

Guía de diseño

VLT[®] Midi Drive FC 280



Índice

1 Introducción	5
1.1 Propósito de la Guía de diseño	5
1.2 Recursos adicionales	5
1.3 Definiciones	5
1.4 Versión del documento y del software	8
1.5 Homologaciones y certificados	8
1.6 Seguridad	9
2 Vista general de producto	10
2.1 Descripción general del tipo de envoltorio	10
2.2 Instalación eléctrica	11
2.2.1 Conexión del motor	13
2.2.2 Conexión de red de CA	14
2.2.3 Tipos de terminal de control	15
2.2.4 Cableado a los terminales de control	16
2.3 Estructuras de control	17
2.3.1 Modos de control	17
2.3.2 Principio de control	17
2.3.3 Estructura de control en el VVC ⁺	18
2.3.4 Control de corriente interna en modo VVC ⁺	19
2.3.5 Control Local (Hand On) y Remoto (Auto On)	19
2.4 Manejo de referencias	20
2.4.1 Límites referencia	21
2.4.2 Escalado de referencias internas y referencias de bus	22
2.4.3 Escalado de referencias de pulsos y analógicas y realimentación	22
2.4.4 Zona muerta alrededor de cero	23
2.5 Control de PID	25
2.5.1 Control de PID de velocidad	25
2.5.2 Control de PID de procesos	28
2.5.3 Parámetros relevantes de control de proceso	29
2.5.4 Ejemplo de un control de PID de procesos	30
2.5.5 Optimización del controlador de proceso	32
2.5.6 Método de ajuste Ziegler-Nichols	32
2.6 Inmunidad y emisión CEM	33
2.6.1 Aspectos generales de la emisión CEM	33
2.6.2 Emisión CEM	34
2.6.3 Inmunidad CEM	35
2.7 Aislamiento galvánico	36
2.8 Corriente de fuga a tierra	37

2.9 Funciones de freno	38
2.9.1 Freno de retención mecánico	38
2.9.2 Frenado dinámico	38
2.9.3 Selección de resistencias de frenado	38
2.10 Controlador Smart Logic	40
2.11 Condiciones de funcionamiento extremas	41
2.11.1 Protección térmica motor	42
3 Ejemplos de aplicaciones	43
3.1 Introducción	43
3.1.1 Conexión del encoder	43
3.1.2 Dirección de encoder	43
3.1.3 Sistema de convertidor de lazo cerrado	43
3.2 Ejemplos de aplicaciones	44
3.2.1 AMA	44
3.2.2 Velocidad	44
3.2.3 Arranque/parada	45
3.2.4 External Alarm Reset	46
3.2.5 Termistor motor	46
3.2.6 SLC	46
4 Safe Torque Off (STO)	48
4.1 Medidas de seguridad de la STO	49
4.2 Instalación de la función Safe Torque Off	49
4.3 Puesta en servicio de STO	50
4.3.1 Activación de la función Safe Torque Off	50
4.3.2 Desactivación de la función Safe Torque Off	50
4.3.3 Prueba de puesta en servicio de STO	51
4.3.4 Prueba para aplicaciones de STO en el modo de reinicio manual	51
4.3.5 Prueba para aplicaciones de STO en el modo de re arranque automático	51
4.4 Mantenimiento y servicio de la STO	52
4.5 Datos técnicos de STO	52
5 Instalación y ajuste de RS485	54
5.1 Introducción	54
5.1.1 Descripción general	54
5.1.2 Conexión de red	55
5.1.3 Ajuste de hardware	55
5.1.4 Ajustes de parámetros para la comunicación Modbus	55
5.1.5 Precauciones de compatibilidad electromagnética (CEM)	55
5.2 Protocolo FC	56

5.2.1 Descripción general	56
5.2.2 FC con Modbus RTU	56
5.3 Configuración de red	56
5.4 Estructura de formato de mensaje del protocolo FC	56
5.4.1 Contenido de un carácter (byte)	56
5.4.2 Estructura de telegramas	56
5.4.3 Longitud del telegrama (LGE)	57
5.4.4 Dirección del convertidor de frecuencia (ADR)	57
5.4.5 Byte de control de datos (BCC)	57
5.4.6 El campo de datos	57
5.4.7 El campo PKE	57
5.4.8 Número de parámetro (PNU)	58
5.4.9 Índice (IND)	58
5.4.10 Valor de parámetro (PWE)	58
5.4.11 Tipos de datos admitidos por el convertidor de frecuencia	59
5.4.12 Conversión	59
5.4.13 Códigos de proceso (PCD)	59
5.5 Ejemplos	59
5.5.1 Escritura del valor de un parámetro.	59
5.5.2 Lectura del valor de un parámetro	59
5.6 Modbus RTU	60
5.6.1 Conocimiento supuesto	60
5.6.2 Descripción general	60
5.6.3 Convertidor de frecuencia con Modbus RTU	60
5.7 Configuración de red	61
5.8 Estructura de formato de mensaje de Modbus RTU	61
5.8.1 Introducción	61
5.8.2 Estructura de telegrama Modbus RTU	61
5.8.3 Campo de arranque/parada	61
5.8.4 Campo de dirección	62
5.8.5 Campo de función	62
5.8.6 Campo de datos	62
5.8.7 Campo de comprobación CRC	62
5.8.8 Direccionamiento de bobinas	62
5.8.9 Control del convertidor de frecuencia	64
5.8.10 Códigos de función admitidos por Modbus RTU	64
5.8.11 Códigos de excepción Modbus	65
5.9 Cómo acceder a los parámetros	65
5.9.1 Gestión de parámetros	65
5.9.2 Almacenamiento de datos	65

5.9.3 IND (índice)	66
5.9.4 Bloques de texto	66
5.9.5 Factor de conversión	66
5.9.6 Valores de parámetros	66
5.10 Ejemplos	66
5.10.1 Lectura de estado de la bobina (01 hex)	66
5.10.2 Forzar/escribir una sola bobina (05 hex)	67
5.10.3 Forzar/escribir múltiples bobinas (0F hex)	67
5.10.4 Lectura de registros de retención (03 hex)	67
5.10.5 Preajuste de un solo registro (06 hex)	68
5.10.6 Preajuste de múltiples registros (10 hex)	68
5.11 Perfil de control FC de Danfoss	69
5.11.1 Código de control conforme al perfil FC (Protocolo 8-10 = perfil FC)	69
5.11.2 Código de estado Según el perfil FC (STW)	70
5.11.3 Valor de referencia de velocidad de bus	72
6 Código descriptivo y selección	73
6.1 Números de pedido: Opciones y accesorios	73
6.2 Números de pedido: Resistencias de freno	74
6.2.1 Números de pedido: resistencias de frenado 10 %	74
6.2.2 Números de pedido: resistencias de frenado 40 %	76
7 Especificaciones	78
7.1 Datos eléctricos	78
7.2 Fuente de alimentación de red	80
7.3 Salida del motor y datos del motor	80
7.4 Condiciones ambientales	80
7.5 Especificaciones del cable	81
7.6 Entrada/salida de control y datos de control	81
7.7 Pares de apriete de conexión	84
7.8 Fusibles y magnetotérmicos	84
7.9 Rendimiento	85
7.10 Ruido acústico	86
7.11 Condiciones dU/dt	86
7.12 Condiciones especiales	87
7.12.1 Reducción de potencia manual	87
7.12.2 Reducción de potencia automática	90
7.13 Tamaños de los alojamientos, potencias de salida y dimensiones	91
Índice	94

1 Introducción

1.1 Propósito de la Guía de diseño

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

También se incluyen:

- Funciones de seguridad.
- Control de situaciones de fallo.
- Información del estado operativo.
- Capacidades de comunicación serie.
- Opciones y funciones programables.

Se facilitan, asimismo, detalles del diseño como las necesidades de las instalaciones, los cables, los fusibles, el cableado de control, el tamaño y el peso de las unidades y otra información fundamental para planificar la integración del sistema.

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

VLT® es una marca registrada.

1.2 Recursos adicionales

Tiene a su disposición los siguientes recursos para comprender el funcionamiento y la programación del convertidor de frecuencia:

- *Guía de funcionamiento del VLT® Midi Drive FC 280*, que proporciona información sobre la instalación, la puesta en servicio, la aplicación y el mantenimiento del convertidor de frecuencia.
- *Guía de programación del VLT® Midi Drive FC 280*, que proporciona información acerca de cómo programar el equipo e incluye descripciones completas de los parámetros.

Danfoss proporciona publicaciones y manuales complementarios. Consulte vlt-drives.danfoss.com/Support/Technical-Documentation/ para ver un listado.

1.3 Definiciones

1.3.1 Convertidor de frecuencia

Inercia

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

$I_{VLT, MÁX.}$

Intensidad de salida máxima.

$I_{VLT,N}$

Corriente nominal de salida suministrada por el convertidor de frecuencia.

$U_{VLT, MÁX.}$

Tensión de salida máxima.

1.3.2 Entrada

Comandos de control

Inicie y detenga el funcionamiento del motor conectado mediante el LCP y las entradas digitales.

Las funciones se dividen en dos grupos.

Las funciones del grupo 1 tienen mayor prioridad que las funciones del grupo 2.

Grupo 1	Parada precisa, parada por inercia y reset, parada precisa e inercia, parada rápida, frenado de CC, parada y [OFF].
Grupo 2	Arranque, Arranque de pulsos, Cambio de sentido, Arranque e inversión, Velocidad fija y Mantener salida.

Tabla 1.1 Grupos de funciones

1.3.3 Motor

Motor en funcionamiento

Par generado en la salida del eje motor y velocidad desde 0 r/min hasta la velocidad máxima del motor.

f_{JOG}

La frecuencia del motor cuando se activa la función de velocidad fija (mediante terminales digitales).

f_M

Frecuencia del motor.

$f_{MÁX.}$

Frecuencia máxima del motor.

$f_{MÍN.}$

Frecuencia mínima del motor.

$f_{M,N}$

Frecuencia nominal del motor (datos de la placa de características).

I_M

Intensidad del motor (real).

I_{M,N}

Corriente nominal del motor (datos de la placa de características).

n_{M,N}

Velocidad nominal del motor (datos de la placa de características).

n_s

Velocidad del motor síncrono.

$$n_s = \frac{2 \times \text{par. } 1 - 23 \times 60 \text{ s}}{\text{par. } 1 - 39}$$

n_{deslizamiento}

Deslizamiento del motor.

P_{M,N}

Potencia nominal del motor (datos de la placa de características en kW o CV).

T_{M,N}

Par nominal (motor).

U_M

Tensión instantánea del motor.

U_{M,N}

Tensión nominal del motor (datos de la placa de características).

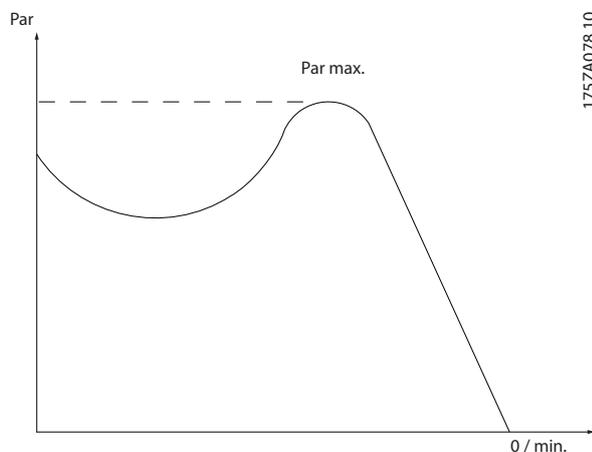
Par de arranque

Ilustración 1.1 Par de arranque

η_{VLT}

El rendimiento del convertidor de frecuencia se define como la relación entre la potencia de salida y la potencia de entrada.

Comando de desactivación de arranque

Un comando de desactivación de arranque que pertenece a los comandos de control del grupo 1. Consulte el *Tabla 1.1* para ver más detalles.

Comando de parada

Un comando de parada que pertenece a los comandos de control del grupo 1. Consulte el *Tabla 1.1* para ver más detalles.

1.3.4 Referencias**Referencia analógica**

Una señal transmitida a las entradas analógicas 53 o 54 puede ser tensión o intensidad.

Referencia binaria

Una señal transmitida al puerto de comunicación serie.

Referencia interna

Una referencia interna definida que puede ajustarse a un valor comprendido entre el -100 % y el +100 % del intervalo de referencias. Pueden seleccionarse ocho referencias internas mediante los terminales digitales.

Referencia de pulsos

Señal de frecuencia de pulsos transmitida a las entradas digitales (terminal 29 o 33).

Ref_{MÁX.}

Determina la relación entre la entrada de referencia a un 100 % de escala completa (normalmente, 10 V y 20 mA) y la referencia resultante. El valor de referencia máximo se ajusta en el *parámetro 3-03 Referencia máxima*.

Ref_{MÍN.}

Determina la relación entre la entrada de referencia a un valor del 0 % (normalmente, 0 V, 0 mA y 4 mA) y la referencia resultante. El valor de referencia mínimo se ajusta en *parámetro 3-02 Referencia mínima*.

1.3.5 Varios**Entradas analógicas**

Las entradas analógicas se utilizan para controlar varias funciones del convertidor de frecuencia.

Hay dos tipos de entradas analógicas:

- Entrada de corriente: 0-20 mA y 4-20 mA.
- Entrada de tensión: 0-10 V CC.

Salidas analógicas

Las salidas analógicas pueden proporcionar una señal de 0-20 mA o 4-20 mA.

Adaptación automática del motor (AMA)

El algoritmo AMA determina los parámetros eléctricos para el motor conectado cuando se encuentra parado.

Resistencia de frenado

La resistencia de frenado es un módulo capaz de absorber la potencia de frenado generada durante el frenado regenerativo. Esta potencia de frenado regenerativo aumenta la tensión del enlace de CC y un chopper de frenado garantiza que la potencia se transmita a la resistencia de frenado.

Características de par constante (CT)

Características de par constante utilizadas para todas las aplicaciones, como cintas transportadoras, bombas de desplazamiento y grúas.

Entradas digitales

Las entradas digitales pueden utilizarse para controlar distintas funciones del convertidor de frecuencia.

Salidas digitales

El convertidor de frecuencia dispone de dos salidas de estado sólido que pueden proporcionar una señal de 24 V CC (máximo 40 mA).

DSP

Procesador digital de señal.

ETR

El relé termoelectrónico es un cálculo de carga térmica basado en la carga presente y el tiempo transcurrido. Su finalidad es calcular la temperatura del motor.

Bus estándar FC

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

Inicialización

Si se lleva a cabo una inicialización (*parámetro 14-22 Operation Mode*), 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.

LCP

El panel de control local constituye una completa interfaz para el control y la programación del convertidor de frecuencia. El LCP es extraíble. Con la opción de kit de instalación, el LCP puede instalarse a un máximo de 3 m (9,8 ft) del convertidor de frecuencia en un panel frontal.

NLCP

Interfaz de panel de control local numérico para el control y la programación del convertidor de frecuencia. La pantalla es numérica y el panel se utiliza para mostrar los valores de proceso. El NLCP tiene funciones de almacenamiento y copia.

lsb

Bit menos significativo.

msb

Bit más significativo.

MCM

Sigla en inglés de Mille Circular Mil, una unidad norteamericana de sección transversal de cables. 1 MCM = 0,5067 mm².

Parámetros en línea / en estado de desconexión

Los cambios realizados en los parámetros en línea se activan inmediatamente después de cambiar el valor de dato. Para activar los cambios en los parámetros en estado de desconexión, pulse [OK].

PID de proceso

El control de PID mantiene la velocidad, la presión y la temperatura mediante el ajuste de la frecuencia de salida para adaptarla a la carga variable.

PCD

Datos de control de proceso.

Ciclo de potencia

Desactive la red hasta que la pantalla (LCP) se quede oscura. A continuación, conecte de nuevo la alimentación.

Factor de potencia

El factor de potencia es la relación entre I_1 e I_{RMS} .

$$\text{Potencia potencia} = \frac{\sqrt{3} \times U \times I_1 \cos\phi 1}{\sqrt{3} \times U \times I_{RMS}}$$

En los convertidores de frecuencia FC 280, $\cos\phi 1 = 1$; por lo tanto:

$$\text{Potencia potencia} = \frac{I_1 \times \cos\phi 1}{I_{RMS}} = \frac{I_1}{I_{RMS}}$$

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.

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

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

Las bobinas de CC integradas producen un alto factor de potencia, lo cual minimiza la carga impuesta a la alimentación de red.

Entrada de pulsos / codificador incremental

Un transmisor externo de pulsos digitales utilizado para proporcionar información sobre la velocidad del motor. El encoder se utiliza para aplicaciones donde se necesita una gran precisión en el control de velocidad.

RCD

Dispositivo de corriente diferencial.

Ajuste

Guarde ajustes de parámetros en cuatro configuraciones distintas. Alterne entre las cuatro configuraciones de ajustes de parámetros y edite un ajuste mientras está inactivo.

SFAVM

Acrónimo que describe el patrón de conmutación denominado «modulación asíncrona de vectores orientada al flujo del estator».

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)

El SLC es una secuencia de acciones definidas por el usuario que se ejecuta cuando el controlador Smart Logic evalúa como verdaderos los eventos asociados definidos por el usuario (*grupo de parámetros 13-** Smart Logic*).

STW

Código de estado.

THD

Distorsión total de armónicos; indica la contribución total de la distorsión armónica.

Termistor

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

Desconexión

En las situaciones de fallo se pasa a estado de desconexión. Ejemplos de situaciones de fallo:

- El convertidor de frecuencia está sujeto a sobretensión.
- El convertidor de frecuencia protege el motor, el proceso o el mecanismo.

Se impide el re arranque hasta que desaparece la causa del fallo y se anula el estado de desconexión mediante la activación del reinicio o, en algunos casos, mediante la programación de un reinicio automático. La desconexión no debe utilizarse para la seguridad personal.

Bloqueo por alarma

El bloqueo por alarma es un estado al que se pasa en situaciones de fallo cuando el convertidor de frecuencia se protege a sí mismo y requiere una intervención física. Por ejemplo, un cortocircuito en la salida causará un bloqueo por alarma. Un bloqueo por alarma solo puede cancelarse cortando la alimentación, eliminando la causa del fallo y volviendo a conectar el convertidor de frecuencia. 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. El bloqueo por alarma no debe utilizarse para la seguridad personal.

Características VT

Características de par variable utilizadas en bombas y ventiladores.

VVC⁺

Comparado con el control estándar de la proporción de tensión/frecuencia, el control vectorial de la tensión (VVC⁺) mejora la dinámica y la estabilidad, tanto cuando se cambia la referencia de velocidad como en relación con el par de carga.

60° AVM

Hace referencia al patrón de conmutación denominado «modulación asíncrona de vectores de 60°».

1.4 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
MG07B2	Añadida más información sobre los convertidores de frecuencia monofásicos y trifásicos de 200-240 V.	1.2

Tabla 1.2 Versión del documento y del software

1.5 Homologaciones y certificados

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

1.5.1 Marca 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 son:

- Directiva de tensión baja.
- Directiva CEM.
- Directiva de máquinas (para unidades que posean una función de seguridad integrada).

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

1.5.2 Directiva de tensión baja

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

La directiva exige que el diseño del equipo garantice la seguridad y la salud de las personas y del ganado y que el material se conserve garantizando una instalación y un mantenimiento correctos y un uso conforme a lo previsto. Danfoss atribuye marcas CE que cumplen con la Directiva de tensión baja y Danfoss facilita una declaración de conformidad si así se solicita.

1.5.3 Directiva CEM

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

Un convertidor de frecuencia se puede utilizar como dispositivo independiente o como parte de una instalación más compleja. En ambos casos, los dispositivos deben contar con la marca CE. Los sistemas no deben tener la marca CE pero deben cumplir con los requisitos de protección básicos de la Directiva CEM.

1.5.4 Conformidad con UL

Listado como UL



Ilustración 1.2 UL

Normas aplicadas y conformidad para STO

El uso de la STO en los terminales 37 y 38 conlleva el cumplimiento de todas las disposiciones de seguridad, incluidas las normas, los reglamentos y las directrices pertinentes.

La función STO integrada cumple las siguientes normas:

- CEI/EN 61508: 2010 SIL2
- CEI/EN 61800-5-2: 2007 SIL2
- CEI/EN 62061: 2012 SILCL de SIL2
- CEI/EN 61326-3-1: 2008
- EN ISO 13849-1: 2008 categoría 3 PL d

1.6 Seguridad

Los convertidores de frecuencia contienen componentes de alta tensión y pueden ser mortales si se utilizan incorrectamente. Los equipos únicamente pueden ser instalados y manejados 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.

Consulte el manual de funcionamiento suministrado con la unidad y disponible en línea para informarse sobre:

- Tiempo de descarga.
- Instrucciones detalladas de seguridad y advertencias.

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

2 Vista general de producto

2

2.1 Descripción general del tipo de envolvente

El tamaño del alojamiento depende del intervalo de potencia.

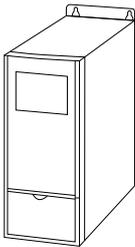
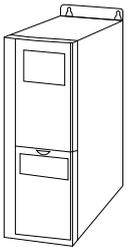
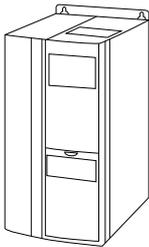
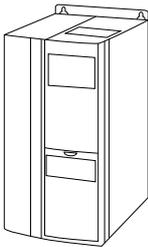
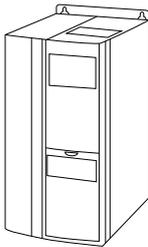
Tamaño del alojamiento	K1	K2	K3	K4	K5
	 130BA870.10	 130BA809.10	 130BA810.10	 130BA810.10	 130BA810.10
Protección del armario ¹⁾	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20
Gama de potencias [kW (CV)] Trifásico 380-480 V	0,37-2,2 (0,5-3,0)	3,0-5,5 (5,0-7,5)	7,5 (10)	11-15 (15-20)	18,5-22 (25-30)
Gama de potencias [kW (CV)] Trifásico 200-240 V	0,37-1,5 (0,5-2,0)	2,2 (3,0)	3,7 (5,0)	-	-
Gama de potencias [kW (CV)] monofásico 200-240 V	0,37-1,5 (0,5-2,0)	2,2 (3,0)	-	-	-

Tabla 2.1 Tamaños de los alojamientos

1) El grado de protección IP21 está disponible para algunos modelos del VLT® Midi Drive FC 280. Si se montan las opciones de kit IP21, todas las gamas de potencia pueden ser IP21.

2.2 Instalación eléctrica

En esta sección se describe cómo cablear el convertidor de frecuencia.

2

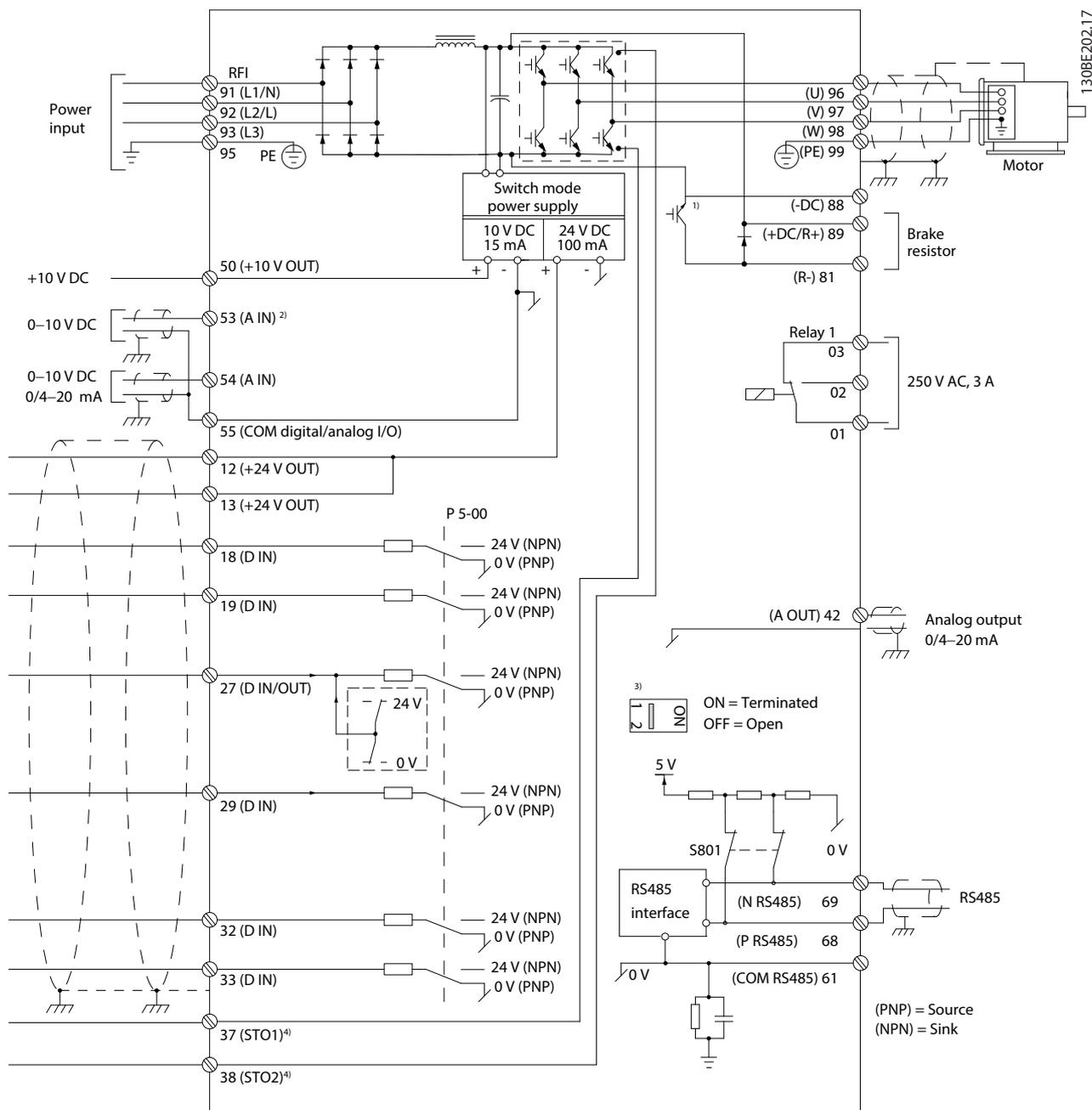
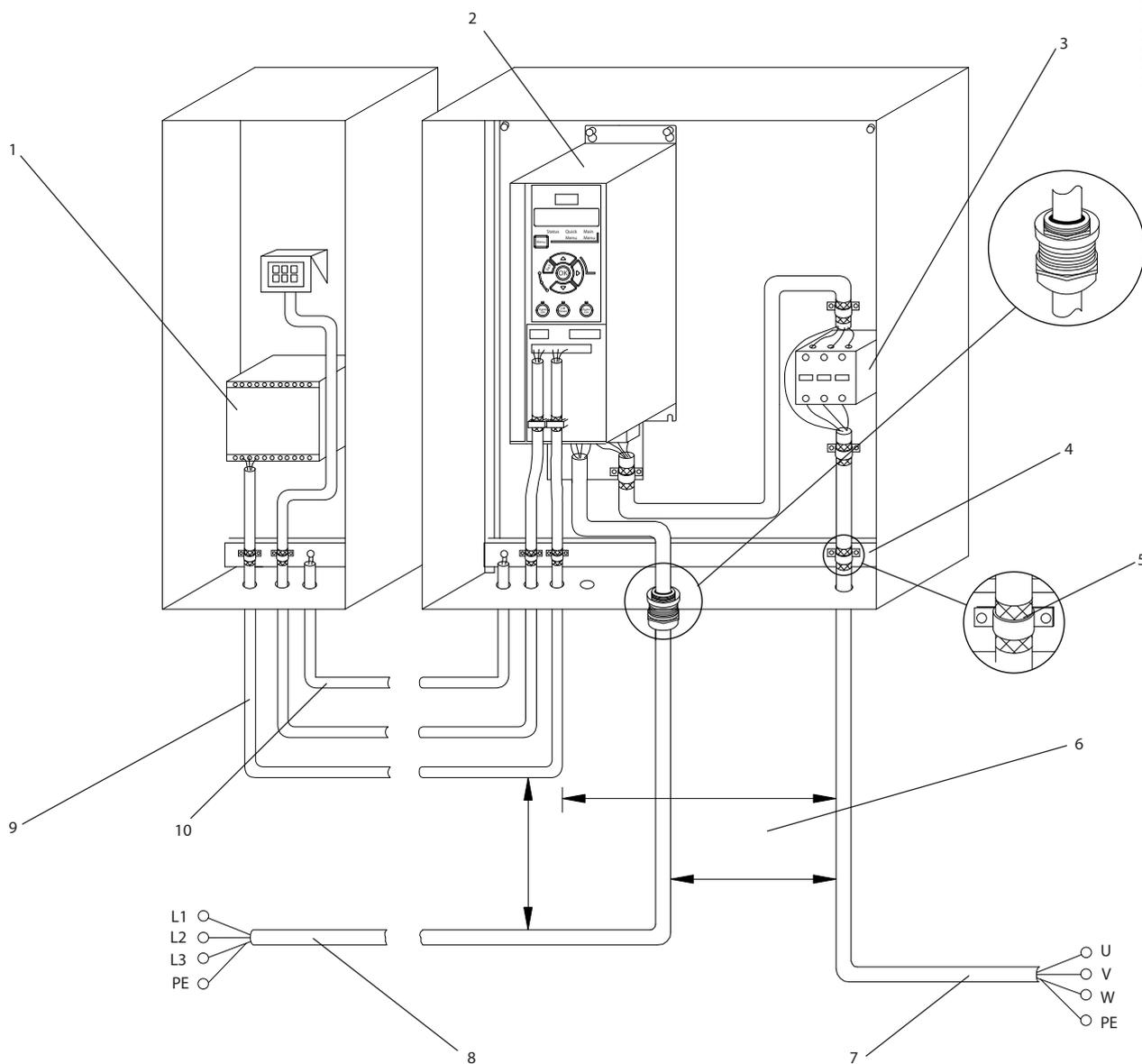


Ilustración 2.1 Dibujo esquemático del cableado básico

A = analógico, D = digital

- 1) El chopper de frenado integrado solo está disponible en las unidades trifásicas.
- 2) El terminal 53 también puede utilizarse como entrada digital.
- 3) El conmutador S801 (terminal de bus) se puede utilizar para activar la terminación del puerto RS485 (terminales 68 y 69).
- 4) Consulte el capítulo 4 Safe Torque Off (STO) para comprobar el cableado correcto de la desconexión segura de par.



130BD391.11

1	PLC	6	Espacio mínimo de 200 mm (7,9 in) entre los cables de control, el motor y la red.
2	Convertidor de frecuencia	7	Motor, trifásico y toma de tierra
3	Contactora de salida (por lo general no se recomienda)	8	Red, monofásico, trifásico y toma de tierra reforzada
4	Raíl de conexión a tierra (toma de tierra)	9	Cableado de control
5	Apantallamiento de cables (pelados)	10	Ecuilización, mínimo de 16 mm ² (6 AWG)

Ilustración 2.2 Conexión eléctrica típica

2.2.1 Conexión del motor

ADVERTENCIA

TENSIÓN INDUCIDA

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

- Coloque los cables de motor de salida por separado.
- Utilice cables apantallados.
- Cumpla los códigos eléctricos locales y nacionales en las dimensiones de los cables. Consulte las dimensiones máximas de cable en el *capítulo 7.1 Datos eléctricos*.
- Observe los requisitos de cableado del fabricante del motor.
- En la base de las unidades IP21 (NEMA1/12) se suministran troqueles o paneles de acceso para el cableado del motor.
- No conecte un dispositivo de arranque o de cambio de polaridad (por ejemplo, un motor Dahlander o un motor de inducción de anillo colector) entre el convertidor de frecuencia y el motor.

Procedimiento

1. Pele una sección del aislamiento del cable exterior. La longitud recomendada es de 10 a 15 mm (0,4-0,6 in).
2. Coloque el cable pelado bajo la abrazadera para establecer una fijación mecánica y un contacto eléctrico entre el apantallamiento de cables y la conexión toma a tierra.
3. Conecte el cable de toma a tierra al terminal de conexión a tierra más cercano, según las instrucciones de conexión a tierra que aparecen en el capítulo «Conexión a tierra» de la *Guía de funcionamiento del VLT® Midi Drive FC 280*. Consulte el *Ilustración 2.3*.
4. Conecte el cableado del motor trifásico a los terminales 96 (U), 97 (V) y 98 (W), como se muestra en la *Ilustración 2.3*.
5. Apriete los terminales conforme a la información suministrada en el *capítulo 7.7 Pares de apriete de conexión*.

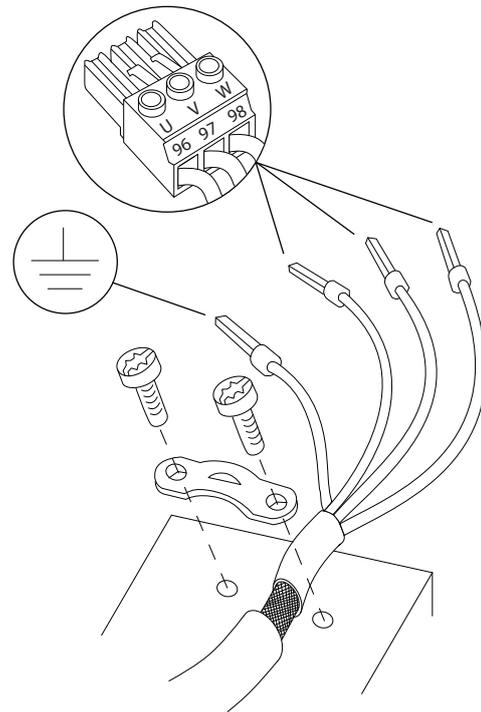
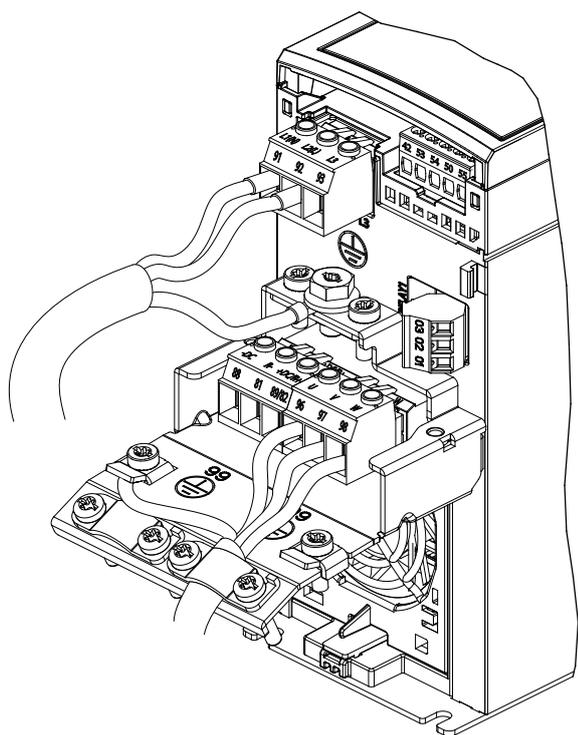


Ilustración 2.3 Conexión del motor

La alimentación, el motor y la toma a tierra para convertidores de frecuencia trifásicos y monofásicos se muestran en la *Ilustración 2.4*, la *Ilustración 2.5* y la *Ilustración 2.6*, respectivamente. Las configuraciones reales pueden variar según los tipos de unidades y el equipo opcional.

