



# Руководство по проектированию VLT<sup>®</sup> AutomationDrive FC 360





## Оглавление

<b>1 Введение</b>	<b>5</b>
1.1 Как пользоваться этим Руководством по проектированию	5
1.1.1 Символы	5
1.1.2 Сокращения	5
1.2 Определения	6
1.2.1 Преобразователь частоты	6
1.2.2 Вход	6
1.2.3 Двигатель	6
1.2.4 Задания	7
1.2.5 Разное	7
1.3 Меры предосторожности	9
1.4 Версия документа и программного обеспечения	11
1.5 Маркировка CE	11
1.6 Влажность воздуха	13
<b>2 Обзор изделия</b>	<b>14</b>
2.1 Сведения о типах корпусов	14
2.2 Электрический монтаж	15
2.2.1 Общие требования	17
2.2.2 Требования к заземлению	17
2.2.2.1 Ток утечки (> 3,5 мА)	18
2.2.3 Подключения силовых кабелей, проводов двигателя и заземления	18
2.2.4 Подключение элементов управления	19
2.2.4.1 Доступ	19
2.2.4.2 Типы клемм управления	20
2.2.4.3 Функции клемм управления	21
2.2.4.4 Использование экранированных кабелей управления	21
2.3 Структуры управления	22
2.3.1 Принцип управления	22
2.3.2 Средства управления	22
2.3.3 Структура управления в VVC <sup>plus</sup>	23
2.3.4 Внутреннее регулирование тока в режиме VVC <sup>plus</sup>	24
2.3.5 Местное (Hand On) и дистанционное (Auto On) управление	24
2.4 Формирование задания	25
2.4.1 Пределы задания	26
2.4.2 Масштабирование предварительно установленных заданий и заданий для шины	27
2.4.3 Масштабирование заданий и сигналов ОС на аналоговом и импульсном входах	28
2.4.4 Зона нечувствительности около нуля	29

2.5 ПИД-регул.	32
2.5.1 ПИД-регулятор скор.	32
2.5.2 ПИД-регул. проц.	35
2.5.3 Параметры, относящиеся к регулятору процесса	35
2.5.4 Пример ПИД-регулятора процесса	37
2.5.5 Оптимизация регулятора процесса	39
2.5.6 Метод настройки Циглера — Николса	39
2.6 Общие вопросы ЭМС	41
2.6.1 Общие вопросы защиты от излучений в соответствии с требованиями ЭМС	41
2.6.2 Результаты испытаний ЭМС	42
2.6.3 Требования к помехоустойчивости	43
2.7 Гальваническая развязка (PELV)	44
2.7.1 PELV — Защитное сверхнизкое напряжение	44
2.8 Ток утечки на землю	44
2.9 Функции торможения	46
2.9.1 Механический удерживающий тормоз	46
2.9.2 Динамическое торможение	46
2.9.3 Выбор тормозного резистора	46
2.10 Интеллектуальный логический контроллер	48
2.11 Экстремальные условия работы	49
2.11.1 Тепловая защита двигателя	50
<b>3 Код типа и его выбор</b>	<b>51</b>
3.1 Заказ	51
3.1.1 Конфигуратор привода	52
3.2 Дополнительные устройства и принадлежности	52
3.3 Тормозные резисторы	53
3.3.1 Номера для заказа: тормозные резисторы 10 %	53
3.3.2 Номера для заказа: тормозные резисторы 40 %	54
<b>4 Технические характеристики</b>	<b>55</b>
4.1 Технические характеристики, зависящие от мощности	55
4.1.1 Питание от сети 3 x 380–480 В перем. тока	55
4.2 Общие технические требования	58
4.3 Технические характеристики предохранителей	63
4.3.1 Предохранители	63
4.3.2 Рекомендации	63
4.3.3 Соответствие требованиям ЕС	63
4.4 КПД	64
4.5 Акустический шум	64
4.6 Условия du/dt	64

4.7 Особые условия	66
4.7.1 Снижение номинальных характеристик вручную	66
4.7.2 Автоматическое снижение номинальных параметров	67
<b>5 Монтаж и настройка RS-485</b>	<b>68</b>
5.1 Введение	68
5.1.1 Краткое описание	68
5.1.2 Подключение сети	69
5.1.3 Настройки аппаратных средств преобразователя частоты	69
5.1.4 Настройка параметров преобразователя частоты для передачи по Modbus	69
5.1.5 Обеспечение ЭМС	69
5.2 Описание протокола FC	70
5.3 Конфигурация сети	70
5.4 Структура кадра сообщения по FC-протоколу	70
5.4.1 Состав символа (байта)	70
5.4.2 Структура телеграммы	71
5.4.3 Длина телеграммы (LGE)	71
5.4.4 Адрес преобразователя частоты (ADR)	71
5.4.5 Управляющий байт (BCC)	71
5.4.6 Поле данных	72
5.4.7 Поле PKE	73
5.4.8 Номер параметра (PNU)	73
5.4.9 Индекс (IND)	74
5.4.10 Значение параметра (PWE)	74
5.4.11 Типы данных, поддерживаемые преобразователем частоты	74
5.4.12 Преобразование	74
5.4.13 Слова состояния процесса (PCD)	75
5.5 Примеры	75
5.6 Краткое описание Modbus RTU	76
5.6.1 Допущения	76
5.6.2 Что уже должен знать пользователь	76
5.6.3 Краткое описание Modbus RTU	76
5.6.4 Преобразователь частоты с Modbus RTU	76
5.7 Конфигурация сети	77
5.8 Структура кадра сообщения Modbus RTU	77
5.8.1 Преобразователь частоты с Modbus RTU	77
5.8.2 Структура сообщения Modbus RTU	77
5.8.3 Поля начала/останова	77
5.8.4 Адресное поле	78
5.8.5 Поле функции	78
5.8.6 Поле данных	78

5.8.7 Поле контроля CRC	78
5.8.8 Адресация катушек и регистров	78
5.8.9 Управление преобразователем частоты	80
5.8.10 Коды функций, поддерживаемые Modbus RTU	81
5.8.11 Исключительные коды Modbus	81
5.9 Доступ к параметрам	82
5.9.1 Операции с параметрами	82
5.9.2 Хранение данных	82
5.9.3 Индекс (IND)	82
5.9.4 Текстовые блоки	82
5.9.5 Коэффициент преобразования	82
5.9.6 Значения параметров	82
5.10 Примеры	83
5.10.1 Считывание состояния катушки (01 16-ричн.)	83
5.10.2 Форсировать/запись на одну катушку (05 16-ричн.)	83
5.10.3 Форсировать/запись на несколько катушек (0F 16-ричн.)	84
5.10.4 Чтение регистров временного хранения (03 16-ричн.)	84
5.10.5 Установка одного регистра (06 16-ричн.)	85
5.10.6 Установка нескольких регистров (10 16-ричн.)	85
5.11 Профиль управления Danfoss FC	86
5.11.1 Командное слово, соответствующее профилю FC (пар. 8-10 Protocol = FC profile)	86
5.11.2 Слово состояния, соответствующее профилю FC (STW) (8-30 Protocol = Профиль FC)	88
5.11.3 Значение задания скорости передачи по шине	89
<b>6 Примеры применения</b>	<b>90</b>
6.1 Введение	90
6.1.1 Подключение энкодера	94
6.1.2 Направл. энкод	94
6.1.3 Приводная система с обратной связью	94
<b>Алфавитный указатель</b>	<b>95</b>

# 1 Введение

## 1.1 Как пользоваться этим Руководством по проектированию

Настоящее руководство по проектированию содержит сведения о выборе, вводе в эксплуатацию и заказе преобразователя частоты. В руководстве также представлена информация о механическом и электрическом монтаже.

