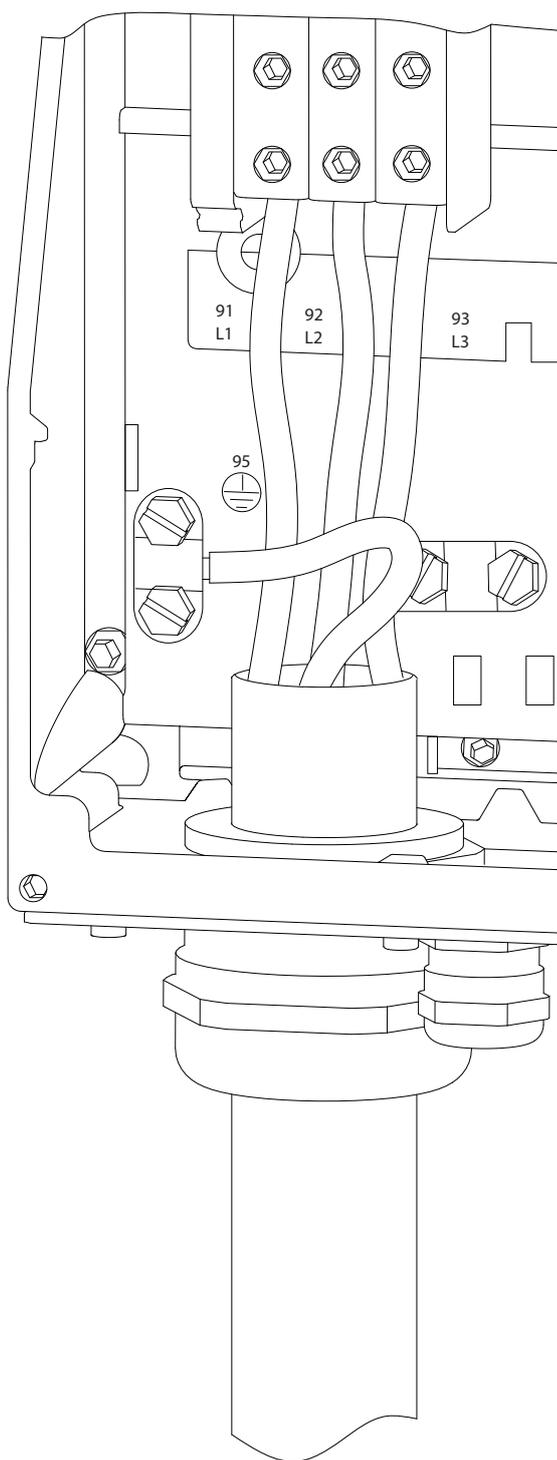
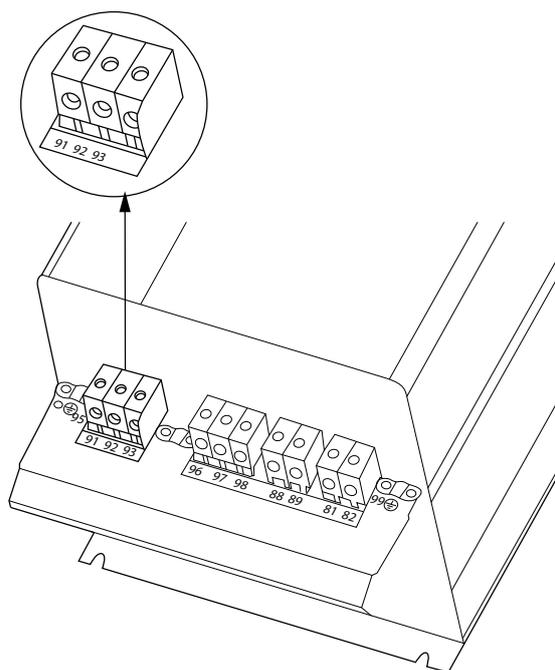


Ilustración 8.6 Conexión de red de la protección B4



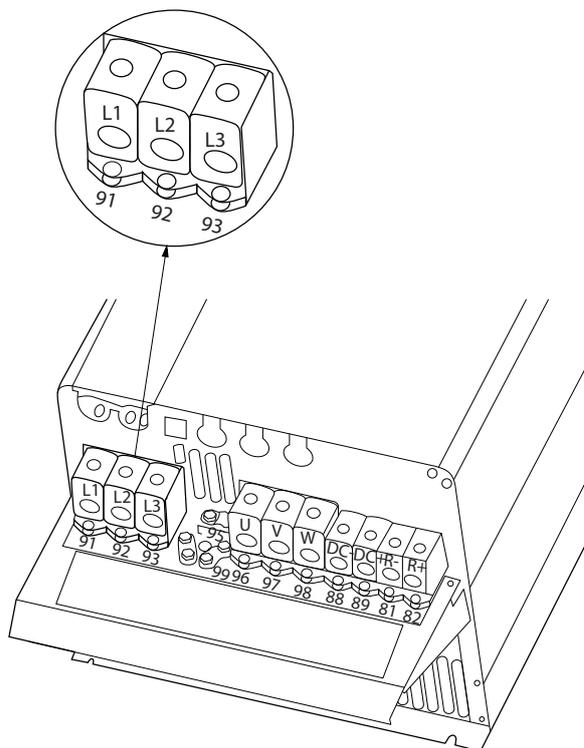
130BA389.10

Ilustración 8.7 Protecciones de tipo C1 y C2 para la conexión de red (IP21 / NEMA Tipo 1 y IP55/66 / NEMA Tipo 12)



130BA718.10

Ilustración 8.8 Tipo de protección C3 para la conexión de red (IP20)



130BA719.10

Ilustración 8.9 Tipo de protección C4 para la conexión de red (IP20)

8.2 Dibujos de la conexión del motor

Conexión motor

Esta colección de dibujos pretende ayudar a planificar el acceso en la fase de diseño.

Consulte el *manual de funcionamiento* para conocer los procedimientos de instalación, incluidos:

- Los requisitos de seguridad.
- Los procedimientos de instalación paso a paso.
- Descripciones de los terminales.
- Configuraciones alternativas.
- Diagramas adicionales.

Número de terminal	96	97	98	99	
	U	V	W	PE ¹⁾	Tensión del motor un 0-100 % de la tensión de red. Tres cables que salen del motor.
	U1	V1	W1	PE ¹⁾	Conexión en triángulo.
	W 2	U2	V2		Seis cables que salen del motor.
	U1	V1	W1	PE ¹⁾	Conexión en estrella U2, V2 y W2. U2, V2 y W2 tienen que interconectarse de forma independiente.