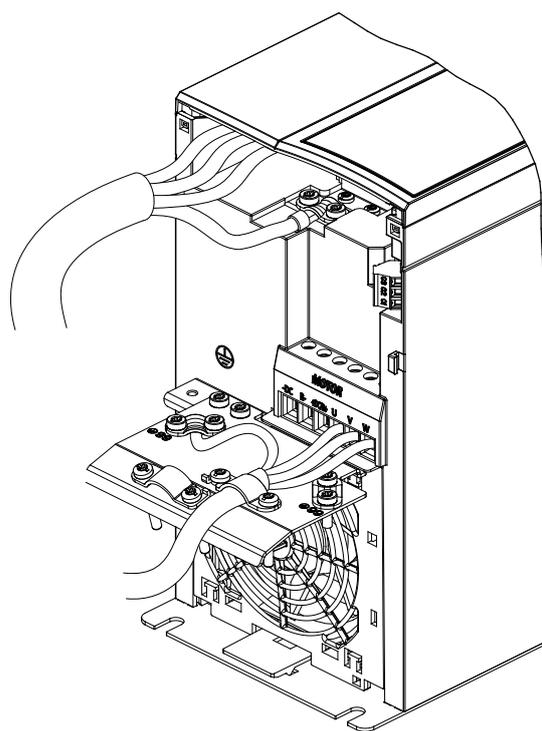
130BD531.10

2



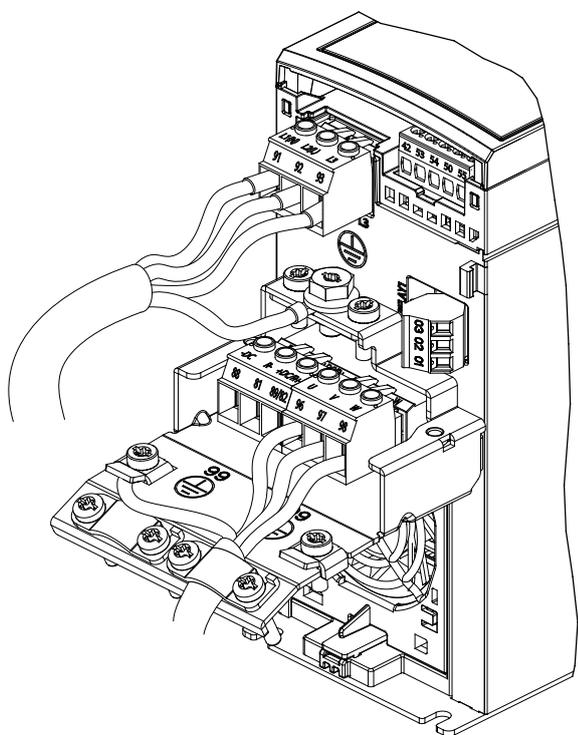
130BE232.11

Ilustración 2.4 La alimentación, el motor y la toma a tierra para unidades monofásicas (K1 y K2)



130BE804.10

Ilustración 2.6 La alimentación, el motor y la toma a tierra para unidades trifásicas (K4 y K5)



130BE231.11

Ilustración 2.5 La alimentación, el motor y la toma a tierra para unidades trifásicas (K1, K2 y K3)

2.2.2 Conexión de red de CA

- Calcule el tamaño del cableado a partir de la intensidad de entrada del convertidor de frecuencia. Consulte los tamaños máximos de cable en el capítulo 7.1 Datos eléctricos.
- Cumpla los códigos eléctricos locales y nacionales en las dimensiones de los cables.

Procedimiento

1. Conecte los cables de alimentación de entrada de CA a los terminales N y L en unidades monofásicas (consulte la Ilustración 2.4) o a los terminales L1, L2 y L3 en unidades trifásicas (consulte la Ilustración 2.5 y la Ilustración 2.6).
2. En función de la configuración del equipo, la potencia de entrada se conecta a los terminales de entrada de red o al dispositivo de desconexión de entrada.
3. Conecte el cable a tierra conforme a las instrucciones de conexión a tierra que aparecen en el capítulo «Conexión a tierra» de la Guía de funcionamiento del VLT® Midi Drive FC 280.
4. Si la alimentación proviene de una fuente de red aislada (red eléctrica IT o en triángulo) o de redes TT/TN-S con toma de tierra (triángulo conectado a tierra), asegúrese de que se haya retirado el tornillo del filtro RFI. Retirando dicho tornillo se

evitarán daños en el enlace de CC y se reducirá la intensidad capacitiva a tierra según la norma CEI 61800-3.

2.2.3 Tipos de terminal de control

La Ilustración 2.7 muestra los prensacables extraíbles del convertidor de frecuencia. Las funciones de los terminales y los ajustes predeterminados están resumidos en la Tabla 2.2 y en la Tabla 2.3.

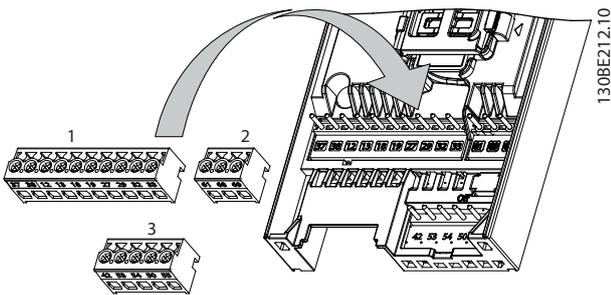


Ilustración 2.7 Ubicación de los terminales de control

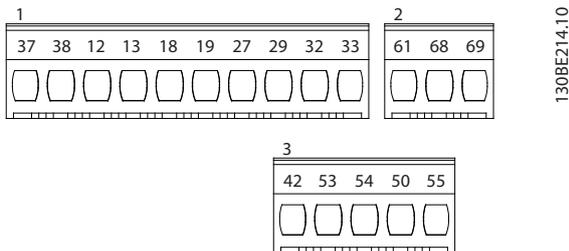


Ilustración 2.8 Números de los terminales

Consulte el capítulo 7.6 Entrada/salida de control y datos de control para obtener mas información sobre la clasificación de los terminales.

Terminal	Parámetro	Ajustes predeterminados	Descripción
E/S digitales, E/S de pulsos, encoder			
12, 13	-	+24 V CC	Suministro externo de 24 V CC. La intensidad de salida máxima es de 100 mA para todas las cargas de 24 V.

Terminal	Parámetro	Ajustes predeterminados	Descripción
18	Parámetro 5-10 Terminal 18 Entrada digital	[8] Arranque	Entradas digitales.
19	Parámetro 5-11 Terminal 19 entrada digital	[10] Cambio sentido	
27	Parámetro 5-01 Terminal 27 modo E/S Parámetro 5-12 Terminal 27 Entrada digital Parámetro 5-30 Terminal 27 salida digital	Entrada digital [2] Inercia Salida digital [0] Sin función	Se puede seleccionar como entrada digital, salida digital o salida de impulsos. El ajuste predeterminado es entrada digital.
29	Parámetro 5-13 Terminal 29 Entrada digital	[14] Velocidad fija	Entrada digital.
32	Parámetro 5-14 Terminal 32 entrada digital	[0] Sin función	Entrada digital, encoder de 24 V. El terminal 33 puede usarse como entrada de pulsos.
33	Parámetro 5-15 Terminal 33 entrada digital	[0] Sin función	
37, 38	-	STO	Entradas de seguridad funcional.
Entradas/salidas analógicas			
42	Parámetro 6-91 Terminal 42 salida analógica	[0] Sin función	Salida analógica programable. La señal analógica es de 0-20 mA o 4-20 mA a un máximo de 500 Ω. También puede configurarse como salida digital.
50	-	+10 V CC	Tensión de alimentación analógica de 10 V CC. Se utiliza normalmente un máximo de 15 mA para un potenciómetro o termistor.

Terminal	Parámetro	Ajustes predeterminados	Descripción
53	Grupo de parámetros 6-1* Entrada analógica 53	-	Entrada analógica. Solo el modo tensión es compatible. También puede utilizarse como entrada digital.
54	Grupo de parámetros 6-2* Entrada analógica 54	-	Entrada analógica. Seleccionable entre el modo tensión o el modo intensidad.
55	-	-	Común para entradas digitales y analógicas.

Tabla 2.2 Descripciones de los terminales: entradas/salidas digitales, entradas/salidas analógicas

Terminal	Parámetro	Ajustes predeterminados	Descripción
Comunicación serie			
61	-	-	Filtro RC integrado para el apantallamiento de cables. SOLO para conectar el apantallamiento cuando se produzcan problemas de CEM.
68 (+)	Grupo de parámetros 8-3* Ajuste puerto FC	-	Interfaz RS485. El interruptor de la tarjeta de control se suministra para la resistencia de terminación.
69 (-)	Grupo de parámetros 8-3* Ajuste puerto FC	-	
Relés			

Terminal	Parámetro	Ajustes predeterminados	Descripción
01, 02, 03	Parámetro 5-40 Relé de función	[1] Ctrl prep.	Salida de relé en forma de C. Estos relés se encuentran en diferentes ubicaciones en función de la configuración y el tamaño del convertidor de frecuencia. Se utiliza para tensión de CA o CC y cargas resistivas o inductivas.

Tabla 2.3 Descripciones de terminales: comunicación serie

2.2.4 Cableado a los terminales de control

Los prensacables del terminal de control pueden desconectarse del convertidor de frecuencia para facilitar la instalación, tal y como se muestra en la *Ilustración 2.7*.

Para obtener detalles sobre el cableado de STO, consulte el *capítulo 4 Safe Torque Off (STO)*.

AVISO!

Mantenga los cables de control tan cortos como sea posible y sepárelos de los cables de alimentación de alta potencia para reducir al mínimo las interferencias.

1. Afloje los tornillos de los terminales.
2. Inserte cables de control encamisados en las ranuras.
3. Apriete los tornillos de los terminales.
4. Asegúrese de que el contacto esté bien sujeto y no esté suelto. Un cableado de control suelto puede ser la causa de fallos en el equipo o de un funcionamiento deficiente.

Consulte el *capítulo 7.5 Especificaciones del cable* para conocer las dimensiones de los cables de los terminales de control y el *capítulo 3 Ejemplos de aplicaciones* para conocer las conexiones habituales de los cables de control.

2.3 Estructuras de control

Un convertidor de frecuencia transforma la tensión de CA de la red en tensión de CC. A continuación, esta tensión de CC se convierte en CA con amplitud y frecuencia variables.

El motor recibe una tensión/intensidad y frecuencia variables, lo que permite un control de velocidad variable en motores estándar de CA trifásicos y en motores síncronos de magnetización permanente.

2.3.1 Modos de control

El convertidor de frecuencia controla tanto la velocidad como el par en el eje del motor. Asimismo, también controla el proceso en algunas aplicaciones que utilizan datos de proceso como referencia o realimentación, por ejemplo, la temperatura y la presión. El ajuste de *parámetro 1-00 Configuration Mode* determina el tipo de control.

Control de velocidad

Hay dos tipos de control de velocidad:

- El control de lazo abierto de velocidad, que no requiere realimentación del motor (sensorless).
- El control de PID de lazo cerrado de velocidad, que requiere una realimentación de velocidad hacia una entrada. Un control de lazo cerrado de velocidad, debidamente optimizado, tiene una precisión mayor que un control de lazo abierto.

Seleccione qué entrada se utilizará como realimentación PID de velocidad en el *parámetro 7-00 Speed PID Feedback Source*.

Control de par

La función de control de par se utiliza en aplicaciones en las que el par de salida de eje motor controla la aplicación como el control de la tensión. Seleccione [2] *Par Lazo Cerrado* o [4] *Lazo abierto de par* en el *parámetro 1-00 Configuration Mode*. El ajuste de par se realiza mediante la configuración de una referencia analógica, digital o controlada mediante bus. Al efectuar el control de par, se recomienda llevar a cabo un procedimiento AMA completo, ya que los datos correctos del motor son importantes para obtener un rendimiento óptimo.

- Modo de lazo cerrado en VVC⁺. Esta función se utiliza en aplicaciones que tienen una variación dinámica del eje entre baja y media y ofrece un rendimiento excelente en los cuatro cuadrantes y a todas las velocidades del motor. La señal de realimentación de velocidad es obligatoria. Asegúrese de que la resolución del encoder sea de al menos 1024 PPR y de que el cable apantallado del encoder este correctamente

conectado a tierra, ya que la precisión de la señal de realimentación de velocidad resulta importante. Ajuste el *parámetro 7-06 Speed PID Lowpass Filter Time* para obtener la mejor señal de realimentación de velocidad posible.

- Modo lazo abierto en VVC⁺. Esta función se utiliza en aplicaciones mecánicamente robustas, pero su precisión es limitada. La función de par de lazo abierto funciona en dos sentidos. El par se calcula a partir de la medición interna de intensidad del convertidor de frecuencia.

Referencia de velocidad / par

La referencia a estos controles puede ser una referencia única o la suma de varias, incluidas referencias de escalado relativo. El manejo de referencias se explica con mayor detalle en el *capítulo 2.4 Manejo de referencias*.

Control de proceso

Hay dos tipos de control de procesos:

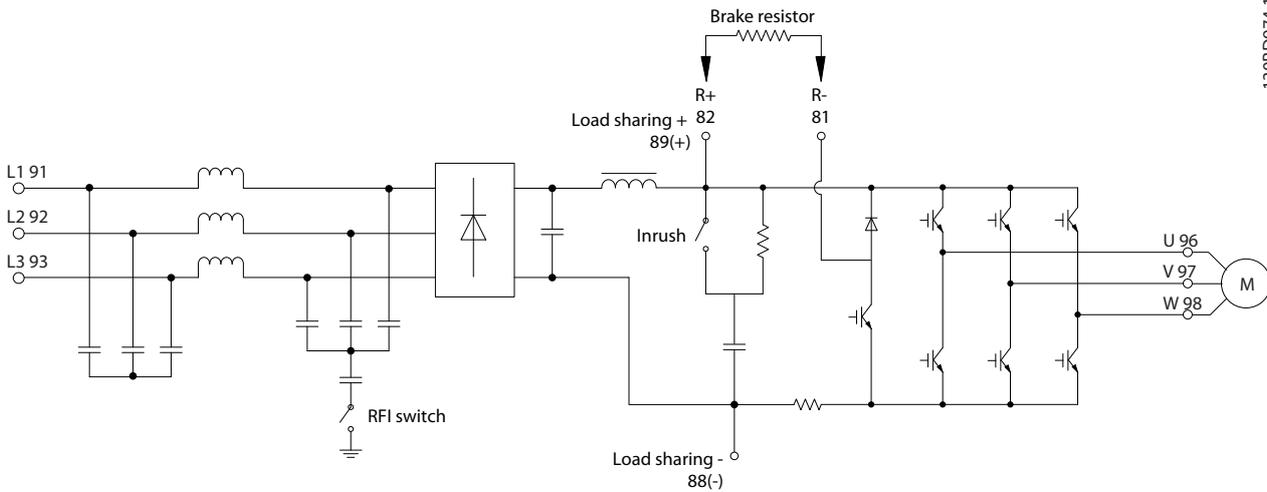
- El control de proceso de lazo cerrado, que funciona en lazo abierto de velocidad para controlar internamente el motor, es un controlador del PID de proceso básico.
- El control de velocidad de lazo abierto de PID ampliado, que también funciona en lazo abierto de velocidad para controlar internamente el motor, amplía las funciones del controlador del PID de proceso básico. Por ejemplo, incluye control del factor directo de alimentación, sujeción, filtro de realimentación/referencia y escalado de ganancia.

2.3.2 Principio de control

El VLT[®] Midi Drive FC 280 es un convertidor de frecuencia de uso general para aplicaciones de velocidad variable. Su principio de control se basa en el VVC⁺.

Los convertidores de frecuencia FC 280 pueden controlar motores asíncronos y motores síncronos de magnetización permanente de hasta 22 kW (30 CV).

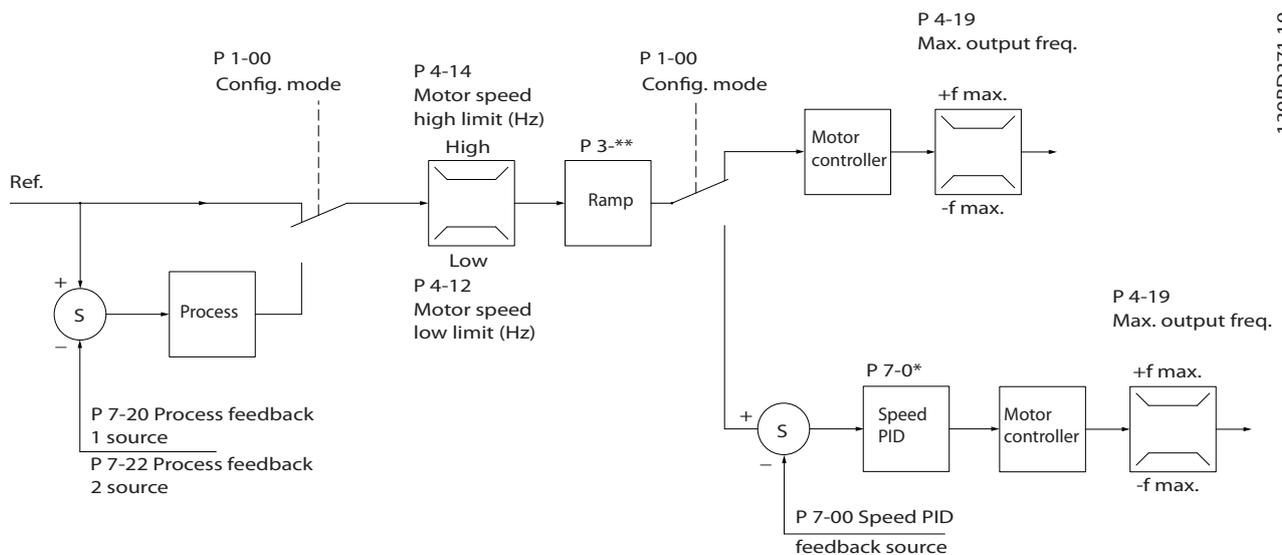
El criterio de detección de corriente de los convertidores de frecuencia FC 280 se basa en la medición de la intensidad mediante una resistencia en el enlace de CC. La misma resistencia gestiona la protección de fallo de conexión a tierra y el comportamiento en cortocircuito.



130BD974.10

Ilustración 2.9 Diagrama de control

2.3.3 Estructura de control en el VVC+



130BD371.10

Ilustración 2.10 Estructura de control en configuraciones de lazo abierto y cerrado VVC+

En la configuración mostrada en *Ilustración 2.10*, *parámetro 1-01 Motor Control Principle* se ajusta a [1] VVC+ y *parámetro 1-00 Configuration Mode* se ajusta a [0] *Veloc. lazo abierto*. Se recibe la referencia resultante del sistema de manejo de referencias y se transfiere a la limitación de rampa y de velocidad antes de enviarse al control del motor. La salida del control del motor se limita entonces según el límite de frecuencia máxima.

Si *parámetro 1-00 Configuration Mode* se ajusta a [1] *Veloc. Lazo Cerrado*, la referencia resultante pasará desde la limitación de rampa y limitación de velocidad a un control de PID de velocidad. Los parámetros del control de PID de velocidad se encuentran en el *grupo de parámetros 7-0* Speed PID Ctrl*. La referencia resultante del control de PID de velocidad se envía al control de motor limitado por el límite de frecuencia.

Seleccione [3] *Proceso* en el *parámetro 1-00 Configuration Mode* para utilizar el control de PID de procesos para el control de lazo cerrado de la velocidad o la presión en la aplicación controlada. Los parámetros del PID de proceso se encuentran en los *grupos de parámetros 7-2* Ctrl. realim. proc.* y *7-3* Ctrl. PID proceso*.

2.3.4 Control de corriente interna en modo VVC+

El convertidor de frecuencia dispone de un control integral del límite de intensidad. Esta función se activa cuando la intensidad del motor y, en consecuencia, el par, es superior a los límites de par ajustados en el *parámetro 4-16 Torque Limit Motor Mode*, el *parámetro 4-17 Torque Limit Generator Mode* y el *parámetro 4-18 Current Limit*.

Cuando el convertidor de frecuencia está en el límite de intensidad durante el funcionamiento del motor o el funcionamiento regenerativo, intenta situarse lo más rápidamente posible por debajo de los límites de par predeterminados sin perder el control del motor.

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

Accione el convertidor de frecuencia manualmente a través del panel de control local (LCP gráfico o LCP numérico) o de forma remota mediante entradas analógicas y digitales o un fieldbus.

Arranque y detenga el convertidor de frecuencia pulsando las teclas [Hand On] y [Reset] en el LCP. Se requiere la configuración mediante los siguientes parámetros:

- *Parámetro 0-40 Botón (Hand on) en LCP.*
- *Parámetro 0-44 Tecla [Off/Reset] en LCP.*
- *Parámetro 0-42 [Auto activ.] llave en LCP.*

Reinicie las alarmas con la tecla [Reset] o mediante una entrada digital, cuando el terminal se programe para el *Reinicio*.

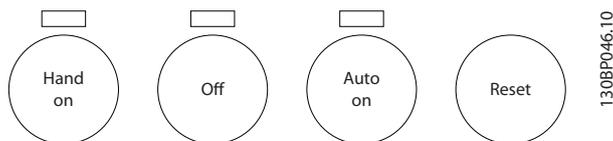


Ilustración 2.11 Teclas de control del GLCP

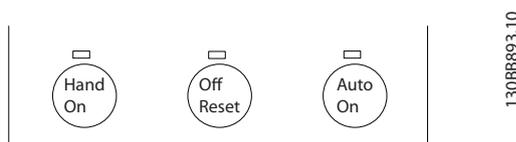


Ilustración 2.12 Teclas de control del NLCP

La referencia local hace que el modo de configuración se ajuste a lazo abierto, independientemente del ajuste del *parámetro 1-00 Modo Configuración*.

La referencia local se restaura al apagarse el convertidor de frecuencia.

2.4 Manejo de referencias

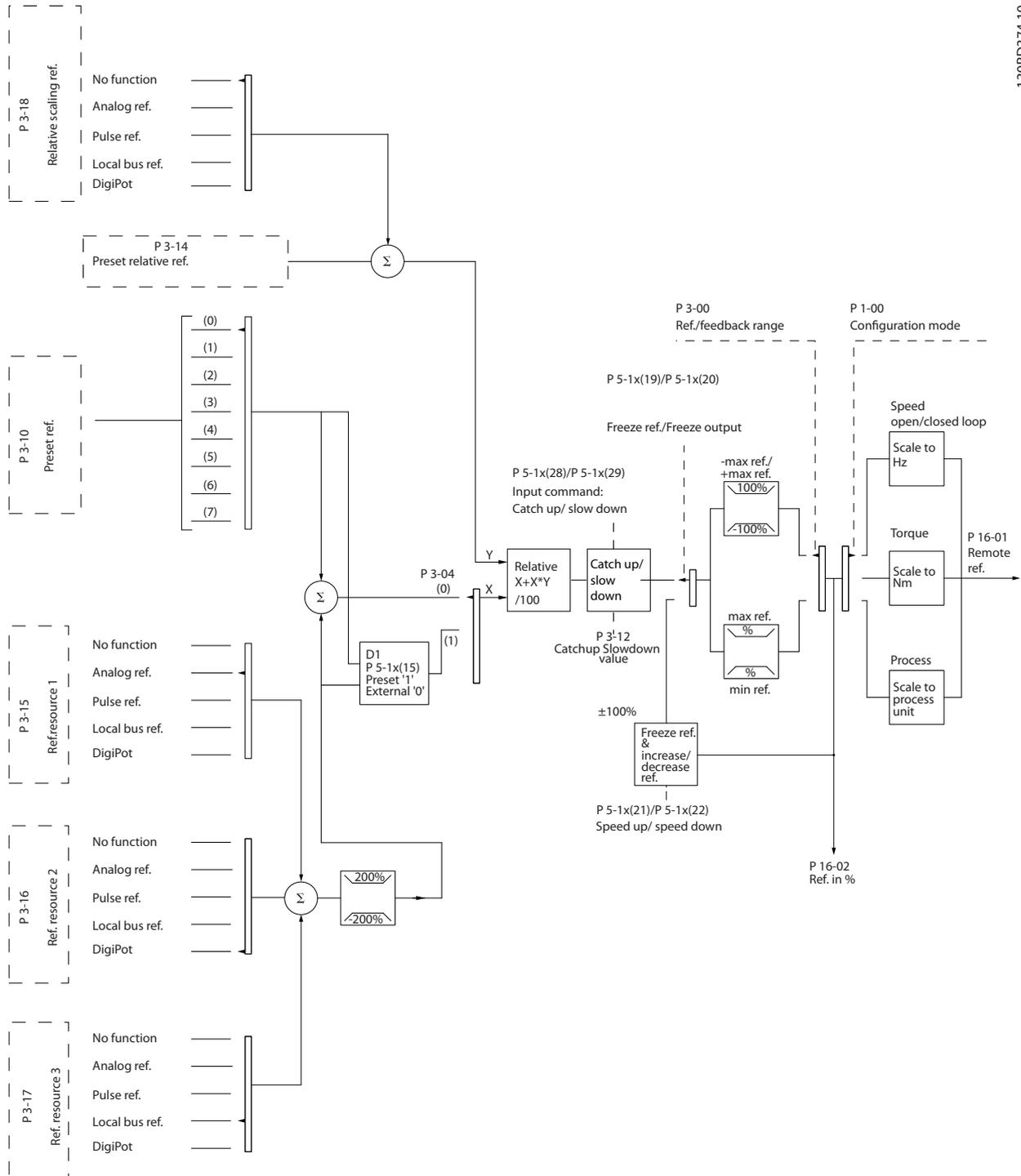
2

Referencia local

La referencia local está activada cuando el convertidor de frecuencia se acciona con [Hand On] activo. Ajuste la referencia mediante [▲]/[▼] y [←]/[→].

Referencia remota

El sistema de manejo de referencias para el cálculo de la referencia remota se muestra en la *Ilustración 2.13*.



1.30BD374.10

Ilustración 2.13 Referencia remota

La referencia remota se calcula una vez en cada intervalo de exploración y consta inicialmente de dos tipos de entradas de referencia:

1. X (la referencia externa): una suma (consulte el parámetro 3-04 Reference Function) de hasta cuatro referencias seleccionadas de forma externa, que comprenden cualquier combinación (determinada por el ajuste del parámetro 3-15 Reference 1 Source, el parámetro 3-16 Reference 2 Source y el parámetro 3-17 Reference 3 Source) de una referencia interna fija (parámetro 3-10 Preset Reference), referencias analógicas variables, referencias digitales variables de pulsos y varias referencias del fieldbus en cualquier unidad que controle el convertidor de frecuencia ([Hz], [RPM], [Nm], etc.).
2. Y (la referencia relativa): una suma de una referencia interna fija (parámetro 3-14 Preset Relative Reference) y una referencia analógica variable (parámetro 3-18 Relative Scaling Reference Resource) en [%].

Los dos tipos de entradas de referencia se combinan en la siguiente fórmula:

$$\text{Referencia remota} = X + X * Y / 100 \%$$

Si no se utiliza la referencia relativa, ajuste el parámetro 3-18 Relative Scaling Reference Resource a [0] Sin función y el parámetro 3-14 Preset Relative Reference al 0 %. Las entradas digitales del convertidor de frecuencia pueden activar tanto la función de enganche arriba y abajo como la función mantener referencia. Las funciones y parámetros se describen en la Guía de programación del VLT® Midi Drive FC 280.

El escalado de las referencias analógicas se describe en los grupos de parámetros 6-1* Entrada analógica 53 y 6-2* Entrada analógica 54, mientras que el escalado de referencias de pulsos digitales se describe en el grupo de parámetros 5-5* Entrada de pulsos.

Los límites e intervalos de referencias se ajustan en el grupo de parámetros 3-0* Límites referencia.

2.4.1 Límites referencia

El Parámetro 3-00 Rango de referencia, el parámetro 3-02 Referencia mínima y el parámetro 3-03 Referencia máxima definen el rango permitido para la suma de todas las referencias. Cuando es necesario, la suma de todas las referencias se bloquea. La relación entre la referencia resultante (tras el bloqueo) y la suma de todas las referencias se indica en la Ilustración 2.14 y la Ilustración 2.15.

P 3-00 Range de resultada = [0] Mín-Máx

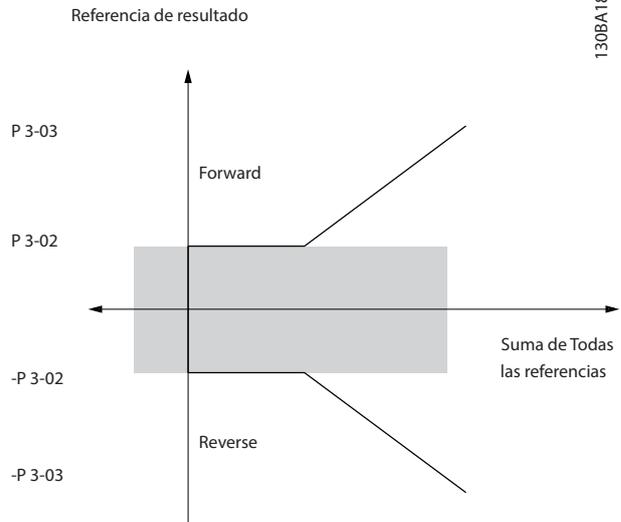


Ilustración 2.14 Suma de todas las referencias cuando el intervalo de referencias se ajusta en 0

130BA184.10

P. 3-00 Rango de referencia =[1] - Máx. - Máx.

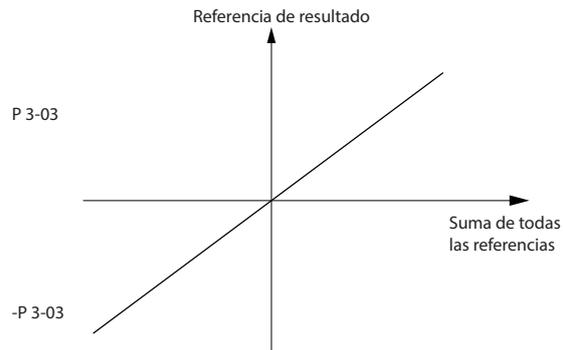
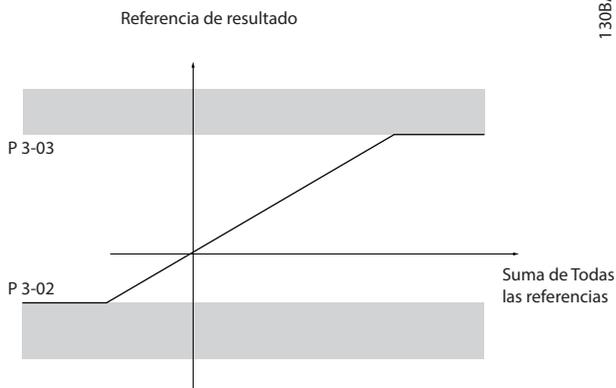


Ilustración 2.15 Suma de todas las referencias cuando el intervalo de referencias se ajusta en 1

130BA185.10

El valor de parámetro 3-02 Referencia mínima no puede ajustarse por debajo de 0, a menos que parámetro 1-00 Modo Configuración esté ajustado a [3] Proceso. En ese caso, las siguientes relaciones entre la referencia resultante (tras el bloqueo) y la suma de todas las referencias son las indicadas en la Ilustración 2.16.

P 3-00 Rango de resultada= [0] Mín.-Máx.



130BA186.1.1

Ilustración 2.16 Suma de todas las referencias cuando la referencia mínima se ajusta en un valor negativo

2.4.2 Escalado de referencias internas y referencias de bus

Las referencias internas se escalan según estas reglas:

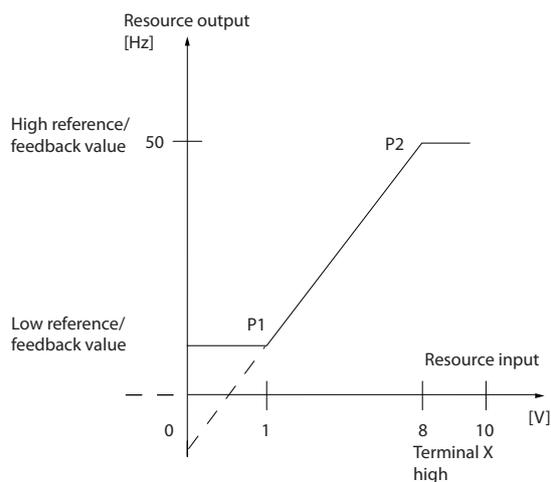
- Cuando el *parámetro 3-00 Reference Range* se ajusta en [0] Mín - Máx, el 0 % de la referencia es igual a 0 [unidad], donde la unidad puede ser cualquiera, por ejemplo r/min, m/s o bar. El 100 % de la referencia es igual al máximo (valor absoluto del *parámetro 3-03 Maximum Reference* y valor absoluto del *parámetro 3-02 Referencia mínima*).
- Cuando el *parámetro 3-00 Reference Range* se ajusta en [1] =-Máx - +Máx, el 0 % de la referencia es igual a 0 [unidad] y el 100 % de la referencia es igual a la referencia máxima.

Las referencias de bus se escalan según estas reglas:

- Cuando el *parámetro 3-00 Reference Range* se ajusta en [0] Mín - Máx, el 0 % de la referencia es igual a la referencia mínima y el 100 % de la referencia es igual a la referencia máxima.
- Cuando el *parámetro 3-00 Reference Range* se ajusta en [1] =-Máx - +Máx, -100 % de la referencia es igual a -referencia máxima y el 100 % de la referencia es igual a la referencia máxima.

2.4.3 Escalado de referencias de pulsos y analógicas y realimentación

Las referencias y la realimentación se escalan de la misma manera a partir de entradas analógicas y de pulsos. La única diferencia es que una referencia superior o inferior a los puntos finales mínimo y máximo especificados (P1 y P2 en la *Ilustración 2.17*) se bloquea, mientras que las realimentaciones superiores o inferiores a dichos puntos no se bloquean.



130BD431.10

Ilustración 2.17 Puntos finales mínimo y máximo

Los puntos finales P1 y P2 se definen en la *Tabla 2.4* en función de la entrada que se utilice.

Entrada	Análogica 53 modo de tensión	Análogica 54 modo de tensión	Análogica 54 modo de corriente	Entrada pulsos 29	Ent. pulso 33
P1 = (valor de entrada mínimo, valor de referencia mínimo)					
Valor de referencia mínimo	Parámetro 6-14 Terminal 53 valor bajo ref./realim	Parámetro 6-24 Terminal 54 valor bajo ref./realim	Parámetro 6-24 Terminal 54 valor bajo ref./realim	Parámetro 5-52 Terminal 29 valor bajo ref./realim	Parámetro 5-57 Terminal 33 valor bajo ref./realim
Valor de entrada mínimo	Parámetro 6-10 Terminal 53 escala baja V [V]	Parámetro 6-20 Terminal 54 escala baja V [V]	Parámetro 6-22 Terminal 54 escala baja mA [mA]	Parámetro 5-50 Terminal 29 baja frecuencia [Hz]	Parámetro 5-55 Terminal 33 baja frecuencia [Hz]
P2 = (valor de entrada máximo, valor de referencia máximo)					
Valor de referencia máximo	Parámetro 6-15 Terminal 53 valor alto ref./realim	Parámetro 6-25 Terminal 54 valor alto ref./realim	Parámetro 6-25 Terminal 54 valor alto ref./realim	Parámetro 5-53 Terminal 29 valor alto ref./realim	Parámetro 5-58 Terminal 33 valor alto ref./realim
Valor de entrada máximo	Parámetro 6-11 Terminal 53 escala alta V [V]	Parámetro 6-21 Terminal 54 escala alta V [V]	Parámetro 6-23 Terminal 54 escala alta mA [mA]	Parámetro 5-51 Terminal 29 alta frecuencia [Hz]	Parámetro 5-56 Terminal 33 alta frecuencia [Hz]

Tabla 2.4 Puntos finales P1 y P2

2.4.4 Zona muerta alrededor de cero

A veces, la referencia (y también la realimentación, en raras ocasiones) deberá tener una zona muerta alrededor de cero para asegurar que la máquina se detenga cuando la referencia se aproxime a cero.