Руководство по проектированию предназначено для использования квалифицированным персоналом. Чтобы обеспечить профессиональное и безопасное использование преобразователя частоты, прочтите Руководство по проектированию и следуйте ему; в частности, обратите внимание на указания по технике безопасности и общие предупреждения.

VLT® является зарегистрированным товарным знаком компании Danfoss

- *Краткое руководство по VLT® AutomationDrive FC 360* содержит основные сведения, необходимые для монтажа и эксплуатации привода.
- *Руководство по проектированию VLT® AutomationDrive FC 360* содержит всю техническую информацию о приводе, проектировании под нужды заказчика и областях применения.
- *Руководство по программированию VLT® AutomationDrive FC 360* содержит сведения по программированию и включает полные описания параметров.

Техническая документация компании Danfoss Drives также представлена в Интернете по адресу [www.danfoss.com/fc360](http://www.danfoss.com/fc360).

### 1.1.1 Символы

В этом документе используются следующие символы.

#### **▲ВНИМАНИЕ!**

Указывает на потенциально опасную ситуацию, при которой существует риск летального исхода или серьезных травм.

#### **▲ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ**

Указывает на потенциально опасную ситуацию, при которой существует риск получения незначительных травм или травм средней тяжести. Также может использоваться для обозначения потенциально небезопасных действий.

#### **УВЕДОМЛЕНИЕ**

Указывает на важную информацию, в том числе о такой ситуации, которая может привести к повреждению оборудования или другой собственности.

### 1.1.2 Сокращения

Переменный ток	Перем. ток
Американский сортамент проводов	AWG
Ампер	A
Автоматическая адаптация двигателя	ААД
Предел по току	I <sub>предельн.</sub>
Градусы Цельсия	°C
Постоянный ток	Пост. ток
В зависимости от типа привода	D-TYPE
Электромагнитная совместимость	ЭМС
Электронное тепловое реле	ЭТР
Грамм	г
Герц	Гц
Лошадиные силы	л. с.
Килогерц	kHz
Панель местного управления	LCP
Метр	м
Миллигенри (индуктивность)	mH
Миллиампер	mA
Миллисекунда	мс
Минута	мин
Служебная программа управления движением	MCT
Нанофарад	nF
Ньютон-метры	H-м
Номинальный ток двигателя	I <sub>M,N</sub>

Номинальная частота двигателя	$f_{M,N}$
Номинальная мощность двигателя	$P_{M,N}$
Номинальное напряжение двигателя	$U_{M,N}$
Параметр	пар.
Двигатель с постоянными магнитами	Двигатель с ПМ
Защитное сверхнизкое напряжение	PELV
Печатная плата	PCB
Номинальный выходной ток инвертора	$I_{inv}$
Число оборотов в минуту	об/мин
Клеммы рекуперации	Рекуперация
Секунда	с
Скорость синхронного двигателя	$n_c$
Предел момента	$T_{предельн.}$
Вольты	В
Максимальный выходной ток	$I_{VLT, макс.}$
Номинальный выходной ток, обеспечиваемый преобразователем частоты	$I_{VLT, ном.}$

## 1.2 Определения

### 1.2.1 Преобразователь частоты

#### Останов выбегом

Вал находится в режиме свободного вращения.

Крутящий момент на двигателе отсутствует.

$I_{VLT, макс.}$

Максимальный выходной ток.

$I_{VLT, ном.}$

Номинальный выходной ток, обеспечиваемый преобразователем частоты.

$U_{VLT, макс.}$

Максимальное выходное напряжение.

### 1.2.2 Вход

#### Команда управления

Подключенный двигатель можно запускать и останавливать с помощью LCP и цифровых входов. Функции делятся на 2 группы.

Функции группы 1 имеют более высокий приоритет, чем функции группы 2.

Группа 1	Сброс, останов выбегом, сброс и останов выбегом, быстрый останов, торможение постоянным током, останов и кнопка [OFF] (Выкл.).
Группа 2	Пуск, импульсный пуск, реверс, запуск и реверс, фиксация частоты и фиксация выходной частоты

Таблица 1.1 Группы функций

### 1.2.3 Двигатель

#### Двигатель работает

Крутящий момент, генерируемый на выходном валу, и скорость от нуля об/мин до макс. скорости двигателя.

$f_{ Jog}$

Частота двигателя в случае активизации функции фиксации частоты (через цифровые клеммы).

$f_M$

Частота двигателя.

$f_{ MAX}$

Максимальная частота двигателя.

$f_{ MIN}$

Минимальная частота двигателя.

$f_{ M,N}$

Номинальная частота двигателя (данные паспортной таблички).

$I_M$

Ток двигателя (фактический).

$I_{ M,N}$

Номинальный ток двигателя (данные паспортной таблички).

$n_{ M,N}$

Номинальная скорость двигателя (данные паспортной таблички).

$n_c$

Скорость синхронного двигателя

$$n_c = \frac{2 \times \text{пар.} 1 - 23 \times 60 \text{ с}}{\text{пар.} 1 - 39}$$

$n_{ slip}$

Скольжение двигателя.

$P_{ M,N}$

Номинальная мощность двигателя (данные из паспортной таблички, в кВт или л. с.).

$T_{ M,N}$

Номинальный крутящий момент (двигателя).

$U_M$

Мгновенное напряжение двигателя.

$U_{ M,N}$

Номинальное напряжение двигателя (данные паспортной таблички).



## Момент опрокидывания

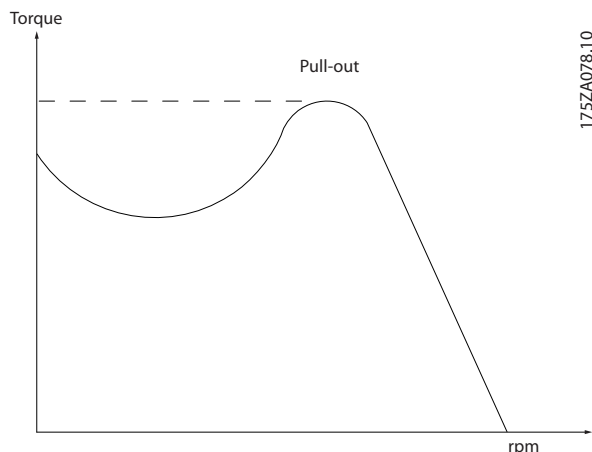


Рисунок 1.1 Момент опрокидывания

### η<sub>ПД</sub>

КПД преобразователя частоты определяется отношением выходной мощности к входной.