Tabla 8.1 Descripción de los terminales

1) Conexión a tierra de protección

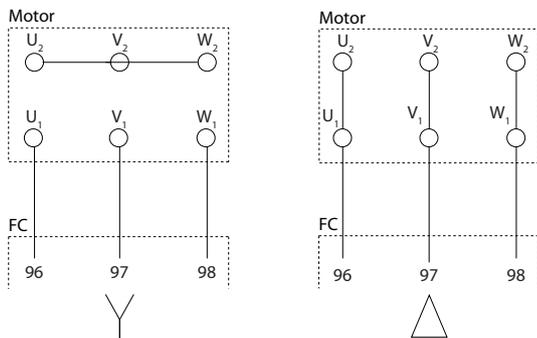


Ilustración 8.10 Conexiones en estrella y en triángulo

Es posible conectar al convertidor de frecuencia cualquier tipo de motor asíncrono trifásico estándar. Normalmente, los motores pequeños se conectan en estrella (230/400 V, Y). Los motores grandes se conectan normalmente en triángulo (400/690 V, Δ). Consulte la placa de características del motor para utilizar el modo de conexión y la tensión adecuados.

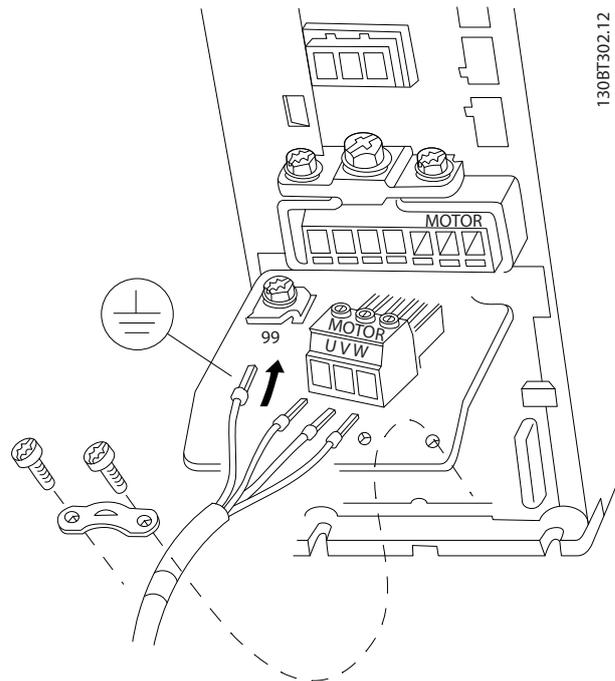


Ilustración 8.11 Conexión del motor para tamaños de protección A2 y A3

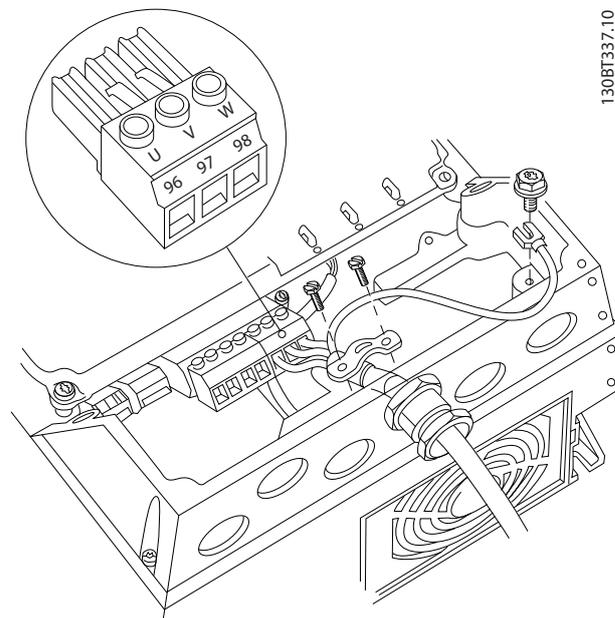
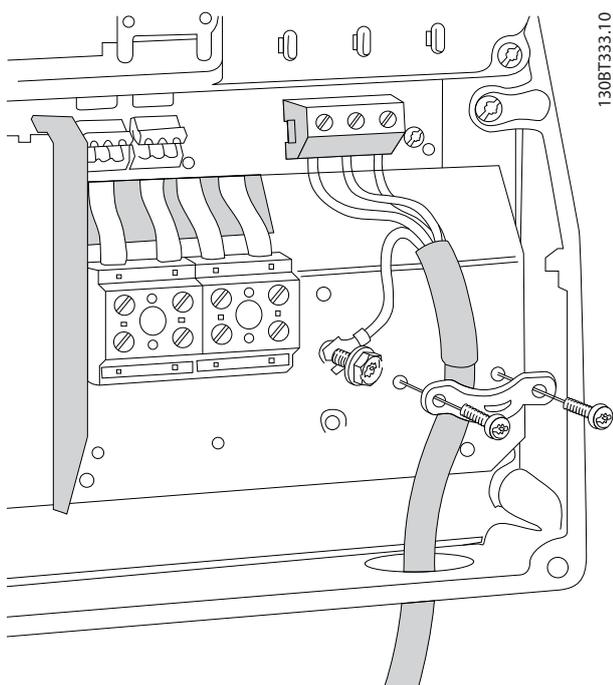
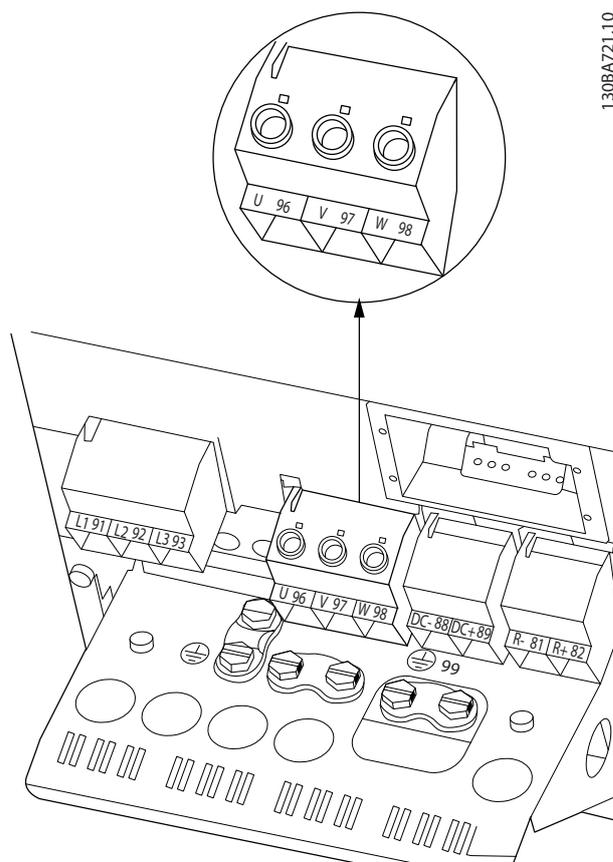