Para activar la zona muerta y ajustar su valor, haga lo siguiente:

- Ajuste en cero el valor de referencia mínimo (consulte la *Tabla 2.4* para conocer el parámetro apropiado) o bien el valor de referencia máximo. En otras palabras, P1 o P2 deberán estar en el eje X de la *Ilustración 2.18*.
- Asegúrese de que los dos puntos que definen la gráfica de escalado estén en el mismo cuadrante.

P1 o P2 definen el tamaño de la zona muerta, tal como se indica en la *Ilustración 2.18*.

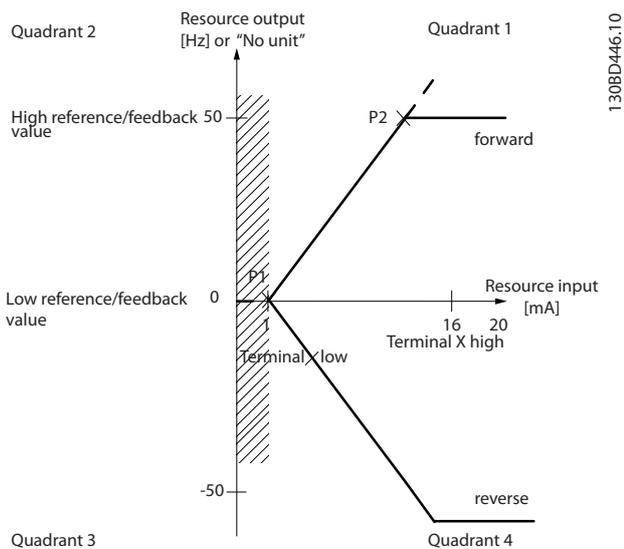
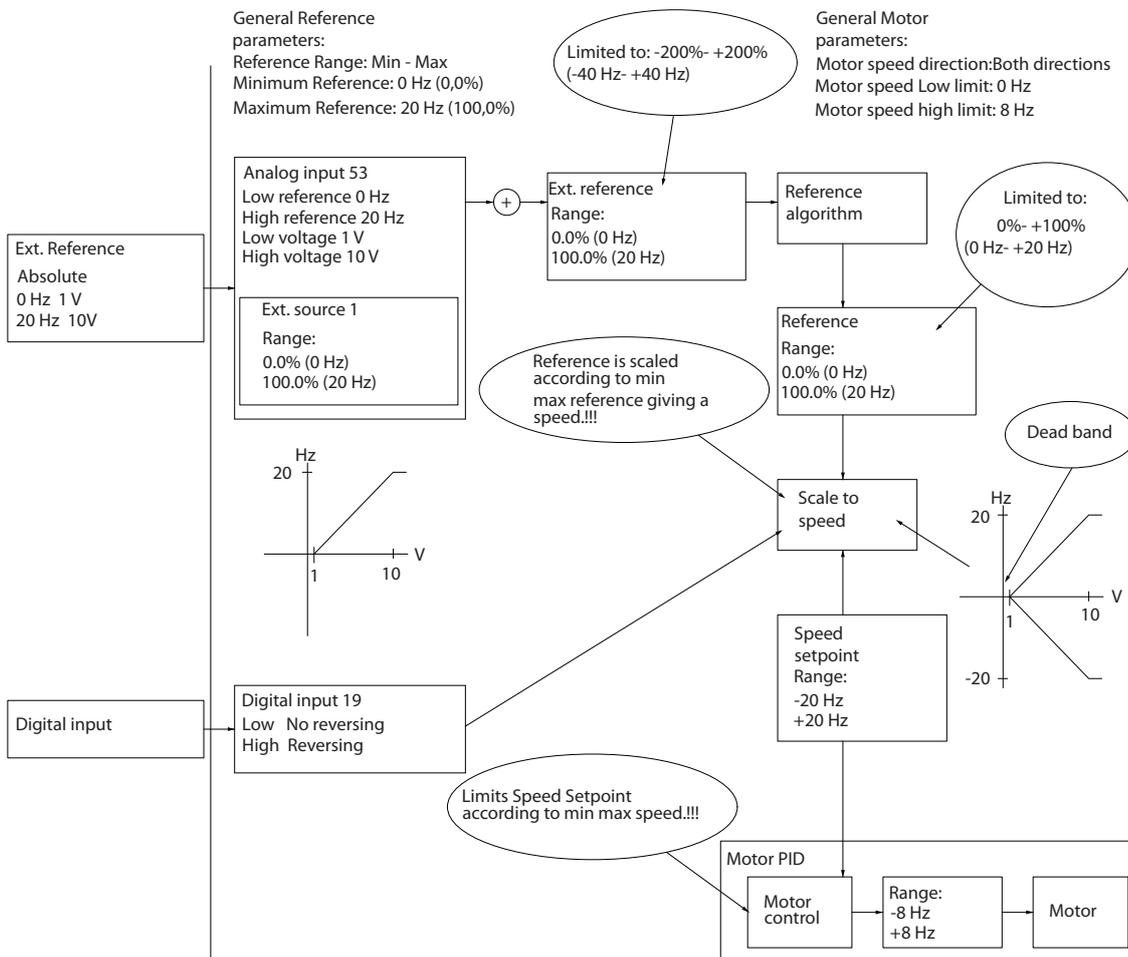


Ilustración 2.18 Tamaño de la zona muerta

Caso 1: referencia positiva con zona muerta, entrada digital para trigger inverso, parte I

La Ilustración 2.19 muestra cómo se bloquea la entrada de referencia con límites situados entre el mínimo y el máximo.

2

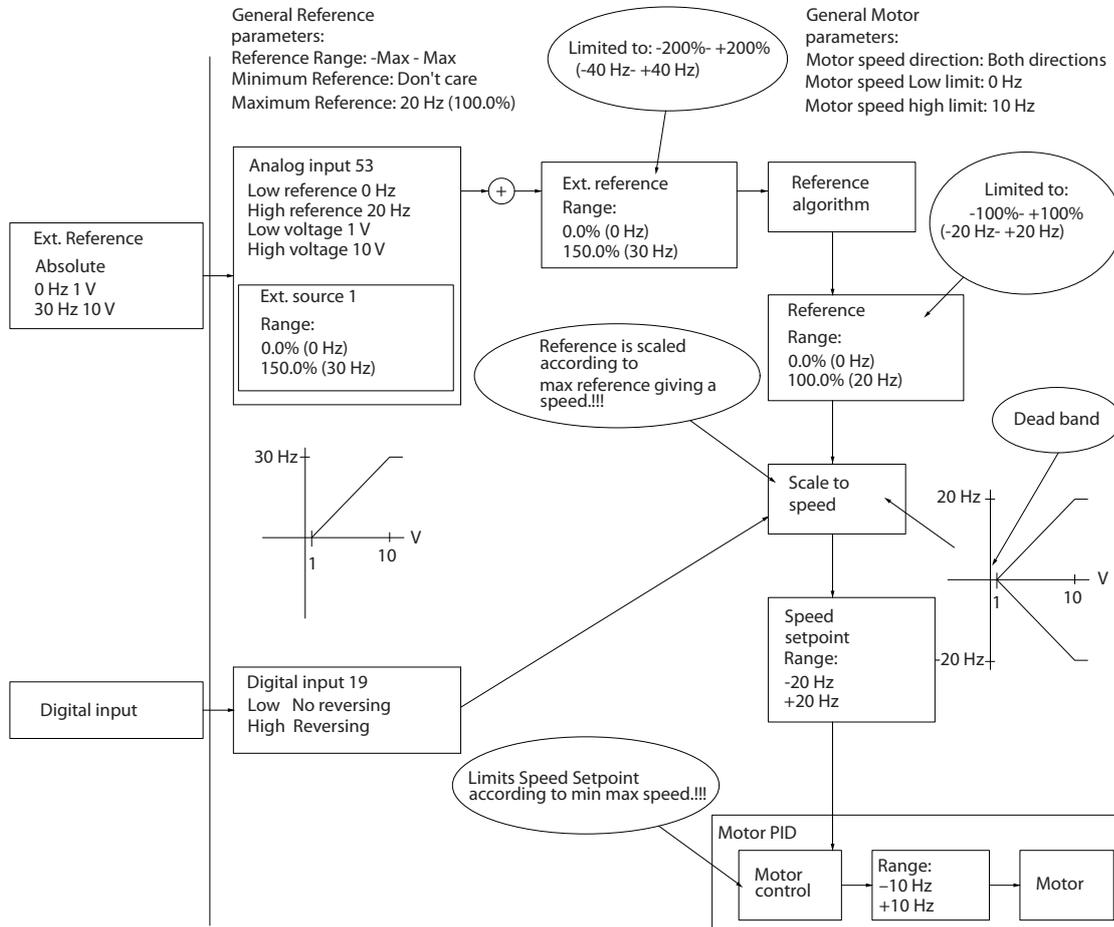


130BD454.10

Ilustración 2.19 Bloqueo de la entrada de referencia con límites situados entre el mínimo y el máximo

Caso 2: referencia positiva con zona muerta, entrada digital para trigger inverso, parte II

La Ilustración 2.20 muestra cómo se bloquea la entrada de referencia con límites fuera del rango -máximo a +máximo en los límites inferior y superior de las entradas antes de añadirse a la referencia externa, así como el modo en el que el algoritmo de referencia bloquea la referencia externa entre -máximo y +máximo.



130BD433.11

Ilustración 2.20 Bloqueo de la entrada de referencia con límites situados fuera del rango de -máximo a +máximo

2.5 Control de PID

2.5.1 Control de PID de velocidad

Parámetro 1-00 Modo Configuración	Parámetro 1-01 Principio control motor	
	U/f	VVC+
[1] Veloc. Lazo Cerrado	No disponible ¹⁾	Activo

Tabla 2.5 Configuraciones de control, control de velocidad activo

1) «No disponible» indica que el modo especificado no está disponible en absoluto.

Parámetro	Descripción de la función	
Parámetro 7-00 Fuente de realim. PID de veloc.	Seleccione desde qué entrada obtiene la realimentación el PID de velocidad.	
Parámetro 7-02 Speed PID Proportional Gain	Cuanto mayor sea este valor, más rápido será el control. Sin embargo, un valor demasiado elevado puede producir oscilaciones.	
Parámetro 7-03 Tiempo integral PID veloc.	Elimina el error de velocidad de estado estable. Unos valores inferiores implican una reacción más rápida. Sin embargo, un valor demasiado bajo puede producir oscilaciones.	
Parámetro 7-04 Tiempo diferencial PID veloc.	Proporciona una ganancia proporcional al índice de cambio de la realimentación. El ajuste a cero desactiva el diferenciador.	
Parámetro 7-05 Límite ganancia dif. PID veloc.	Si hay cambios rápidos en la referencia o la realimentación de alguna aplicación, lo que significa que el error cambia rápidamente, el diferenciador puede volverse enseguida demasiado dominante. Esto se debe a que reacciona a cambios en el error. Cuanto más rápido cambia el error, más alta es la ganancia del diferenciador. Por ello, esta ganancia se puede limitar para permitir el ajuste de un tiempo diferencial razonable para cambios lentos, y una ganancia rápida adecuada para cambios rápidos.	
Parámetro 7-06 Tiempo filtro paso bajo PID veloc.	El filtro de paso bajo amortigua las oscilaciones de la señal de realimentación y mejora el rendimiento de estado estable. Sin embargo, un tiempo de filtro demasiado largo deteriora el rendimiento dinámico del control de PID de velocidad. Ajustes prácticos del parámetro 7-06 Speed PID Lowpass Filter Time tomados del número de pulsos por revolución del encoder (PPR):	
	PPR del encoder	Parámetro 7-06 Tiempo filtro paso bajo PID veloc.
	512	10 ms
	1024	5 ms
	2048	2 ms
4096	1 ms	

Tabla 2.6 Parámetros de control de velocidad

Ejemplo de programación del control de velocidad

En este ejemplo, el control de PID de velocidad se usa para mantener una velocidad de motor constante independientemente de la modificación de carga del motor. La velocidad del motor requerida se ajusta mediante un potenciómetro conectado al terminal 53. El rango de velocidad es 0-1500 r/min y corresponde a 0-10 V en el potenciómetro. Un interruptor conectado al terminal 18 controla el arranque y la parada. El PID de velocidad monitoriza las r/min reales del motor usando un codificador incremental de 24 V (HTL) como realimentación. El sensor de realimentación es un encoder (1024 pulsos por revolución) conectado a los terminales 32 y 33. El rango de frecuencia de pulsos a los terminales 32 y 33 es 4 Hz-32 kHz.

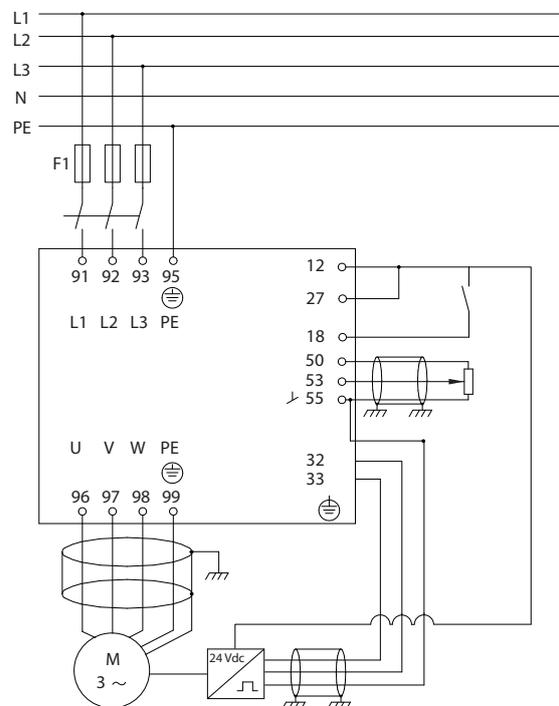


Ilustración 2.21 Programación de control de velocidad

1308D372.11

Siga los pasos de la **Tabla 2.7** para programar el control de velocidad (consulte la explicación de los ajustes en la **Guía de programación**)

En la **Tabla 2.7** se presupone que todos los demás parámetros y conmutadores permanecen en sus ajustes predeterminados.

Función	Número de parámetro	Ajuste
1) Asegúrese de que el motor funciona correctamente. Haga lo siguiente:		
Ajuste los parámetros del motor usando los datos de la placa de características.	Grupo de parámetros 1-2* Motor Data	En función de las especificaciones de la placa de características del motor.
Realice un AMA.	Parámetro 1-29 Automatic Motor Adaption (AMA)	[1] Act. AMA completo
2) Compruebe que el motor está en marcha y que el encoder está conectado correctamente. Haga lo siguiente:		
Pulse [Hand On]. Compruebe que el motor esté en marcha y fíjese en la dirección de rotación (que denominaremos «dirección positiva»).		Ajuste una referencia positiva.
3) Asegúrese de que los límites del convertidor de frecuencia estén ajustados en valores seguros:		
Ajuste unos límites aceptables para las referencias.	Parámetro 3-02 Minimum Reference	0
	Parámetro 3-03 Maximum Reference	50
Compruebe que los ajustes de rampa estén dentro de las posibilidades del convertidor de frecuencia y cumplan las especificaciones de funcionamiento de la aplicación.	Parámetro 3-41 Ramp 1 Ramp Up Time	Ajustes predeterminados
	Parámetro 3-42 Ramp 1 Ramp Down Time	Ajustes predeterminados
Ajuste unos límites aceptables para la frecuencia y la velocidad del motor.	Parámetro 4-12 Motor Speed Low Limit [Hz]	0 Hz
	Parámetro 4-14 Motor Speed High Limit [Hz]	50 Hz
	Parámetro 4-19 Max Output Frequency	60 Hz
4) Configure el control de velocidad y seleccione el principio de control del motor:		
Activación del control de velocidad	Parámetro 1-00 Configuration Mode	[1] Veloc. Lazo Cerrado
Selección del principio de control del motor	Parámetro 1-01 Motor Control Principle	[1] VVC ⁺
5) Configure y escale la referencia al control de velocidad:		
Ajuste la entrada analógica 53 como fuente de referencia.	Parámetro 3-15 Reference 1 Source	No necesario (predeterminado)
Escale la entrada analógica 53 de 0 Hz (0 V) a 50 Hz (10 V)	Grupo de parámetros 6-1* Entrada analógica 1	No necesario (predeterminado)
6) Configure la señal del encoder HTL de 24 V como realimentación para el control del motor y de la velocidad:		
Ajuste la entrada digital 32 y la 33 como entradas de encoder.	Parámetro 5-14 Terminal 32 Digital Input	[82] Encoder input B
	Parámetro 5-15 Terminal 33 Digital Input	[83] Encoder input A
Seleccione el terminal 32/33 como realimentación PID de velocidad.	Parámetro 7-00 Speed PID Feedback Source	[1] Encoder 24 V
7) Ajuste los parámetros PID de control de velocidad:		
Use las pautas de ajuste cuando sea apropiado o realice el ajuste manualmente.	Grupo de parámetros 7-0* Speed PID Ctrl.	
8) Finalizar:		
Guarde los ajustes de los parámetros en el LCP para mantenerlos a salvo.	Parámetro 0-50 Copia con LCP	[1] Trans. LCP tod. par.

Tabla 2.7 Orden de programación del control de PID de velocidad

2.5.2 Control de PID de procesos

2

El control de PID de procesos puede emplearse para controlar parámetros de aplicación que puedan medirse mediante un sensor (por ejemplo, la presión, la temperatura y el flujo) y que puedan verse afectados por el motor conectado a través de una bomba, de un ventilador o de otros dispositivos conectados.

La *Tabla 2.8* muestra las configuraciones de control que permiten usar el control de proceso. Consulte el capítulo 2.3 *Estructuras de control* para saber dónde está activado el control de velocidad.

Parámetro 1-00 Configuration Mode	Parámetro 1-01 Motor Control Principle	
	U/f	VVC+
[3] Proceso	Proceso	Proceso

Tabla 2.8 Configuración de control

AVISO!

El PID de control de procesos funciona usando el ajuste de parámetros predeterminado, pero es recomendable ajustar los parámetros para optimizar el rendimiento del control de la aplicación.

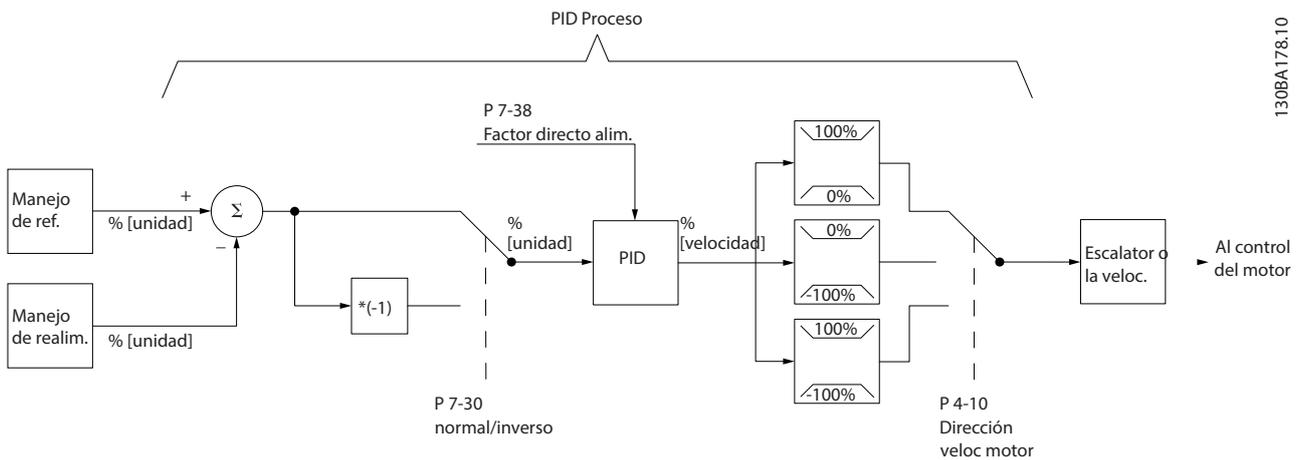


Ilustración 2.22 Diagrama del control de PID de procesos

2.5.3 Parámetros relevantes de control de proceso

Parámetro	Descripción de la función
Parámetro 7-20 Process CL Feedback 1 Resource	Seleccione de qué fuente (entrada analógica o de pulsos) obtendrá su realimentación el PID de proceso.
Parámetro 7-22 Process CL Feedback 2 Resource	Opcional: determina si (y desde dónde) el PID de procesos debe obtener una señal de realimentación adicional. Si se selecciona una fuente de realimentación adicional, las dos señales de realimentación se añaden antes de ser utilizadas en el control de PID de procesos.
Parámetro 7-30 Process PID Normal/ Inverse Control	En funcionamiento [0] Normal, el control de proceso responde con un incremento de la velocidad del motor si la realimentación es inferior a la referencia. En funcionamiento en [1] Inversa, el control de proceso responde, al contrario, con una velocidad de motor decreciente.
Parámetro 7-31 Process PID Anti Windup	La función de saturación garantiza que cuando se alcanza un límite de frecuencia o de par, el integrador se ajusta en una ganancia que corresponda a la frecuencia real. Esto evita la integración de errores incompensables con un cambio de velocidad. Pulse [0] Desactivado para desactivar esta función.
Parámetro 7-32 Process PID Start Speed	En algunas aplicaciones, alcanzar el punto de velocidad / valor de consigna necesario puede tomar mucho tiempo. En tales aplicaciones, podría resultar útil ajustar una velocidad fija del motor desde el convertidor de frecuencia antes de activar el control de proceso. Configure una velocidad del motor fija mediante el ajuste de un valor de arranque para PID de procesos (velocidad) en el parámetro 7-32 Process PID Start Speed.
Parámetro 7-33 Process PID Proportional Gain	Cuanto mayor sea este valor, más rápido será el control. Sin embargo, un valor demasiado elevado puede crear oscilaciones.
Parámetro 7-34 Process PID Integral Time	Elimina el error de velocidad de estado estable. Cuanto menor es el valor, más rápida es la reacción. Sin embargo, un valor demasiado bajo puede crear oscilaciones.
Parámetro 7-35 Process PID Differentiation Time	Proporciona una ganancia proporcional al índice de cambio de la realimentación. El ajuste a cero desactiva el diferenciador.
Parámetro 7-36 Process PID Diff. Gain Limit	Si hay cambios rápidos en la referencia o la realimentación de alguna aplicación (lo que significa que el error cambia rápidamente), el diferenciador puede volverse enseguida demasiado dominante. Esto se debe a que reacciona a cambios en el error. Cuanto más rápido cambia el error, más alta es la ganancia del diferenciador. Por ello, esta ganancia se puede limitar para permitir el ajuste de un tiempo diferencial razonable para cambios lentos.
Parámetro 7-38 Process PID Feed Forward Factor	En aplicaciones con una correlación buena (y aproximadamente lineal) entre la referencia del proceso y la velocidad del motor necesaria para obtener dicha referencia, utilice el factor de acercamiento para alcanzar un mejor rendimiento dinámico del control de PID de procesos.
<ul style="list-style-type: none"> Parámetro 5-54 Pulse Filter Time Constant #29 (Term. de pulsos 29) Parámetro 5-59 Pulse Filter Time Constant #33 (Term. de pulsos 33) Parámetro 6-16 Terminal 53 Filter Time Constant (Term. analógico 53) Parámetro 6-26 Terminal 54 Filter Time Constant (Term. analógico 54) 	<p>Si existen oscilaciones de la señal de realimentación de intensidad/tensión, se pueden reducir mediante un filtro de paso bajo. La constante de tiempo del filtro de impulsos representa el límite de velocidad de los rizados que se producen en la señal de realimentación.</p> <p>Ejemplo: Si el filtro de paso bajo se ha ajustado a 0,1 s, la velocidad límite es 10 RAD/s (el recíproco de 0,1 s), que corresponde a $(10/2 \times \pi) = 1,6$ Hz. Esto significa que el filtro amortigua todas las intensidades/tensiones que varían en más de 1,6 oscilaciones por segundo. El control solo se efectúa en una señal de realimentación que varía en una frecuencia (velocidad) de menos de 1,6 Hz.</p> <p>El filtro de paso bajo mejora el rendimiento de estado estable, pero, si se selecciona un tiempo de filtro demasiado largo, el rendimiento dinámico del control de PID de procesos disminuye.</p>

Tabla 2.9 Parámetros de control de proceso

2

2.5.4 Ejemplo de un control de PID de procesos

La Ilustración 2.23 es un ejemplo de un control de PID de procesos utilizado en un sistema de ventilación:

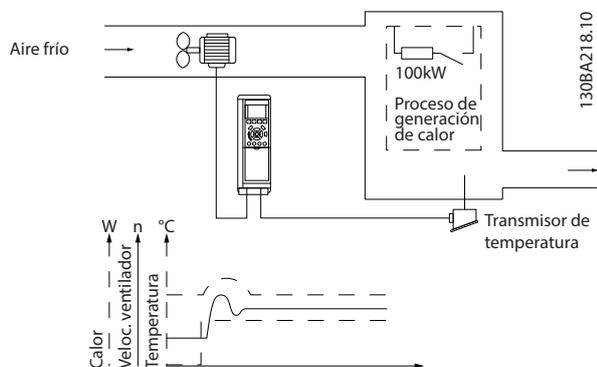


Ilustración 2.23 Sistema de ventilación del control de PID de procesos

En un sistema de ventilación, la temperatura puede ajustarse a entre -5 y 35 °C ($23-95$ °F) con un potenciómetro de 0 a 10 V. Para mantener constante la temperatura ajustada, utilice el control de proceso.

El control es inverso, lo que significa que cuando se incrementa la temperatura, también lo hace la velocidad de ventilación, con el fin de generar más aire. Cuando cae la temperatura, se reduce también la velocidad. El transmisor empleado es un sensor de temperatura con un rango de funcionamiento situado entre -10 y 40 °C ($14-104$ °F), de 4 a 20 mA.

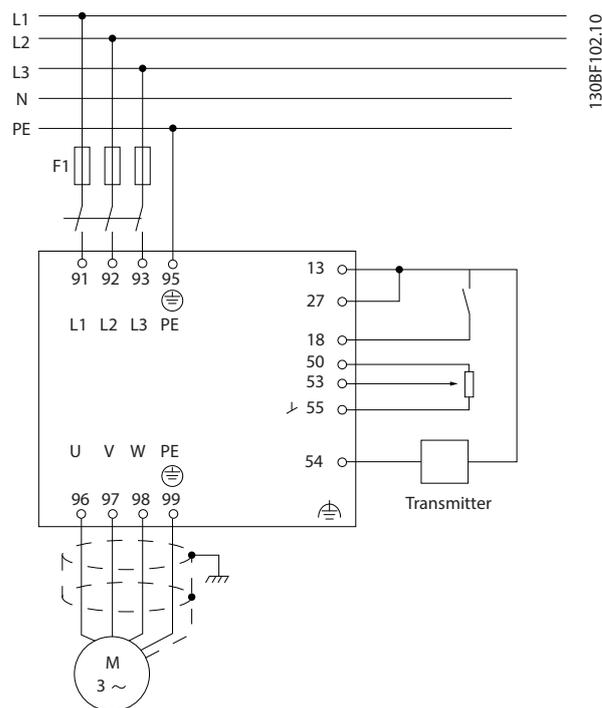


Ilustración 2.24 Transmisor de dos hilos

1. Arranque/parada mediante el conmutador conectado al terminal 18.
2. Referencia de temperatura a través del potenciómetro (de -5 a 35 °C [$23-95$ °F], de 0 a 10 V CC) conectado al terminal 53.
3. Realimentación de temperatura a través de un transmisor (de -10 a 40 °C [$14-104$ °F], de 4 a 20 mA) conectado al terminal 54.

Función	Número de parámetro	Ajuste
Inicialice el convertidor de frecuencia.	Parámetro 14-22 Modo funcionamiento	[2] Inicialización: apague y encienda la alimentación, pulse el botón de reinicio.
1) Ajuste los parámetros del motor:		
Ajuste los parámetros del motor conforme a los datos de la placa de características.	Grupo de parámetros 1-2* Motor Data	En función de las especificaciones de la placa de características del motor.
Realice un AMA completo.	Parámetro 1-29 Adaptación automática del motor (AMA)	[1] Act. AMA completo.
2) Compruebe que el motor funcione en el sentido correcto. Cuando el motor está conectado al convertidor de frecuencia con las fases ordenadas como U-U; V-V; W-W, el eje del motor normalmente gira en sentido horario visto hacia el extremo del eje.		
Pulse [Hand On]. Compruebe la dirección del eje aplicando una referencia manual.		
Si el motor gira en el sentido opuesto al requerido: 1. Cambie la dirección del motor en el parámetro 4-10 Motor Speed Direction. 2. Desconecte la red y espere a que se descargue el enlace de CC. 3. Cambie dos de las fases del motor.	Parámetro 4-10 Dirección veloc. motor	Seleccione el sentido correcto del eje del motor.

Función	Número de parámetro	Ajuste
Ajuste el modo de configuración.	Parámetro 1-00 Modo Configuración	[3] Proceso.
3) Ajuste la configuración de las referencias, es decir, el rango para el manejo de referencias. Ajuste el escalado de la entrada analógica en el grupo de parámetros 6-**. Analog In/Out.		
Ajuste las unidades de referencia/realimentación. Ajuste la referencia mínima (10 °C [50 °F]). Ajuste la referencia máxima (80 °C [176 °F]). Si el valor ajustado viene determinado por un valor predeterminado (parámetro de matrices), ajuste las demás fuentes de referencia en [0] Sin función.	Parámetro 3-01 Reference/ Feedback Unit Parámetro 3-02 Minimum Reference Parámetro 3-03 Maximum Reference Parámetro 3-10 Preset Reference	[60] °C Unidad mostrada en la pantalla. -5 °C (23 °F). 35 °C (95 °F). [0] 35 %. $Ref = \frac{Par. 3 - 10_{(0)}}{100} \times ((Par. 3 - 03) - (par. 3 - 02)) = 24,5^{\circ}C$ Del Parámetro 3-14 Referencia interna relativa al parámetro 3-18 Recurso refer. escalado relativo [0] = Sin función.
4) Ajuste los límites del convertidor de frecuencia:		
Ajuste los tiempos de rampa a un valor apropiado como 20 s.	Parámetro 3-41 Ramp 1 Ramp Up Time Parámetro 3-42 Ramp 1 Ramp Down Time	20 s 20 s
Ajuste los límites mínimos de velocidad. Ajuste el límite máximo de velocidad del motor. Ajuste la frecuencia de salida máxima.	Parámetro 4-12 Motor Speed Low Limit [Hz] Parámetro 4-14 Motor Speed High Limit [Hz] Parámetro 4-19 Max Output Frequency	10 Hz 50 Hz 60 Hz
Ajuste el parámetro 6-19 Terminal 53 mode y el parámetro 6-29 Terminal 54 mode en el modo de tensión o el modo de intensidad.		
5) Escale las entradas analógicas empleadas como referencia y realimentación:		
Ajuste el terminal 53 a baja tensión. Ajuste el terminal 53 a alta tensión. Ajuste el valor bajo de realimentación del terminal 54. Ajuste el valor alto de realimentación del terminal 54. Ajuste la fuente de realimentación.	Parámetro 6-10 Terminal 53 Low Voltage Parámetro 6-11 Terminal 53 High Voltage Parámetro 6-24 Terminal 54 Low Ref./Feedb. Value Parámetro 6-25 Terminal 54 High Ref./Feedb. Value Parámetro 7-20 Process CL Feedback 1 Resource	0 V 10 V -5 °C (23 °F) 35 °C (95 °F) [2] Entrada analógica 54
6) Ajustes básicos PID:		
PID de procesos normal / inverso.	Parámetro 7-30 Process PID Normal/ Inverse Control	[0] Normal
Saturación de PID de procesos.	Parámetro 7-31 Process PID Anti Windup	[1] Activado
Velocidad de arranque de PID del proceso	Parámetro 7-32 Valor arran. para ctrldor. PID proceso.	300 r/min
Guarde los parámetros en el LCP.	Parámetro 0-50 Copia con LCP	[1] Trans. LCP tod. par.

Tabla 2.10 Ejemplo de ajuste del control de PID de procesos

2.5.5 Optimización del controlador de proceso

Una vez realizados los ajustes básicos como se describen en el capítulo 2.5.5 Orden de programación, optimice la ganancia proporcional, el tiempo de integración y el tiempo diferencial (parámetro 7-33 Process PID Proportional Gain, parámetro 7-34 Process PID Integral Time y parámetro 7-35 Process PID Differentiation Time). En la mayoría de los procesos, siga el siguiente procedimiento:

1. Ponga en marcha el motor.
2. Ajuste el parámetro 7-33 Process PID Proportional Gain a 0,3 e increméntelo hasta que la señal de realimentación empiece a variar constantemente. Reduzca el valor hasta que la señal de realimentación se haya estabilizado. Reduzca la ganancia proporcional en un 40-60 %.
3. Ajuste parámetro 7-34 Process PID Integral Time a 20 s y reduzca el valor hasta que la señal de realimentación empiece a variar constantemente. Aumente el tiempo de integración hasta que la señal de realimentación se estabilice, seguido de un incremento del 15-50 %.
4. Utilice el parámetro 7-35 Process PID Differentiation Time únicamente para sistemas de actuación muy rápida (tiempo diferencial). El valor normal es cuatro veces el tiempo de integración definido. El diferenciador solo debe emplearse cuando el ajuste de la ganancia proporcional y del tiempo de integración se hayan optimizado por completo. Compruebe que el filtro de paso bajo amortigüe suficientemente las oscilaciones de la señal de realimentación.

AVISO!

Si es necesario, puede activarse el arranque / la parada una serie de veces para provocar una variación de la señal de realimentación.

2.5.6 Método de ajuste Ziegler-Nichols

Para ajustar los controles de PID del convertidor de frecuencia, Danfoss recomienda el método de ajuste Ziegler-Nichols.

AVISO!

No utilice el método de ajuste Ziegler-Nichols en aplicaciones que puedan resultar dañadas por las oscilaciones creadas por ajustes de control marginalmente estables.

Los criterios de ajuste de los parámetros están basados en la evaluación del sistema en el límite de estabilidad en lugar de estarlo en la obtención de una respuesta de paso. Incremente la ganancia proporcional hasta observar oscila-

ciones continuas (medidas en la realimentación), es decir, hasta que el sistema se vuelve marginalmente estable. La ganancia correspondiente (K_u) se denomina ganancia máxima y se trata de la ganancia a la cual se obtiene la oscilación. El periodo de la oscilación (P_u) (llamado periodo máximo) se determina como se muestra en la Ilustración 2.25 y debe medirse cuando la amplitud de la oscilación es pequeña.

1. Seleccione solo el control proporcional: el tiempo integral se ajusta en el valor máximo y el tiempo diferencial se ajusta en cero.
2. Aumente el valor de la ganancia proporcional hasta llegar al punto de inestabilidad (oscilaciones sostenidas) y se alcance el valor crítico de ganancia, K_u .
3. Mida el periodo de oscilación para obtener la constante de tiempo crítico, P_u .
4. Use Tabla 2.11 para calcular los parámetros del control de PID necesarios.

El operador del proceso puede realizar el ajuste final del control de forma iterativa para alcanzar un control satisfactorio.

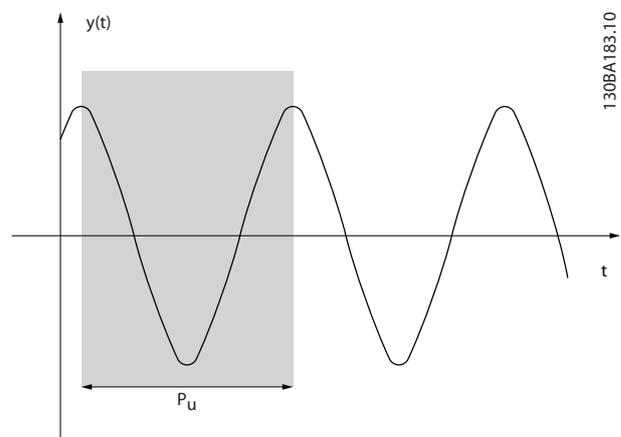


Ilustración 2.25 Sistema marginalmente estable

Tipo de control	Ganancia proporcional	Tiempo integral	Tiempo diferencial de PID de velocidad
Control PI	$0,45 \times K_u$	$0,833 \times P_u$	-
Control de PID estricto	$0,6 \times K_u$	$0,5 \times P_u$	$0,125 \times P_u$
PID con cierta sobremodulación	$0,33 \times K_u$	$0,5 \times P_u$	$0,33 \times P_u$

Tabla 2.11 Ajuste Ziegler-Nichols para controlador

2.6 Inmunidad y emisión CEM

2.6.1 Aspectos generales de la emisión CEM

El transitorio de ráfagas es conducido a frecuencias comprendidas en el intervalo de 150 kHz a 30 MHz. Las interferencias generadas por el convertidor de frecuencia y transmitidas por el aire, con frecuencias en el rango de 30 MHz a 1 GHz, tienen su origen en el inversor, el cable del motor y el motor.