### Команда запрещения пуска

Команда останова, которая относится к группе команд управления 1, см. *Таблица 1.1*.

### Команда останова

См. команды управления.

## 1.2.4 Задания

### Аналоговое задание

Сигнал, подаваемый на аналоговые входы 53 или 54, может представлять собой напряжение или ток.

### Двоичное задание

Сигнал, передаваемый на порт последовательного канала связи.

### Предустановленное задание

Предварительно установленное задание, значение которого может находиться в диапазоне от -100 до +100 % от диапазона задания. Предусмотрен выбор восьми предустановленных заданий через цифровые входы.

### Импульсное задание

Импульсный частотный сигнал, подаваемый на цифровые входы (клемма 29 или 33).

### Ref<sub>max</sub>

Определяет зависимость между входным заданием при 100 % от значения полной шкалы (обычно 10 В, 20 мА) и результирующим заданием. Максимальное значение задания устанавливается в 3-03 *Максимальное задание*.

### Ref<sub>min</sub>

Определяет зависимость между входным заданием при значении 0 % (обычно 0 В, 0 мА, 4 мА) и результирующим заданием. Минимальное значение задания устанавливается в 3-02 *Мин. задание*.

## 1.2.5 Разное

### Аналоговые входы

Аналоговые входы используются для управления различными функциями преобразователя частоты. Предусмотрено два вида аналоговых входов: вход по току 0–20 мА и 4–20 мА; вход по напряжению, от 0 до +10 В пост. тока.

### Аналоговые выходы

Аналоговые выходы могут выдавать сигнал 0–20 мА, 4–20 мА.

### Автоматическая адаптация двигателя (ААД)

Алгоритм ААД определяет электрические параметры подключенного двигателя, находящегося в остановленном состоянии.

### Тормозной резистор

Тормозной резистор представляет собой модуль, способный поглощать мощность торможения, выделяемую при рекуперативном торможении. Регенеративная мощность торможения повышает напряжение промежуточной цепи, и тормозной прерыватель обеспечивает передачу этой мощности в тормозной резистор.

### Характеристики СТ

Характеристики постоянного крутящего момента (constant torque, СТ), используемые во всевозможных применениях, например в ленточных транспортерах, поршневых насосах и подъемных кранах.

### Цифровые входы

Цифровые входы могут использоваться для управления различными функциями преобразователя частоты.

### Цифровые выходы

Преобразователь частоты имеет 2 полупроводниковых выходов, способных выдавать сигналы 24 В пост. тока (ток до 40 мА).

### DSP

Цифровой процессор сигналов.

### ЭТР

Электронное тепловое реле вычисляет тепловую нагрузку исходя из текущей нагрузки и времени. Служит для оценки температуры двигателя.

### Шина стандарта FC

Представляет собой шину RS-485, работающую по FC-протоколу или протоколу MC. См. 8-30 *Протокол*.

### Hiperface®

Hiperface® — зарегистрированный товарный знак компании Stegmann.

## Инициализация

Если выполняется инициализация (14-22 Режим работы), преобразователь частоты возвращается к заводским настройкам.

## Прерывистый рабочий цикл

Под прерывистым рабочим циклом понимают последовательность рабочих циклов. Каждый цикл состоит из периода работы под нагрузкой и периода работы вхолостую. Работа может иметь либо периодический, либо непериодический характер.

## LCP

Панель местного управления (LCP — Local Control Panel) является полноценным интерфейсом для управления преобразователем частоты и его программирования. Панель управления съемная и может быть установлена на расстоянии до 3 м от преобразователя частоты, например, на лицевой панели с помощью дополнительного монтажного комплекта.

## NLCP

Цифровая панель местного управления (NLCP — Numerical Local Control Panel) является интерфейсом для управления преобразователем частоты и его программирования. На дисплее панели в цифровом виде отображаются значения технологического процесса. Панель NLCP имеет функции хранения и копирования.

## Младший бит

Младший значащий бит.

## Старший бит

Старший значащий бит.

## MCM

Сокращение Mille Circular Mil, американской единицы для измерения сечения проводов. 1 MCM = 0,5067 мм<sup>2</sup>.

## Оперативные/автономные параметры

Оперативные параметры вступают в действие сразу же после изменения их значений. Нажмите [OK] для активации изменения автономных параметров.

## ПИД-регулятор процесса

ПИД-регулятор поддерживает необходимую скорость, давление, температуру и т. д. путем регулирования выходной частоты так, чтобы она соответствовала изменяющейся нагрузке.

## RCD

Данные управления процессом

## Включение-выключение питания

Отключите сетевое питание и подождите, пока дисплей (LCP) не погаснет, затем снова включите питание.

## Коэффициент мощности

Коэффициент мощности — это отношение  $I_1$  к  $I_{эфф.}$

$$\text{Коэффициент мощности} = \frac{\sqrt{3} \times U \times I \times \cos\varphi}{\sqrt{3} \times U \times I_{эфф.}}$$

Коэффициент мощности для 3-фазного устройства управления:

$$= \frac{I \times \cos\varphi_1}{I_{эфф.}} = \frac{I}{I_{эфф.}} \text{ поскольку } \cos\varphi_1 = 1$$

Коэффициент мощности показывает, в какой мере преобразователь частоты нагружает питающую сеть. Чем ниже коэффициент мощности, тем больше  $I_{эфф.}$  при одной и той же мощности преобразователя (кВт).

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

Кроме того, высокий коэффициент мощности показывает, что токи различных гармоник малы. Дроссели постоянного тока, встроенные в преобразователь частоты, повышают коэффициент мощности, снижая тем самым нагрузку на питающую сеть.

## Импульсный вход/инкрементальный энкодер

Внешний цифровой импульсный датчик, используемый для формирования сигнала обратной связи по скорости двигателя. Энкодер используется в таких системах, где требуется высокая точность регулирования скорости.

## RCD

Датчик остаточного тока

## Набор параметров

Настройки параметров можно сохранять в виде 2 наборов. Возможен переход между двумя наборами параметров и редактирование одного набора параметров во время действия другого набора параметров.

## SFAMV

Метод коммутации, называемый Асинхронная Векторная Модуляция с ориентацией по Магнитному Потoku (SFAM — Stator Flux oriented Asynchronous Vector Modulation) (14-00 Модель коммутации).

## Компенсация скольжения

Преобразователь частоты компенсирует скольжение двигателя путем повышения частоты в соответствии с измеряемой нагрузкой двигателя, обеспечивая почти полное постоянство скорости вращения двигателя.

## Интеллектуальное логическое управление (ИЛК)

Интеллектуальное логическое управление — это последовательность действий, определяемых пользователем, которые выполняются программируемым логическим контроллером (ПЛК), если он признает соответствующие определенные пользователем события истинными. (Группа параметров 13-\*\* Интеллектуальная логика.)

## STW

слово состояния

**THD**

Общее гармоническое искажение (THD — Total Harmonic Distortion), суммарная величина всех гармонических искажений.

**Термистор**

Терморезистор, устанавливаемый там, где требуется контроль температуры (в преобразователе частоты или в двигателе).