Ilustración 8.12 Conexión del motor para tamaños de protección A4 y A5



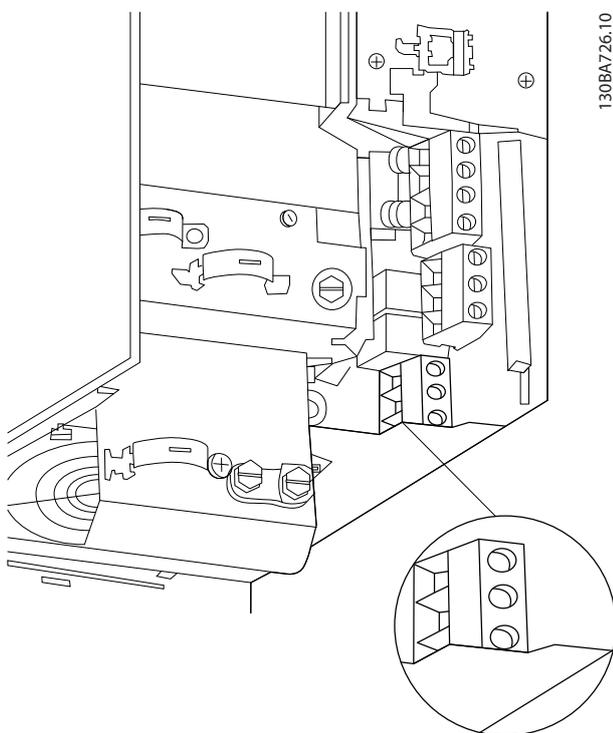
130BT333.10

Ilustración 8.13 Conexión del motor para tamaños de protección B1 y B2



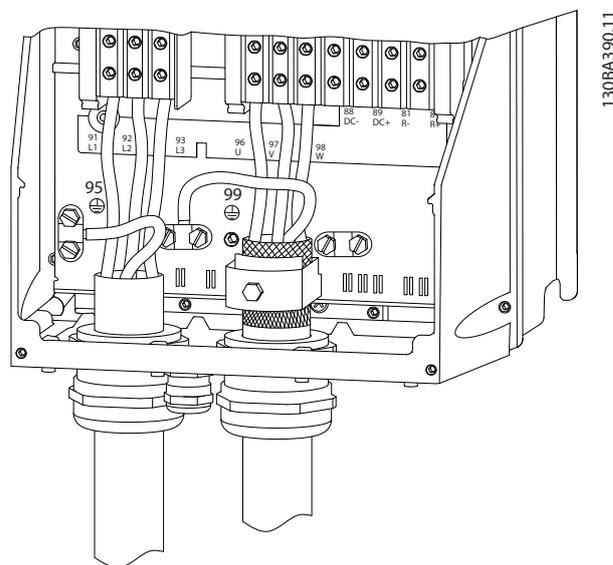
130BA721.10

Ilustración 8.15 Conexión del motor para protecciones B4



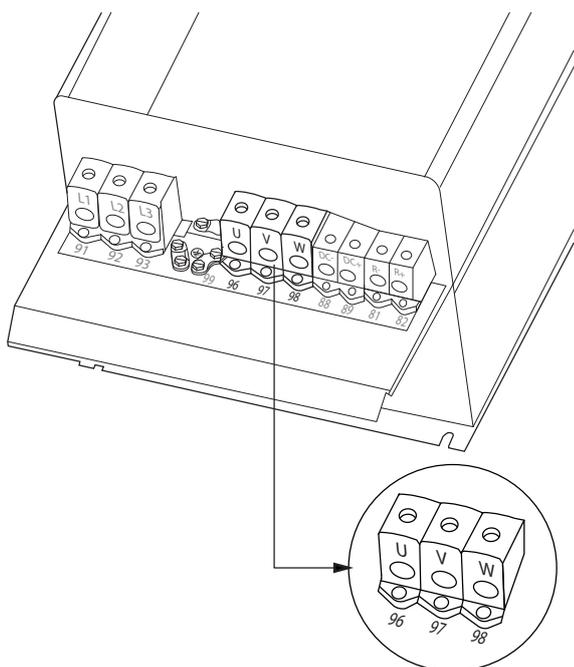
130BA726.10

Ilustración 8.14 Conexión del motor para protecciones B3



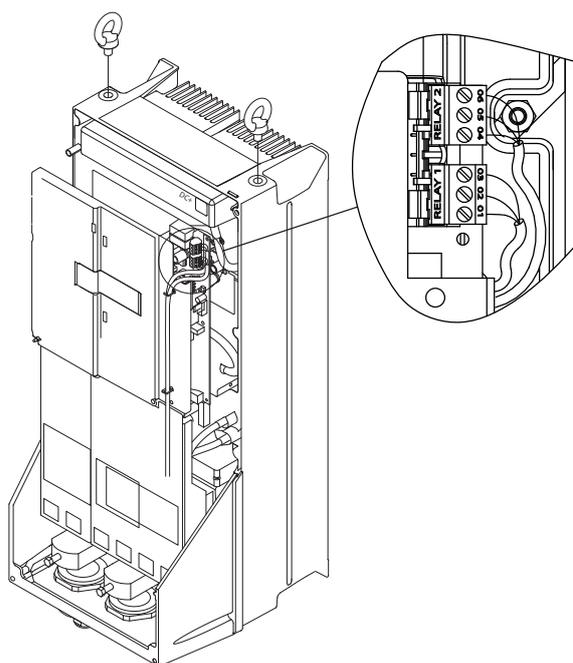
130BA390.11

Ilustración 8.16 Protecciones de tipo C1 y C2 para la conexión del motor (IP21 / NEMA Tipo 1 e IP55/66 / NEMA Tipo 12)



130BA740.10

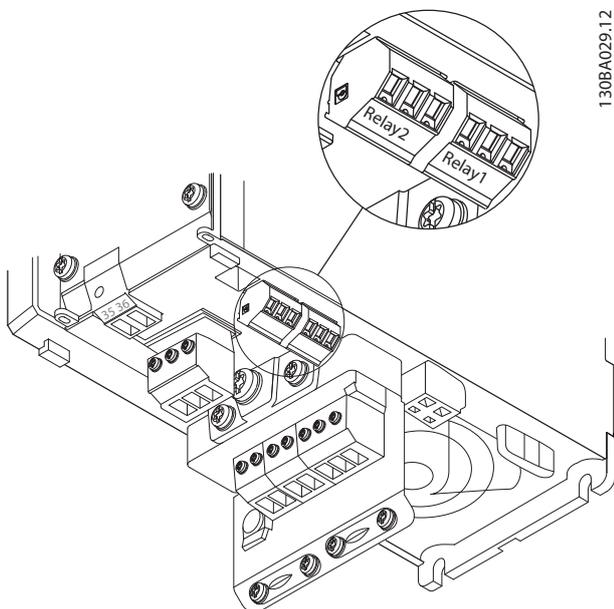
Ilustración 8.17 Conexión del motor para tamaños de protección C3 y C4