Las intensidades capacitivas en el cable del motor, junto con una alta dU/dt de la tensión del motor, generan corrientes de fuga.

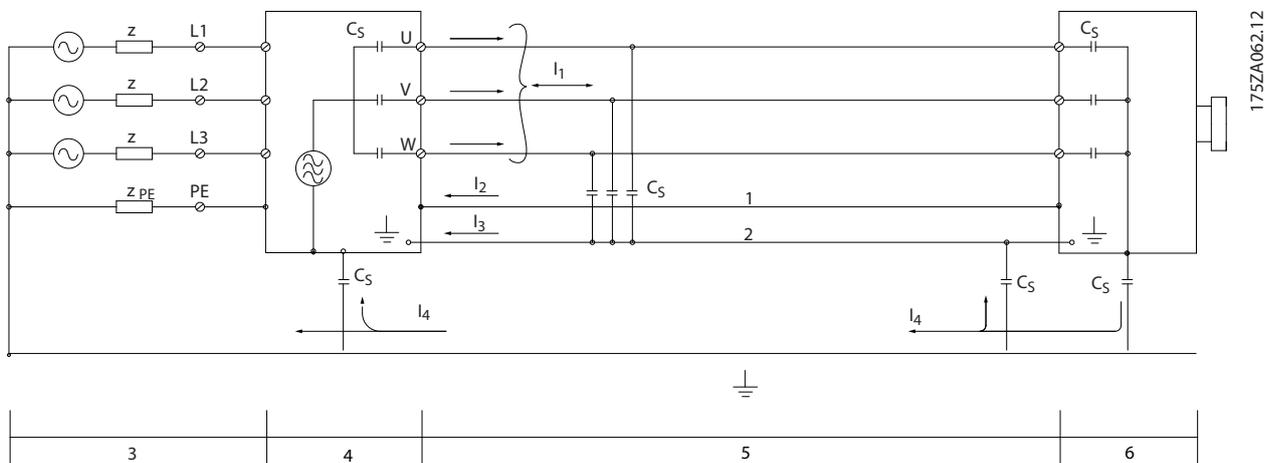
La utilización de un cable de motor apantallado aumenta la corriente de fuga (consulte la *Ilustración 2.26*), porque los cables apantallados tienen una mayor capacitancia a tierra que los cables no apantallados. Si la corriente de fuga no se filtra, provoca una mayor interferencia en la alimentación 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), solo habrá un pequeño campo electromagnético (I_4) desde el cable apantallado del motor.

El apantallamiento reduce la interferencia radiada, aunque incrementa la interferencia de baja frecuencia en la red eléctrica. Conecte el apantallamiento de cables de motor al alojamiento del convertidor de frecuencia y al alojamiento del motor. El mejor procedimiento consiste en utilizar abrazaderas de apantallamiento integradas para evitar extremos de apantallamiento en espiral (cables de pantalla retorcidos y embornados). Las abrazaderas de apantallamiento aumentan la impedancia de la pantalla a las frecuencias superiores, lo que reduce el efecto de pantalla y aumenta la corriente de fuga (I_4).

Monte la pantalla en ambos extremos del alojamiento si se emplea un cable apantallado para los siguientes fines:

- Fieldbus
- Red
- Relé
- Cable de control
- Interfaz de señales
- Freno

En algunas situaciones, sin embargo, es necesario romper el apantallamiento para evitar lazos de intensidad.



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

Ilustración 2.26 Emisión CEM

Si coloca la pantalla en una placa de montaje para el convertidor de frecuencia, utilice un placa de montaje metálica para conducir las intensidades de la pantalla de vuelta a la unidad. Asegúrese de que la placa de montaje y el chasis del convertidor de frecuencia hacen buen contacto eléctrico a través de los tornillos de montaje.

Si se utilizan cables no apantallados, no se cumplirán algunos de los requisitos de emisiones, aunque sí se respetarán los requisitos de inmunidad.

Para reducir el nivel de interferencia del sistema completo (convertidor de frecuencia e instalación), haga que los cables de motor y de freno sean lo más cortos posibles. Evite colocar cables que tengan un nivel de señal sensible junto a los cables de red, de motor y de freno. La radiointerferencia superior a 50 MHz (transmitida por el aire) es generada especialmente por los elementos electrónicos de control.

2.6.2 Emisión CEM

Los resultados de las pruebas de la *Tabla 2.12* se obtuvieron utilizando un sistema con un convertidor de frecuencia (con su placa de montaje), un motor y cables de motor apantallados.

Tipo de filtro (interno)	Tensión de alimentación / potencia nominal			Clase A2 / Norma EN 55011		Clase A1 / Norma EN 55011		Clase B / Norma EN 55011	
	3 × 380-480 V	3 × 200-240 V	1 × 200-240 V	Conducida	Radiada	Conducida	Radiada	Conducida	Radiada
Filtro A2	0,37-22 kW (0,5-30 CV)	-	-	25 m (82 ft)	Sí ¹⁾	-	-	-	-
	-	0,37-4 kW (0,5-5,4 CV)	-	25 m (82 ft)	Sí ¹⁾	-	-	-	-
	-	-	0,37-2,2 kW (0,5-3 CV)	-	-	-	-	-	-
Filtro A1	0,37-7,5 kW (0,5-10 CV)	-	-	Mínima 25 m (82 ft) ²⁾	Sí ¹⁾	25 m (82 ft)	Sí	-	-
	11-22 kW (15-30 CV)	-	-	Mínima 50 m (164 ft) ²⁾	Sí ¹⁾	50 m (164 ft)	Sí	-	-
	-	-	0,37-2,2 kW (0,5-3 CV)	Mínima 40 m (131 ft) ²⁾	Sí ¹⁾	40 m (131 ft)	Sí	15 m (49,2 ft)	-
Filtro A2 Tornillo CEM retirado ³⁾	0,37-22 kW (0,5-30 CV)	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	0,37-4 kW (0,5-5,4 CV)	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	0,37-2,2 kW (0,5-3 CV)	-	-	-	-	-	-
Filtro A1 Tornillo CEM retirado ³⁾	0,37-7,5 kW (0,5-10 CV)	-	-	5 m (16,4 ft)	Sí ¹⁾	-	-	-	-
	11-22 kW (15-30 CV)	-	-	5 m (16,4 ft)	Sí ¹⁾	-	-	-	-
	-	-	0,37-2,2 kW (0,5-3 CV)	5 m (16,4 ft)	Sí ¹⁾	-	-	-	-

Tabla 2.12 Emisión CEM

1) El rango de frecuencia de 150 kHz a 30 MHz no está armonizado entre la norma CEI/EN 61800-3 y la norma EN 55011 y no se incluye obligatoriamente.

2) El valor mínimo garantizado. El valor real, que está en fase pruebas, es mayor que el valor mínimo garantizado.

3) Baja corriente de fuga a tierra. Compatible para funcionar en redes ELCB/IT.

2.6.3 Inmunidad CEM

El VLT® Midi Drive FC 280 cumple con los requisitos del entorno industrial, que son más exigentes que los del entorno doméstico y de oficina. Por consiguiente, el FC 280 también cumple los requisitos mínimos de los entornos domésticos y de oficina, con un amplio margen de seguridad.

Para documentar la inmunidad ante transitorios de ráfagas provocados por fenómenos eléctricos, se han realizado las siguientes pruebas de inmunidad en un sistema compuesto por:

- Un convertidor de frecuencia (con opciones cuando corresponda).
- Un cable de control apantallado.
- Un cuadro de mandos con potenciómetro, cable de motor y motor.

Las pruebas se realizaron de acuerdo con 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) Inmunidad radiada:** simulación modulada en amplitud de los efectos producidos por equipos de radar y de comunicación por radio, así como por equipos de comunicaciones móviles.
- **EN 61000-4-4 (CEI 61000-4-4) Transitorios de conexión/desconexión:** simulación de la interferencia causada por el acoplamiento de un contactor, un relé o un dispositivo similar.
- **EN 61000-4-5 (CEI 61000-4-5) Transitorios de sobretensión:** simulación de transitorios causados, por ejemplo, por la caída de rayos cerca de las instalaciones.
- **EN 61000-4-6 (CEI 61000-4-6) Inmunidad conducida:** simulación del efecto del equipo transmisor de radio conectado a cables de conexión.

El FC 280 cumple la norma CEI 61800-3. Consulte *Tabla 2.13* para obtener más información.

Rango de tensión: 380-480 V					
Norma de producto	61800-3				
Prueba	ESD	Inmunidad radiada	Ráfaga	Sobretensión	Inmunidad conducida
Criterios de aceptación	B	B	B	A	A
Cable de red	-	-	2 kV CN	2 kV/2 Ω DM (modo diferencial, MD) 2 kV/12 Ω CM (modo común: MC)	10 V _{RMS}
Cable de motor	-	-	4 kV CCC	-	10 V _{RMS}
Cable de freno	-	-	4 kV CCC	-	10 V _{RMS}
Cable de carga compartida	-	-	4 kV CCC	-	10 V _{RMS}
Cable de relé	-	-	4 kV CCC	-	10 V _{RMS}
Cable de control	-	-	Longitud >2 m (6,6 ft) 1 kV CCC	Sin apantallar: 1 kV/42 Ω CM (modo común: MC)	10 V _{RMS}
Cable estándar/de fieldbus	-	-	Longitud >2 m (6,6 ft) 1 kV CCC	Sin apantallar: 1 kV/42 Ω CM (modo común: MC)	10 V _{RMS}
Cable del LCP	-	-	Longitud >2 m (6,6 ft) 1 kV CCC	-	10 V _{RMS}
Protección	4 kV CD 8 kV AD	10 V/m	-	-	-
Definiciones					

Rango de tensión: 380-480 V					
Norma de producto	61800-3				
Prueba	ESD	Inmunidad radiada	Ráfaga	Sobretensión	Inmunidad conducida
Criterios de aceptación	B	B	B	A	A
CD: descarga por contacto AD: Descarga por el aire	DM: Modo diferencial (MD) CM: Modo común (MC)		CN: inyección directa mediante red de acoplamiento CCC: inyección mediante abrazadera de acoplamiento capacitivo		

Tabla 2.13 Inmunidad CEM

2.7 Aislamiento galvánico

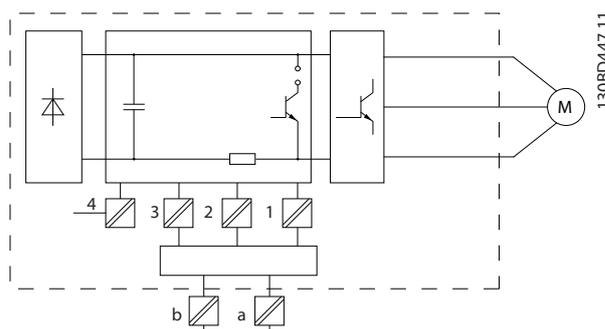
La PELV ofrece protección mediante una tensión muy baja. Se considera garantizada la protección contra descargas eléctricas cuando la fuente de alimentación eléctrica es de tipo PELV y la instalación se realiza de acuerdo con las reglamentaciones locales o nacionales sobre equipos PELV.

Todos los terminales de control y de relé 01-03 cumplen con los requisitos de PELV (protección de muy baja tensión). Esto no se aplica a 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.

Los componentes que constituyen el aislamiento eléctrico, como se muestra en la *Ilustración 2.27*, también se ajustan a los requisitos de aislamiento superior y a las pruebas descritas en la norma EN 61800-5-1. El aislamiento galvánico PELV puede mostrarse en 3 ubicaciones (consulte la *Ilustración 2.27*):

Para mantener el estado PELV, todas las conexiones realizadas con los terminales de control deben ser PELV; por ejemplo, el termistor debe disponer de un aislamiento reforzado/doble.



1	Fuente de alimentación (SMPS) para cartucho de control
2	Comunicación entre tarjeta de potencia y cartucho de control
3	Aislamiento entre las entradas STO y el circuito IGBT
4	Relé del cliente

Ilustración 2.27 Aislamiento galvánico

El aislamiento galvánico funcional (a y b en la *Ilustración 2.27*) funciona como opción de copia de seguridad de 24 V y para la interfaz del bus estándar RS485.

⚠️ ADVERTENCIA

Antes de tocar cualquiera de los componentes eléctricos, asegúrese de que se hayan desconectado las demás entradas de tensión, como la carga compartida (enlace del circuito intermedio de CC) y la conexión del motor para energía regenerativa. Respete el tiempo de descarga indicado en el capítulo «Seguridad» de la *Guía de funcionamiento del VLT® Midi Drive FC 280*. Si no se siguen estas recomendaciones, se puede producir la muerte o lesiones graves.

2.8 Corriente de fuga a tierra

Siga las normas locales y nacionales sobre la conexión protectora a tierra de equipos con una corriente de fuga >3,5 mA.

La tecnología del convertidor de frecuencia implica una conmutación de alta frecuencia con alta potencia. Esta conmutación genera una corriente de fuga en la conexión a tierra. Es posible que una intensidad a tierra en los terminales de potencia de salida del convertidor de frecuencia contenga un componente de CC que pueda cargar los condensadores de filtro y provocar una intensidad a tierra transitoria.

La corriente de fuga a tierra está compuesta por varias contribuciones y depende de las diversas configuraciones del sistema, incluidos el filtro RFI, los cables del motor apantallados y la potencia del convertidor de frecuencia.

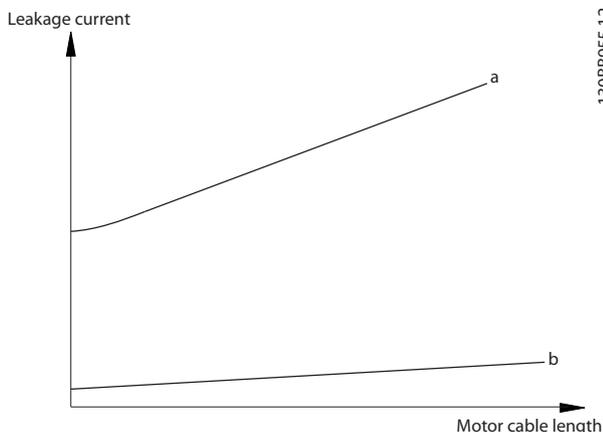


Ilustración 2.28 Influencia de la longitud del cable y la magnitud de la potencia en la corriente de fuga, $P_a > P_b$.

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

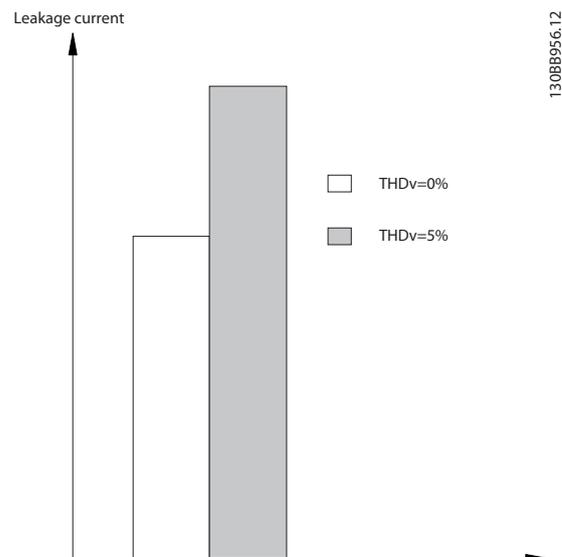


Ilustración 2.29 Influencia de la distorsión de la línea en la corriente de fuga

AVISO!

Una corriente de fuga alta puede hacer que los RCD se desconecten. Para evitar este problema, retire el tornillo RFI cuando se esté cargado un filtro.

La norma EN/CEI 61800-5-1 (estándar de producto de sistemas Power Drive) requiere una atención especial si la corriente de fuga supera los 3,5 mA. La conexión a tierra debe reforzarse de una de las siguientes maneras:

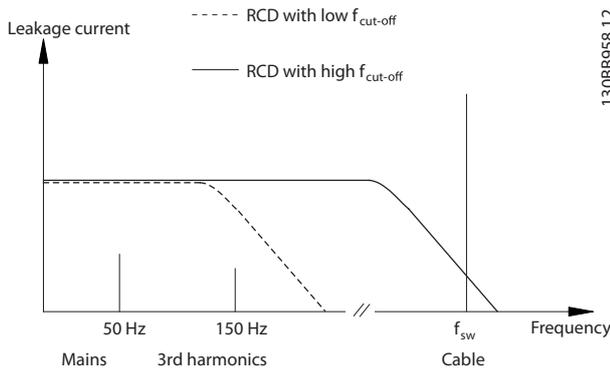
- Cable de conexión a toma de tierra (terminal 95) de 10 mm² (8 AWG), como mínimo.
- Dos cables de conexión a tierra independientes que cumplan con las normas de dimensionamiento.

Consulte la norma EN/CEI 61800-5-1 para obtener más información.

Uso de RCD

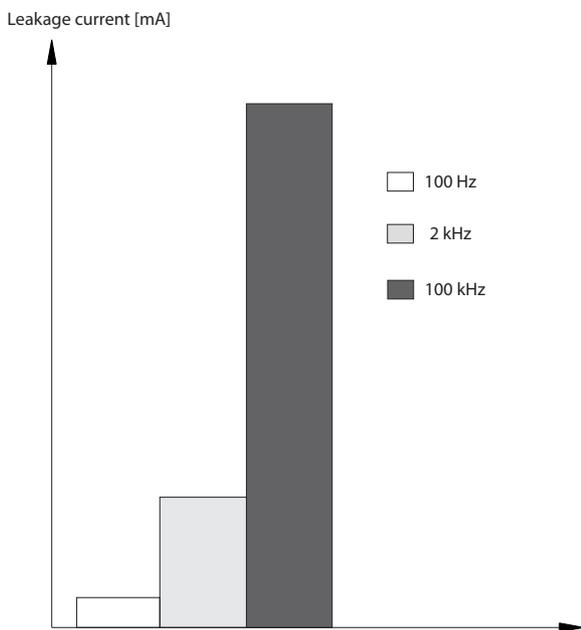
En caso de que se usen dispositivos de corriente diferencial (RCD), llamados también disyuntores de fuga a tierra (ELCB), habrá que cumplir las siguientes indicaciones:

- Solo deben utilizarse RCD de tipo B capaces de detectar corrientes de CA y de CC.
- Utilice RCD con demora del arranque para evitar fallos causados 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.



130BB958.12

Ilustración 2.30 Contribuciones principales a la corriente de fuga



130BB957.11

Ilustración 2.31 Influencia de la frecuencia de corte del RCD en la respuesta/medición

Para obtener más detalles, consulte la *Nota sobre la aplicación RCD*.

2.9 Funciones de freno

2.9.1 Freno de retención mecánico

Un freno de retención mecánico montado directamente en el eje del motor realiza generalmente un frenado estático.

AVISO!

Cuando el freno de retención se incluye en una cadena de seguridad, un convertidor de frecuencia no puede proporcionar un control seguro de un freno mecánico. Incluya un sistema de circuitos redundante para el control de freno en la instalación general.

2.9.2 Frenado dinámico

El frenado dinámico se establece por:

- Resistencia de frenado: un IGBT del freno mantiene la sobretensión bajo un umbral determinado dirigiendo la energía del freno desde el motor a la resistencia de frenado conectada (*parámetro 2-10 Brake Function = [1] Freno con resistencia*).

Ajuste el umbral definido en el *parámetro 2-14 Brake voltage reduce*, con un intervalo de 70 V para $3 \times 380-480$ V.

- Freno de CA: La energía del freno se distribuye en el motor mediante la modificación de las condiciones de pérdida del motor. La función de freno de CA no puede utilizarse en aplicaciones con alta frecuencia de reseteo, ya que esto sobrecalienta el motor (*parámetro 2-10 Brake Function = [2] Frenado de CA*).
- Freno de CC: una intensidad de CC sobremodulada añadida a la intensidad de CA funciona como un freno de corriente parásita (*parámetro 2-02 DC Braking Time \neq 0 s*).

2.9.3 Selección de resistencias de frenado

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

Si no se conoce la cantidad de energía cinética transferida a la resistencia en cada periodo de frenado, calcule la potencia media a partir del tiempo de ciclo y del tiempo de frenado. El ciclo de trabajo intermitente de la resistencia es un indicador del ciclo de trabajo con el que funciona la misma. *Ilustración 2.32* muestra un ciclo de frenado típico.

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

$$\text{Ciclo de trabajo} = t_b/T$$

t_b es el tiempo de frenado en segundos.

T = tiempo de ciclo en segundos.

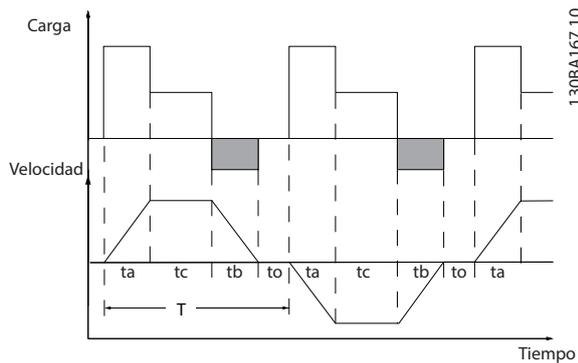


Ilustración 2.32 Ciclo de frenado típico

Gama de potencias: 0,37-22 kW (0,5-30 CV) 3 × 380-480 V 0,37-3,7 kW (0,5-5 CV) 3 × 200-240 V	
Tiempo de ciclo (s)	120
Ciclo de trabajo de frenado al 100 % del par	Continua
Ciclo de trabajo de frenado con exceso de par (150/160 %)	40%

Tabla 2.14 Frenado en nivel alto de par de sobrecarga

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

AVISO!

Asegúrese de que la resistencia esté diseñada para manejar el tiempo de frenado requerido.

La carga máxima admisible en la resistencia de frenado se establece como una potencia pico en un determinado ciclo de trabajo intermitente, y puede calcularse como:

Cálculo de la resistencia de frenado

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

donde

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

Como se muestra, la resistencia de frenado depende de la tensión del enlace de CC (U_{cc}).

Tamaño	Freno activo $U_{cc, br}$	Advertencia antes de desconexión	Desconexión
FC 280 3 × 380-480 V	770 V	800 V	800 V
FC 280 3 × 200-240 V	390 V	410 V	410 V

Tabla 2.15 Umbral de la resistencia de frenado

El umbral puede ajustarse en el parámetro 2-14 Brake voltage reduce, en un intervalo de 70 V.

AVISO!

Cuanto mayor sea el valor de reducción, más rápida será la reacción a una sobrecarga del generador. Solo deberá utilizarse si hay algún problema de sobretensión en la tensión del enlace de CC.

AVISO!

Asegúrese de que la resistencia de frenado pueda admitir una tensión de 410 V u 800 V.

Danfoss recomienda calcular la resistencia de frenado R_{rec} conforme a la siguiente fórmula. La resistencia de frenado recomendada garantiza que el convertidor de frecuencia sea capaz de frenar con el par máximo de frenado ($M_{br(160)}$) del 160 %.

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

η_{motor} se encuentra normalmente en 0,80 ($\leq 7,5$ kW [10 CV]); 0,85 (11-22 kW [15-30 CV])

η_{VLT} se encuentra normalmente en 0,97

Para el FC 280, la R_{rec} a un par de frenado del 160 % se escribe de la siguiente manera:

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

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

1) Para convertidores de frecuencia con salida de eje $\leq 7,5$ kW (10 CV).

2) En convertidores de frecuencia con salida de eje de 11-22 kW (15-30 CV).

AVISO!

La resistencia de frenado no debería ser superior al valor recomendado por Danfoss. En resistencias de frenado con un valor en ohmios más alto, tal vez no se consiga el par de frenado del 160 % porque el convertidor de frecuencia podría desconectarse por motivos de seguridad.

La resistencia debe ser mayor que R_{min} .

AVISO!

De producirse un cortocircuito en el transistor de freno, evite la disipación de potencia en la resistencia de frenado utilizando un contactor o conmutador de alimentación para desconectar de la red el convertidor de frecuencia. El contactor se puede controlar con el convertidor de frecuencia.

AVISO!

No toque nunca la resistencia de frenado, ya que puede calentarse durante el frenado. Para evitar el riesgo de incendio, coloque la resistencia de frenado en un entorno seguro.

2.9.4 Control con Función de freno

El freno está protegido contra cortocircuitos en la resistencia de frenado y el transistor de freno está controlado para garantizar la detección de cortocircuitos en el transistor. Puede utilizarse una salida digital / de relé para proteger la resistencia de frenado de sobrecargas causadas por fallos en el convertidor de frecuencia. Además, el freno permite leer la potencia instantánea y la potencia media de los últimos 120 segundos. El freno también puede controlar la potencia y asegurar que no se supera el límite seleccionado en el *parámetro 2-12 Brake Power Limit (kW)*.

AVISO!

El control de la potencia de frenado no es una función de seguridad; Se necesita un conmutador térmico para evitar que la potencia de frenado supere el límite. El circuito de resistencia de frenado no tiene protección de fuga a tierra.

El *Control de sobretensión (OVC)* (resistencia de frenado exclusiva) puede seleccionarse como función de freno alternativa en el *parámetro 2-17 Over-voltage Control*. Esta función está activada para todas las unidades. La función asegura que se pueda evitar una desconexión si aumenta la tensión del enlace de CC. Esto se realiza incrementando la frecuencia de salida para limitar la tensión del enlace de CC. Es una función útil, por ejemplo, si el tiempo de deceleración es demasiado corto para evitar la desconexión del convertidor de frecuencia. En esta situación, se amplía el tiempo de deceleración.

AVISO!

El OVC puede activarse cuando está funcionando un motor PM (cuando el *parámetro 1-10 Motor Construction* está ajustado en [1] *PM no saliente SPM*).

2.10 Controlador Smart Logic

El Smart Logic Control (SLC) es una secuencia de acciones definidas por el usuario (consulte el *parámetro 13-52 Acción Controlador SL [x]*) y ejecutadas por el SLC cuando el evento asociado definido por el usuario (consulte el *parámetro 13-51 Evento Controlador SL [x]*) es evaluado como verdadero por el SLC.

La condición para que 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 2.33*.

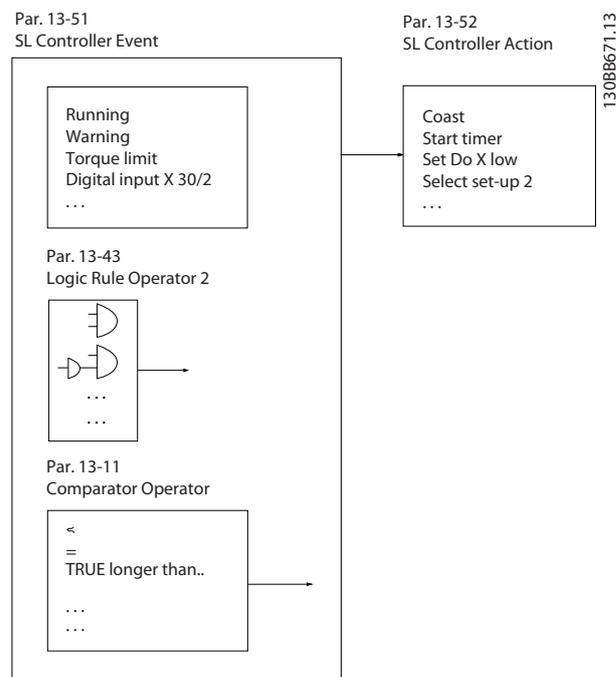


Ilustración 2.33 Acción asociada

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 evaluarán las condiciones del evento [1], y si se consideran verdaderas, se ejecutará 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. 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 de 1 a 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 2.34* se muestra un ejemplo con tres eventos o acciones:

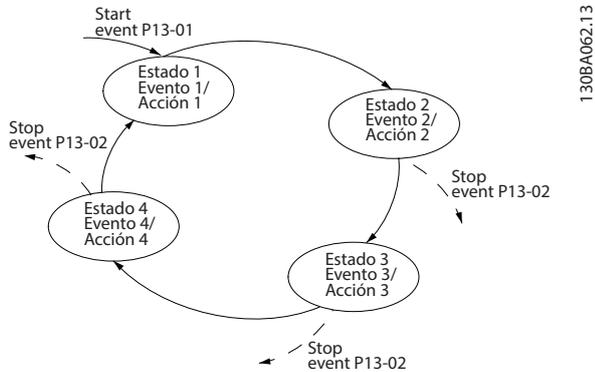


Ilustración 2.34 Secuencia con tres eventos o acciones

Comparadores

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

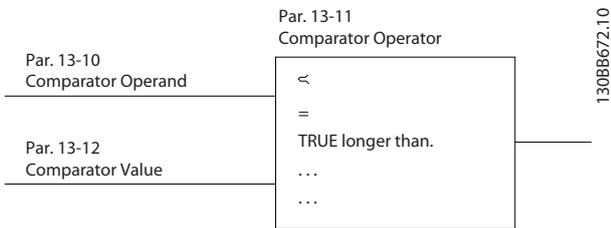


Ilustración 2.35 Comparadores

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.

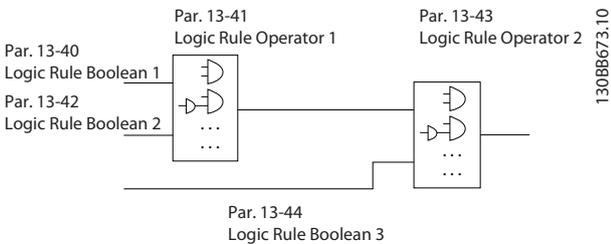


Ilustración 2.36 Reglas lógicas

2.11 Condiciones de funcionamiento extremas

Cortocircuito (entre fases del motor)

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

Conmutación en la salida

La conmutación a la salida entre el motor y el convertidor de frecuencia está totalmente permitida y no dañará el convertidor de frecuencia. Sin embargo, es posible que aparezcan mensajes de fallo.

Sobretensión generada por el motor

La tensión del enlace de CC aumenta cuando el motor actúa como generador. Esto ocurre en los siguientes casos:

- La carga acciona al motor (a una frecuencia de salida constante del convertidor de frecuencia).
- Si el momento de inercia es alto durante la desaceleración (rampa de deceleración), la fricción es baja y el tiempo de deceleración es demasiado corto para que la energía sea disipada como una pérdida en el convertidor de frecuencia, el motor y la instalación.
- Un ajuste de compensación de deslizamiento incorrecto puede provocar una tensión de enlace de CC más elevada.

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

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, que es:

- 314 V para 3 × 380-480 V.
- 202 V para 3 × 200-240 V.
- 225 V para 1 × 200-240 V.

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

Sobrecarga estática en modo VVC+

Cuando el convertidor de frecuencia está sobrecargado, se alcanza el límite de par del *parámetro 4-16 Torque Limit Motor Mode* o del *parámetro 4-17 Torque Limit Generator Mode* y la unidad de control reduce la frecuencia de salida para reducir la carga.

Si la sobrecarga es excesiva, puede producirse una sobrecorriente que provoque una desconexión del convertidor de frecuencia después de unos 5-10 segundos.

El tiempo de funcionamiento dentro del límite de par se limita (0-60 s) en el *parámetro 14-25 Trip Delay at Torque Limit*.

2.11.1 Protección térmica motor

Para proteger la aplicación de daños graves, el VLT® Midi Drive FC 280 presenta varias funciones específicas.

Límite de par

El límite de par protege el motor de sobrecargas, independientemente de la velocidad. El límite de par se controla en el *parámetro 4-16 Torque Limit Motor Mode* y el *parámetro 4-17 Torque Limit Generator Mode*. El *Parámetro 14-25 Trip Delay at Torque Limit* controla el intervalo de tiempo anterior a la emisión de la advertencia de límite de par.

Límite intensidad

El *Parámetro 4-18 Current Limit* controla el límite de intensidad y el *parámetro 14-24 Trip Delay at Current Limit* controla el intervalo de tiempo anterior a la emisión de la advertencia de límite de intensidad.

Límite de velocidad mínima

El *Parámetro 4-12 Motor Speed Low Limit [Hz]* establece la velocidad de salida mínima que puede suministrar el convertidor de frecuencia.

Límite máximo de velocidad

El *Parámetro 4-14 Motor Speed High Limit [Hz]* o el *parámetro 4-19 Max Output Frequency* establecen la velocidad de salida máxima que puede suministrar el convertidor de frecuencia.

ETR (relé termoelectrónico)

La función ETR del convertidor de frecuencia mide la intensidad, la velocidad y el tiempo reales para calcular la temperatura del motor. Esta función también protege al motor de sobrecalentamientos (advertencia o desconexión). También hay disponible una entrada externa de termistor. ETR es un dispositivo electrónico que simula un relé bimetálico basado en mediciones internas. Las características se muestran en la *Ilustración 2.37*.

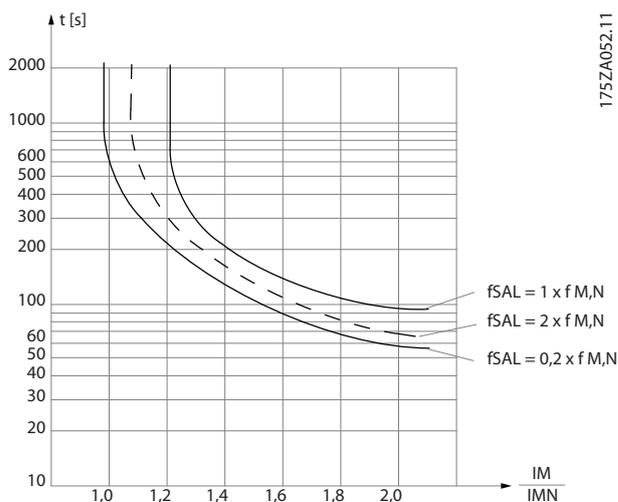


Ilustración 2.37 ETR

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 desconecte el convertidor de frecuencia. 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 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 Motor Thermal*.

3 Ejemplos de aplicaciones

3.1 Introducción

3.1.1 Conexión del encoder

El objetivo de esta guía es facilitar la configuración de la conexión del encoder al convertidor de frecuencia. Antes de configurar el encoder, se muestran los ajustes básicos para un sistema de control de velocidad de lazo cerrado.