**Отключение**

Состояние, вводимое в аварийной ситуации, например, в случае перегрева преобразователя частоты или когда преобразователь частоты защищает двигатель, технологический процесс или механизм. Перезапуск не допускается до тех пор, пока причина неисправности не будет устранена и состояние отключения не будет отменено выполнением функции сброса или, в некоторых случаях, посредством запрограммированного автоматического сброса. Отключение не может быть использовано для обеспечения безопасности персонала.

**Отключение с блокировкой**

Состояние, вводимое в аварийной ситуации, когда преобразователь частоты осуществляет защиту собственных устройств и требует физического вмешательства, например, при возникновении короткого замыкания на его выходе. Отключение с блокировкой может быть отменено выключением сети питания, устранением причины неисправности и новым подключением преобразователя частоты. Перезапуск не допускается до тех пор, пока состояние отключения не будет отменено выполнением функции сброса или, в некоторых случаях, посредством запрограммированного автоматического сброса. Отключение не может быть использовано для обеспечения безопасности персонала.

**Характеристики переменного крутящего момента:**

Характеристики переменного крутящего момента (VT, variable torque), используемые для управления насосами и вентиляторами.

**VVC<sup>plus</sup>**

В сравнении с обычным регулированием соотношения напряжение/частота Voltage Vector Control (VVC<sup>plus</sup>) обеспечивает улучшение динамики и устойчивости как при изменении задания скорости, так и при изменениях момента нагрузки.

**60° AVM**

Метод коммутации, называемый 60° Асинхронная Векторная Модуляция (AVM — Asynchronous Vector Modulation) (14-00 Модель коммутации).

**1.3 Меры предосторожности****▲ВНИМАНИЕ!**

Напряжение преобразователя частоты опасно, если он подключен к сети. Неправильный монтаж двигателя, преобразователя частоты или периферийной шины может привести к повреждению оборудования, серьезным травмам или летальному исходу. Поэтому следует выполнять указания настоящего руководства, а также следовать государственным и местным правилам и нормам по технике безопасности.

**Правила техники безопасности**

1. Перед выполнением ремонтных работ всегда отключайте сетевое питание преобразователя частоты. Прежде чем снимать двигатель и работать с разъемами сетевого питания, убедитесь, что сеть питания отключена и выдержано время после отключения, указанное в Таблица 1.2.
2. Кнопка [Off/Reset] (Вкл./Сброс) на LCP не отключает сетевое питание и НЕ ДОЛЖНА использоваться в качестве защитного выключателя.
3. Оборудование необходимо правильно заземлить; пользователь должен быть защищен от напряжения питания, а двигатель должен быть защищен от перегрузки согласно действующим государственным и местным нормам и правилам.
4. Ток утечки на землю превышает 3,5 мА.
5. Защита электродвигателя от перегрузки не включена в заводские настройки. Если требуется данная функция, установите для параметра 1-90 Тепловая защита двигателя значение [4] ЭТР: отключение 1 или [3] ЭТР: предупрежд. 1.
6. При наличии цепи разделения нагрузки (подключенной промежуточной цепи постоянного тока) преобразователь частоты помимо L1, L2 и L3 имеет и другие источники напряжения. Прежде чем приступать к ремонтным работам, убедитесь, что все источники напряжения отсоединены и после этого прошло достаточное время.

## Предупреждение о возможности непреднамеренного пуска

1. Когда преобразователь частоты подключен к сети, двигатель можно остановить с помощью цифровых команд, команд, поступающих по шине, заданий или местного останова. В случаях, когда непреднамеренный пуск необходимо предотвратить из соображений личной безопасности (например, во избежание получения травмы от соприкосновения с движущимися частями машины при ее непреднамеренном пуске), указанных способов останова недостаточно. В этих случаях необходимо отключать сетевой источник питания.
2. Двигатель может запуститься во время установки параметров. Если это создает угрозу личной безопасности (например, по причине возможного получения травмы при соприкосновении с движущимися частями машины), необходимо предотвратить запуск двигателя, например, надежным разъединением цепи подключения двигателя.
3. Двигатель, остановленный без отключения от питающей сети, может запуститься из-за неисправности электроники в преобразователе частоты, при временной перегрузке или при устранении отказа в питающей электросети или в цепи подключения двигателя. Если необходимо предотвратить непреднамеренный пуск в целях личной безопасности (например, во избежание риска получения травмы при соприкосновении с движущимися частями машины), обычной функции останова преобразователя частоты оказывается недостаточно. В этих случаях необходимо отключать сетевой источник питания.
4. Сигналы управления, выводимые из преобразователя частоты или находящиеся внутри него, могут быть в редких случаях активированы по ошибке, задержаны или полностью утрачены. При использовании в ситуациях, когда безопасность имеет особо важное значение (например, при управлении функцией электромагнитного торможения подъемного механизма), нельзя полагаться исключительно на эти сигналы управления.

## ВНИМАНИЕ!

### Высокое напряжение

Прикосновение к токоведущим частям может привести к летальному исходу, даже если оборудование отключено от сети. Убедитесь также, что отключены все входные напряжения, включая цепь разделения нагрузки (подключение промежуточной цепи постоянного тока) и подключение двигателя к цепи кинетического резервирования. Системы, в которых установлены преобразователи частоты, следует в необходимых случаях оснащать дополнительными устройствами мониторинга и защиты в соответствии с действующими нормами и правилами обеспечения безопасности, такими как закон о работе с механизмами, правила предотвращения несчастных случаев и др. Разрешается вносить изменения в преобразователи частоты с помощью операционного программного обеспечения.

## УВЕДОМЛЕНИЕ

Опасные ситуации должны быть идентифицированы сборщиком машины/интегратором, который несет ответственность за реализацию соответствующих мер предосторожности. Возможно оснащение дополнительными устройствами мониторинга и защиты в соответствии с действующими нормами и правилами обеспечения безопасности, например, законом о работе с механизмами, правилами предотвращения несчастных случаев.

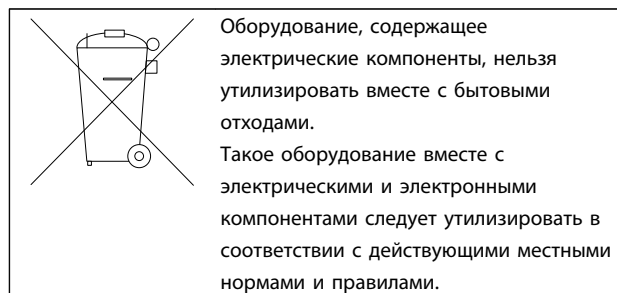
## ВНИМАНИЕ!

После отключения питания конденсаторы в цепи постоянного тока остаются заряженными. Имейте в виду, что высокое напряжение в цепи постоянного тока может сохраняться. Во избежание поражения электрическим током, перед проведением технического обслуживания отсоедините преобразователь частоты от питающей сети. При использовании двигателя с постоянными магнитами проверьте, отсоединен ли он. Перед тем как начать техническое обслуживание преобразователя частоты, подождите не менее:

Напряжение [В]	Минимальное время выдержки (в минутах)	
	4	15
380-480	0,37-7,5 кВт	11-75 кВт

Таблица 1.2 Время разрядки

### 1.3.1 Указания по утилизации



### 1.4 Версия документа и программного обеспечения

Данное руководство регулярно пересматривается и обновляется. Все предложения по его улучшению будут приняты и рассмотрены. В указаны версия документа и соответствующая версия ПО.