130BA391.12

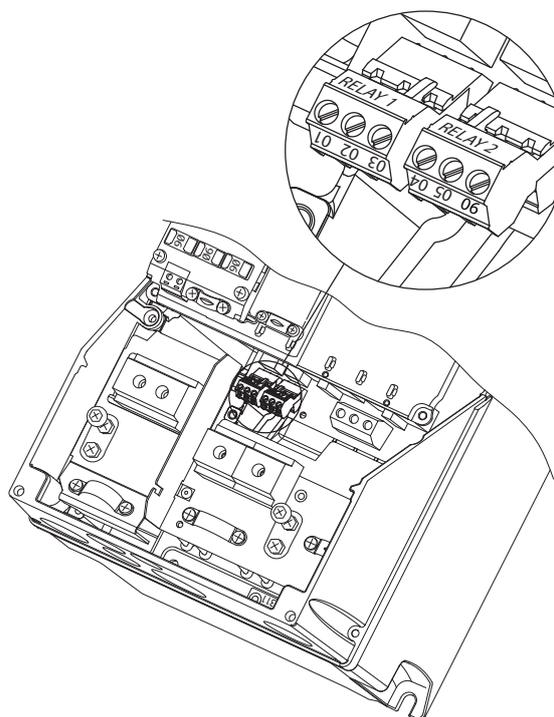
Ilustración 8.19 Terminales para la conexión de relés (Tamaños de protección C1 y C2).

8.3 Dibujos del terminal de relé



130BA029.12

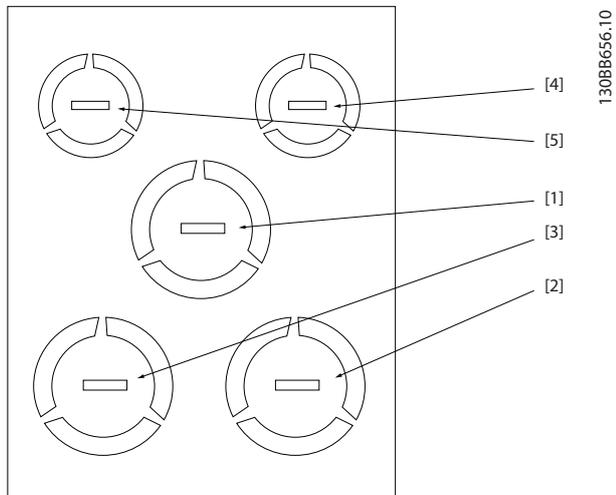
Ilustración 8.18 Terminales para la conexión de relés (Tamaños de protección A2 y A3).



130BA215.10

Ilustración 8.20 Terminales para la conexión de relés (Tamaños de protección A5, B1 y B2).

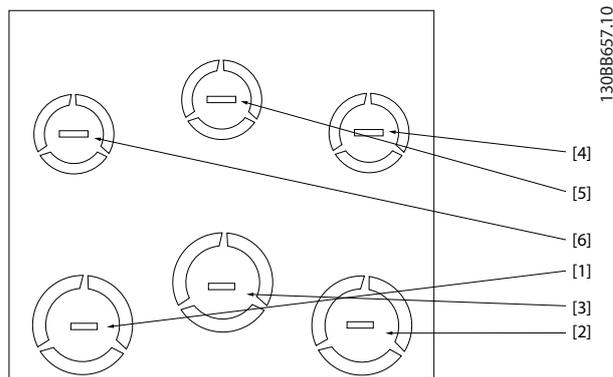
8.4 Orificios de entrada para cables



Número de orificio y uso recomendado	Dimensiones ¹⁾		Métrica más próxima
	UL [in]	[mm]	
1 Red	3/4	28,4	M25
2 Motor	3/4	28,4	M25
3 Freno / carga compartida	3/4	28,4	M25
4 Cable de control	1/2	22,5	M20
5 Cable de control	1/2	22,5	M20

1) Tolerancia ±0,2 mm

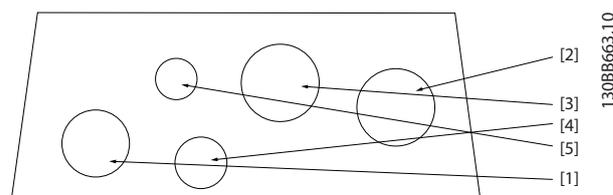
Ilustración 8.21 Protecciones de tamaño A2, IP21



Número de orificio y uso recomendado	Dimensiones ¹⁾		Métrica más próxima
	UL [in]	[mm]	
1 Red	3/4	28,4	M25
2 Motor	3/4	28,4	M25
3 Freno / carga compartida	3/4	28,4	M25
4 Cable de control	1/2	22,5	M20
5 Cable de control	1/2	22,5	M20
6 Cable de control	1/2	22,5	M20

1) Tolerancia ±0,2 mm

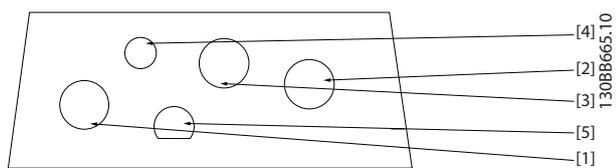
Ilustración 8.22 Tamaño de protección A3, IP21



Número de orificio y uso recomendado	Dimensiones ¹⁾		Métrica más próxima
	UL [in]	[mm]	
1 Red	3/4	28,4	M25
2 Motor	3/4	28,4	M25
3 Freno / carga compartida	3/4	28,4	M25
4 Cable de control	1/2	22,5	M20
5 Retirado	-	-	-

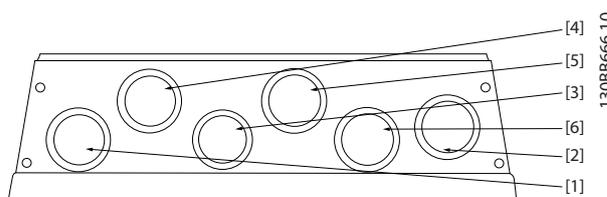
1) Tolerancia ±0,2 mm

Ilustración 8.23 Tamaño de protección A4, IP55



Número de orificio y uso recomendado	Métrica más próxima
1 Red	M25
2 Motor	M25
3 Freno / carga compartida	M25
4 Cable de control	M16
5 Cable de control	M20

Ilustración 8.24 Tamaño de protección A4, IP55 Orificios roscados para prensacables