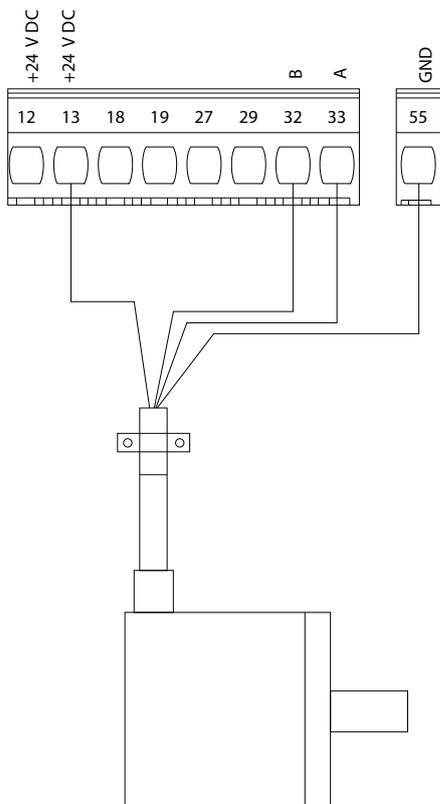


Ilustración 3.1 Encoder 24 V

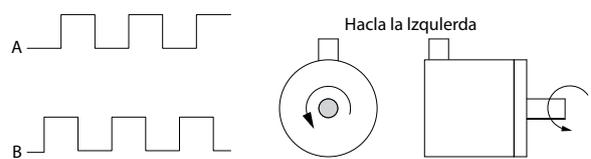
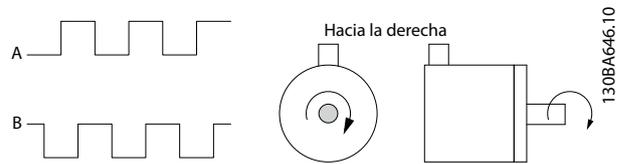


Ilustración 3.2 Codificador incremental de 24 V con una longitud máxima del cable de 5 m (16,4 ft)

3.1.2 Dirección de encoder

El orden de entrada de los pulsos en el convertidor de frecuencia determina el sentido del encoder. El sentido horario significa que el canal A se encuentra 90 grados eléctricos antes que el canal B. El sentido antihorario significa que el canal B se encuentra 90 grados eléctricos antes que el A. El sentido se determina mirando hacia el extremo del eje.

3.1.3 Sistema de convertidor de lazo cerrado

Un sistema de convertidor consta normalmente de más elementos, como:

- Motor.
- Freno (caja de engranajes, freno mecánico).
- Convertidor de frecuencia.
- Encoder como sistema de realimentación.
- Resistencia de frenado para frenado dinámico.
- Transmisión.
- Carga.

Las aplicaciones que necesitan un control de freno mecánico suelen requerir una resistencia de frenado.

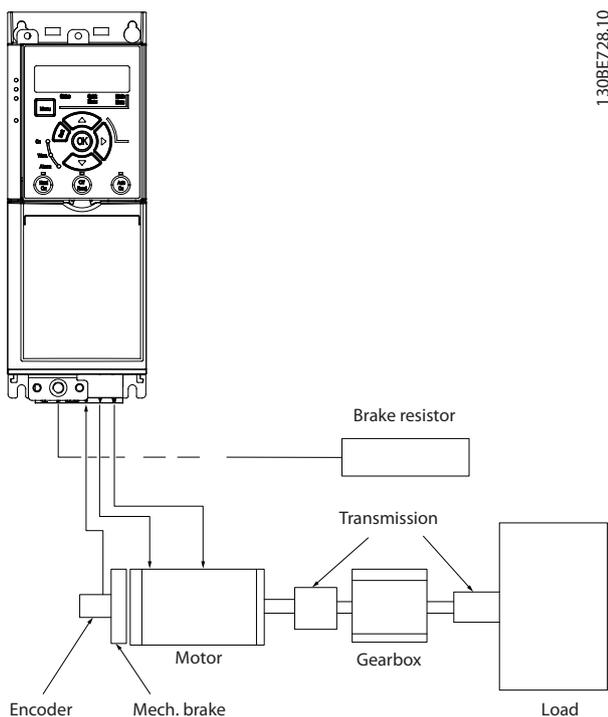


Ilustración 3.3 Configuración básica para el control de velocidad de lazo cerrado

3.2.2 Velocidad

FC	Parámetros		
	Función	Ajuste	
+24 V 12	130BE204.11	Parámetro 6-10 Terminal 53 escala baja V	0,07 V*
+24 V 13			
D IN 18		Parámetro 6-11 Terminal 53 escala alta V	10 V*
D IN 19			
D IN 27		Parámetro 6-14 Terminal 53 valor bajo ref./realim	0
D IN 29			
D IN 32		Parámetro 6-15 Terminal 53 valor alto ref./realim	50
D IN 33			
+10 V 50	130BF097.10	Parámetro 6-19 Terminal 53 mode	[1] Tensión
A IN 53			
A IN 54			
COM 55	* = Valor por defecto		
A OUT 42	Notas/comentarios:		

Tabla 3.2 Referencia analógica de velocidad (tensión)

3.2 Ejemplos de aplicaciones

3.2.1 AMA

FC	Parameters		
	Function	Setting	
+24 V 12	130BF096.10	Parámetro 1-29 A daptación automática del motor (AMA)	[1] Enable complete AMA
+24 V 13			
D IN 18		Parámetro 5-12 Terminal 27 Entrada digital	*[2] Coast inverse
D IN 19			
D IN 27		* = Default value	
D IN 29		Notes/comments: Set parameter group 1-2* Motor Data according to motor specifications.	
D IN 32		AVISO!	
D IN 33	If terminal 13 and 27 are not connected, set parámetro 5-12 Terminal 27 Digital Input to [0] No operation.		
+10 V 50			
A IN 53			
A IN 54			
COM 55			
A OUT 42			

Tabla 3.1 AMA with T27 Connected

FC	Parámetros		
	Función	Ajuste	
+24 V 12	130BF097.10	Parámetro 6-22 Terminal 54 escala baja mA	4 mA*
+24 V 13			
D IN 18		Parámetro 6-23 Terminal 54 escala alta mA	20 mA*
D IN 19			
D IN 27		Parámetro 6-24 Terminal 54 valor bajo ref./realim	0
D IN 29			
D IN 32		Parámetro 6-25 Terminal 54 valor alto ref./realim	50
D IN 33			
+10 V 50	130BF097.10	Parámetro 6-29 Modo terminal 54	[0] Intensidad 54
A IN 53			
A IN 54			
COM 55	* = Valor por defecto		
A OUT 42	Notas/comentarios:		

Tabla 3.3 Referencia analógica de velocidad (corriente)

FC		Parámetros		
		Función	Ajuste	
+24 V	12	130BE208.11	Parámetro 6-10 Terminal 53 escala baja V	0,07 V*
+24 V	13		Parámetro 6-11 Terminal 53 escala alta V	10 V*
D IN	18		Parámetro 6-14 Terminal 53 valor bajo ref./realim	0
D IN	19		Parámetro 6-15 Terminal 53 valor alto ref./realim	50
D IN	27		Parámetro 6-19 Terminal 53 mode	[1] Tensión
D IN	29		* = Valor por defecto	
D IN	32	Notas/comentarios:		
D IN	33			
+10 V	50			
A IN	53			
A IN	54			
COM	55			
A OUT	42			

Tabla 3.4 Referencia de velocidad (con un potenciómetro manual)

FC		Parámetros		
		Función	Ajuste	
+24 V	12	130BF100.10	Parámetro 5-10 Terminal 18 Entrada digital	*[8] Arranque
+24 V	13		Parámetro 5-12 Terminal 27 Entrada digital	[19] Mantener referencia
D IN	18		Parámetro 5-13 Terminal 29 Entrada digital	[21] Aceleración
D IN	19		Parámetro 5-14 Terminal 32 entrada digital	[22] Deceleración
D IN	27		* = Valor por defecto	
D IN	29		Notas/comentarios:	
D IN	32			
D IN	33			
+10 V	50			
A IN	53			
A IN	54			
COM	55			
A OUT	42			

Tabla 3.5 Aceleración/desaceleración

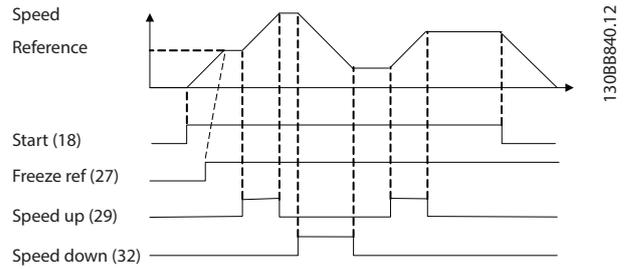


Ilustración 3.4 Aceleración/desaceleración

3.2.3 Arranque/parada

FC		Parámetros		
		Función	Ajuste	
+24 V	12	130BF098.10	Parámetro 5-10 Terminal 18 Entrada digital	[8] Arranque
+24 V	13		Parámetro 5-11 Terminal 19 entrada digital	*[10] Cambio de sentido
D IN	18		Parámetro 5-12 Terminal 27 Entrada digital	[0] Sin función
D IN	19		Parámetro 5-14 Terminal 32 entrada digital	[16] Ref. interna bit 0
D IN	27		Parámetro 5-15 Terminal 33 entrada digital	[17] Ref. interna bit 1
D IN	29		Parámetro 3-10 Referencia interna	Ref. interna 0 25%
D IN	32		Ref. interna 1 50%	
D IN	33		Ref. interna 2 75%	
			Ref. interna 3 100%	
+10 V	50	* = Valor por defecto		
A IN	53	Notas/comentarios:		
A IN	54			
COM	55			
A OUT	42			

Tabla 3.6 Arranque/parada con cambio de sentido y cuatro velocidades predeterminadas

3

3.2.4 External Alarm Reset

		Parameters	
FC		Function	Setting
+24 V	12	Parámetro 5-11 Terminal 19 entrada digital * = Default value Notes/comments:	[1] Reset
+24 V	13		
D IN	18		
D IN	19		
D IN	27		
D IN	29		
D IN	32		
D IN	33		
+10 V	50		
A IN	53		
A IN	54		
COM	55		
A OUT	42		

Tabla 3.7 External Alarm Reset

3.2.5 Termistor motor

AVISO!

Para cumplir los requisitos de aislamiento PELV, utilice aislamiento reforzado o doble en los termistores.

		Parámetros	
FC		Función	Ajuste
+24 V	12	Parámetro 1-90 Protección térmica motor	[2] Descon. termistor
+24 V	13		
D IN	18		
D IN	19		
D IN	27		
D IN	29		
D IN	32	Parámetro 1-93 Fuente de termistor	[1] Entrada analógica 53
D IN	33		
+10 V	50	Parámetro 6-19 Terminal 53 mode	[1] Tensión
A IN	53		
A IN	54		
COM	55		
A OUT	42		
		* = Valor por defecto Notas/comentarios: si solo se necesita una advertencia, ajuste el parámetro 1-90 Protección térmica motor en [1] Advert. termistor.	

Tabla 3.8 Termistor motor

3.2.6 SLC

		Parámetros	
FC		Función	Ajuste
+24 V	12	Parámetro 4-30 Función de pérdida de realim. del motor	[1] Advertencia
+24 V	13		
D IN	18		
D IN	19		
D IN	27		
D IN	29		
D IN	32		
D IN	33		
+10 V	50	Parámetro 7-00 Fuente de realim. PID de veloc.	[1] Encoder 24 V
A IN	53		
A IN	54	Parámetro 5-70 Terminal. 32/33 resolución encoder	1024*
COM	55		
A OUT	42		
		Parámetro 13-00 Modo Controlador SL	[1] Activado
01	02		
02	03	Parámetro 13-01 Evento arranque	[19] Advertencia
		Parámetro 13-02 Evento parada	[44] Botón Reset
		Parámetro 13-10 Operando comparador	[21] Número de adv.
		Parámetro 13-11 Operador comparador	*[1] ≈
		Parámetro 13-12 Valor comparador	61
		Parámetro 13-51 Evento Controlador SL	[22] Comparador 0
		Parámetro 13-52 Acción Controlador SL	[32] Aj. sal. dig. A baja
* = Valor por defecto			

	Parámetros
	<p>Notas/comentarios: si se supera el límite del monitor de realimentación, se emite la <i>advertencia 61, feedback monitor</i>. El SLC supervisa la <i>advertencia 61, feedback monitor</i>. Si la <i>advertencia 61, feedback monitor</i>, se evalúa como verdadera, se activa el relé 1. A continuación, los equipos externos pueden indicar que es necesario realizar una reparación. Si el valor del error de realimentación vuelve a ser inferior al límite en un intervalo de 5 s, el convertidor de frecuencia continúa funcionando y la advertencia desaparece. El relé 1 persiste hasta que se pulsa [Off/Reset].</p>

Tabla 3.9 Uso de SLC para configurar un relé

4 Safe Torque Off (STO)

4

La función Safe Torque Off (STO) es uno de los componentes de un sistema de control de seguridad. La STO evita que la unidad genere la energía necesaria para girar el motor, garantizando así la seguridad en situaciones de emergencia.

La función STO está diseñada y homologada conforme a estos requisitos:

- CEI/EN 61508: 2010 SIL2
- CEI/EN 61800-5-2: 2007 SIL2
- CEI/EN 62061: 2012 SILCL de SIL2
- EN ISO 13849-1: 2008 categoría 3 PL d

Para conseguir el nivel deseado de seguridad operativa, seleccione y aplique de forma adecuada los componentes del sistema de control de seguridad. Antes de utilizar la STO, realice un análisis completo de los riesgos de dicha instalación para determinar si la función STO y los niveles de seguridad son apropiados y suficientes.

La función STO del convertidor de frecuencia se controla mediante los terminales de control 37 y 38. Cuando está activada la STO, se desconecta la fuente de alimentación del lado alto y bajo de los circuitos de accionamiento de puerta del IGBT. En la *Ilustración 4.1* se muestra la arquitectura de la STO. En la *Tabla 4.1* se muestran los estados de la STO en función del estado de alimentación de los terminales 37 y 38.

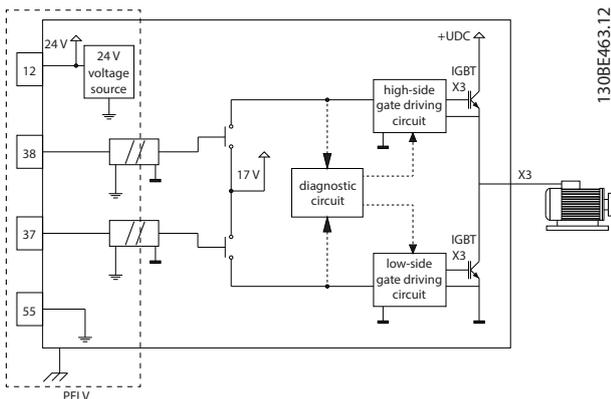


Ilustración 4.1 Arquitectura de la STO

Terminal 37	Terminal 38	Par	Advertencia o alarma
Alimentado ¹⁾	Alimentado	S ²⁾	Sin advertencias ni alarmas.
Sin alimentación ³⁾	Sin alimentación	No	Advertencia/ alarma 68: Safe Torque Off.
Sin alimentación	Alimentado	No	Alarma 188: Fallo funcionamiento STO
Alimentado	Sin alimentación	No	Alarma 188: Fallo funcionamiento STO

Tabla 4.1 Estado de la STO

1) El rango de tensión es de 24 V ±5 V, siendo el terminal 55 el terminal de referencia.

2) Solo habrá par cuando el convertidor de frecuencia esté en funcionamiento.

3) Circuito abierto, o tensión en el intervalo de 0 V ±1,5 V, siendo el terminal 55 el terminal de referencia.

Filtrado del pulso de prueba

En el caso de dispositivos de seguridad que generen pulsos de prueba en las líneas de control de la STO: si las señales de pulsos permanecen en un nivel bajo (≤1,8 V) durante un máximo de 5 ms, se ignorarán, como se muestra en la *Ilustración 4.2*.

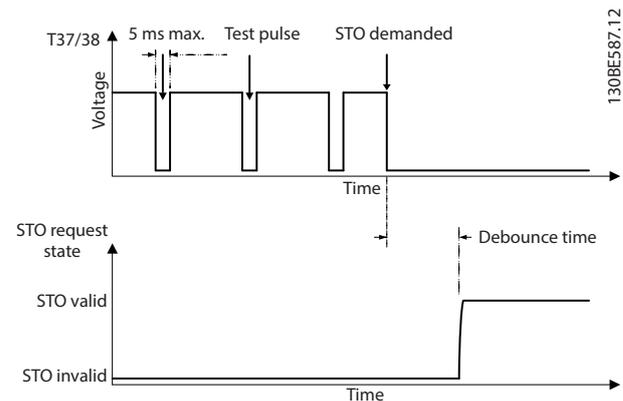


Ilustración 4.2 Filtrado del pulso de prueba

Tolerancia de entrada asíncrona

Las señales de entrada de los dos terminales no siempre están sincronizadas. Si la discrepancia entre ambas señales es mayor de 12 ms, se emite una alarma de fallo de STO (alarma 188 Fallo funcionamiento STO).

Señales válidas

Para activar la STO, las dos señales deben estar a nivel bajo durante al menos 80 ms. Para desactivar la STO, ambas señales deben estar a nivel alto durante al menos 20 ms. Consulte el capítulo 7.6 *Entrada/salida de control y datos de control* para conocer los niveles de tensión y la intensidad de entrada de los terminales de STO.

4.1 Medidas de seguridad de la STO

Personal cualificado

Este equipo únicamente puede ser manejado o instalado por personal cualificado.

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

AVISO!

Después de instalar la STO, realice una prueba de puesta en servicio tal y como se especifica en el capítulo 4.3.3 *Prueba de puesta en servicio de STO*. Es obligatorio pasar una prueba de puesta en servicio tras la primera instalación y después de cada cambio en la instalación de seguridad.

ADVERTENCIA

RIESGO DE DESCARGA ELÉCTRICA

La función STO NO aísla la tensión de red al convertidor de frecuencia o los circuitos auxiliares y, por lo tanto, no ofrece seguridad eléctrica. Si no aísla el suministro de tensión de red de la unidad y no espera el tiempo especificado, pueden producirse lesiones graves o incluso la muerte.

- Realice las tareas pertinentes en los elementos eléctricos del convertidor de frecuencia o del motor únicamente después de aislar el suministro de tensión de red y de esperar el tiempo de descarga especificado en el capítulo «Precauciones de seguridad» de la *Guía de funcionamiento del VLT® Midi Drive FC 280*.

AVISO!

A la hora de diseñar la aplicación de la máquina, tenga en cuenta la sincronización y la distancia para una parada por inercia (STO). Para obtener más información sobre las categorías de parada, consulte la norma EN 60204-1.

4.2 Instalación de la función Safe Torque Off

Para la conexión del motor, la conexión de red de CA y el cableado de control, siga las instrucciones de instalación segura del capítulo 2.2 *Instalación eléctrica*.

Active la STO integrada del siguiente modo:

- Retire el puente situado entre los terminales de control 12 (24 V), 37 y 38. No basta con cortar o romper el puente para evitar los cortocircuitos. Consulte el puente en la *Ilustración 4.3*.

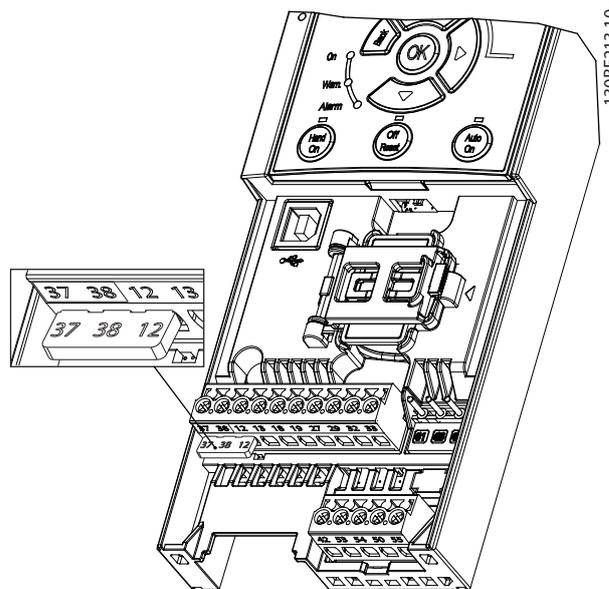
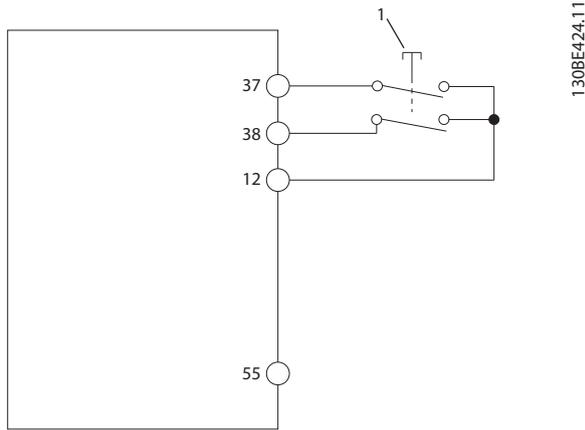


Ilustración 4.3 Puente entre el terminal 12 (24 V), el 37 y el 38

- Conecte un dispositivo de seguridad de doble canal (por ejemplo, un PLC de seguridad, una cortina de luz, un relé de seguridad o un botón de parada de emergencia) a los terminales 37 y 38, para crear una aplicación de seguridad. El dispositivo debe cumplir el nivel de seguridad requerido conforme a la evaluación de riesgos. En la *Ilustración 4.4* se muestra el esquema de cableado de las aplicaciones STO cuando el convertidor de frecuencia y el dispositivo de seguridad están en el mismo alojamiento. En la *Ilustración 4.5* se muestra el esquema de cableado de las aplicaciones STO cuando se utiliza alimentación externa.

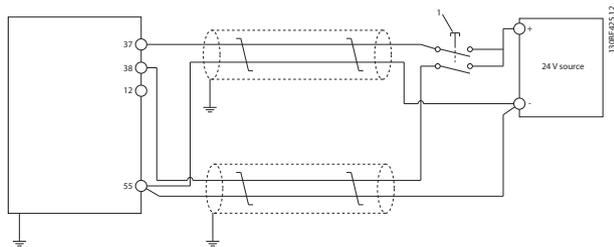
AVISO!

La señal de STO debe suministrarse mediante PELV.



1	Dispositivo de seguridad
---	--------------------------

Ilustración 4.4 Cableado de STO en un alojamiento; el convertidor de frecuencia suministra la tensión de alimentación



1	Dispositivo de seguridad
---	--------------------------

Ilustración 4.5 Cableado de STO; alimentación externa

- Efectúe el cableado según las instrucciones del capítulo 2.2.1 *Instalación eléctrica* y:
 - Elimine los riesgos de cortocircuito.
 - Asegúrese de que los cables de STO estén apantallados si tienen más de 20 m (65,6 pies) o están fuera del alojamiento.
 - Conecte el dispositivo de seguridad directamente a los terminales 37 y 38.

4.3 Puesta en servicio de STO

4.3.1 Activación de la función Safe Torque Off

Para activar la función de STO, retire la tensión en los terminales 37 y 38 del convertidor de frecuencia.

Cuando se activa la STO, el convertidor de frecuencia emite la *alarma 68, Safe Torque Off* o la *advertencia 68, Safe Torque Off*, desconecta la unidad y hace que el motor entre en modo de inercia hasta que se detiene. Utilice la función STO para detener el convertidor de frecuencia en situaciones de parada de emergencia. En el modo de funcionamiento normal, cuando no se necesite la STO, utilice la función de parada normal.

AVISO!

Si se activa la STO mientras el convertidor de frecuencia emite una *advertencia 8, DC undervoltage* o una *alarma 8, DC under volt*, el convertidor de frecuencia omite la *alarma 68, Safe Torque Off*, pero el funcionamiento de la STO no se ve afectado.

4.3.2 Desactivación de la función Safe Torque Off

Siga las instrucciones de la *Tabla 4.2* para desactivar la función STO y reanudar el funcionamiento normal conforme al modo de reinicio de la función STO.

ADVERTENCIA

RIESGO DE MUERTE O LESIONES

Si se vuelve a aplicar un suministro externo de 24 V CC al terminal 37 o al 38, se pone fin al estado SIL2 STO, lo cual puede arrancar el motor. Un arranque inesperado del motor puede causar lesiones personales o la muerte.

- Asegúrese de tomar todas las medidas de seguridad necesarias antes de volver a aplicar un suministro externo de 24 V CC a los terminales 37 y 38.

Modo de reinicio	Pasos para desactivar la STO y reanudar el funcionamiento normal	Configuración del modo de reinicio
Reinicio manual	<ol style="list-style-type: none"> Vuelva a aplicar un suministro externo de 24 V CC a los terminales 37 y 38. Inicie una señal de reinicio (mediante bus de campo, E/S digital o la tecla [Reset]/[Off Reset] del LCP). 	<p>Ajustes predeterminados.</p> <p><i>Parámetro 5-19 Terminal 37 parada segura=[1]</i></p> <p><i>Alarma parada seg.</i></p>
Rearranque automático	Vuelva a aplicar un suministro externo de 24 V CC a los terminales 37 y 38.	<p><i>Parámetro 5-19 Terminal 37 parada segura= [3]</i></p> <p><i>Advert. parada seg.</i></p>

Tabla 4.2 Desactivación de la STO

4.3.3 Prueba de puesta en servicio de STO

Después de la instalación y antes de la puesta en funcionamiento por primera vez, realice una prueba de puesta en servicio de la instalación utilizando la STO.

Vuelva a realizar la prueba después de cada modificación de la instalación o aplicación de la STO.

AVISO!

Se requiere una prueba de puesta en servicio correcta de la función STO tras la instalación inicial y después de cada cambio que se efectúe posteriormente en la instalación.

Para llevar a cabo una prueba de puesta en servicio:

- Siga las instrucciones del capítulo 4.3.4 Prueba para aplicaciones de STO en el modo de reinicio manual si la STO está ajustada en el modo de reinicio manual.
- Siga las instrucciones del capítulo 4.3.5 Prueba para aplicaciones de STO en el modo de reanque automático si la STO está ajustada en el modo de reanque automático.

4.3.4 Prueba para aplicaciones de STO en el modo de reinicio manual

En aplicaciones en las que el *parámetro 5-19 Terminal 37 parada segura* esté ajustado al valor predeterminado [1] *Alarma parada seg.*, efectúe la prueba de puesta en servicio de la siguiente manera.

1. Set *parámetro 5-40 Relé de función* to [190] *STO function active*.
2. Retire el suministro de tensión de 24 V CC a los terminales 37 y 38 usando el dispositivo de seguridad mientras el convertidor de frecuencia acciona el motor (es decir, sin interrumpir la alimentación de red).
3. Compruebe que:
 - 3a El motor funciona por inercia. El motor puede tardar mucho tiempo en pararse.
 - 3b Si el LCP está montado, se visualiza en este la *alarma 68, Safe Torque Off*. Si el LCP no está montado, la *alarma 68, Safe Torque Off*, se registra en el *parámetro 15-30 Reg. alarma: código de fallo*.
4. Vuelva a aplicar 24 V CC a los terminales 37 y 38.
5. Asegúrese de que el motor permanezca en estado de inercia y de que el relé del cliente (si está conectado) permanezca activado.
6. Envíe una señal de reinicio (mediante bus de campo, E/S digital o la tecla [Reset]/[Off Reset] del LCP).
7. Asegúrese de que el motor esté operativo y funcione en el rango de velocidad original.

La prueba de puesta en servicio se ha finalizado con éxito cuando se han completado todos los pasos anteriores.

4.3.5 Prueba para aplicaciones de STO en el modo de reanque automático

En aplicaciones en las que el *parámetro 5-19 Terminal 37 parada segura* esté ajustado como [3] *Advert. parada seg.*, efectúe la prueba de puesta en servicio de la siguiente manera:

1. Retire el suministro de tensión de 24 V CC a los terminales 37 y 38 mediante el dispositivo de seguridad mientras el convertidor de frecuencia acciona el motor (es decir, sin interrumpir la alimentación de red).
2. Compruebe que:
 - 2a El motor funciona por inercia. El motor puede tardar mucho tiempo en pararse.
 - 2b Si el LCP está montado, se visualiza en este la *advertencia 68, Safe Torque Off*. Si el LCP no está montado, la *advertencia 68, Safe Torque Off*, se registra en el bit 30 del *parámetro 16-92 Código de advertencia*.
3. Vuelva a aplicar 24 V CC a los terminales 37 y 38.
4. Asegúrese de que el motor esté operativo y funcione en el rango de velocidad original.

La prueba de puesta en servicio se ha finalizado con éxito cuando se han completado todos los pasos anteriores.

AVISO!

Consulte la advertencia sobre el comportamiento de reinicio en el capítulo 4.1 *Medidas de seguridad de la STO*.

4.4 Mantenimiento y servicio de la STO

- El usuario será responsable de tomar las medidas de seguridad adecuadas.
- Los parámetros del convertidor de frecuencia se pueden proteger mediante contraseña.

La prueba de funcionamiento tiene dos partes:

- Prueba básica de funcionamiento.
- Prueba diagnóstica de funcionamiento.

Si todos los pasos se completan adecuadamente, se considera superada la prueba de funcionamiento.

Prueba básica de funcionamiento

Si la función de STO no se ha usado durante un año, realice una prueba funcional básica para detectar cualquier fallo o funcionamiento defectuoso de la STO.

1. Asegúrese de que el *parámetro 5-19 Terminal 37 parada segura* esté ajustado en **[1] Alarma parada seg.*
2. Retire el suministro de tensión de 24 V CC a los terminales 37 y 38.
3. Compruebe si el LCP muestra la *alarma 68, Safe Torque Off*.
4. Compruebe que el convertidor de frecuencia desconecte la unidad.
5. Compruebe que el motor esté en funcionamiento por inercia y que se pare por completo.
6. Inicie una señal de arranque (mediante bus de campo, E/S digital o el LCP) y compruebe que el motor no arranque.
7. Vuelva a conectar el suministro de tensión de 24 V CC a los terminales 37 y 38.
8. Compruebe que el motor no arranque de forma automática y que solo se re arranque enviando una señal de reinicio (mediante bus de campo, E/S digital o la tecla [Reset]/[Off Reset] del LCP).

Prueba diagnóstica de funcionamiento

1. Compruebe que la *advertencia 68, Safe Torque Off* y la *alarma 68, Safe Torque Off* no se emiten cuando la fuente de alimentación de 24 V está conectada a los terminales 37 y 38.
2. Retire la fuente de alimentación de 24 V al terminal 37 y compruebe que el LCP muestra la *alarma 188, STO Function Fault* si el LCP está

montado. Si el LCP no está montado, compruebe que la *alarma 188, STO Function Fault* esté registrada en el *parámetro 15-30 Reg. alarma: código de fallo*.

3. Vuelva a aplicar una fuente de alimentación de 24 V al terminal 37 y compruebe que la alarma se haya reiniciado adecuadamente.
4. Retire la fuente de alimentación de 24 V al terminal 38 y compruebe que el LCP muestra la *alarma 188, STO Function Fault* si el LCP está montado. Si el LCP no está montado, compruebe que la *alarma 188, STO Function Fault* esté registrada en el *parámetro 15-30 Reg. alarma: código de fallo*.
5. Vuelva a aplicar una fuente de alimentación de 24 V al terminal 38 y compruebe que la alarma se haya reiniciado adecuadamente.

4.5 Datos técnicos de STO

El análisis de diagnósticos, efectos y modos de fallo (FMEDA) se realiza con base en los siguientes supuestos:

- El VLT® Midi Drive FC 280 dedica el 10 % del presupuesto total para fallos a un lazo de seguridad SIL2.
- Las tasas de fallos se basan en la base de datos SN29500 de Siemens.
- Las tasas de fallos son constantes, sin que se incluyan los mecanismos de desgaste.
- Para cada canal, los componentes relacionados con la seguridad se consideran de tipo A, con una tolerancia a fallos del hardware de 0.
- Los niveles de tensión están en la media de un entorno industrial y la temperatura de funcionamiento de los componentes es de hasta 85 °C (185 °F).
- Un error de seguridad (por ejemplo, la salida en estado seguro) se repara en un plazo de ocho horas.
- El estado de seguridad es sin par de salida.

Estándares de seguridad	Seguridad de la maquinaria	ISO 13849-1, CEI 62061
	Seguridad funcional	CEI 61508
Función de seguridad	Safe Torque Off	CEI 61800-5-2
Rendimiento de seguridad	ISO 13849-1	
	Categoría	Cat. 3
	Cobertura del diagnóstico (CC)	60 % (baja)
	Tiempo medio entre fallos peligrosos (MTTFd)	2400 años (alto)
	Nivel de rendimiento	PL d
	CEI 61508 / CEI 61800-5-2 / CEI 62061	
	Nivel de integridad de seguridad	SIL2
	Probabilidad de fallo peligroso por hora (PFH) (modo de alta demanda)	7,54E-9 (1/h)
	Probabilidad de fallo peligroso según demanda (PFD _{med} para PTI = 20 años) (modo de baja demanda)	6.05E-4
	Fracción de fallos seguros (SFF)	En piezas de doble canal: >84 %
		En piezas de canal simple: >99 %
	Tolerancia a fallos del hardware (HFT)	En piezas de doble canal: HFT = 1
		En piezas de canal simple: HFT = 0
	Intervalo de prueba de evidencia ²⁾	20 años
Fallo de causa frecuente (CCF)	$\beta = 5 \%$; $\beta_D = 5 \%$	
Intervalo de prueba diagnóstica (DTI)	160 ms	
Capacidad sistemática	SC 2	
Tiempo de reacción ¹⁾	Tiempo de respuesta de entrada a salida	Alojamientos de tamaño K1-K3: Máximo de 50 ms Alojamientos de tamaño K4 y K5: máximo de 30 ms

Tabla 4.3 Datos técnicos de la STO

1) El tiempo de reacción es el tiempo que pasa desde que se produce una condición de señal de entrada que activa la STO hasta que se desconecta el par del motor.

2) Para conocer el procedimiento de prueba de evidencia, consulte el capítulo 4.4 Mantenimiento y servicio de la STO.

5 Instalación y ajuste de RS485

5.1 Introducción

5.1.1 Descripción general

RS485 es una interfaz de bus de dos cables compatible con la topología de red multipunto. Los nodos se pueden 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 5.1*.

5

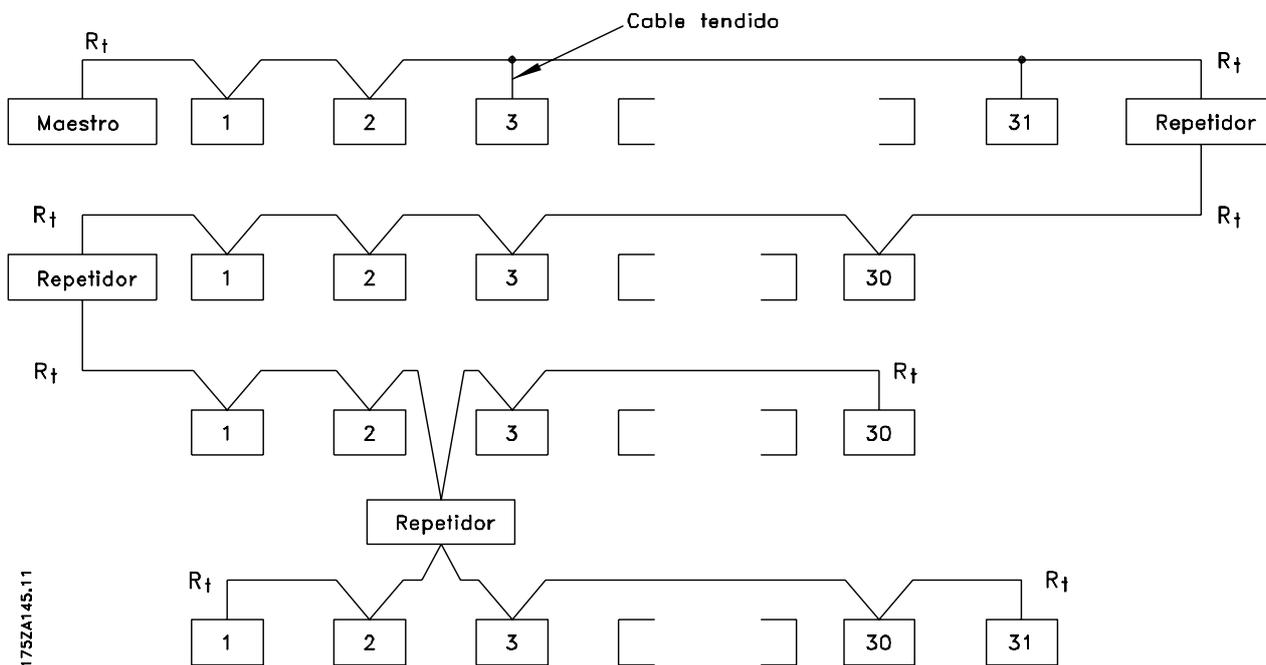


Ilustración 5.1 Interfaz de bus RS485

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.