Редакция	Комментарии	Версия ПО
MG06B3	Заменяет MG06B2	1.2X

Таблица 1.3

### 1.5 Маркировка CE

#### 1.5.1 Соответствие требованиям CE и маркировка CE

##### Директива о машинном оборудовании (2006/42/ЕС)

Преобразователи частоты не подпадают под действие данной Директивы. Однако если преобразователь частоты поставляется для использования в составе механического оборудования, мы предоставляем информацию по вопросам безопасности, связанным с преобразователем частоты.

##### Что такое соответствие требованиям CE и маркировка CE?

Целью маркировки CE является устранение технических препятствий при движении товаров внутри Европейской ассоциации свободной торговли (ЕАСТ) и Европейского союза (ЕС). ЕС ввел знак CE как простой способ показать, что изделие удовлетворяет требованиям соответствующих директив ЕС. Знак CE ничего не говорит о технических условиях или качестве изделия. Требования к преобразователям частоты определяются двумя директивами ЕС:

##### Директива о низковольтном оборудовании (2006/95/ЕС)

В соответствии с директивой по низковольтному оборудованию, которая вступила в действие с 1 января 1997 г., преобразователи частоты должны иметь маркировку знаком CE. Директива относится ко всем электрическим устройствам и оборудованию, в которых используются напряжения в диапазонах 50–1000 В пер. тока или 75–1500 В пост. тока. Компания Danfoss маркирует преобразователи частоты знаком CE в соответствии с требованиями директивы по низковольтному оборудованию и по требованию предоставляет декларацию о соответствии.

##### Директива по ЭМС (2004/108/ЕС)

ЭМС — это аббревиатура для термина «электромагнитная совместимость». Электромагнитная совместимость означает, что взаимные помехи между различными компонентами и устройствами не влияют на работу оборудования.

Директива ЭМС вступила в действие 1 января 1996 г. Компания Danfoss ставит знак CE согласно этой директиве и по запросу предоставляет декларацию соответствия. Чтобы правильно выполнить монтаж в соответствии с требованиями по ЭМС, обратитесь к указаниям, приведенным в этом Руководстве по проектированию. Кроме того, мы указываем, каким стандартам соответствуют наши изделия.

В большинстве случаев преобразователь частоты используется специалистами отрасли как многофункциональный компонент более крупного устройства, системы или установки. Следует отметить, что ответственность за конечные характеристики ЭМС оборудования, системы или установки возлагается на организацию, отвечающую за их монтаж.

#### 1.5.2 Сфера действия маркировки CE

В документе ЕС «Руководящие принципы применения Директивы Совета 2004/108/ЕС» указаны три типовых назначения преобразователя частоты. Ниже описаны сферы действия требований по ЭМС и маркировки CE.

1. Преобразователь частоты продается напрямую непосредственным пользователям. Например, преобразователь частоты поступает в продажу как комплектующее изделие для сборки системы силами заказчика. Конечный потребитель не обязательно должен быть специалистом. Он самостоятельно устанавливает преобразователь частоты на домашнем станке, в кухонном оборудовании и т. д. Для таких применений преобразователь частоты должен иметь маркировку знаком CE в соответствии с директивой по ЭМС.

2. Преобразователь частоты предназначен для монтажа в установке. Установку создают специалисты. Такой установкой может быть производственная установка или отопительная/вентиляционная установка, спроектированная и смонтированная специалистами. В соответствии с директивой по ЭМС, знак CE не должен наноситься ни на преобразователь частоты, ни на готовую установку. Однако устройство должно соответствовать основным требованиям по ЭМС этой директивы. Это обеспечивается путем применения компонентов, приспособлений и систем, имеющих маркировку знаком CE в соответствии с директивой по ЭМС.
3. Преобразователь частоты предназначен для использования в качестве составной части законченной системы. Система продается в укомплектованном виде, например система кондиционирования воздуха. Готовая система в целом должна иметь маркировку знаком CE в соответствии с директивой по ЭМС. В соответствии с директивой по ЭМС изготовитель может маркировать знаком CE изделия, состоящие из компонентов с маркировкой CE, или системы, прошедшие испытания на ЭМС. Если он принимает решение использовать только компоненты с маркировкой знаком CE, от него не требуется подвергать испытаниям всю систему.

### 1.5.3 Danfoss Преобразователь частоты и маркировка CE

Маркировка знаком CE является преимуществом оборудования, когда она используется по своему первоначальному назначению, т.е. для облегчения торговли в пределах ЕС и ЕАСТ.

Однако, маркировка CE может распространяться на различные технические требования. Поэтому приходится проверять, что реально подразумевается под знаком CE.

Сфера охвата может быть весьма различной, и поэтому знак CE может ввести в заблуждение монтажника в отношении обеспечения безопасности при использовании преобразователя частоты как компонента системы или устройства.

Компания Danfoss наносит маркировку CE на изготавливаемые ею преобразователи частоты в соответствии с директивой по низковольтному оборудованию. Это означает, что при правильной установке преобразователя частоты компания Danfoss гарантирует его соответствие директиве по низковольтному оборудованию. Компания Danfoss предоставляет декларацию о соответствии нашей маркировки CE требованиям директивы по низковольтному оборудованию.

Знак CE также относится к директиве по ЭМС при условии, что выполнены требования ЭМС по монтажу и фильтрации. С этими условиями компания предоставляет декларацию соответствия директиве по ЭМС.

Руководство по проектированию содержит подробные указания, обеспечивающие выполнение монтажа в соответствии с требованиями по ЭМС. Кроме того, компания Danfoss определяет, какие ее изделия соответствуют указанным требованиям.

Danfoss предоставляет другие формы сопровождения, которые смогут помочь добиться наилучших результатов по ЭМС.

### 1.5.4 Соответствие Директиве по ЭМС 2004/108/ЕС

В большинстве случаев преобразователь частоты используется специалистами отрасли как многофункциональный компонент более крупного устройства, системы или установки. Следует отметить, что ответственность за конечные характеристики ЭМС оборудования, системы или установки возлагается на организацию, отвечающую за их монтаж. В помощь монтажникам компания Danfoss подготовила руководящие указания по монтажу системы силового привода с обеспечением ЭМС. Системы силовых приводов соответствуют стандартам и уровням испытаний, предусмотренным для этих систем, при условии надлежащего соблюдения инструкции по монтажу с обеспечением ЭМС для установок, см. *глава 2.6.3 Требования к помехоустойчивости*.

## 1.6 Влажность воздуха

Конструкция преобразователя частоты удовлетворяет требованиям стандарта IEC/EN 60068-2-3 и п. 9.4.2.2 стандарта EN 50178 при 50 °C.

### 1.6.1 Агрессивная окружающая среда

Преобразователь частоты содержит большое количество механических и электронных компонентов. Все они в определенной степени подвержены воздействию окружающей среды.