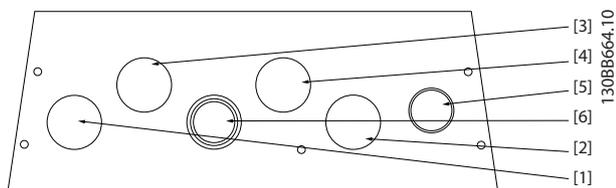


Número de orificio y uso recomendado	Métrica más próxima
1 Red	M25
2 Motor	M25
3 Freno / carga compartida	28,4 mm ¹⁾
4 Cable de control	M25
5 Cable de control	M25
6 Cable de control	M25

1) Orificio prepunzonado

Ilustración 8.26 Tamaño de protección A5, IP55 Orificios roscados para prensacables

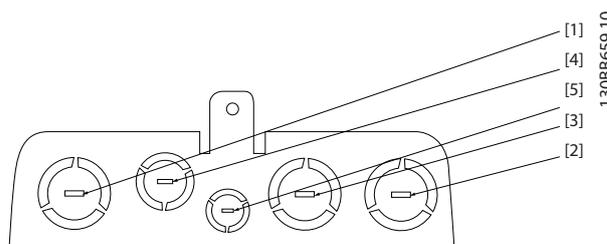
8



Número de orificio y uso recomendado	Dimensiones ¹⁾		Métrica más próxima
	UL [in]	[mm]	
1 Red	3/4	28,4	M25
2 Motor	3/4	28,4	M25
3 Freno / carga compartida	3/4	28,4	M25
4 Cable de control	3/4	28,4	M25
5 Cable de control ²⁾	3/4	28,4	M25
6 Cable de control ²⁾	3/4	28,4	M25

1) Tolerancia ±0,2 mm
2) Orificio prepunzonado

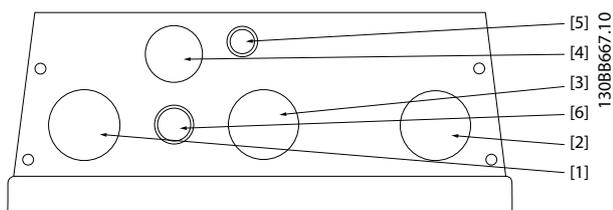
Ilustración 8.25 Tamaño de protección A5, IP55



Número de orificio y uso recomendado	Dimensiones ¹⁾		Métrica más próxima
	UL [in]	[mm]	
1 Red	1	34,7	M32
2 Motor	1	34,7	M32
3 Freno / carga compartida	1	34,7	M32
4 Cable de control	1	34,7	M32
5 Cable de control	1/2	22,5	M20

1) Tolerancia ±0,2 mm

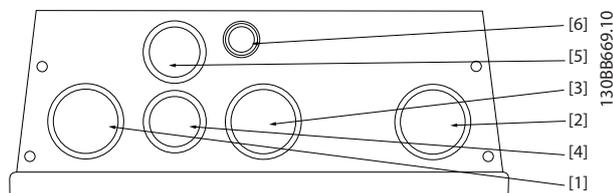
Ilustración 8.27 Tamaño de protección B1, IP21



Número de orificio y uso recomendado	Dimensiones ¹⁾		Métrica más próxima
	UL [in]	[mm]	
1 Red	1	34,7	M32
2 Motor	1	34,7	M32
3 Freno / carga compartida	1	34,7	M32
4 Cable de control	3/4	28,4	M25
5 Cable de control	1/2	22,5	M20
5 Cable de control ²⁾	1/2	22,5	M20

1) Tolerancia ±0,2 mm
2) Orificio prepunzonado

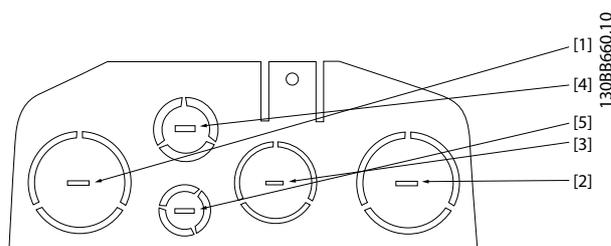
Ilustración 8.28 Tamaño de protección B1, IP55



Número de orificio y uso recomendado	Métrica más próxima
1 Red	M32
2 Motor	M32
3 Freno / carga compartida	M32
4 Cable de control	M25
5 Cable de control	M25
6 Cable de control	22,5 mm ¹⁾

1) Orificio prepunzonado

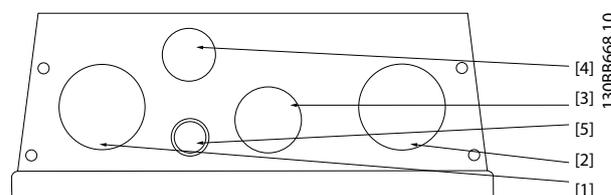
Ilustración 8.29 Tamaño de protección B1, IP55 Orificios roscados para prensacables



Número de orificio y uso recomendado	Dimensiones ¹⁾		Métrica más próxima
	UL [in]	[mm]	
1 Red	1 1/4	44,2	M40
2 Motor	1 1/4	44,2	M40
3 Freno / carga compartida	1	34,7	M32
4 Cable de control	3/4	28,4	M25
5 Cable de control	1/2	22,5	M20

1) Tolerancia ±0,2 mm

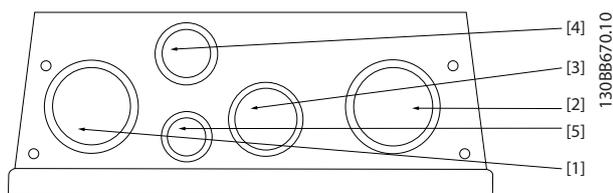
Ilustración 8.30 Tamaño de protección B2, IP21



Número de orificio y uso recomendado	Dimensiones ¹⁾		Métrica más próxima
	UL [in]	[mm]	
1 Red	1 1/4	44,2	M40
2 Motor	1 1/4	44,2	M40
3 Freno / carga compartida	1	34,7	M32
4 Cable de control	3/4	28,4	M25
5 Cable de control ²⁾	1/2	22,5	M20

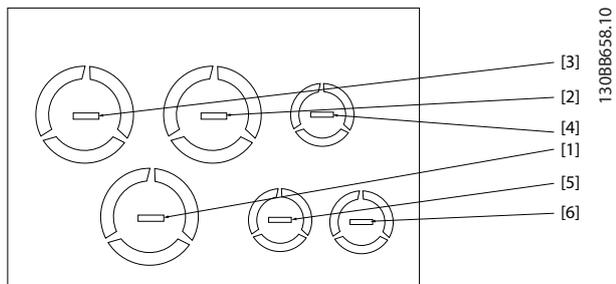
1) Tolerancia ±0,2 mm
2) Orificio prepunzonado

Ilustración 8.31 Tamaño de protección B2, IP55



Número de orificio y uso recomendado	Métrica más próxima
1 Red	M40
2 Motor	M40
3 Freno / carga compartida	M32
4 Cable de control	M25
5 Cable de control	M20