Cada segmento debe terminarse en ambos extremos, utilizando bien el conmutador 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 el cableado del 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. En ocasiones, será necesario utilizar cables ecualizadores 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 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 (ft)]	Máximo 1200 (3937) (incluidos los ramales conectables). Máximo 500 (1640) entre estaciones.

Tabla 5.1 Especificaciones del cable

5.1.2 Conexión de red

Conecte el convertidor de frecuencia a la red RS485 de la siguiente forma (consulte también la *Ilustración 5.2*):

1. Conecte los cables de señal al terminal 68 (P+) y al terminal 69 (N-) en la placa de control principal del convertidor de frecuencia.
2. Conecte el apantallamiento de cables a las abrazaderas.

AVISO!

Para reducir el ruido entre los conductores, utilice cables de par trenzado apantallados.

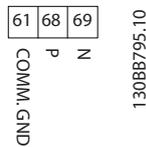


Ilustración 5.2 Conexión de red

5.1.3 Ajuste de hardware

Para terminar el bus RS485, utilice el interruptor terminador de la placa de control principal del convertidor de frecuencia.

Los ajustes de fábrica del interruptor están en OFF (desactivados).

5.1.4 Ajustes de parámetros para la comunicación Modbus

Parámetro	Función
Parámetro 8-30 Protocolo	Seleccionar el protocolo de aplicación que se ejecute para la interfaz RS485.
Parámetro 8-31 Dirección	Ajustar la dirección del nodo. AVISO! El intervalo de direcciones depende del protocolo seleccionado en el parámetro 8-30 Protocolo.
Parámetro 8-32 Velocidad en baudios	Ajustar la velocidad en baudios. AVISO! La velocidad en baudios predeterminada depende del protocolo seleccionado en el parámetro 8-30 Protocolo.

Parámetro	Función
Parámetro 8-33 Paridad / Bits de parada	Ajustar la paridad y el número de bits de parada. AVISO! La selección predeterminada depende del protocolo seleccionado en el parámetro 8-30 Protocolo.
Parámetro 8-35 Retardo respuesta mín.	Especificar un tiempo mínimo de retardo entre la recepción de una petición y la transmisión de la respuesta. Esta función se utiliza para reducir el retardo de procesamiento del módem.
Parámetro 8-36 Retardo respuesta máx.	Especificar un tiempo de retardo máximo entre la transmisión de una petición y la recepción de una respuesta.
Parámetro 8-37 Retardo máximo intercarac.	Si se interrumpe la transmisión, especifique un tiempo de retardo máximo entre dos bytes recibidos para asegurar el tiempo límite. AVISO! La selección predeterminada depende del protocolo seleccionado en el parámetro 8-30 Protocolo.

Tabla 5.2 Ajustes de los parámetros de comunicación Modbus

5.1.5 Precauciones de compatibilidad electromagnética (CEM)

Danfoss recomienda adoptar las siguientes precauciones de compatibilidad electromagnética (CEM) para que la red RS485 funcione sin interferencias.

AVISO!

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

5.2 Protocolo FC

5.2.1 Descripción general

El protocolo FC, también conocido como bus FC o bus estándar, es el fieldbus estándar de Danfoss. Define una técnica de acceso conforme al principio maestro/esclavo para las comunicaciones a través de un fieldbus. 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 telegramas 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, de manera que se 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.

5.2.2 FC con Modbus RTU

El protocolo FC proporciona acceso al código de control y a la referencia del 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.
- Cambio del ajuste activo.
- Control de los dos relés integrados en el 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, donde es posible, escribir valores en ellos. El acceso a los parámetros ofrece 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.

5.3 Configuración de red

Para activar el protocolo FC en el convertidor de frecuencia, ajuste los siguientes parámetros.

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 5.3 Parámetros para activar el protocolo

5.4 Estructura de formato de mensaje del protocolo FC

5.4.1 Contenido de un carácter (byte)

La transferencia de cada carácter comienza con un bit de inicio. Entonces 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 unos 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.

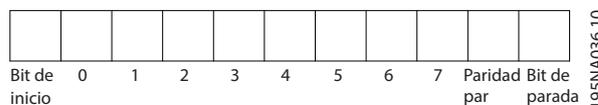


Ilustración 5.3 Contenido de un carácter

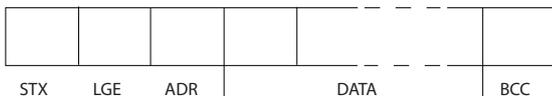
5.4.2 Estructura de telegramas

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).

Después aparecen varios bytes de datos (en número variable según el tipo de telegrama).

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



195NA099:10

Ilustración 5.4 Estructura de telegramas

5.4.3 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 5.4 Longitud de los telegramas

1) El 10 representa los caracteres fijos, mientras que «n» es variable (dependiendo de la longitud del texto).

5.4.4 Dirección del convertidor de frecuencia (ADR)

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.

5.4.5 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.

5.4.6 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:

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)



130BA270:10

Ilustración 5.5 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 5.6 Bloque de parámetros

Bloque de texto

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



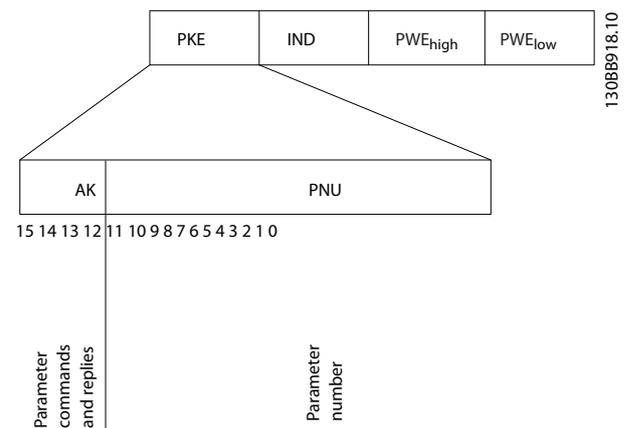
130BA270:10

Ilustración 5.7 Bloque de texto

5.4.7 El campo PKE

El campo PKE contiene dos subcampos:

- Orden de parámetro y respuesta (AK)
- Número de parámetro (PNU)



130BB918:10

Ilustración 5.8 Campo PKE

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

Órdenes de parámetros maestro⇒esclavo				
Número de bit				Orden de parámetro
15	14	13	12	
0	0	0	0	Sin orden.
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 texto.

Tabla 5.5 Órdenes de parámetro

Respuesta esclavo⇒maestro				
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	La orden no se puede ejecutar.
1	1	1	1	Texto transferido.

Tabla 5.6 Respuesta

Si la orden no se puede ejecutar, el esclavo envía la respuesta *0111 Orden no ejecutable* y emite los siguientes informes de fallo de la *Tabla 5.7*.

Código de fallo	Especificación del convertidor
0	Número de parámetro ilegal.
1	El parámetro no puede modificarse
2	Se ha superado el límite superior o inferior.
3	Subíndice deteriorado.
4	Sin matriz.
5	Tipo de dato erróneo.
6	Sin uso.
7	Sin uso.
9	Elemento de descripción no disponible.
11	Sin acceso de escritura de parámetros.
15	No hay texto disponible.
17	No aplicable durante el funcionamiento.
18	Otros errores.
100	–
>100	–
130	No hay acceso al bus para este parámetro.
131	No es posible escribir en el ajuste de fábrica.
132	No hay acceso al LCP.
252	Receptor desconocido.
253	Solicitud no admitida.

Código de fallo	Especificación del convertidor
254	Atributo desconocido.
255	Sin error.

Tabla 5.7 Informe del esclavo

5.4.8 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 del VLT® Midi Drive FC 280*.

5.4.9 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.

5.4.10 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 contiene varias opciones de datos, por ejemplo el *parámetro 0-01 Idioma*, seleccione el valor de dato escribiéndolo 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 N.º 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 su segundo byte (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.

5.4.11 Tipos de datos admitidos por el convertidor de frecuencia

«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

Tabla 5.8 Tipos de datos

5.4.12 Conversión

La *Guía de programación* contiene las descripciones de los atributos de cada parámetro. 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. El valor 100 se considerará, por tanto, como 10,0.

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

Tabla 5.9 Conversión

5.4.13 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
Código de estado de telegrama de control (esclavo⇒maestro)	Frecuencia de salida actual

Tabla 5.10 Códigos de proceso (PCD)

5.5 Ejemplos

5.5.1 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 el *parámetro 4-14 Límite alto veloc. motor [Hz]*:

- IND = 0000 hex.
- PWE_{ALTO} = 0000 hex.
- PWE_{BAJO} = 03E8 hex.

Valor de dato 1000, correspondiente a 100 Hz, consulte el *capítulo 5.4.12 Conversión*.

El telegrama tendrá el aspecto de la *Ilustración 5.9*.

E19E	H	0000	H	0000	H	03E8	H
PKE		IND		PWE _{high}		PWE _{low}	

130BA092.10

Ilustración 5.9 Telegrama

AVISO!

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

La respuesta del esclavo al maestro se muestra en la *Ilustración 5.10*.

119E	H	0000	H	0000	H	03E8	H
PKE		IND		PWE _{high}		PWE _{low}	

130BA093.10

Ilustración 5.10 Respuesta del maestro

5.5.2 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 el *parámetro 3-41 Rampa 1 tiempo acel. rampa*:

- IND = 0000 hex.
- PWE_{ALTO} = 0000 hex.
- PWE_{BAJO} = 0000 hex.

1155	H	0000	H	0000	H	0000	H
PKE		IND		PWE _{high}		PWE _{low}	

130BA094.10

Ilustración 5.11 Telegrama

Si el valor del *parámetro 3-41 Rampa 1 tiempo acel. rampa* es 10 s, la respuesta del esclavo al maestro se indica en la *Ilustración 5.12*.

1155	H	0000	H	0000	H	03E8	H
PKE		IND		PWE _{high}		PWE _{low}	

130BA267.10

Ilustración 5.12 Respuesta

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.

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

5.6 Modbus RTU

5.6.1 Conocimiento supuesto

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.

5.6.2 Descripción general

Independientemente de los tipos de redes de comunicación física, en este apartado 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 telegramas.

Durante las comunicaciones en una red Modbus RTU, el protocolo:

- Determina cómo aprende cada controlador su dirección de dispositivo.
- Reconoce un telegrama dirigido a él.
- Determina qué acciones tomar.

- Extrae cualquier dato o información incluidos en el telegrama.

Si se requiere una respuesta, el controlador construirá el telegrama 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 los datos pedidos al maestro o realizando la acción solicitada en la petición.

El maestro puede dirigirse a un esclavo individualmente o puede iniciar la transmisión de un telegrama 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 siguiente información:

- 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 telegrama 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 telegrama o si el esclavo no puede realizar la acción solicitada, este genera y envía un mensaje de error. Si no, se produce un error de tiempo límite.

5.6.3 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.
- Varias paradas:
 - 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.
- Cambio del 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. El acceso a los parámetros ofrece 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.

5.7 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 5.11 Configuración de red

5.8 Estructura de formato de mensaje de Modbus RTU

5.8.1 Introducción

Los controladores están configurados para comunicarse en la red Modbus utilizando el modo RTU (remote terminal unit), donde cada byte de un telegrama contendrá dos caracteres hexadecimales de 4 bits. El formato de cada byte se muestra en la *Tabla 5.12*.

Bit de inicio	Byte de datos								Parada/paridad	Parada

Tabla 5.12 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 telegrama.
Bits por byte	<ul style="list-style-type: none"> • 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).

Tabla 5.13 Detalles del byte

5.8.2 Estructura de telegrama Modbus RTU

El dispositivo emisor coloca un telegrama Modbus RTU en un formato con un comienzo y un punto final conocidos. Esto permite a los dispositivos receptores comenzar al principio del telegrama, leer la parte de la dirección, determinar a qué dispositivo se dirige (o a todos, si el telegrama es una transmisión) y reconocer cuándo se ha completado el telegrama. Los telegramas parciales se detectan y se determinan los errores resultantes. Los caracteres que se van a transmitir deben estar en formato hexadecimal 00-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 telegramas Modbus RTU dirigidos a cero son telegramas de transmisión. No se permiten respuestas a los telegramas de transmisión. En la *Tabla 5.14* se muestra un formato típico de telegrama.

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

Tabla 5.14 Típica estructura de telegrama Modbus RTU

5.8.3 Campo de arranque/parada

El telegrama comienza con un periodo de silencio de al menos 3,5 intervalos de caracteres. Este periodo silencioso se presenta 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 telegrama. Después de este periodo, puede comenzar otro telegrama.

Transmita el formato completo de telegrama como un flujo completo. 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 telegrama incompleto y asume que el siguiente byte es el campo de dirección de un nuevo telegrama. De forma similar, si un nuevo telegrama comienza antes de 3,5 intervalos de carácter tras un telegrama previo, el dispositivo receptor lo considerará una continuación del telegrama 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 telegramas combinados.

5.8.4 Campo de dirección

El campo de dirección del formato de un telegrama 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. El cero 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 telegrama. 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.

5.8.5 Campo de función

El campo de función del formato de un telegrama contiene 8 bits. Los códigos válidos están en el rango de 1 a FF. Los campos de función se utilizan para enviar telegramas entre el maestro y el esclavo. Cuando se envía un telegrama 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 telegrama de respuesta. Este código le indica al maestro el tipo de error ocurrido o la razón de la excepción. Consulte también el *capítulo 5.8.10 Códigos de función admitidos por Modbus RTU* y el *capítulo 5.8.11 Códigos de excepción Modbus*.

5.8.6 Campo de datos

El campo de datos se construye utilizando grupos de dos dígitos hexadecimales, en el intervalo de 00 a FF en hexadecimal. Estos dígitos están hechos con un carácter RTU. El campo de datos de los telegramas enviados desde un maestro a un dispositivo esclavo contiene información más detallada que el esclavo debe utilizar para actuar en consecuencia.

Dicha información puede incluir elementos como:

- Direcciones de registro o de bobinas.
- La cantidad de elementos que se deben manejar.
- El recuento de bytes de datos reales del campo.

5.8.7 Campo de comprobación CRC

Los telegramas incluyen un campo de comprobación de errores, que opera según el método de comprobación de redundancia cíclica (CRC). El campo CRC comprueba el contenido de todo el telegrama. Se aplica independientemente del método de comprobación de paridad utilizado para los caracteres individuales del telegrama. El dispositivo transmisor calcula el valor de CRC y lo añade como último campo en el telegrama. El dispositivo receptor vuelve a calcular un CRC durante la recepción del telegrama y compara el valor calculado con el valor recibido en el campo CRC. Si los dos valores son distintos, se produce un tiempo límite de bus. El campo de comprobación de errores contiene un valor binario de 16 bits implementado como dos bytes de 8 bits. Tras la aplicación, 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 telegrama.

5.8.8 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 una palabra de 2 bytes (es decir, 16 bits). Todas las direcciones de datos de los telegramas 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 direcciona como «bobina 0000» en el campo de dirección de un telegrama 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 telegrama. 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 (consulte la <i>Tabla 5.16</i>).	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 5.17</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 en los parámetros se escriben en la RAM y la EEPROM del convertidor de frecuencia.	
66-65536	Reservado.	-

Tabla 5.15 Registro 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 la frecuencia	No mantener la 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	-	
16	Sin cambio de sentido	Cambio de sentido

Tabla 5.16 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 funcionamiento
45	Sin uso	Sin uso
46	Sin advertencia de tensión	Advertencia de tensión
47	No en límite de intensidad	Límite intensidad
48	Sin advertencia térmica	Advertencia térmica

Tabla 5.17 Código de estado del convertidor de frecuencia (perfil FC)

Dirección del bus	Registro de bus ¹⁾	Registro de PLC	Contenido	Acceso	Descripción
0	1	40001	Reservado	-	Reservado para convertidores de frecuencia antiguos VLT® 5000 y VLT® 2800.
1	2	40002	Reservado	-	Reservado para convertidores de frecuencia antiguos VLT® 5000 y VLT® 2800.
2	3	40003	Reservado	-	Reservado para convertidores de frecuencia antiguos VLT® 5000 y VLT® 2800.
3	4	40004	Libre	-	-
4	5	40005	Libre	-	-
5	6	40006	Configuración de Modbus	Lectura / escritura	Solo TCP. Reservada para Modbus TCP (parámetro 12-28 Grabar valores de datos y parámetro 12-29 Almacenar siempre - almacenada, por ejemplo, en la EEPROM).
6	7	40007	Último código de fallo	sólo lectura	Código de fallo recibido de la base de datos de parámetros; consulte WHAT 38295 para obtener más información.
7	8	40008	Registro de último error	sólo lectura	Dirección de registro con que tuvo lugar el último error; consulte WHAT 38296 para obtener información detallada.
8	9	40009	Indicador de índice	Lectura / escritura	Subíndice de parámetros a los que acceder. Consulte WHAT 38297 para obtener información detallada.
9	10	40010	Parámetro 0-01 Idioma	Dependiente del acceso del parámetro	Parámetro 0-01 Idioma (Registro Modbus = 10 × número de parámetro) 20 bytes de espacio reservado para un parámetro en el mapa Modbus.
19	20	40020	Parámetro 0-02 Unidad de velocidad de motor	Dependiente del acceso del parámetro	Parámetro 0-02 Unidad de velocidad de motor 20 bytes de espacio reservado para un parámetro en el mapa Modbus.
29	30	40030	Parámetro 0-03 Ajustes regionales	Dependiente del acceso del parámetro	Parámetro 0-03 Ajustes regionales 20 bytes de espacio reservado para un parámetro en el mapa Modbus.

Tabla 5.18 Dirección/registros

1) El valor escrito en el telegrama de Modbus RTU debe ser uno o menos que el número de registro. Por ejemplo, registro de lectura de Modbus 1, escribiendo el valor 0 en el telegrama.

5.8.9 Control del convertidor de frecuencia

Este apartado describe los códigos que se pueden utilizar en los campos de función y datos de un telegrama Modbus RTU.

5.8.10 Códigos de función admitidos por Modbus RTU

Modbus RTU admite el uso de los siguientes códigos en el campo de función de un telegrama:

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
Coger contador de eventos de com.	B
Informar de ID de esclavo	11

Tabla 5.19 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	Mostrar recuento de mensajes de bus.
		12	Mostrar recuento de errores de comunicación de bus.
		13	Mostrar recuento de errores de esclavo.
		14	Mostrar recuento de mensajes de esclavo.

Tabla 5.20 Códigos de función

5.8.11 Códigos de excepción Modbus

Para obtener una explicación completa sobre la estructura de una excepción, consulte *capítulo 5.8.5 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 está 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, se acepta una petición con desviación 96 y longitud 4, mientras que una petición con desviación 96 y longitud 5 genera una excepción 02.

Código	Nombre	Significado
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 que un conjunto de datos enviado para su almacenamiento en un registro tenga un valor situado fuera de la expectativa del programa de la aplicación, ya que el protocolo Modbus no conoce el significado de ningún valor determinado de ningún registro en particular.
4	Fallo del dispositivo esclavo	Un error irrecuperable se produjo mientras el servidor (o esclavo) intentaba ejecutar la acción solicitada.

Tabla 5.21 Códigos de excepción Modbus

5.9 Cómo acceder a los parámetros

5.9.1 Gestión de parámetros

El PNU (número de parámetro) se traduce desde la dirección del registro contenida en el telegrama de lectura o escritura Modbus. El número de parámetro se traslada a Modbus como (10 × número de parámetro) *decimal*.

Ejemplos

lectura *parámetro 3-12 Valor de enganche/arriba-abajo* (16 bit): el registro de retención 3120 almacena el valor de los parámetros. Un valor de 1352 (decimal) significa que el parámetro está ajustado al 12,52 %.

Lectura del *parámetro 3-14 Referencia interna relativa* (32 bits): los registros de retención 3410 y 3411 almacenan los valores 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 del VLT® Midi Drive FC 280*.

5.9.2 Almacenamiento de datos

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

5.9.3 IND (índice)

Algunos de los parámetros del convertidor de frecuencia son parámetros 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 al valor 2, las siguientes lecturas / escrituras a los parámetros de matrices serán en el índice 2.

5.9.4 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.

5.9.5 Factor de conversión

El valor de un parámetro solo se transfiere como número entero. Para transferir decimales, utilice un factor de conversión.

5.9.6 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).

5.10 Ejemplos

Los siguientes ejemplos ilustran varios comandos Modbus RTU.

5.10.1 Lectura de estado de la bobina (01 hex)

Descripción

Esta función lee el estado ON / OFF de las distintas salidas (bobinas) del convertidor de frecuencia. No se admite la transmisión en las lecturas.

Petición

El telegrama de solicitud especifica la bobina inicial y la cantidad de bobinas que se deben leer. Las direcciones de las bobinas comienzan en cero, es decir, la bobina 33 tiene la dirección 32.

Ejemplo de una petición de lectura de las bobinas 33 a 48 (código de estado) del dispositivo esclavo 01.

Nombre del campo	Ejemplo (hex)
Dirección del esclavo	01 (dirección del convertidor de frecuencia)
Función	01 (leer bobinas)
Dirección de inicio HI	00
Dirección de inicio LO	20 (32 decimal) bobina 33
Número de puntos HI	00
Número de puntos LO	10 (16 decimal)
Comprobación de errores (CRC)	-

Tabla 5.22 Petición

Respuesta

El estado de la bobina en el telegrama de respuesta está empaquetado como una bobina por bit del campo de datos. El estado se indica como: 1 = ON; 0 = OFF. El lsb (bit menos significativo) del primer byte de datos contiene la bobina a la que se dirige la consulta. Las otras bobinas siguen hacia el final de mayor nivel del byte, y desde el nivel bajo al nivel alto en los bytes siguientes.

Si la cantidad de bobinas devueltas no es múltiplo de ocho, los bits restantes del byte de datos final se rellenan con ceros (hacia la parte alta del byte). El campo contador de bytes especifica el número de bytes de datos completos.

Nombre del campo	Ejemplo (hex)
Dirección del esclavo	01 (dirección del convertidor de frecuencia)
Función	01 (leer bobinas)
Contador de bytes	02 (2 bytes de datos)
Datos (bobinas 40-33)	07
Datos (bobinas 48-41)	06 (STW = 0607hex)
Comprobación de errores (CRC)	-

Tabla 5.23 Respuesta

AVISO!

Las bobinas y los registros se direccionan explícitamente con una compensación de -1 en Modbus.

Por ejemplo, la bobina 33 tiene la dirección de bobina 32.

5.10.2 Forzar/escribir una sola bobina (05 hex)

Descripción

Esta función fuerza la bobina a activado o desactivado. Cuando se transmite, la función fuerza las mismas referencias de bobina en todos los esclavos conectados.

Petición

El telegrama de petición especifica que se fuerce la bobina 65 (control de escritura de parámetro). Las direcciones de las bobinas comienzan en cero, es decir, la bobina 65 tiene la dirección 64. Forzar datos = 00 00 hex (OFF) o FF 00 hex (ON).

Nombre del campo	Ejemplo (hex)
Dirección del esclavo	01 (dirección del convertidor de frecuencia)
Función	05 (escribir una sola bobina)
Dirección de bobina HI	00
Dirección de bobina LO	40 (64 decimal) bobina 65
Forzar datos HI	FF
Forzar datos LO	00 (FF 00 = ON)
Comprobación de errores (CRC)	-

Tabla 5.24 Petición

Respuesta

La respuesta normal es un eco de la petición, devuelta tras ser forzado el estado de la bobina.

Nombre del campo	Ejemplo (hex)
Dirección del esclavo	01
Función	05
Forzar datos HI	FF
Forzar datos LO	00
Cantidad de bobinas HI	00
Cantidad de bobinas LO	01
Comprobación de errores (CRC)	-

Tabla 5.25 Respuesta

5.10.3 Forzar/escribir múltiples bobinas (0F hex)

Descripción

Esta función fuerza cada bobina de una secuencia a activado o desactivado. Cuando se transmite, la función fuerza las mismas referencias de bobinas en todos los esclavos conectados.

Petición

El telegrama de petición especifica que se fuercen las bobinas 17 a 32 (valor de consigna de velocidad).

AVISO!

Las direcciones de las bobinas comienzan en cero, es decir, la bobina 17 tiene la dirección 16.

Nombre del campo	Ejemplo (hex)
Dirección del esclavo	01 (dirección del convertidor de frecuencia)
Función	0F (escribir múltiples bobinas)
Dirección de bobina HI	00
Dirección de bobina LO	10 (dirección de bobina 17)
Cantidad de bobinas HI	00
Cantidad de bobinas LO	10 (16 bobinas)
Contador de bytes	02
Forzar datos HI (Bobinas 8-1)	20
Forzar datos LO (Bobinas 16-9)	00 (referencia = 2000 hex)
Comprobación de errores (CRC)	-

Tabla 5.26 Petición

Respuesta

La respuesta normal devuelve la dirección del esclavo, el código de la función, la dirección de inicio y la cantidad de bobinas forzadas.

Nombre del campo	Ejemplo (hex)
Dirección del esclavo	01 (dirección del convertidor de frecuencia)
Función	0F (escribir múltiples bobinas)
Dirección de bobina HI	00
Dirección de bobina LO	10 (dirección de bobina 17)
Cantidad de bobinas HI	00
Cantidad de bobinas LO	10 (16 bobinas)
Comprobación de errores (CRC)	-

Tabla 5.27 Respuesta

5.10.4 Lectura de registros de retención (03 hex)

Descripción

Esta función lee el contenido de los registros de retención del esclavo.

Petición

El telegrama de petición especifica el registro de inicio y la cantidad de registros que se deben leer. Las direcciones de registros comienzan en 0, es decir, los registros 1-4 se tratan como 0-3.

Ejemplo: lectura *parámetro 3-03 Referencia máxima*, registro 03030.

Nombre del campo	Ejemplo (hex)
Dirección del esclavo	01
Función	03 (Leer registros de retención)
Dirección de inicio HI	0B (dirección de registro 3029)
Dirección de inicio LO	D5 (dirección de registro 3029)
Número de puntos HI	00
Número de puntos LO	02 – (el <i>parámetro 3-03 Referencia máxima</i> tiene 32 bits de longitud, es decir, 2 registros)
Comprobación de errores (CRC)	–

Tabla 5.28 Petición

Respuesta

Los datos del registro en el telegrama de respuesta están empaquetados a razón de 2 bytes por registro, con los contenidos binarios justificados a la derecha en cada byte. En cada registro, el primer byte contiene los bits de nivel alto y el segundo, los de nivel bajo.

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

Nombre del campo	Ejemplo (hex)
Dirección del esclavo	01
Función	03
Contador de bytes	04
Datos HI (registro 3030)	00
Datos LO (registro 3030)	16
Datos HI (registro 3031)	E3
Datos LO (registro 3031)	60
Comprobación de errores (CRC)	–

Tabla 5.29 Respuesta

5.10.5 Preajuste de un solo registro (06 hex)

Descripción

Esta función preajusta un valor en un único registro de retención.

Petición

El telegrama de petición especifica la referencia del registro que se debe preajustar. Las direcciones de los registros comienzan en 0, es decir, el registro 1 se trata como 0.

Ejemplo: escribir a *parámetro 1-00 Modo Configuración*, registrar 1000.

Nombre del campo	Ejemplo (hex)
Dirección del esclavo	01
Función	06
Dirección de registro HI	03 (dirección de registro 999)
Dirección de registro LO	E7 (dirección de registro 999)
Datos preajustados HI	00
Datos preajustados LO	01
Comprobación de errores (CRC)	–

Tabla 5.30 Petición

Respuesta

La respuesta normal es un eco de la petición, devuelto tras aprobarse el contenido de los registros.

Nombre del campo	Ejemplo (hex)
Dirección del esclavo	01
Función	06
Dirección de registro HI	03
Dirección de registro LO	E7
Datos preajustados HI	00
Datos preajustados LO	01
Comprobación de errores (CRC)	–

Tabla 5.31 Respuesta

5.10.6 Preajuste de múltiples registros (10 hex)

Descripción

Esta función preajusta valores en una secuencia de registros de retención.

Petición

El telegrama de petición especifica las referencias del registro que se deben preajustar. Las direcciones de los registros comienzan en 0, es decir, el registro 1 se trata como 0. Ejemplo de una petición para preajustar dos registros (ajustar *parámetro 1-24 Intensidad motor* a 738 [7,38 A]):

Nombre del campo	Ejemplo (hex)
Dirección del esclavo	01
Función	10
Dirección de inicio HI	04
Dirección de inicio LO	07
Número de registros HI	00
Número de registros LO	02
Contador de bytes	04
Escribir datos HI (Registro 4: 1049)	00
Escribir datos LO (Registro 4: 1049)	00
Escribir datos HI (Registro 4: 1050)	02
Escribir datos LO (Registro 4: 1050)	E2
Comprobación de errores (CRC)	–

Tabla 5.32 Petición

Respuesta

La respuesta normal devuelve la dirección del esclavo, el código de la función, la dirección de inicio y la cantidad de registros preajustados.

Nombre del campo	Ejemplo (hex)
Dirección del esclavo	01
Función	10
Dirección de inicio HI	04
Dirección de inicio LO	19
Número de registros HI	00
Número de registros LO	02
Comprobación de errores (CRC)	-

Tabla 5.33 Respuesta

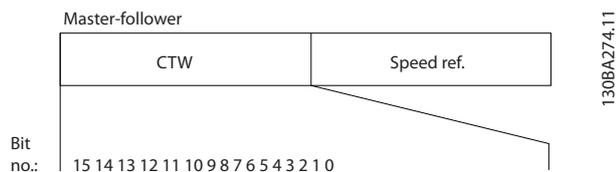
5.11 Perfil de control FC de Danfoss
5.11.1 Código de control conforme al perfil FC (Protocolo 8-10 = perfil FC)


Ilustración 5.13 Código de control según el perfil FC

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	Relé 01 abierto	Relé 01 activo
12	Relé 02 abierto	Relé 02 activo
13	Ajuste de parámetros	Selección del bit menos significativo (lsb)
15	Sin función	Cambio sentido

Tabla 5.34 Código de control según el perfil FC

Explicación de los bits de control
Bits 00/01

Los bits 00 y 01 se utilizan para elegir entre los cuatro valores de referencia, que están preprogramados en el *parámetro 3-10 Referencia interna*, conforme a la *Tabla 5.35*.

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

Tabla 5.35 Bits de control

AVISO!

En el *parámetro 8-56 Selec. referencia interna*, defina cómo se direcciona el bit 00/01 con la función correspondiente en las entradas digitales.

Bit 02: freno de CC

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*.

Bit 02 = 1: produce 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.

En el *parámetro 8-50 Selección inercia*, defina cómo se direcciona el bit 03 con la función correspondiente en las entradas digitales.

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. Cambie la frecuencia de salida mantenida únicamente mediante las entradas digitales programadas en [21] *Aceleración* y [22] *Deceleración* (del *parámetro 5-10 Terminal 18 Entrada digital* al *parámetro 5-13 Terminal 29 Entrada digital*).

AVISO!

Si está activada la opción Mantener salida, el convertidor de frecuencia solo podrá pararse mediante una de las siguientes opciones:

- Bit 03: paro por inercia.
- Bit 02: frenado de CC.
- Entrada digital programada como [5] Freno CC, [2] Inercia o [3] Inercia y reinicio (del parámetro 5-10 Terminal 18 Entrada digital al parámetro 5-13 Terminal 29 Entrada digital).

5

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: permite que el convertidor de frecuencia arranque el motor si se cumplen las demás condiciones de arranque.

En el parámetro 8-53 *Selec. arranque*, defina 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 flanco de subida de la señal, es decir, cuando cambia de 0 lógico a 1 lógico.

Bit 08: velocidad fija

Bit 08 = 1: Parámetro 3-11 *Velocidad fija [Hz]* 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 desacel. 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 desacel. 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. Si el código de control no es necesario al actualizar o leer el parámetro, desconéctelo.

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 02

Bit 12 = 0: el relé 02 no está activado.

Bit 12 = 1: el relé 02 estará activado si se ha seleccionado [37] *Bit código control 12* en el parámetro 5-40 *Relé de función*.

Bit 13, Selección de configuración

Use el bit 13 para seleccionar entre los dos ajustes de menú, según la Tabla 5.36.

Ajuste	Bit 13
1	0
2	1

Tabla 5.36 Ajustes de menú

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

Para definir cómo se direcciona el bit 13 con la función correspondiente en las entradas digitales, utilice el parámetro 8-55 *Selec. ajuste*.

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 comunicación serie, [2] *Lógico Y* o [3] *Lógico O*.

5.11.2 Código de estado Según el perfil FC (STW)

Ajuste el parámetro 8-30 *Protocolo* como [0] *FC*.

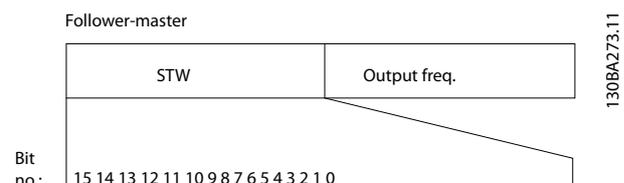


Ilustración 5.14 Código de estado

Bit	Bit = 0	Bit = 1
00	Control no preparado	Control prep.
01	Convertidor de frecuencia no preparado	Convertidor de frecuencia 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≠referencia	Velocidad = referencia
09	Funcionamiento local	Control de bus

Bit	Bit = 0	Bit = 1
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 5.37 Código de estado según el perfil FC

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 (si hay suministro externo de 24 V a los controles).

Bit 01, Convertidor de frecuencia preparado

Bit 01=0: el convertidor de frecuencia no está listo.

Bit 01=1: El convertidor de frecuencia está listo para funcionar.

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, referencia de velocidad / velocidad = referencia

Bit 08=0: el motor funciona pero la velocidad actual es distinta a la referencia interna de velocidad. Esto puede ocurrir cuando la velocidad sigue una rampa hacia arriba o hacia abajo durante el arranque/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: [Off/Reset] está activado en la unidad de control o [2] Local está seleccionado en el *parámetro 3-13 Lugar de referencia*. No es posible controlar el convertidor de frecuencia mediante la comunicación serie.

Bit 09=1: es posible controlar el convertidor de frecuencia a través de la comunicación serie o el fieldbus.

Bit 10: fuera de límite de frecuencia

Bit 10=0: la frecuencia de salida ha alcanzado el valor ajustado en *parámetro 4-12 Límite bajo veloc. motor [Hz]* o *parámetro 4-14 Límite alto veloc. motor [Hz]*.

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 sin inercia.

Bit 12, Convertidor de frecuencia OK/parado, arranque automático

Bit 12=0: no hay sobretemperatura temporal en el convertidor de frecuencia.

Bit 12=1: el convertidor de frecuencia se detiene por sobretemperatura pero la unidad no se desconecta y reanuda el funcionamiento una vez normalizada la temperatura.

Bit 13: tensión OK / límite excedido

Bit 13=0: no hay advertencias de tensión.

Bit 13=1: la tensión de CC en el enlace de CC del convertidor de frecuencia es demasiado baja o demasiado alta.

Bit 14: par OK / límite excedido

Bit 14=0: la intensidad del motor es más baja que el límite de intensidad seleccionado en el *parámetro 4-18 Current Limit*.

Bit 14=1: se ha superado el límite de intensidad del *parámetro 4-18 Current Limit*.

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 supera el 100 %.

5.11.3 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 un código de 16 bits. El valor entero 16384 (4000 hex) corresponde a un 100 %. Las cifras negativas se codifican mediante el complemento a dos. La frecuencia real de salida (MAV) se escala de la misma forma que la referencia del bus.