#### **⚠ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ**

При работе преобразователей частоты в местах, где в воздухе содержатся капли жидкости, твердые частицы или газы, последние способны воздействовать на электронные компоненты и вызывать их повреждение. Если не приняты необходимые защитные меры, возрастает опасность неполадок и, таким образом, сокращается срок службы преобразователя частоты.

#### Степень защиты в соответствии с IEC 60529

Жидкости могут переноситься по воздуху и конденсироваться в преобразователе частоты, вызывая коррозию компонентов и металлических деталей. Пар, масло и морская вода могут привести к коррозии компонентов и металлических деталей. При таких окружающих условиях используйте оборудование в корпусах со степенью защиты IP54/55. В качестве дополнительной меры защиты все печатные платы должны иметь защитное покрытие.

Находящиеся в воздухе твердые частицы, например частицы пыли, могут вызывать механические, электрические и тепловые повреждения преобразователя частоты. Типичным показателем высокого уровня загрязнения воздуха твердыми частицами является наличие частиц пыли вокруг вентилятора преобразователя частоты. В сильно запыленной среде используйте оборудование со степенью защиты IP54/IP55, а оборудование со степенью защиты IP00/IP20/ТИП 1 должно устанавливаться в шкафах.

В условиях высокой температуры и влажности коррозионные газы, такие как соединения серы, азота и хлора, вызывают химические процессы в компонентах преобразователя частоты.

Возникающие химические реакции воздействуют на электронные устройства и быстро приводят к их повреждению. В таких условиях следует устанавливать оборудование в шкафах с вентиляцией свежим воздухом, благодаря которой агрессивные газы будут удаляться из преобразователя частоты. В качестве дополнительной меры защиты все печатные платы должны иметь защитное покрытие.

#### **УВЕДОМЛЕНИЕ**

Установка преобразователей частоты в агрессивной среде увеличивает опасность остановок преобразователя и значительно уменьшает срок его службы.

Перед установкой преобразователя частоты проверьте окружающий воздух на содержание жидкостей, частиц и газов. Это производится наблюдением состояния установок, уже работающих в этих условиях. Типичными признаками присутствия вредных взвешенных жидкостей является наличие на металлических частях воды, масла или коррозии.

На монтажных шкафах и на имеющемся электрическом оборудовании часто можно видеть чрезмерное количество пыли. Одним из признаков наличия агрессивных газов в воздухе является потемнение медных шин и концов кабелей имеющихся установок.

### 1.6.2 Вибрационные и ударные воздействия

Преобразователь частоты испытан в соответствии с методикой, основанной на указанных ниже стандартах.

Преобразователь частоты удовлетворяет требованиям, предъявляемым к блокам, монтируемым на стене или на полу в производственных помещениях, а также в щитах управления, закрепляемым болтами на стене или на полу.

- IEC/EN 60068-2-6: Вибрация (синусоидальная) — 1970
- IEC/EN 60068-2-64: Вибрация, случайные вибрации в широком диапазоне частот

## 2 Обзор изделия

### 2

### 2.1 Сведения о типах корпусов

Тип корпуса зависит от диапазона мощности.

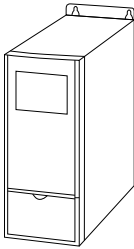
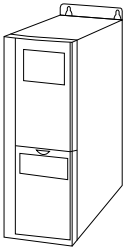
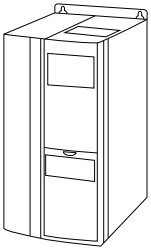
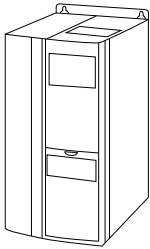
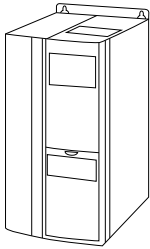
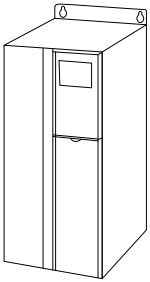
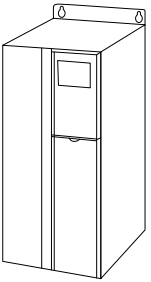
Тип корпуса	J1	J2	J3	J4
	 130BA870.10	 130BA809.10	 130BA810.10	 130BA810.10
Защита корпуса	IP20	IP20	IP20	IP20
Номинальная мощность при высокой перегрузке — перегрузка 150 % <sup>1)</sup>	0,37–2,2 кВт (380–480 В)	3,0–5,5 кВт (380–480 В)	7,5 кВт (380–480 В)	11–15 кВт (380–480 В)
Тип корпуса	J5	J6	J7	
	 130BA810.10	 130BA826.10	 130BA826.10	
Защита корпуса	IP20	IP20	IP20	
Номинальная мощность при высокой перегрузке — перегрузка 150 %	18,5–22 кВт (380–480 В)	30–45 кВт (380–480 В)	55–75 кВт (380–480 В)	

Таблица 2.1 Типы корпусов

<sup>1)</sup> Для размеров 11–75 kW также предусмотрена номинальная перегрузка: 110 % в течение 1 минуты

Типы перегрузок для размеров 11–22 кВт: 150 % в течение 1 минуты

Типы перегрузок для размеров 30–75 кВт: 150 % в течение 1 минуты



## 2.2 Электрический монтаж

В данном разделе подробно описывается процедура подключения преобразователя частоты.