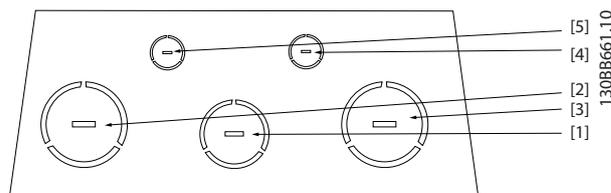
Ilustración 8.32 Tamaño de protección B2, IP55 Orificios roscados para prensacables



Número de orificio y uso recomendado	Dimensiones ¹⁾		Métrica más próxima
	UL [in]	[mm]	
1 Red	1	34,7	M32
2 Motor	1	34,7	M32
3 Freno / carga compartida	1	34,7	M32
4 Cable de control	1/2	22,5	M20
5 Cable de control	1/2	22,5	M20
6 Cable de control	1/2	22,5	M20

1) Tolerancia ±0,2 mm

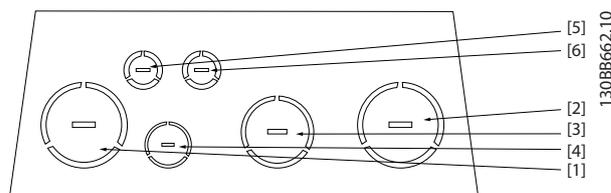
Ilustración 8.33 Tamaño de protección B3, IP21



Número de orificio y uso recomendado	Dimensiones ¹⁾		Métrica más próxima
	UL [in]	[mm]	
1 Red	2	63,3	M63
2 Motor	2	63,3	M63
3 Freno / carga compartida	1 1/2	50,2	M50
4 Cable de control	3/4	28,4	M25
5 Cable de control	1/2	22,5	M20

1) Tolerancia ±0,2 mm

Ilustración 8.34 Tamaño de protección C1, IP21



Número de orificio y uso recomendado	Dimensiones ¹⁾		Métrica más próxima
	UL [in]	[mm]	
1 Red	2	63,3	M63
2 Motor	2	63,3	M63
3 Freno / carga compartida	1 1/2	50,2	M50
4 Cable de control	3/4	28,4	M25
5 Cable de control	1/2	22,5	M20
6 Cable de control	1/2	22,5	M20

1) Tolerancia ±0,2 mm

Ilustración 8.35 Tamaño de protección C2, IP21

Índice

A

Abreviaturas.....	8, 46
Adaptación automática del motor.....	8, 27
consulte también <i>AMA</i>	
AEO.....	8
consulte también <i>Optimización automática de energía</i>	
Ahorro de energía.....	14, 15, 29
Almacenamiento.....	33, 34, 35, 36, 85, 86, 94
Altitudes elevadas.....	41, 103
AMA.....	8, 27
consulte también <i>Adaptación automática del motor</i>	
Amortiguación de resonancia.....	27
Apantallamiento.....	57, 58
Aplicación	
Aplicación.....	14
Control de zona.....	14
Control en cascada.....	14
Reloj en tiempo real.....	95
Apriete, terminales.....	131
Armónicos	
Análisis.....	46
Armónicos.....	7, 17, 36, 46, 47, 48, 54, 55, 56
de tensión.....	46
Cálculo de armónicos.....	34, 48
Distorsión armónica.....	9, 42, 46
Distorsión armónica total.....	46
Mitigación de armónicos.....	48
Norma de emisión de armónicos.....	47
Requisitos en materia de emisiones.....	47
Resultado de las pruebas.....	47
Arrancador en estrella/triángulo.....	16
Arrancador suave.....	16
Arranque accidental.....	13
Arranque/parada.....	96
Arranque/parada por pulsos.....	96
Asistente.....	14
Auto on.....	20
Autorrotación.....	13

B

Baja tensión.....	54
Barnizado.....	66
Bloque de parámetros.....	78
Bloque de proceso.....	78
Bloque de texto.....	78, 86
Bypass de frecuencia.....	29

C

CA

Entrada de CA.....	17
Forma de onda de CA.....	17
Intensidad de CA.....	17, 18
Red de CA.....	17

Cable

apantallado.....	65
de motor....	27, 40, 42, 49, 57, 58, 60, 64, 70, 72, 74, 103, 104, 138
de motor no apantallado.....	57
Entrada de cable.....	151
Longitud del cable de motor.....	45, 49, 58, 72
Orificios de entrada.....	151

Cableado

Cableado.....	40, 46, 62, 64, 93
del relé.....	143
Esquema del cableado.....	62

Cálculo del flujo de aire.....	37
--------------------------------	----

Calefactor de armario.....	37
----------------------------	----

Campo de arranque/parada.....	83
-------------------------------	----

Campo de comprobación CRC.....	83
--------------------------------	----

Campo de dirección.....	83
-------------------------	----

Campo de función.....	83
-----------------------	----

Campo PKE.....	79
----------------	----

Carga compartida.....	12, 13, 151, 152, 153, 154
-----------------------	----------------------------

Caudal variable durante un año.....	15
-------------------------------------	----

CC

Enlace de CC.....	24, 138
Freno de CC.....	82, 84, 86, 87
Intensidad de CC.....	29

CDM.....	51
----------	----

CEM

Características de CEM.....	53
CEM.....	7, 42, 44, 45, 65
Efecto CEM.....	53
Emisiones.....	42
Implementación de la CEM.....	57
Inmunidad CEM.....	45
Interferencia.....	65
Plan CEM.....	44
Propiedad CEM.....	53
Requisitos de inmunidad.....	42, 44
Requisitos en materia de emisiones.....	42, 44

CFM.....	38
----------	----

Ciclo de trabajo.....	9
-----------------------	---

Circuito intermedio.....	17
--------------------------	----

Clase de rendimiento energético.....	127
--------------------------------------	-----

Clasificación de ruido acústico.....	140
--------------------------------------	-----