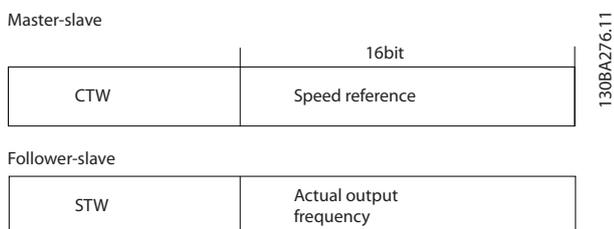


Ilustración 5.15 Frecuencia real de salida (MAV)

La referencia y la MAV se escalan de la siguiente forma:

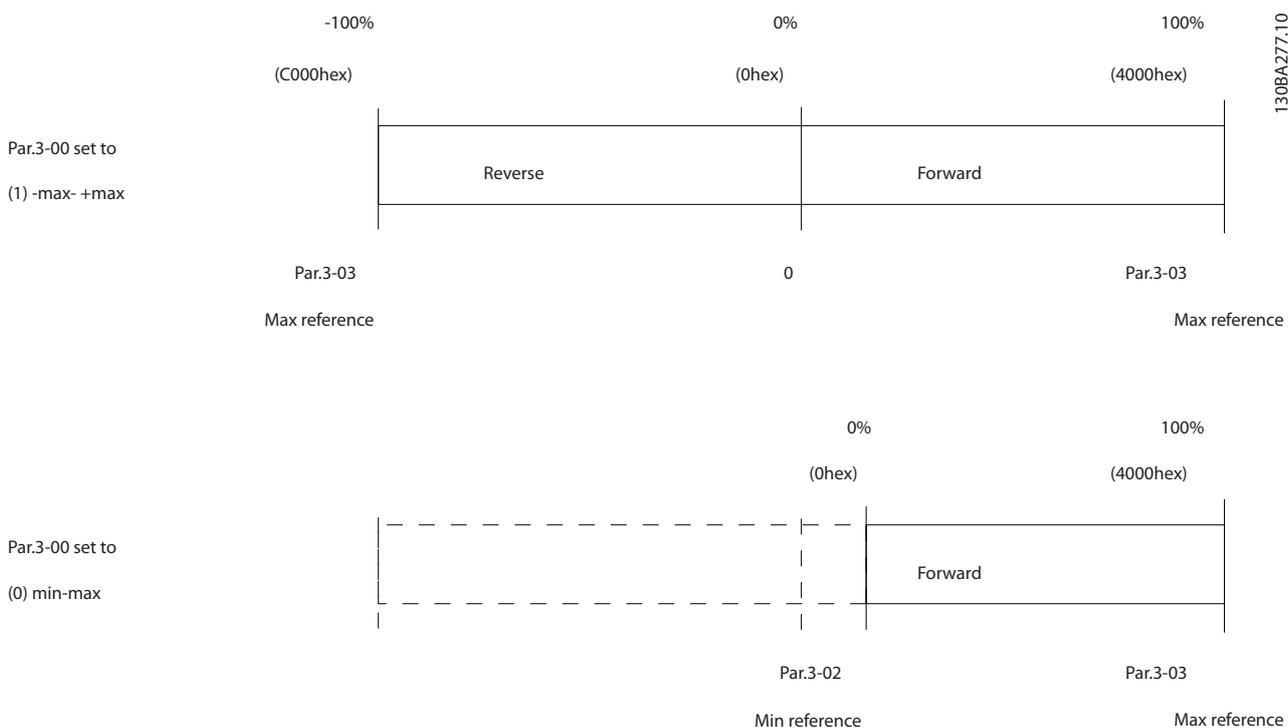


Ilustración 5.16 Referencia y MAV

6 Código descriptivo y selección

6.1 Números de pedido: Opciones y accesorios

Opciones y accesorios	Número de pedido
Bolsa de accesorios, conectores para FC 280	132B0350
Ventilador 50 × 20 IP21 PWM	132B0351
Ventilador 60 × 20 IP21 PWM	132B0352
Ventilador 70 × 20 IP21 PWM	132B0353
Ventilador 92 × 38 IP21 PWM	132B0371
Ventilador 120 × 38 IP21 PWM	132B0372
Tapa de terminal para alojamiento de tamaño K1	132B0354
Tapa de terminal para alojamiento de tamaño K2	132B0355
Tapa de terminal para alojamiento de tamaño K3	132B0356
Tapa de terminal para alojamiento de tamaño K4	132B0357
Tapa de terminal para alojamiento de tamaño K5	132B0358
VLT® Memory Module MCM 102	132B0359
VLT® Control Panel LCP 21 (numérico)	132B0254
VLT® Control Panel LCP 102 (gráfico)	130B1107
Adaptador de LCP gráfico	132B0281
Panel de control VLT® LCP con tapa ciega	132B0262
Kit de desacoplamiento de cable de bus, FC 280	132B0369
Kit de desacoplamiento, E/S de potencia, K1	132B0373
Kit de desacoplamiento, E/S de potencia, K2/K3	132B0374
Kit de desacoplamiento, E/S de potencia, K4/K5	132B0375
Unidad de control VLT® - Estándar	132B0345
Unidad de control VLT® CANOpen	132B0346
Unidad de control VLT® - Profibus	132B0347
Unidad de control VLT® - ProfiNet	132B0348
Unidad de control VLT® - EtherNet/IP	132B0349
Kit de conversión IP21/Tipo 1, K1	132B0335
Kit de conversión IP21/Tipo 1, K2	132B0336
Kit de conversión IP21/Tipo 1, K3	132B0337
Kit de conversión IP21/Tipo 1, K4	132B0338
Kit de conversión IP21/Tipo 1, K5	132B0339
Placa del adaptador, VLT® 2800, tamaño A	132B0363
Placa del adaptador, VLT® 2800, tamaño B	132B0364
Placa del adaptador, VLT® 2800, tamaño C	132B0365
Placa del adaptador, VLT® 2800, tamaño D	132B0366
Suministro externo de 24 V CC VLT® MCB 106	132B0368
Kit de montaje remoto para LCP, con 3 m (10 ft) de cable	132B0102
Kit de montaje de LCP, sin LCP	130B1117

Tabla 6.1 Números de pedido para opciones y accesorios

6.2 Números de pedido: Resistencias de freno

Danfoss ofrece una amplia variedad de resistencias diferentes especialmente diseñadas para nuestros convertidores de frecuencia. Consulte *capítulo 2.9.4 Control con Función de freno* para seleccionar las dimensiones de las resistencias de freno. En este apartado se enumeran los números de pedido para las resistencias de freno.

6.2.1 Números de pedido: resistencias de frenado 10 %

FC 280	P _m (HO)	R _{min.}	R _{br. nom}	R _{rec}	P _{fren med}	Número de pedido	Período	Sección transversal del cable ¹⁾	Relé térmico	Máximo par de freno con resistencia
T4	[kW (CV)]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[kW (CV)]	175Uxxxx	[s]	[mm ² (AWG)]	[A]	[%]
PK37	0,37 (0,5)	890	1041,98	989	0,030 (0,040)	3000	120	1,5 (16)	0,3	139
PK55	0,55 (0,75)	593	693,79	659	0,045 (0,060)	3001	120	1,5 (16)	0,4	131
PK75	0,75 (1,0)	434	508,78	483	0,061 (0,080)	3002	120	1,5 (16)	0,4	129
P1K1	1,1 (1,5)	288	338,05	321	0,092 (0,120)	3004	120	1,5 (16)	0,5	132
P1K5	1,5 (2,0)	208	244,41	232	0,128 (0,172)	3007	120	1,5 (16)	0,8	145
P2K2	2,2 (3,0)	139	163,95	155	0,190 (0,255)	3008	120	1,5 (16)	0,9	131
P3K0	3 (4,0)	100	118,86	112	0,262 (0,351)	3300	120	1,5 (16)	1,3	131
P4K0	4 (5,0)	74	87,93	83	0,354 (0,475)	3335	120	1,5 (16)	1,9	128
P5K5	5,5 (7,5)	54	63,33	60	0,492 (0,666)	3336	120	1,5 (16)	2,5	127
P7K5	7,5 (10)	38	46,05	43	0,677 (0,894)	3337	120	1,5 (16)	3,3	132
P11K	11 (15)	27	32,99	31	0,945 (1,267)	3338	120	1,5 (16)	5,2	130
P15K	15 (20)	19	24,02	22	1,297 (1,739)	3339	120	1,5 (16)	6,7	129
P18K	18,5 (25)	16	19,36	18	1,610 (2,158)	3340	120	1,5 (16)	8,3	132
P22K	22 (30)	16	18,00	17	1,923 (2,578)	3357	120	1,5 (16)	10,1	128

Tabla 6.2 FC 280 - Red: 380-480 V (T4), 10 % ciclo de trabajo

FC 280	P _m (HO)	R _{min.}	R _{br. nom}	R _{rec}	P _{fren med}	Número de pedido	Periodo	Sección transversal del cable ¹⁾	Relé térmico	Máximo par de freno con resistencia
T2	[kW (CV)]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[kW (CV)]	175Uxxxx	[s]	[mm ² (AWG)]	[A]	[%]
PK37	0,37 (0,5)	225	263,22	250	0,030 (0,040)	3006	120	1,5 (16)	0,6	140
PK55	0,55 (0,75)	151	176,90	168	0,045 (0,060)	3011	120	1,5 (16)	0,7	142
PK75	0,75 (1,0)	110	129,92	123	0,062 (0,083)	3016	120	1,5 (16)	0,8	143
P1K1	1,1 (1,5)	73	86,77	82	0,092 (0,120)	3021	120	1,5 (16)	0,9	139
P1K5	1,5 (2,0)	53	62,70	59	0,128 (0,172)	3026	120	1,5 (16)	1,6	143
P2K2	2,2 (3,0)	35	42,06	39	0,190 (0,255)	3031	120	1,5 (16)	1,9	140
P3K7	3,7 (5,0)	20	24,47	23	0,327 (0,439)	3326	120	1,5 (16)	3,5	145

Tabla 6.3 FC 280 - Red: 200-240 V (T2), 10 % ciclo de trabajo

1) Todos los cableados deben cumplir las normas locales y nacionales sobre las secciones transversales de cables y la temperatura ambiente.

6.2.2 Números de pedido: resistencias de frenado 40 %

FC 280	P _m (H0)	R _{min.}	R _{br. nom}	R _{rec}	P _{fren med}	Número de pedido	Período	Sección transversal del cable ¹⁾	Relé térmico	Máximo par de freno con resistencia
T4	[kW (CV)]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[kW (CV)]	175Uxxxx	[s]	[mm ²]	[A]	[%]
PK37	0,37 (0,5)	890	1041,98	989	0,127 (0,170)	3101	120	1,5 (16)	0,4	139
PK55	0,55 (0,75)	593	693,79	659	0,191 (0,256)	3308	120	1,5 (16)	0,5	131
PK75	0,75 (1,0)	434	508,78	483	0,260 (0,349)	3309	120	1,5 (16)	0,7	129
P1K1	1,1 (1,5)	288	338,05	321	0,391 (0,524)	3310	120	1,5 (16)	1	132
P1K5	1,5 (2,0)	208	244,41	232	0,541 (0,725)	3311	120	1,5 (16)	1,4	145
P2K2	2,2 (3,0)	139	163,95	155	0,807 (1,082)	3312	120	1,5 (16)	2,1	131
P3K0	3 (4,0)	100	118,86	112	1,113 (1,491)	3313	120	1,5 (16)	2,7	131
P4K0	4 (5,0)	74	87,93	83	1,504 (2,016)	3314	120	1,5 (16)	3,7	128
P5K5	5,5 (7,5)	54	63,33	60	2,088 (2,799)	3315	120	1,5 (16)	5	127
P7K5	7,5 (10)	38	46,05	43	2,872 (3,850)	3316	120	1,5 (16)	7,1	132
P11K	11 (15)	27	32,99	31	4,226 (5,665)	3236	120	2,5 (14)	11,5	130
P15K	15 (20)	19	24,02	22	5,804 (7,780)	3237	120	2,5 (14)	14,7	129
P18K	18,5 (25)	16	19,36	18	7,201 (9,653)	3238	120	4 (12)	19	132
P22K	22 (30)	16	18,00	17	8,604 (11,534)	3203	120	4 (12)	23	128

Tabla 6.4 FC 280 - Red: 380-480 V (T4), 40 % ciclo de trabajo

FC 280	P _m (H0)	R _{min.}	R _{br. nom}	R _{rec}	P _{fren med}	Número de pedido	Periodo	Sección transversal del cable ¹⁾	Relé térmico	Máximo par de freno con resistencia
T2	[kW (CV)]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[kW (CV)]	175Uxxxx	[s]	[mm ² (AWG)]	[A]	[%]
PK37	0,37 (0,5)	225	263,22	250	0,129 (0,173)	3096	120	1,5 (16)	0,8	140
PK55	0,55 (0,75)	151	176,90	168	0,192 (0,257)	3008	120	1,5 (16)	0,9	142
PK75	0,75 (1,0)	110	129,92	123	0,261 (0,350)	3300	120	1,5 (16)	1,3	143
P1K1	1,1 (1,5)	73	86,77	82	0,391 (0,524)	3301	120	1,5 (16)	2	139
P1K5	1,5 (2,0)	53	62,70	59	0,541 (0,725)	3302	120	1,5 (16)	2,7	143
P2K2	2,2 (3,0)	35	42,06	39	0,807 (1,082)	3303	120	1,5 (16)	4,2	140
P3K7	3,7 (5,0)	20	24,47	23	1,386 (1,859)	3305	120	1,5 (16)	6,8	145

Tabla 6.5 FC 280 - Red: 200-240 V (T2), 40 % ciclo de trabajo

1) Todos los cableados deben cumplir las normas locales y nacionales sobre las secciones transversales de cables y la temperatura ambiente.

7 Especificaciones

7.1 Datos eléctricos

Eje de salida típico [kW (CV)] del convertidor de frecuencia	PK37 0,37 (0,5)	PK55 0,55 (0,74)	PK75 0,75 (1,0)	P1K1 1,1 (1,5)	P1K5 1,5 (2,0)	P2K2 2,2 (3,0)	P3K0 3,0 (4,0)
Clasificación de protección de alojamiento IP20	K1	K1	K1	K1	K1	K1	K2
Intensidad de salida							
Salida de eje [kW]	0,37	0,55	0,75	1,1	1,5	2,2	3
Continua (3 × 380-440 V) [A]	1,2	1,7	2,2	3	3,7	5,3	7,2
Continua (3 × 441-480 V) [A]	1,1	1,6	2,1	2,8	3,4	4,8	6,3
Intermitente (60 s de sobrecarga) [A]	1,9	2,7	3,5	4,8	5,9	8,5	11,5
Continua kVA (400 V CA) [kVA]	0,9	1,2	1,5	2,1	2,6	3,7	5,0
Continua kVa (480 V CA) [kVA]	0,9	1,3	1,7	2,5	2,8	4,0	5,2
Intensidad de entrada máxima							
Continua (3 × 380-440 V) [A]	1,2	1,6	2,1	2,6	3,5	4,7	6,3
Continua (3 × 441-480 V) [A]	1,0	1,2	1,8	2,0	2,9	3,9	4,3
Intermitente (60 s de sobrecarga) [A]	1,9	2,6	3,4	4,2	5,6	7,5	10,1
Más especificaciones							
Sección transversal máxima del cable (red, motor, freno y carga compartida) [mm ² (AWG)]	4 (12)						
Pérdida de potencia estimada a carga nominal máxima [W] ¹⁾	20,9	25,2	30	40	52,9	74	94,8
Peso, clasificación de protección de alojamiento IP20 [kg (lb)]	2,3 (5,1)	2,3 (5,1)	2,3 (5,1)	2,3 (5,1)	2,3 (5,1)	2,5 (5,5)	3,6 (7,9)
Rendimiento [%] ²⁾	96,0	96,6	96,8	97,2	97,0	97,5	98,0

Tabla 7.1 Fuente de alimentación de red 3 × 380-480 V CA

Eje de salida típico [kW (CV)] del convertidor de frecuencia	P4K0 4 (5,4)	P5K5 5,5 (7,4)	P7K5 7,5 (10)	P11K 11 (15)	P15K 15 (20)	P18K 18,5 (25)	P22K 22 (30)
Clasificación de protección de alojamiento IP20	K2	K2	K3	K4	K4	K5	K5
Intensidad de salida							
Salida de eje	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22
Continua (3 × 380-440 V) [A]	9	12	15,5	23	31	37	42,5
Continua (3 × 441-480 V) [A]	8,2	11	14	21	27	34	40
Intermitente (60 s de sobrecarga) [A]	14,4	19,2	24,8	34,5	46,5	55,5	63,8
Continua kVA (400 V CA) [kVA]	6,2	8,3	10,7	15,9	21,5	25,6	29,5
Continua kVa (480 V CA) [kVA]	6,8	9,1	11,6	17,5	22,4	28,3	33,3
Intensidad de entrada máxima							
Continua (3 × 380-440 V) [A]	8,3	11,2	15,1	22,1	29,9	35,2	41,5
Continua (3 × 441-480 V) [A]	6,8	9,4	12,6	18,4	24,7	29,3	34,6
Intermitente (60 s de sobrecarga) [A]	13,3	17,9	24,2	33,2	44,9	52,8	62,3
Más especificaciones							
Sección transversal máxima del cable (red, motor, freno y carga compartida) [mm ² (AWG)]	4 (12)			16 (6)			
Pérdida de potencia estimada a carga nominal máxima [W] ¹⁾	115,5	157,5	192,8	289,5	393,4	402,8	467,5
Peso, clasificación de protección de alojamiento IP20 [kg (lb)]	3,6 (7,9)	3,6 (7,9)	4,1 (9,0)	9,4 (20,7)	9,5 (20,9)	12,3 (27,1)	12,5 (27,6)
Rendimiento [%] ²⁾	98,0	97,8	97,7	98,0	98,1	98,0	98,0

Tabla 7.2 Fuente de alimentación de red 3 × 380-480 V CA

Eje de salida típico [kW (CV)] del convertidor de frecuencia	PK37 0,37 (0,5)	PK55 0,55 (0,74)	PK75 0,75 (1,0)	P1K1 1,1 (1,5)	P1K5 1,5 (2,0)	P2K2 2,2 (3,0)	P3K7 3,7 (5,0)
Clasificación de protección de alojamiento IP20	K1	K1	K1	K1	K1	K2	K3
Intensidad de salida							
Continua (3 × 200-240 V) [A]	2,2	3,2	4,2	6	6,8	9,6	15,2
Intermitente (60 s de sobrecarga) [A]	3,5	5,1	6,7	9,6	10,9	15,4	24,3
Continua kVa (230 V CA) [kVa]	0,9	1,3	1,7	2,4	2,7	3,8	6,1
Intensidad de entrada máxima							
Continua (3 × 200-240 V) [A]	1,8	2,7	3,4	4,7	6,3	8,8	14,3
Intermitente (60 s de sobrecarga) [A]	2,9	4,3	5,4	7,5	10,1	14,1	22,9
Más especificaciones							
Sección transversal máxima del cable (red, motor, freno y carga compartida) [mm ² (AWG)]	4 (12)						
Pérdida de potencia estimada a carga nominal máxima [W] ¹⁾	29,4	38,5	51,1	60,7	76,1	96,1	147,5
Peso, clasificación de protección de alojamiento IP20 [kg (lb)]	2,3 (5,1)	2,3 (5,1)	2,3 (5,1)	2,3 (5,1)	2,3 (5,1)	2,5 (5,5)	3,6 (7,9)
Rendimiento [%] ²⁾	96,4	96,6	96,3	96,6	96,5	96,7	96,7

7
Tabla 7.3 Fuente de alimentación de red 3 × 200-240 V CA

Eje de salida típico [kW (CV)] del convertidor de frecuencia	PK37 0,37 (0,5)	PK55 0,55 (0,74)	PK75 0,75 (1,0)	P1K1 1,1 (1,5)	P1K5 1,5 (2,0)	P2K2 2,2 (3,0)
Clasificación de protección de alojamiento IP20	K1	K1	K1	K1	K1	K2
Intensidad de salida						
Continua (1 × 200-240 V) [A]	2,2	3,2	4,2	6	6,8	9,6
Intermitente (60 s de sobrecarga) [A]	3,5	5,1	6,7	9,6	10,9	15,4
Continua kVa (230 V CA) [kVa]	0,9	1,3	1,7	2,4	2,7	3,8
Intensidad de entrada máxima						
Continua (1 × 200-240 V) [A]	2,9	4,4	5,5	7,7	10,4	14,4
Intermitente (60 s de sobrecarga) [A]	4,6	7,0	8,8	12,3	16,6	23,0
Más especificaciones						
Sección transversal máxima del cable (red, motor, freno y carga compartida) [mm ² (AWG)]	4 (12)					
Pérdida de potencia estimada a carga nominal máxima [W] ¹⁾	37,7	46,2	56,2	76,8	97,5	121,6
Peso, clasificación de protección de alojamiento IP20 [kg (lb)]	2,3 (5,1)	2,3 (5,1)	2,3 (5,1)	2,3 (5,1)	2,3 (5,1)	2,5 (5,5)
Rendimiento [%] ²⁾	94,4	95,1	95,1	95,3	95,0	95,4

Tabla 7.4 Fuente de alimentación de red 1 × 200-240 V CA

1) La pérdida de potencia típica es en condiciones de carga nominal y se espera que esté dentro del ±15 % (la tolerancia está relacionada con la variedad en las condiciones de cable y tensión).

Los valores están basados en el rendimiento típico de un motor (en el límite de IE2 / IE3). Los motores que tienen un rendimiento inferior contribuyen a la pérdida de potencia del convertidor de frecuencia y los motores con mayor rendimiento reducen dicha pérdida de frecuencia. Se aplica para dimensionar la refrigeración del convertidor de frecuencia. Si la frecuencia de conmutación es superior a los ajustes predeterminados, en ocasiones las pérdidas de potencia aumentan. Se incluyen los consumos de energía habituales del LCP y de la tarjeta de control. Otras opciones y la carga del cliente pueden sumar hasta 30 W a las pérdidas (aunque normalmente solo serán 4 W adicionales por un fieldbus o una tarjeta de control a plena carga).

Para conocer los datos de pérdida de potencia conforme a la norma EN 50598-2, consulte www.danfoss.com/vltenergyefficiency.

2) Se mide utilizando cables de motor apantallados de 50 m (164 ft) y en condiciones de carga y frecuencia nominales. 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.

7.2 Fuente de alimentación de red

Mains supply (L1/N, L2/L, L3)

Supply terminals	(L1/N, L2/L, L3)
Supply voltage	380–480 V: -15% (-25%) ¹⁾ to +10%
Supply voltage	200–240 V: -15% (-25%) ¹⁾ to +10%

1) The frequency converter can run at -25% input voltage with reduced performance. The maximum output power of the frequency converter is 75% if input voltage is -25%, and 85% if input voltage is -15%.

Full torque cannot be expected at mains voltage lower than 10% below the lowest rated supply voltage of the frequency converter.

Supply frequency	50/60 Hz ±5%
Maximum imbalance temporary between mains phases	3.0% of rated supply voltage
True power factor (λ)	≥0.9 nominal at rated load
Displacement power factor (cos ϕ)	Near unity (>0.98)
Switching on input supply (L1/N, L2/L, L3) (power-ups) ≤7.5 kW (10 hp)	Maximum 2 times/minute
Switching on input supply (L1/N, L2/L, L3) (power-ups) 11–22 kW (15–30 hp)	Maximum 1 time/minute

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
Frec. de salida	0-500 Hz
Frecuencia de salida en modo VVC ⁺	0-200 Hz
Interruptor en la salida	Ilimitada
Tiempo de rampa	0,01–3600 s

Características de par

Par de arranque (par constante)	Máximo del 160 % durante 60 s ¹⁾
Par de sobrecarga (par constante)	Máximo del 160 % durante 60 s ¹⁾
Corriente de arranque	Máximo del 200 % durante 1 s
Tiempo de subida de par en modo VVC ⁺ (independiente de f_{sw})	Máximo de 50 ms

1) Porcentaje relativo al par nominal.

7.4 Condiciones ambientales

Condiciones ambientales

Clase IP	IP20
Prueba de vibración para todos los tipos de protección	1,14 g
Humedad relativa	5-95 % (CEI 721-3-3; clase 3K3 [sin condensación]) durante el funcionamiento
Temperatura ambiente (en el modo de conmutación DPWM)	
- con reducción de potencia	Máximo 55 °C (131 °F) ¹⁾²⁾³⁾
- a plena intensidad de salida constante	Máximo 45 °C (113 °F) ⁴⁾
Temperatura ambiente mínima durante el funcionamiento a escala completa	0 °C (32 °F)
Temperatura ambiente mínima con rendimiento reducido	-10 °C (14 °F)
Temperatura durante el almacenamiento/transporte	-25 a +65/70 °C (-13 a +149/158 °F)
Altitud máxima sobre el nivel del mar sin reducción de potencia	1000 m (3280 ft)
Altitud máxima sobre el nivel del mar con reducción de potencia	3000 m (9243 ft)
Normas CEM, emisión	EN 61800-3, EN 61000-3-2, EN 61000-3-3, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12, EN 61000-6-3/4, EN 55011 y CEI 61800-3
Normas CEM, inmunidad	EN 61800-3, EN 61000-6-1/2, EN 61000-4-2, EN 61000-4-3
Clase de rendimiento energético ⁵⁾	EN 61000-4-4, EN 61000-4-5, EN 61000-4-6 y EN 61326-3-1
	IE2

1) Consulte el capítulo 7.12 Condiciones especiales para:

- Reducción de potencia por temperatura ambiente alta.
- Reducción de potencia por altitud elevada.

2) En los modelos PROFIBUS, PROFINET y Ethernet/IP del VLT® Midi Drive FC 280, para evitar que la tarjeta de control se sobrecaliente, no realice la carga completa de las E/S digitales/analógicas a una temperatura ambiente superior a 45 °C (113 °F).

3) La temperatura ambiente máxima del K152 con reducción de potencia es de 50 °C (122 °F).

4) La temperatura ambiente máxima del K152 a intensidad de salida constante es de 40 °C (104 °F).

5) 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.
- Tipo abierto: temperatura del aire circundante de 45 °C (113 °F).
- Tipo 1 (kit NEMA): temperatura ambiente de 45 °C (113 °F).

7.5 Especificaciones del cable

Longitudes y secciones transversales del cable¹⁾

Longitud máxima del cable de motor, apantallado	50 m (164 ft)
Longitud máxima del cable de motor, sin apantallar	75 m (246 ft)
Sección transversal máxima de los terminales de control, cable rígido/flexible	2,5 mm ² /14 AWG
Sección transversal mínima de los terminales de control	0,55 mm ² / 30 AWG
Máxima longitud del cable de entrada de STO, cable no apantallado	20 m (66 ft)

1) Para obtener detalles sobre los cables de alimentación, consulte las tablas de la Tabla 7.1, Tabla 7.2, Tabla 7.3 a la Tabla 7.4.

7.6 Entrada/salida de control y datos de control

Entradas digitales

Número de terminal	18, 19, 27 ¹⁾ , 29, 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	>19 V CC
Nivel de tensión, 1 lógico NPN	<14 V CC
Tensión máxima de entrada	28 V CC
Rango de frecuencia de pulsos	4-32 kHz
(Ciclo de trabajo) anchura de impulsos mínima	4,5 ms
Resistencia de entrada, R _i	Aproximadamente 4 kΩ

1) El terminal 27 también puede programarse como salida.

Entradas de STO

Número de terminal	37, 38
Nivel de tensión	0-30 V CC
Nivel de tensión, bajo	<1,8 V CC
Nivel de tensión, alto	>20 V CC
Tensión máxima de entrada	30 V CC
Intensidad de entrada mínima (cada patilla)	6 mA

Entradas analógicas

N.º de entradas analógicas	2
Número de terminal	53 ¹⁾ , 54
Modos	Tensión o corriente
Selección de modo	Software

Nivel de tensión	0-10 V
Resistencia de entrada, R_i	Aproximadamente 10 k Ω
Tensión máxima	De -15 V a +20 V
Nivel de corriente	De 0/4 a 20 mA (escalable)
Resistencia de entrada, R_i	Aproximadamente 200 Ω
Corriente máxima	30 mA
Resolución de entradas analógicas	11 bits
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.

1) El terminal 53 solo acepta el modo de tensión y también puede usarse como entrada digital.

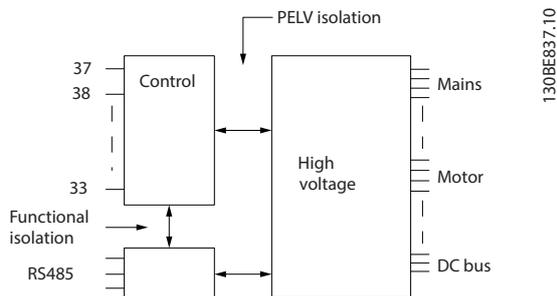


Ilustración 7.1 Aislamiento galvánico

AVISO!

ALTITUD ELEVADA

Para la instalación en altitudes superiores a 2000 m (6562 ft), póngase en contacto con el servicio de atención telefónica de Danfoss en relación con los requisitos de PELV.

Pulse inputs

Programmable pulse inputs	2
Terminal number pulse	29, 33
Maximum frequency at terminal 29, 33	32 kHz (push-pull driven)
Maximum frequency at terminal 29, 33	5 kHz (open collector)
Minimum frequency at terminal 29, 33	4 Hz
Voltage level	See the section on digital input
Maximum voltage on input	28 V DC
Input resistance, R_i	Approximately 4 k Ω
Pulse input accuracy	Maximum error: 0.1% of full scale

Salidas digitales

Salidas digitales / de pulsos programables	1
Número de terminal	27 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 k Ω
Carga capacitiva máxima en salida de frecuencia	10 nF
Frecuencia de salida mín. en salida de frecuencia	4 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 en la salida de frecuencia	10 bits

1) El terminal 27 también puede programarse como una entrada.

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

Salidas analógicas

Número de salidas analógicas programables	1
Número de terminal	42
Rango de intensidad en la salida analógica	0/4-20 mA
Carga de resistencia máxima a común en la salida analógica	500 Ω
Precisión en la salida analógica	Error máximo: 0,8 % de escala completa
Resolución en la salida analógica	10 bits

La salida analógica 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
Carga máxima	100 mA

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

Tarjeta de control, salida de +10 V CC

Número de terminal	50
Tensión de salida	10,5 V ±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.

Tarjeta de control, comunicación serie RS485

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

El circuito de comunicación serie RS485 está galvánicamente aislado de la tensión de alimentación (PELV).

Tarjeta de control, comunicación serie USB

USB estándar	1,1 (velocidad máxima)
Conector USB	Conector 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.

Salidas de relé

Salidas de relé programables	1
Relé 01	01-03 (NC), 01-02 (NO)
Máxima carga del terminal (CA-1) ¹⁾ en 01-02 (NO) (carga resistiva)	250 V CA, 3 A
Máxima carga del terminal (CA-15) ¹⁾ en 01-02 (NO) (carga inductiva a cosφ 0,4)	250 V CA, 0,2 A
Máxima carga del terminal (CC-1) ¹⁾ en 01-02 (NO) (carga resistiva)	30 V CC, 2 A
Máxima carga del terminal (CC-13) ¹⁾ en 01-02 (NO) (carga inductiva)	24 V CC, 0,1 A
Máxima carga del terminal (CA-1) ¹⁾ en 01-03 (NC) (carga resistiva)	250 V CA, 3 A
Máxima carga del terminal (CA-15) ¹⁾ en 01-03 (NC) (carga inductiva a cosφ 0,4)	250 V CA, 0,2 A
Máxima carga del terminal (CC-1) ¹⁾ en 01-03 (NC) (carga resistiva)	30 V CC, 2 A
Carga mínima del terminal en 01-03 (NC), 01-02 (NO)	24 V CC 10 mA, 24 V CA 20 mA

1) CEI 60947 partes 4 y 5.

Los contactos del relé están galvánicamente aislados con respecto al resto del circuito con un aislamiento reforzado.

Rendimiento de la tarjeta de control

Intervalo de exploración	1 ms
--------------------------	------

Características de control

Resolución de la frecuencia de salida a 0-500 Hz	±0,003 Hz
Tiempo de respuesta del sistema (terminales 18, 19, 27, 29, 32 y 33)	≤2 ms
Rango de control de velocidad (lazo abierto)	1:100 de velocidad síncrona
Precisión de velocidad (lazo abierto)	±0,5 % de la velocidad nominal
Precisión de velocidad (lazo cerrado)	±0,1 % de la velocidad nominal

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

7.7 Pares de apriete de conexión

Asegúrese de utilizar los pares correctos para apretar las conexiones eléctricas. Un par demasiado alto o demasiado bajo puede causar problemas de conexión eléctrica. Para asegurar la aplicación del par de apriete correcto, utilice una llave dinamométrica. El tipo de destornillador de ranura recomendado es SZ5 0,6 × 3,5 mm.

Tipo de alojamiento	Potencia [kW (CV)]	Par [Nm (in-lb)]					
		Red	Motor	Conexión de CC	Freno	Tierra	Control/relé
K1	0,37–2,2 (0,5–3,0)	0,8 (7,1)	0,8 (7,1)	0,8 (7,1)	0,8 (7,1)	1,6 (14,2)	0,5 (4,4)
K2	3,0–5,5 (4,0–7,5)	0,8 (7,1)	0,8 (7,1)	0,8 (7,1)	0,8 (7,1)	1,6 (14,2)	0,5 (4,4)
K3	7,5 (10)	0,8 (7,1)	0,8 (7,1)	0,8 (7,1)	0,8 (7,1)	1,6 (14,2)	0,5 (4,4)
K4	11–15 (15–20)	1,2 (10,6)	1,2 (10,6)	1,2 (10,6)	1,2 (10,6)	1,6 (14,2)	0,5 (4,4)
K5	18,5–22 (25–30)	1,2 (10,6)	1,2 (10,6)	1,2 (10,6)	1,2 (10,6)	1,6 (14,2)	0,5 (4,4)

Tabla 7.5 Pares de apriete

7.8 Fusibles y magnetotérmicos

Utilice fusibles y/o magnetotérmicos en el lado de la fuente de alimentación para proteger de lesiones al personal de mantenimiento y evitar daños en los equipos en caso de avería de los componentes internos del convertidor de frecuencia (primer fallo).

Protección de circuito derivado

Proteja todos los circuitos derivados de las instalaciones (incluidos los aparatos de conmutación y las máquinas) frente a cortocircuitos y sobrecorrientes conforme a las normativas nacionales e internacionales.

AVISO!

La protección integral de estado sólido contra cortocircuitos no proporciona protección de circuito derivado. Suministre la debida protección de circuito derivado conforme a las normativas y reglamentos locales y nacionales.

En la *Tabla 7.6* se enumeran los fusibles y magnetotérmicos recomendados que han sido probados.

PRECAUCIÓN

RIESGO DE LESIONES PERSONALES Y DE DAÑOS EN EL EQUIPO

Un mal funcionamiento o el incumplimiento de estas recomendaciones podrían dar lugar a riesgos personales y a daños en el convertidor de frecuencia u otros equipos.

- Seleccione los fusibles conforme a las recomendaciones. Los daños potenciales pueden limitarse al interior del convertidor de frecuencia.

AVISO!

DAÑOS MATERIALES

El uso de fusibles y/o magnetotérmicos es obligatorio para garantizar la conformidad con la norma CEI 60364 para CE. El incumplimiento de las recomendaciones de protección podría causar daños en el convertidor de frecuencia.

Danfoss recomienda el uso de fusibles y magnetotérmicos en el *Tabla 7.6* para garantizar la conformidad con las normas UL o CEI 61800-5-1. En aplicaciones que no sean UL, deben utilizarse magnetotérmicos diseñados para proteger un circuito capaz de suministrar un máximo de 50 000 A_{rms} (simétricos), 400 V. La intensidad nominal de cortocircuito (SCCR) del convertidor es adecuada para su uso en circuitos capaces de suministrar un máximo de 100 000 A_{rms} , a un máximo de 480 V, con protección mediante fusibles T-Class.