2

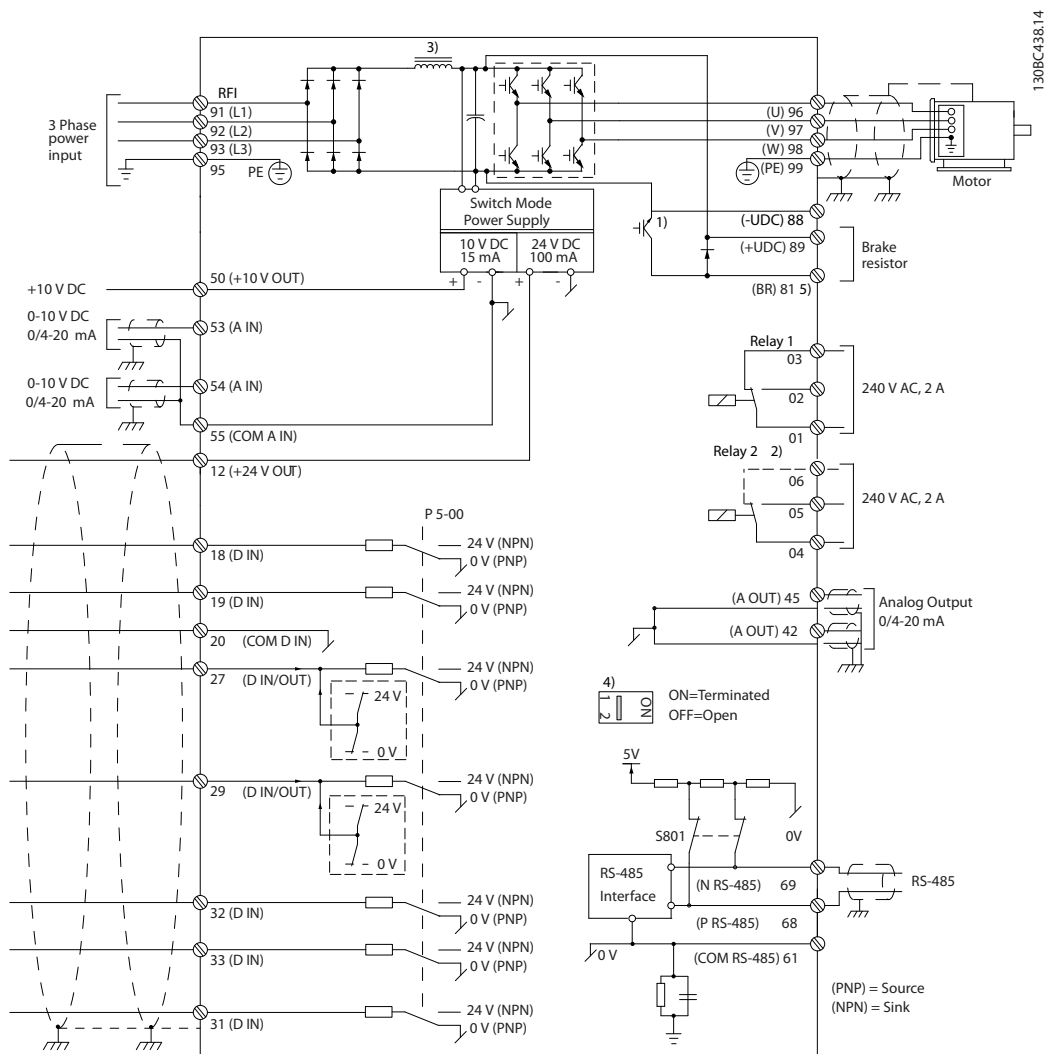


Рисунок 2.1 Схема основных подключений

A = аналоговый, D = цифровой

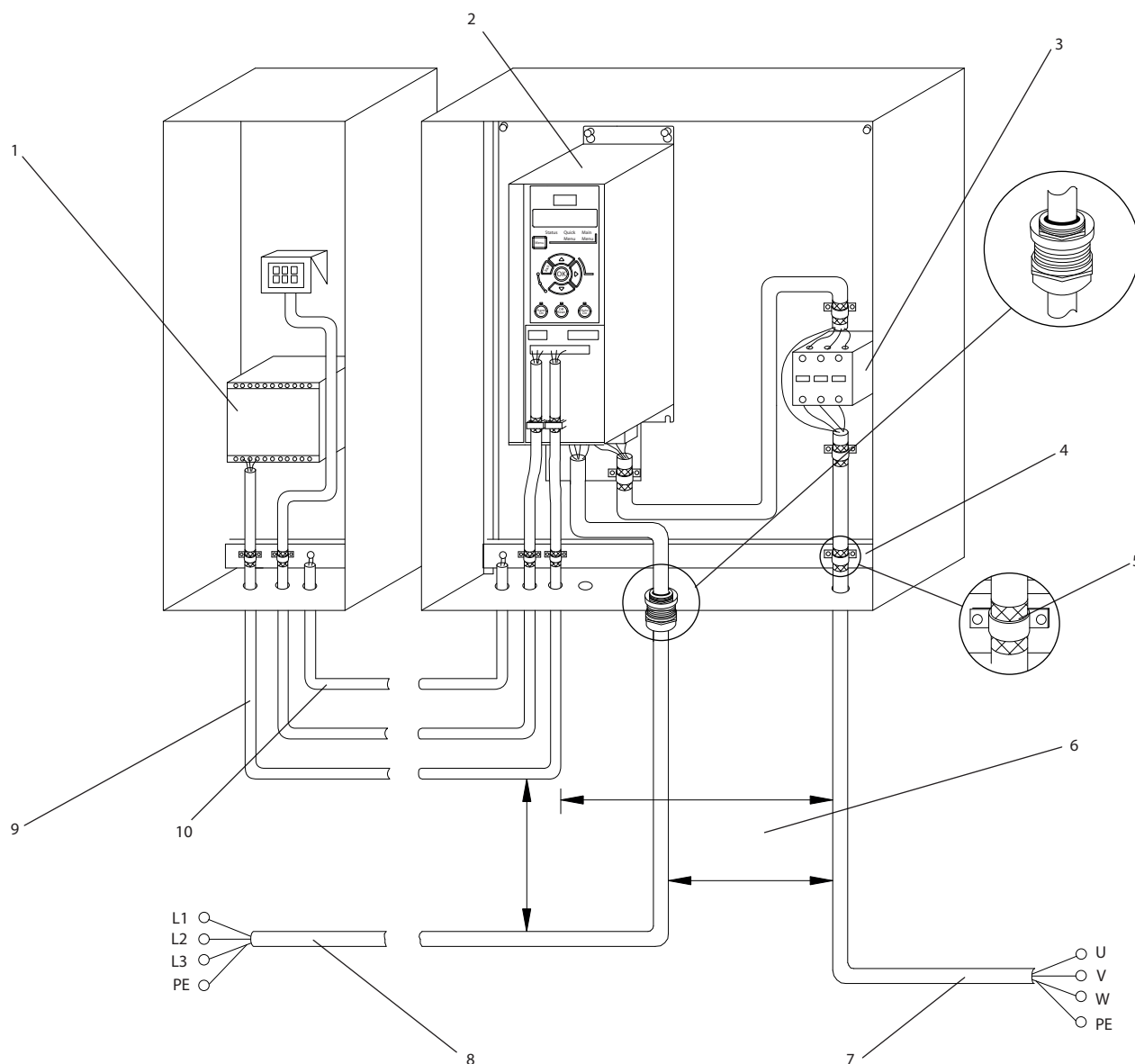
1) Встроенным тормозным прерывателем оборудуются приводы мощностью 0,37–22 кВт и выше.

2) Реле 2 является 2-полюсным для корпусов J1–J3 и 3-полюсным для J4–J7. Реле 2 для J4–J7 имеет клеммы 4, 5 и 6 с такой же логикой «нормально открытый/нормально закрытый», как у реле 1. В J1–J5 реле штепсельные, а в J6–J7 — фиксированные.

3) Дроссель постоянного тока в преобразователях мощностью 30–75 кВт (J6 и J7).

4) Переключатель S801 (клемма шины) может использоваться для включения оконечной нагрузки для порта RS-485 (клеммы 68 и 69).

5) Тормоз (BR) в преобразователях мощностью 30–75 кВт (J6 и J7) отсутствует.



1	ПЛК	6	Мин. расстояние между кабелями управления, двигателя и питающей сети составляет 200 мм
2	Преобразователь частоты	7	Двигатель, 3 фазы и защитное заземление
3	Выходной контактор (обычно не рекомендуется)	8	Сеть, 3 фазы и усиленное защитное заземление
4	Рейка защитного заземления (РЕ)	9	Подключение элементов управления
5	Кабельная изоляция (зачищена)	10	Выравнивающий кабель, минимум 16 мм <sup>2</sup>

### 2.2.1 Общие требования

#### **⚠ВНИМАНИЕ!**

##### **ОПАСНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ!**

Вращающиеся валы и электрическое оборудование могут быть опасны. При подключении питания к устройству необходимо соблюдать повышенную осторожность во избежание поражения электрическим током. Все монтажные, пусконаладочные работы и техническое обслуживание электрооборудования должно отвечать национальным и местным нормативам и выполняться только квалифицированным и специально обученным персоналом. Несоблюдение данных рекомендаций может привести к летальному исходу или серьезным травмам.