Código de estado.....	78, 80, 84, 88
-----------------------	----------------

Código de proceso.....	80
------------------------	----

Comando de arranque/parada.....	101
---------------------------------	-----

Comando externo.....	17
----------------------	----

Comparador.....	30, 95	Corriente	
Compensación de deslizamiento.....	9, 24	Corriente.....	46
Comunicación serie		armónica.....	46
Bit de control.....	87, 90	armónica individual.....	47
Bit del código de control.....	86, 90	de fuga.....	42, 49
Código de control.....	86, 90	de rizado.....	32, 70
Código de estado.....	88, 91	fundamental.....	46
Tarjeta de control, comunicación serie USB.....	131	nominal.....	44
Con UL		nominal de salida.....	8
Conformidad.....	11	Distorsión de corriente.....	48, 115
Condensación.....	37	Distorsión de corriente armónica.....	70
Condiciones de funcionamiento extremas.....	24	Intensidad alta.....	32
Condiciones de refrigeración.....	65	Intensidad baja.....	32
Conexión en estrella.....	148	Intensidad de CC.....	17
Conexión en triángulo.....	148	Intensidad de entrada.....	46
Conformidad		Intensidad de salida.....	26, 27, 58, 103, 104, 105
Aislamiento galvánico.....	27, 34, 41, 143	Lazos de intensidad.....	42
CE.....	10	Límite de intensidad.....	8, 25, 26
marítima.....	11	Medida de intensidad.....	27
C-tick.....	11	Sobreintensidad.....	29
Marca CE.....	10, 11	Tensión de corriente intermedia.....	41
Conmutación		Corriente de fuga.....	13
en la salida.....	25	Corriente RMS.....	17
Frecuencia de conmutación.....	25, 26, 32, 37, 45, 50, 53, 60, 61, 70, 105, 106, 107, 108, 117, 118, 119	Cortocircuito	
Pérdida de conmutación.....	53	Cortocircuito.....	10, 17, 27, 31, 37, 56, 68
Contactador.....	67	(fase del motor-fase).....	24
Contactador de salida.....	60, 64	Protección ante cortocircuitos.....	24
Control		Relación de cortocircuito.....	48
Cableado de control.....	65	Cos ϕ	56, 69, 141, 144
Lógica de control.....	17	D	
Control de centrales.....	95	Datos	
Control de evaporador de realimentación múltiple.....	14	Byte de control de datos.....	77
Control de válvula.....	28	Campo de datos.....	83
Control de velocidad mínima.....	14	Tipo de dato.....	80, 86
Control en cascada.....	14	Definición.....	9, 44, 47, 54
Control mejorado.....	16	Definición de clasificación IP.....	40
Control variable del caudal y la presión.....	16	Desconexión	
Controlador PID.....	19, 23, 28	Bloqueo por alarma.....	10, 24
Convenciones.....	9	Desconexión.....	10, 25, 26, 28, 29, 31, 32, 56, 60, 67, 82, 87, 88, 89, 91, 92, 102, 103
		Desconexión.....	18, 67
		Desequil. fase.....	25, 32
		Detección de fin de curva.....	14
		Detección de funcionamiento en seco.....	14
		Dimensiones.....	71, 73, 74, 93, 137, 151, 152, 153, 154
		Diodo rectificador.....	46
		Dirección del convertidor de frecuencia.....	77
		Directiva	
		Baja tensión.....	10
		CEM.....	10
		De máquinas.....	10
		ErP.....	11

Directivas	
Directiva CEM.....	11
Directiva de máquinas.....	11
Directiva de tensión baja.....	10
E	
E/S.....	68, 70, 6, 143
E/S analógica.....	69
Emisión conducida.....	43
Emisión irradiada.....	43
Enclavamiento.....	101
Energía regenerativa.....	28
Entorno	
Industrial.....	44, 55, 56
Residencial.....	44, 55, 56
Equipo opcional.....	7
Espacio de separación horizontal.....	65
Espacio de separación vertical.....	65
Estructura de telegrama.....	77
ETR.....	8, 25, 27, 60
consulte también <i>Relé termoelectrónico</i>	
F	
Factor de conversión.....	80, 86
Factor de potencia.....	9, 17, 54, 55, 56, 57
Filtro	
AHF 005.....	115
AHF 010.....	115
DU/dt.....	45, 57, 70, 118, 119, 138
Filtro.....	39
armónico.....	70, 113, 115, 116
de modo común.....	72
Interferencias de radiofrecuencia.....	40
consulte también <i>RFI</i>	
LC.....	57, 58, 59, 138
Modo común.....	119
Senoidal.....	18, 57, 70
Flujo de aire.....	37, 38, 39, 115
Freno	
Frenado.....	29
Intensidad de frenado.....	87
Opción de freno.....	68
Fusible.....	24, 67, 93, 131
G	
Generador.....	24, 38, 48, 56, 57
Giro accidental del motor.....	13
Golpe.....	39
H	
Hand on.....	20
Humedad.....	37, 38, 40, 93
Í	
Índice (IND).....	79, 86
Índice de conversión.....	80, 81
I	
Inercia.....	9, 28, 31, 82, 84, 86, 87, 88, 90, 91, 92, 95
Inicialización.....	9
Instalación lado a lado.....	65
Intensidad de sensor.....	18
Interferencias de radiofrecuencia.....	27, 55, 67
consulte también <i>RFI</i>	
Inversor.....	17
K	
Kit de montaje remoto.....	73
Kit de protección IP21 / NEMA tipo 1.....	70
L	
Lambda.....	9, 55
Lazo abierto.....	18
Lazo cerrado.....	19, 20, 21, 28, 32, 84
LCP.....	8, 33, 62, 73, 92
consulte también <i>Panel de control local</i>	
Leyes de afinidad.....	15
Leyes de proporcionalidad.....	15
Límite de velocidad.....	18, 25, 60
Lista de verificación del diseño del sistema.....	93
Longitud del telegrama.....	77, 80
M	
Magnetotérmico.....	24, 49, 56, 67, 131
Mantenimiento preventivo.....	34
Modbus RTU	
Código de excepción.....	85
Código de función.....	85
Configuración de red.....	82
Descripción general.....	81
Estructura de formato de mensaje.....	82
Estructura de telegrama.....	82
Interfaz RS485.....	81
Protocolo.....	81
Modo reposo.....	14, 27, 29, 95
Modulación.....	8, 26, 104, 105, 106, 107
Modulación de la anchura de impulsos.....	18
Momento de inercia.....	24
Monitor de resistencia de aislamiento.....	67
Montaje en pared.....	66
Montaje mecánico.....	65