Tamaño del alojamiento	Potencia [kW (CV)]	Fusible no conforme con UL	Magnetotérmico no conforme con UL	Fusible conforme con UL
K1	0,37 (0,5)	gG-10	PKZM0-16	JJS-3
	0,55-0,75 (0,74-1,0)			JJS-6
	1,1-1,5 (1,48-2,0)	gG-20		JJS-10
	2,2 (3,0)			JJS-15
K2	3,0-5,5 (4,0-7,5)	gG-25	PKZM0-20	JJS-25
K3	7,5 (10)	gG-25	PKZM0-25	JJS-25
K4	11-15 (15-20)	gG-50	-	JJS-50
K5	18,5-22 (25-30)	gG-80	-	JJS-80

Tabla 7.6 Fusible y magnetotérmico, 380-480 V

7.9 Rendimiento

Rendimiento de los convertidores de frecuencia (η_{VLT})

La carga del convertidor de frecuencia apenas influye en su rendimiento. En general, el rendimiento es el mismo a la frecuencia nominal del motor $f_{M, N}$. Esta regla se aplicará si el motor suministra el 100 % del par nominal en el eje o solo el 75 %, por ejemplo, en caso de cargas parciales.

Esto significa que el rendimiento del convertidor de frecuencia no cambia, aunque se elijan 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 al valor predeterminado. El rendimiento también se reduce ligeramente si la tensión de red es de 480 V o si el cable de motor tiene más de 30 m (98,4 ft) de longitud.

Cálculo del rendimiento del convertidor de frecuencia

Calcule el rendimiento del convertidor de frecuencia a diferentes cargas basándose en la *Ilustración 7.2*. Multiplique el factor de la *Ilustración 7.2* por el factor de rendimiento específico indicado en las tablas de especificaciones del *capítulo 7.1 Datos eléctricos*:

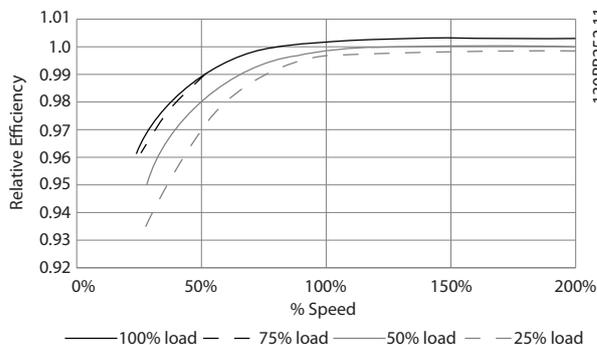


Ilustración 7.2 Curvas de rendimiento típico

Rendimiento del motor (η_{MOTOR})

El rendimiento de un motor conectado al convertidor de frecuencia depende del nivel de magnetización. En general, el rendimiento es igual de bueno que si funcionara conectado a la red. 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.

En los motores pequeños, la influencia de la característica U/f sobre el rendimiento es mínima. Sin embargo, en

motores a partir de 11 kW (14,8 CV) se obtienen ventajas considerables.

En general, la frecuencia de conmutación no afecta al rendimiento de los motores pequeños. Los motores de 11 kW (14,8 CV) y superiores obtienen un rendimiento mejorado (1-2 %) porque la forma senoidal de la intensidad del motor es casi perfecta a una frecuencia de conmutación alta.

Rendimiento del sistema (η_{SISTEMA})

Para calcular el rendimiento del sistema, el rendimiento del convertidor de frecuencia (η_{VLT}) se multiplica por el rendimiento del motor (η_{MOTOR}):

$$\eta_{\text{SISTEMA}} = \eta_{\text{VLT}} \times \eta_{\text{MOTOR}}$$

7.10 Ruido acústico

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

- Bobinas del circuito intermedio de CC.
- El ventilador incorporado.
- La bobina de choque del filtro RFI.

Valores habituales calculados a una distancia de 1 m (3,3 ft) de la unidad:

Tamaño del envoltorio [kW (CV)]	80 % de la velocidad del ventilador [dBA]	Velocidad de ventilador máxima [dBA]	Ruido de fondo
K1 0,37-2,2 (0,5-3,0)	41,4	42,7	33
K2 3,0-5,5 (4,0-7,5)	50,3	54,3	32,9
K3 7,5 (10)	51	54,2	33
K4 11-15 (15-20)	59	61,1	32,9
K5 18,5-22 (25-30)	64,6	65,6	32,9

Tabla 7.7 Valores habituales calculados

7.11 Condiciones dU/dt

Cuando se conmuta un transistor en el puente del convertidor de frecuencia, la tensión aplicada al motor se incrementa según una relación dU/dt que depende de los siguientes factores:

- El tipo del cable de motor.
- La sección transversal del cable de motor.
- La longitud del cable de motor.
- Si el cable de motor está apantallado o no.
- La inductancia.

La inducción natural produce una sobremodulación U_{PICO} en la tensión del motor antes de que se autoestabilice en un nivel dependiente de la tensión en el enlace de CC. Tanto el tiempo de subida como la tensión pico U_{PICO} influyen en la vida útil del motor. Si la tensión pico es demasiado alta, esto afectará a los motores sin aislamiento de fase en la bobina. Cuanto más largo sea el cable de motor, mayores serán el tiempo de subida y la tensión pico.

La conmutación de los dispositivos IGBT produce tensión pico en los terminales del motor. El FC 280 cumple con las especificaciones de la norma CEI 60034-25 en relación con los motores diseñados para ser controlados mediante convertidores de frecuencia. El FC 280 cumple también con la norma CEI 60034-17 relativa a los motores Norm controlados por convertidores de frecuencia.

Los siguientes datos dU/dt se miden en el lado del terminal del motor:

Longitud del cable [m (ft)]	Tensión de red [V]	Tiempo de subida [μs]	U_{PICO} [kV]	dU/dt [kV/ μs]
5 (16,4)	400	0,0904	0,718	6,41
50 (164)	400	0,292	1,05	2,84
5 (16,4)	480	0,108	0,835	6,20
50 (164)	480	0,32	1,25	3,09

Tabla 7.8 Datos dU/dt para el FC 280, 2,2 kW (3,0 CV), 3 x 380-480 V

Longitud del cable [m (ft)]	Tensión de red [V]	Tiempo de subida [μs]	U_{PICO} [kV]	dU/dt [kV/ μs]
5 (16,4)	400	0,096	0,632	5,31
50 (164)	400	0,306	0,99	2,58
5 (16,4)	480	0,118	0,694	4,67
50 (164)	480	0,308	1,18	3,05

Tabla 7.9 Datos dU/dt para el FC 280, 5,5 kW (7,5 CV), 3 x 380-480 V

Longitud del cable [m (ft)]	Tensión de red [V]	Tiempo de subida [μs]	U_{PICO} [kV]	dU/dt [kV/ μs]
5 (16,4)	400	0,128	0,732	4,54
50 (164)	400	0,354	1,01	2,27
5 (16,4)	480	0,134	0,835	5,03
50 (164)	480	0,36	1,21	2,69

Tabla 7.10 Datos dU/dt para el FC 280, 7,5 kW (10 CV), 3 x 380-480 V

Longitud del cable [m (ft)]	Tensión de red [V]	Tiempo de subida [µs]	U _{PICO} [kV]	dU/dt [kV/µs]
5 (16,4)	400	0,26	0,84	2,57
50 (164)	400	0,738	1,07	1,15
5 (16,4)	480	0,334	0,99	2,36
50 (164)	480	0,692	1,25	1,44

Tabla 7.11 Datos dU/dt para el FC 280, 15 kW (20 CV), 3 × 380-480 V

Longitud del cable [m (ft)]	Tensión de red [V]	Tiempo de subida [µs]	U _{PICO} [kV]	dU/dt [kV/µs]
5 (16,4)	400	0,258	0,652	2,01
50 (164)	400	0,38	1,03	2,15
5 (16,4)	480	0,258	0,752	2,34
50 (164)	480	0,4	1,23	2,42

Tabla 7.12 Datos dU/dt para el FC 280, 22 kW (30 CV), 3 × 380-480 V

Longitud del cable [m (ft)]	Tensión de red [V]	Tiempo de subida [µs]	U _{PICO} [kV]	dU/dt [kV/µs]
5 (16,4)	240	0,0712	0,484	5,44
50 (164)	240	0,224	0,594	2,11

Tabla 7.13 Datos dU/dt para el FC 280, 1,5 kW (2,0 CV), 3 × 200-240 V

Longitud del cable [m (ft)]	Tensión de red [V]	Tiempo de subida [µs]	U _{PICO} [kV]	dU/dt [kV/µs]
5 (16,4)	240	0,072	0,468	5,25
50 (164)	240	0,208	0,592	2,28

Tabla 7.14 Datos dU/dt para el FC 280, 2,2 kW (3,0 CV), 3 × 200-240 V

Longitud del cable [m (ft)]	Tensión de red [V]	Tiempo de subida [µs]	U _{PICO} [kV]	dU/dt [kV/µs]
5 (16,4)	240	0,092	0,526	4,56
50 (164)	240	0,28	0,6	1,72

Tabla 7.15 Datos dU/dt para el FC 280, 3,7 kW (5,0 CV), 3 × 200-240 V

Longitud del cable [m (ft)]	Tensión de red [V]	Tiempo de subida [µs]	U _{PICO} [kV]	dU/dt [kV/µs]
5 (16,4)	240	0,088	0,414	3,79
50 (164)	240	0,196	0,593	2,41

Tabla 7.16 Datos dU/dt para el FC 280, 1,5 kW (2,0 CV), 1 × 200-240 V

Longitud del cable [m (ft)]	Tensión de red [V]	Tiempo de subida [µs]	U _{PICO} [kV]	dU/dt [kV/µs]
5 (16,4)	240	0,112	0,368	2,64
50 (164)	240	0,116	0,362	2,51

Tabla 7.17 Datos dU/dt para el FC 280, 2,2 kW (3,0 CV), 1 × 200-240 V

7.12 Condiciones especiales

En determinadas condiciones especiales, en las que se pone el funcionamiento del convertidor de frecuencia en una situación difícil, valore la posibilidad de una reducción de potencia. En algunas condiciones, la reducción de potencia debe hacerse manualmente.

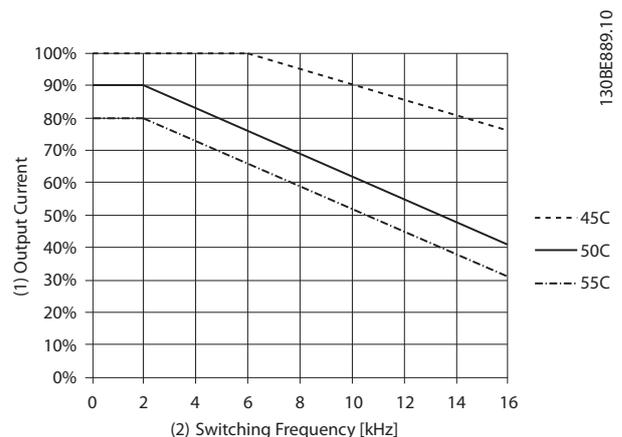
En otras, el convertidor de frecuencia efectúa automáticamente un cierto grado de reducción de potencia cuando es necesario. La reducción de potencia se efectúa para garantizar el rendimiento en fases críticas en las que la alternativa podría ser una desconexión.

7

7.12.1 Reducción de potencia manual

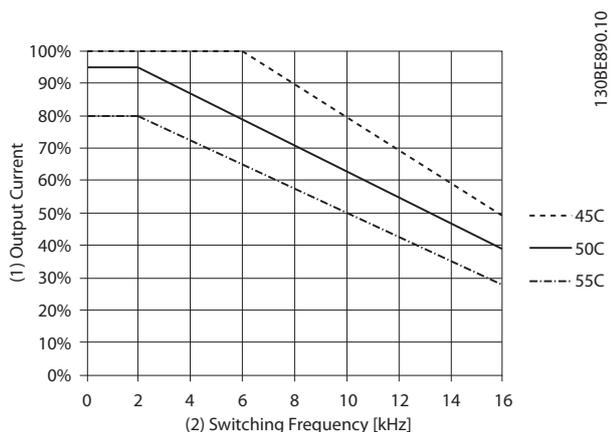
La reducción de potencia manual debe tenerse en cuenta para:

- Presión atmosférica: para la instalación en altitudes superiores a 1000 m (3281 ft).
- Velocidad del motor: en funcionamiento continuo con r/min bajas en aplicaciones de par constante.
- Temperatura ambiente: por encima de 45 °C (113 °F). Para obtener información más detallada, consulte las ilustraciones de la Ilustración 7.3 a la Ilustración 7.12.



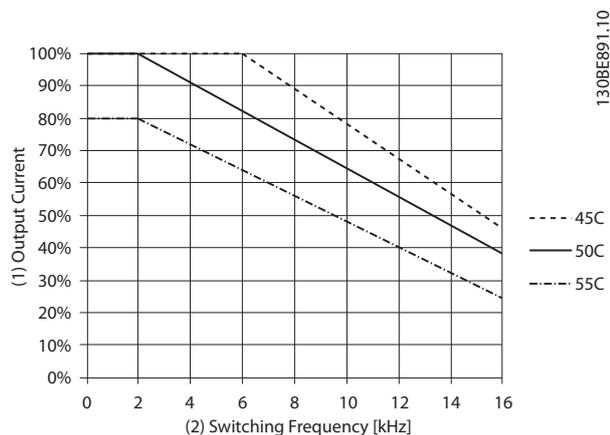
(1)	Intensidad de salida
(2)	Frecuencia de conmutación [kHz]

Ilustración 7.3 Curva de reducción de potencia K1T4



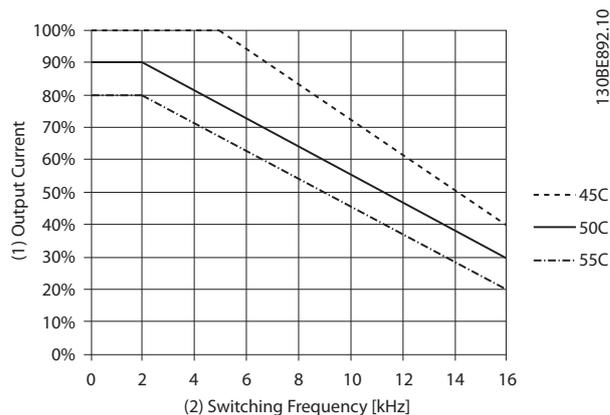
(1)	Intensidad de salida
(2)	Frecuencia de conmutación [kHz]

Ilustración 7.4 Curva de reducción de potencia K2T4



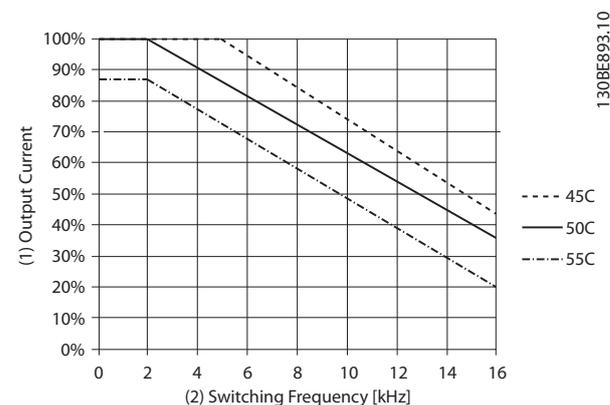
(1)	Intensidad de salida
(2)	Frecuencia de conmutación [kHz]

Ilustración 7.5 Curva de reducción de potencia K3T4



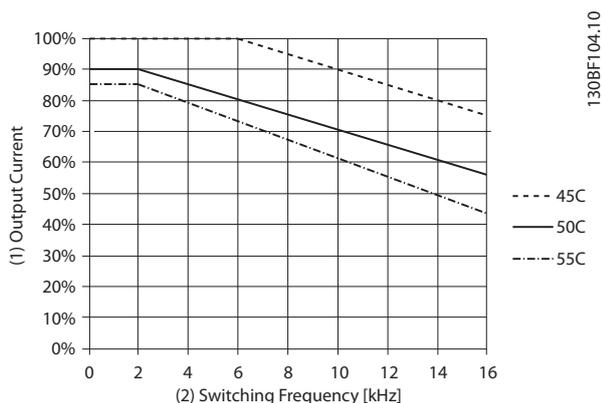
(1)	Intensidad de salida
(2)	Frecuencia de conmutación [kHz]

Ilustración 7.6 Curva de reducción de potencia K4T4



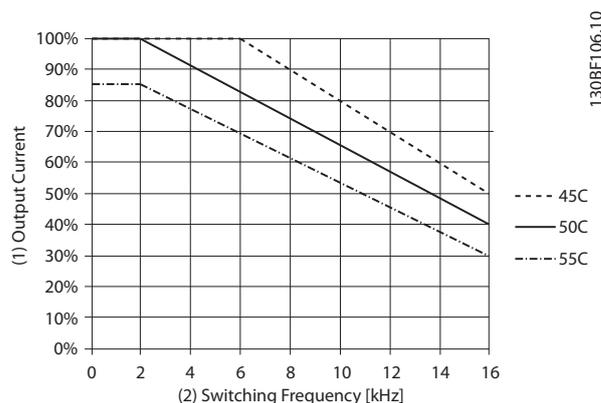
(1)	Intensidad de salida
(2)	Frecuencia de conmutación [kHz]

Ilustración 7.7 Curva de reducción de potencia K5T4



(1)	Intensidad de salida
(2)	Frecuencia de conmutación [kHz]

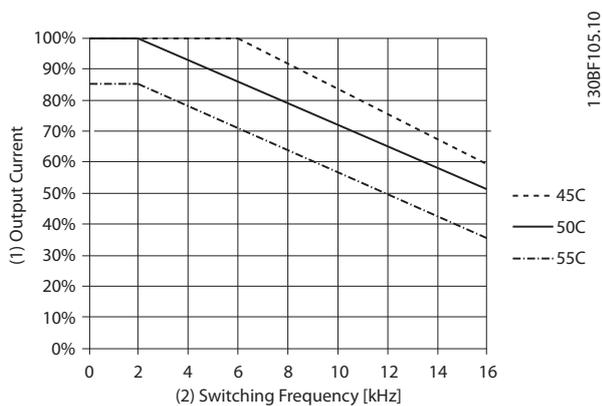
Ilustración 7.8 Curva de reducción de potencia K1T2



(1)	Intensidad de salida
(2)	Frecuencia de conmutación [kHz]

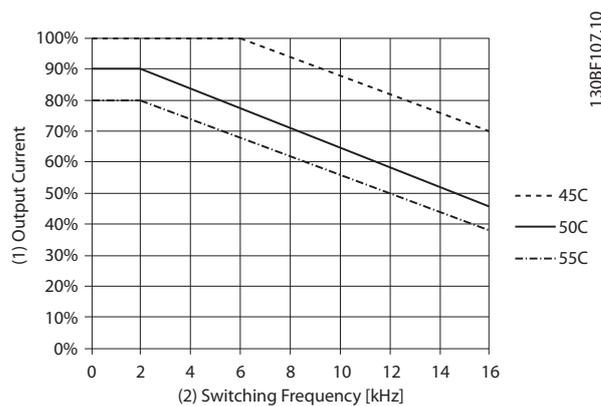
Ilustración 7.10 Curva de reducción de potencia K3T2

7



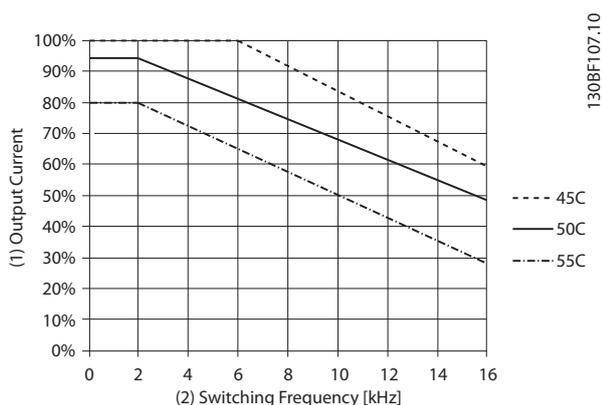
(1)	Intensidad de salida
(2)	Frecuencia de conmutación [kHz]

Ilustración 7.9 Curva de reducción de potencia K2T2



(1)	Intensidad de salida
(2)	Frecuencia de conmutación [kHz]

Ilustración 7.11 Curva de reducción de potencia K1S2



(1)	Intensidad de salida
(2)	Frecuencia de conmutación [kHz]

Ilustración 7.12 Curva de reducción de potencia K2S2

7

AVISO!

La frecuencia de conmutación nominal es de 6 kHz para K1-K3 y de 5 kHz para K4-K5.

7.12.2 Reducción de potencia automática

El convertidor de frecuencia comprueba constantemente los niveles críticos:

- Temperatura alta crítica en el disipador térmico.
- Carga del motor alta.
- Velocidad del motor baja.
- Las señales de protección (sobretensión / baja tensión, sobrecorriente, fallo de conexión a tierra y cortocircuito) están activadas.

Como respuesta a un nivel crítico, el convertidor de frecuencia ajusta la frecuencia de conmutación.

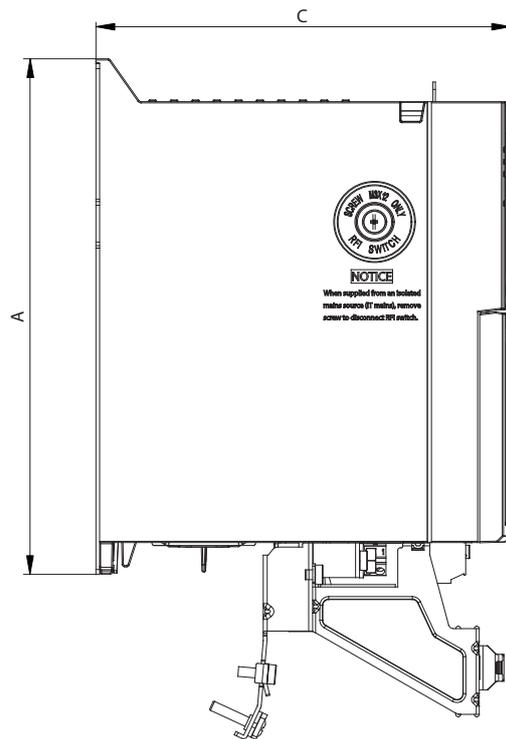
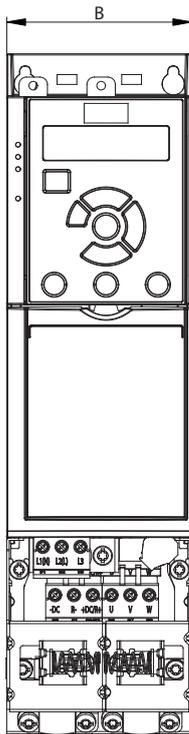
7.13 Tamaños de los alojamientos, potencias de salida y dimensiones

	Tamaño del alojamiento	K1					K2			K3	K4		K5		
		0,37	0,55	0,75	1,1	1,5	2,2			-	-	-			
Potencia [kW]	Monofásico 200-240 V	0,37	0,55	0,75	1,1	1,5	2,2			-	-	-			
	Trifásico 200-240 V	0,37	0,55	0,75	1,1	1,5	2,2			3,7	-	-			
	Trifásico 380-480 V	0,37	0,55	0,75	1,1	1,5	2,2	3	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22
Dimensiones [mm (in)]	FC 280 IP20														
	Altura A	210 (8,3)					272,5 (10,7)			272,5 (10,7)	317,5 (12,5)	410 (16,1)			
	Anchura B	75 (3,0)					90 (3,5)			115 (4,5)	133 (5,2)	150 (5,9)			
	Profundidad C	168 (6,6)					168 (6,6)			168 (6,6)	245 (9,6)	245 (9,6)			
	FC 280 con kit IP21														
	Altura A	338,5 (13,3)					395 (15,6)			395 (15,6)	425 (16,7)	520 (20,5)			
	Anchura B	100 (3,9)					115 (4,5)			130 (5,1)	153 (6,0)	170 (6,7)			
	Profundidad C	183 (7,2)					183 (7,2)			183 (7,2)	260 (10,2)	260 (10,2)			
	FC 280 con kit NEMA tipo 1														
	Altura A	294 (11,6)					356 (14)			357 (14,1)	391 (15,4)	486 (19,1)			
	Anchura B	75 (3,0)					90 (3,5)			115 (4,5)	133 (5,2)	150 (5,9)			
	Profundidad C	168 (6,6)					168 (6,6)			168 (6,6)	245 (9,6)	245 (9,6)			
Peso [kg (lb)]		2,5 (5,5)					3,6 (7,9)			4,6 (10,1)	8,2 (18,1)	11,5 (25,4)			
Agujeros de montaje [mm (in)]	a	198 (7,8)					260 (10,2)			260 (10,2)	297,5 (11,7)	390 (15,4)			
	b	60 (2,4)					70 (2,8)			90 (3,5)	105 (4,1)	120 (4,7)			
	c	5 (0,2)					6,4 (0,25)			6,5 (0,26)	8 (0,32)	7,8 (0,31)			
	d	9 (0,35)					11 (0,43)			11 (0,43)	12,4 (0,49)	12,6 (0,5)			
	e	4,5 (0,18)					5,5 (0,22)			5,5 (0,22)	6,8 (0,27)	7 (0,28)			
	f	7,3 (0,29)					8,1 (0,32)			9,2 (0,36)	11 (0,43)	11,2 (0,44)			

7

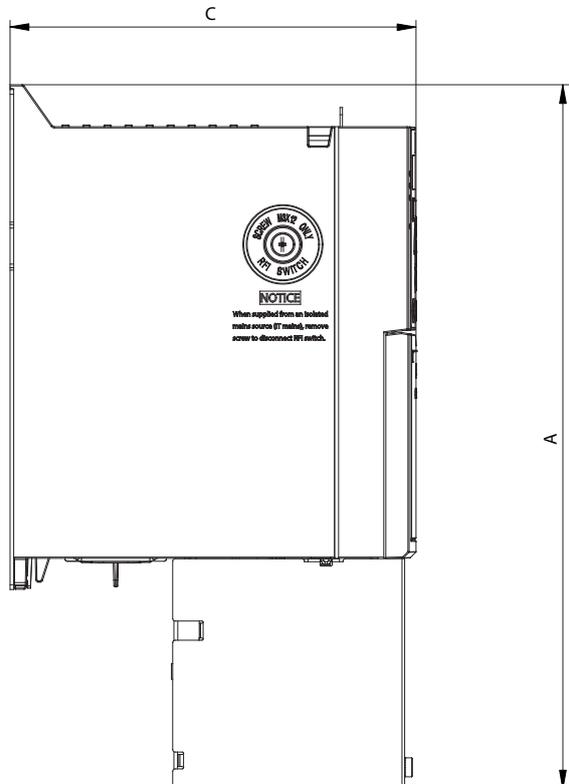
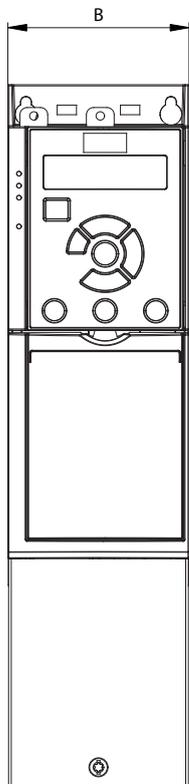
Tabla 7.18 Tamaños de los alojamientos, potencias de salida y dimensiones

7



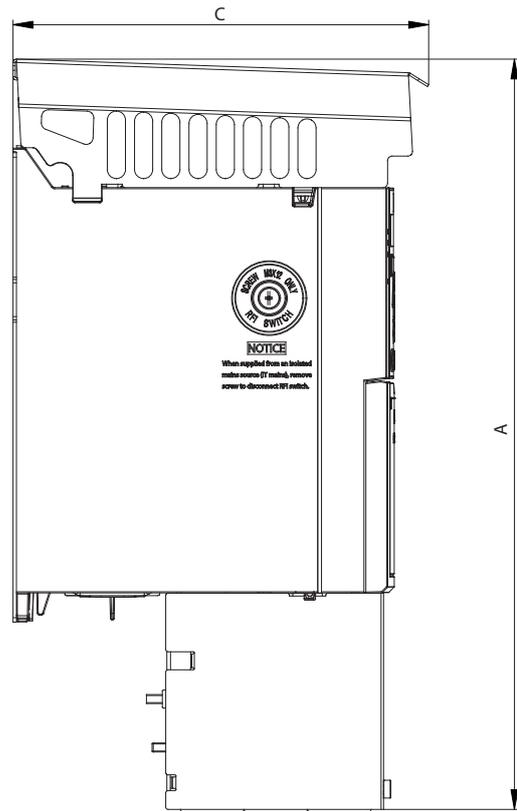
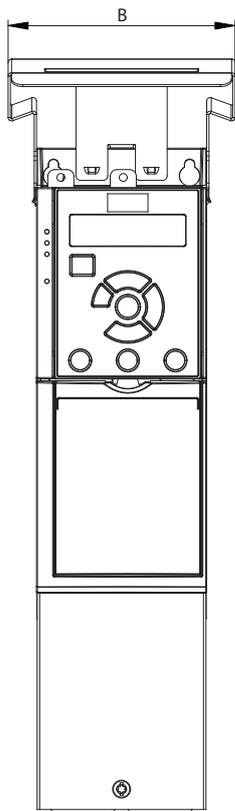
130BE844.10

Ilustración 7.13 Estándar con placa de desacoplamiento



130BE846.10

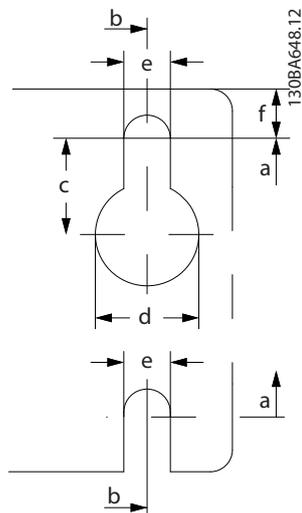
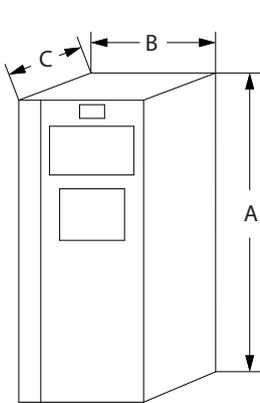
Ilustración 7.14 Estándar con IP21



1308E845.10

7

Ilustración 7.15 Estándar con NEMA/Tipo 1



1308A648.12

Ilustración 7.16 Agujeros de montaje superiores e inferiores

Índice

A

Adaptación automática del motor.....	6
Ajuste de hardware.....	55
Alimentación	
Corte de red.....	41
Datos de la fuente de alimentación.....	78
Fuente de alimentación.....	7
AMA.....	6
AMA with T27 connected.....	44

C

CEI 61800-3.....	15, 80
CEM.....	80
Ciclo de potencia.....	7
Ciclo de trabajo intermitente.....	7
Circuito intermedio.....	41, 86
Clase de rendimiento energético.....	80
Código de estado.....	70
Código de excepción Modbus.....	65
Código de función.....	64
Compensación de deslizamiento.....	8
Comunicación Modbus.....	55
Comunicación serie.....	6, 83
Condiciones ambientales.....	80
Condiciones de funcionamiento extremas.....	41
Condiciones especiales.....	87
Conexión a tierra.....	13, 14
Conexión de red.....	55
Configuración de red.....	61
Conformidad	
Listado como UL.....	9
Conmutación en la salida.....	41
Control	
Cableado.....	16
Característica.....	84
Código de control.....	69
Control de corriente interna, modo VVC+.....	19
Control de PID de procesos.....	28
Control de PID de velocidad.....	25
Corriente de fuga.....	37
Corriente nominal del motor.....	6
Cortocircuito.....	41

D

Desconexión.....	8
Dimensión del cable.....	13

Directiva CEM.....	8
Directiva de máquinas.....	8
Directiva de tensión baja.....	8
Directiva, CEM.....	8
Directiva, Máquinas.....	8
Directiva, Tensión baja.....	8

E

Eficiencia energética.....	78, 79
Enganche arriba/abajo.....	21
Entrada	
Inv.....	14
Potencia.....	14
Terminal.....	14
Entrada de CA.....	14
Entradas	
Entrada analógica.....	6, 81
Entrada digital.....	19, 81
Estructura de control	
Lazo abierto.....	19
ETR.....	7, 42
	consulte también <i>Relé termoelectrónico</i>

F

Filtro RFI.....	15
Freno de CC.....	69
Freno de retención mecánico.....	38
Función de freno.....	40
Funcionamiento por inercia.....	69, 71
Fusible.....	84

I

IND.....	58
----------	----

Í

Índice (IND).....	58
-------------------	----

I

Inercia.....	5
Inputs	
Pulse input.....	82
Intensidad de salida.....	82
Introducción a la emisión CEM.....	33

L

Lazo abierto.....	84
LCP.....	5, 7, 19
Lectura de registros de retención (03 hex).....	67
Límite de referencia.....	21

Longitud del cable.....	81	Red	
Longitud del telegrama (LGE).....	57	aislada.....	15
M		de CA.....	14
Mains		Reducción de potencia.....	80
Supply (L1/N, L2/L, L3).....	80	Referencia analógica.....	22
Mantener frecuencia de salida.....	69	Referencia de bus.....	22
Mantener referencia.....	21	Referencia de pulsos.....	6, 22
Mantener salida.....	5	Referencia de velocidad.....	44
Marca CE.....	8	Referencia interna.....	22
Medidas de seguridad.....	9	Reiniciar alarma.....	19
Modbus RTU.....	60	Relé del cliente.....	51
Momento de inercia.....	41	Relé termoelectrónico.....	7
Motor		consulte también <i>ETR</i>	
Cable.....	13	Rendimiento.....	85
Fase del motor.....	41	Requisitos de inmunidad CEM.....	35
Protección térmica del motor.....	42, 71	Resistencia de frenado.....	6, 38, 74
Salida del motor.....	80	Resultado de las pruebas de CEM.....	34
Sobretensión generada por el motor.....	41	RS485	
Tensión del motor.....	86	Instalación y ajuste de la interfaz RS485.....	54
N		RS485.....	54, 56
Nivel de tensión.....	81	Ruido acústico.....	86
Normas y conformidad para STO.....	9	S	
Número de parámetro (PNU).....	58	Salida de relé.....	83
P		Salidas	
Par		Salida analógica.....	6, 83
Características de par.....	80	digitales.....	82
Control de par.....	17	Sección transversal.....	81
Par de apriete del terminal.....	84	SIL2.....	9
Par de arranque.....	6	SILCL de SIL2.....	9
PELV.....	46, 83	Sobrecarga estática en modo VVC+.....	42
PELV, tensión de protección muy baja.....	36	STO	
Perfil FC		Activación.....	50
Descripción general del protocolo.....	56	Datos técnicos.....	52
FC con Modbus RTU.....	56	Desactivación.....	50
Perfil FC.....	69	Mantenimiento.....	52
Personal cualificado.....	9	Prueba de puesta en servicio.....	51
PID de velocidad.....	17, 18	Rearranque automático.....	50, 51
Potencia de frenado.....	6, 40	Reinicio manual.....	50, 51
Precauciones de CEM.....	55	T	
Protección.....	36	Tarjeta de control	
Protección de circuito derivado.....	84	Comunicación serie RS485.....	83
R		Comunicación serie USB.....	83
RCD.....	7	Rendimiento.....	83
Realimentación analógica.....	22	Salida de +10 V CC.....	83
Realimentación por pulsos.....	22	Salida de 24 V CC.....	83
Recursos adicionales.....	5	Tecla de control del GLCP.....	19
		Tecla de control del NLCP.....	19
		Tensión de alimentación.....	83
		Termistor.....	8, 46

Tiempo de descarga.....	9
Tiempo de subida.....	86
Tipo de datos admitidos.....	59
Triángulo conectado a tierra.....	15
Triángulo flotante.....	15
V	
Velocidad del motor síncrono.....	6
Velocidad fija.....	5, 70
Velocidad nominal del motor.....	6
Visión general de Modbus RTU.....	60
VVC+.....	8, 18
Z	
Zona muerta.....	23
Zona muerta alrededor de cero.....	23



.....
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