Motor		Par	
Aislamiento.....	45	Características de par.....	126
Alternancia del motor.....	14, 95	Características de par constante (CT).....	9
Arrancador del motor.....	16, 67, 68	Características VT.....	10
Cableado del motor.....	65	Límite de par.....	8, 25, 60, 89
Conexión motor.....	148	completo.....	29
Corriente de cojinete.....	45	constante.....	8
Falta una fase del motor.....	25	nominal.....	61
Fases del motor.....	24	variable.....	8
Intensidad del motor.....	17, 25, 61, 89	Parada externa.....	101
Par motor.....	92	PCD.....	78, 80
Protección térmica del motor.....	11, 27, 60, 89, 102	Pedidos	
Salida del motor.....	126	Filtro armónico.....	113
Tensión de aislamiento.....	57	Filtro de modo común.....	119
Tensión de apoyo.....	57	Filtro dU/dt.....	118
Tensión motor.....	138	Filtro senoidal.....	113, 114, 117
Tensión pico.....	138	Opciones y accesorios.....	110
Tensión térmica.....	57	PELV.....	8, 27, 41, 102, 103, 142
Termistor.....	102	Pérdida de magnetización.....	53
Termistor motor.....	102	Pérdida de potencia.....	51, 52
Toma de tierra.....	57	Perfil FC	
Motor en giro.....	25, 26, 28, 29	Aspectos generales del protocolo.....	76
		Longitud del telegrama (LGE).....	77
N		Periodo de amortización.....	15
Nivel de tensión.....	128	Permiso de arranque.....	29, 101
Normas		Personal cualificado.....	12
EN 50598.....	51	Peso.....	36, 93, 119, 137
EN 50598-2.....	52	Pilz.....	67
Normas y directivas		Placa posterior.....	66
EN 50598-2.....	127	Polvo.....	35, 39, 40
EN 50598-2.....	51	Potencia de entrada.....	17, 65
Normativa de control de exportación.....	12	Potencias de salida.....	137
Núcleo de modo común de alta frecuencia.....	72	Potenciómetro.....	100
Número de parámetro (PNU).....	79	Pre calentamiento.....	29
O		Precauciones.....	12
Opción		Previo.....	39
AK-LonWorks.....	69	Protección de fuga a tierra.....	42
Controlador de cascada.....	34	Protección frente a transitorios.....	17
Extended Relay Card MCB 113.....	70	Protección por contraseña.....	14
PROFIBUS.....	68	Protección térmica.....	11
PROFINET.....	68	Prueba dU/dt.....	138
Suministro externo de 24 V CC.....	69	PT1000.....	69
Tarjeta de relé.....	11, 70, 141, 142, 143	Punto de acoplamiento común.....	47
Opciones de armario.....	40		
Optimización automática de energía.....	8, 25, 27	Q	
consulte también <i>AEO</i>		Quick Menu.....	33
OVC.....	24		
consulte también <i>Control de sobretensión</i>		R	
P		Rampa automática.....	38
Panel de control local.....	8, 33, 62	RCD.....	8, 49, 67
consulte también <i>LCP</i>			

Realimentación		Rendimiento	
Conversión de realimentación.....	24	Clase de rendimiento energético.....	51
Manejo de la realimentación.....	23, 36	Eficiencia energética.....	51
Realimentación.....	21, 23, 62, 70, 84, 99	Rendimiento.....	8, 25, 27, 51, 60, 61
Señal de realimentación.....	19, 28	del motor.....	61
Rectificador.....	17, 18	Resistencia de freno	
Red		Resistencia de freno.....	8, 24
Apantallamiento de red.....	67	Retorno de aceite.....	14
Conexión de red.....	145	RFI	
Corte de red.....	28	Filtro RFI.....	18, 38, 40, 49, 55, 67, 68
Fuente de alimentación de red.....	9, 46	RFI.....	18, 27, 38, 41, 55, 57
Transitorio.....	17, 56	RS485	
Red de suministro público.....	47	Conexión de red.....	75
Reducción de potencia		Instalación y configuración.....	74
Aplicaciones de par constante (modo CT).....	103	Interfaz serie RS485.....	74
Aplicaciones de par variable (cuadrático) (VT).....	103	Precauciones de CEM.....	76
Automático.....	25	RS485.....	9, 20, 33, 34, 41, 73, 75, 76, 142
Baja presión atmosférica.....	103	Terminación de bus.....	76
Funcionamiento a velocidad lenta.....	103	Ruido acústico.....	38
Manual.....	103	S	
Reducción de potencia.....	26, 32, 36, 93, 103, 104, 105, 106	Sección del inversor.....	18
Refrigeración.....	103	Sección del rectificador.....	18
Sección transversal grande.....	104	Sección intermedia.....	18
Temperatura ambiente.....	104	Seguridad.....	12, 13, 31, 70, 145, 148
Ref.		Sensor PTC.....	27
Manejo de referencias.....	21, 22	Sensor térmico.....	18
Referencia externa.....	21	Separación.....	37, 41, 64, 65
Referencia interna.....	21	Sistema de potencia de seguridad.....	56
Referencia remota.....	20, 21	Smart Logic Control.....	9, 14, 30, 34, 95, 97, 98
Referencia		SmartStart.....	95
Referencia.....	97	Sobrecarga	
Referencia analógica de velocidad.....	100	LED de sobrecarga.....	68
Referencia de potenciómetro.....	97	Modo sobrecarga normal.....	105, 106
Referencia de velocidad.....	100	Protección de sobrecarga.....	14, 25, 67, 68
Refrigeración.....	27, 28, 32, 35, 37, 39, 60, 66, 67, 103, 115	Sobrecarga.....	28, 46, 60, 68
Registro de bobinas.....	83	Valor de consigna de sobrecarga.....	28
Regla lógica.....	30, 95	Sobretemperatura.....	10, 25, 26, 32, 68, 89
Relé		Sobretensión	
Conexión del relé.....	63	Control de sobretensión.....	24
Opción de relé.....	63, 69	Sobretensión.....	24, 38
Relé.....	11, 25, 41, 62, 142, 144	generada por el motor.....	24
04.....	88	Software	
1.....	84, 86, 87	HCS.....	57
2.....	84, 86	consulte también <i>Software de cálculo de armónicos</i>	
7.....	142	MCT 31.....	34
8.....	142	de cálculo de armónicos (HCS).....	34, 54
9.....	142	de configuración MCT 10.....	34
de alarma SPDT.....	67	Software para PC.....	33
integrado.....	82	Soporte de montaje.....	74
salida.....	27, 90	STO.....	7, 14, 31, 62, 95
SPDT.....	143		
Salida de relé.....	63		
Terminal relé.....	41, 142, 150		
Relé termoelectrónico.....	60		
consulte también <i>ETR</i>			
Reloj en tiempo real.....	34		

T

Temperatura

Control de temperatura.....	14
Temperatura.....	37
ambiente.....	37
máxima.....	37
media.....	37

Tensión alta.....	12
-------------------	----

Terminal 37.....	31, 62
------------------	--------

Termistor.....	9, 41, 60, 68
----------------	---------------

Textos de programación libre.....	14
-----------------------------------	----

Tiempo de descarga.....	13
-------------------------	----

Tiempo de incremento.....	138
---------------------------	-----

Toma de tierra.....	27, 45, 49, 53, 145
---------------------	---------------------

Transformador.....	46
--------------------	----

Transitorio.....	39, 49
------------------	--------

U

U/f.....	60
----------	----

UPICO.....	138
------------	-----

V

Valor de consigna.....	21
------------------------	----

Valor de parámetro (PWE).....	79
-------------------------------	----

Velocidad fija.....	87
---------------------	----

Ventilación.....	115
------------------	-----

Ventilador.....	10, 14, 16, 27, 28, 32, 35, 37, 38, 39, 72, 103, 115
-----------------	--

Versión de software.....	111
--------------------------	-----

Vibración.....	39
----------------	----

VVC+.....	9, 18
-----------	-------



.....
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