#### **ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ИЗОЛЯЦИЯ ПРОВОДОВ!**

Прокладывайте входные силовые кабели, проводку двигателя и управляющую проводку в трех разных металлических желобах или используйте изолированные экранированные кабели для изоляции высокочастотных шумов. Несоблюдение требований к изоляции силовых кабелей, проводки двигателя и проводки подключения элементов управления может привести к снижению эффективности преобразователя частоты и связанного с ним оборудования.

Отдельно прокладывайте кабели двигателя от разных преобразователей частоты. Индуцированное напряжение от выходных кабелей двигателей, проложенных рядом друг с другом, может зарядить конденсаторы оборудования даже при выключенном и изолированном оборудовании.

- Функция преобразователя частоты, активируемая электронной системой, обеспечивает защиту двигателя от перегрузки. Защита двигателя от перегрузки соответствует классу 20. Более подробную информацию о функции защитного отключения см. в разделе «Предупреждения и аварийные сигналы» Краткого руководства VLT® AutomationDrive FC 360.

#### Тип и номинал провода

- Вся проводка должна соответствовать государственным и местным нормам и правилам в отношении сечения провода и температур окружающей среды.
- Компания Danfoss рекомендует применять силовые кабели из медного провода, рассчитанного на минимальную температуру 75 °C.
- Описание рекомендуемых размеров кабеля см. в *глава 4 Технические характеристики*.

### 2.2.2 Требования к заземлению

#### **⚠ВНИМАНИЕ!**

##### **ОПАСНОСТЬ ЗАЗЕМЛЕНИЯ!**

В целях безопасности оператора сертифицированный электрик должен правильно заземлить преобразователь частоты в соответствии с государственными и местными нормами электробезопасности, а также согласно инструкциям, содержащимся в данном документе. Блуждающие токи превышают 3,5 мА. Неправильно выполненное заземление преобразователя частоты может привести к летальному исходу или серьезным травмам.

- Оборудование с блуждающими токами выше 3,5 мА следует надлежащим образом заземлить в соответствии с инструкциями в разделе *глава 2.2.2.1 Ток утечки (> 3,5 мА)*.
- Для силового кабеля, проводки двигателя и управляющей проводки требуется специальный заземляющий провод.
- Для устройства заземления надлежащим образом следует использовать зажимы, которые входят в комплект оборудования.
- Запрещается совместно заземлять несколько преобразователей частоты с использованием последовательного подключения (см. *Рисунок 2.3*)
- Заземляющие провода должны быть как можно более короткими.
- Для уменьшения электрических помех рекомендуется использовать многожильный провод.
- Соблюдайте требования производителя двигателя, относящиеся к его подключению.

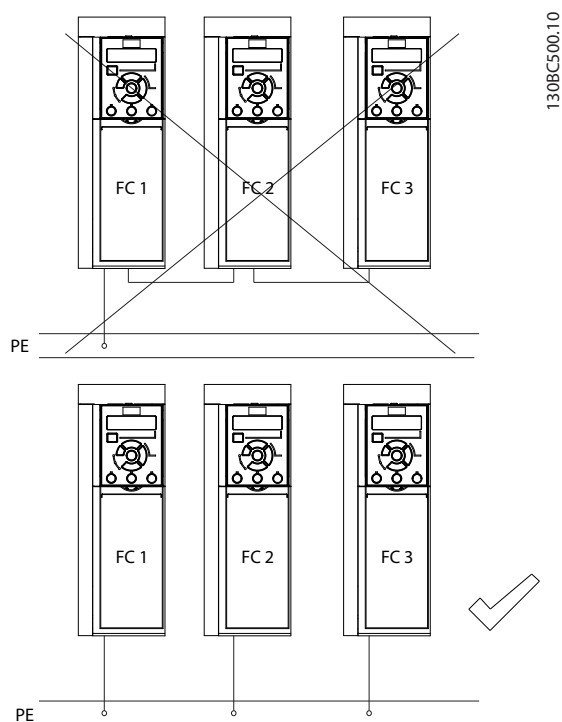


Рисунок 2.3 Принципы заземления

### 2.2.2.1 Ток утечки (> 3,5 мА)

Соблюдайте национальные и местные нормативы, относящиеся к защитному заземлению оборудования с током утечки > 3,5 мА.

Ток утечки на землю зависит от конфигурации системы, в том числе от наличия RFI-фильтров, экранированных кабелей двигателя и мощности преобразователя частоты.

В соответствии со стандартом EN/IEC61800-5-1 (стандарт по системам силового привода) следует соблюдать особую осторожность в том случае, если ток утечки превышает 3,5 мА. Заземление следует усилить одним из следующих способов.

- Сечение провода заземления должно быть не менее 10 мм<sup>2</sup> (медный провод)
- Следует использовать два отдельных провода заземления соответствующих нормативам размеров.

Дополнительную информацию см. в стандарте EN 60364-5-54 § 543,7

#### Использование датчиков остаточного тока

Если используются датчики остаточного тока (RCD), также известные как автоматические выключатели для защиты от утечек на землю (ELCB), соблюдайте следующие требования.

- Используйте только RCD типа B, которые могут обнаруживать переменные и постоянные токи.
- Используйте RCD с задержкой по пусковым токам, чтобы предотвратить отказы в связи с переходными токами на землю.
- Размеры RCD следует подбирать с учетом конфигурации системы и условий окружающей среды.

### 2.2.3 Подключения силовых кабелей, проводов двигателя и заземления

#### **ВНИМАНИЕ!**

##### ИНДУЦИРОВАННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ!

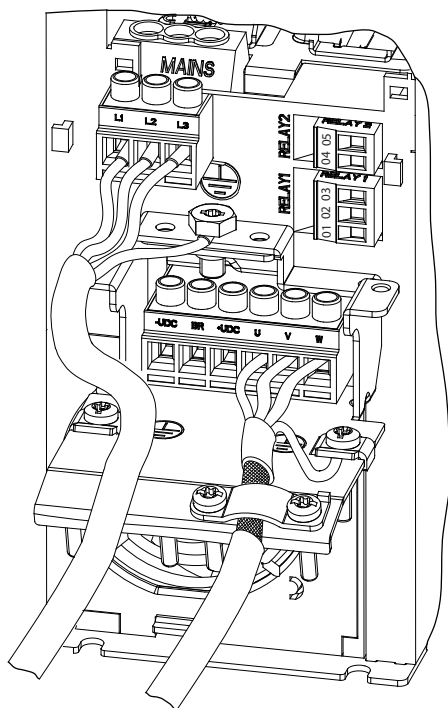
Отдельно прокладывайте выходные кабели двигателя от разных преобразователей частоты.

Индуктивное напряжение от выходных кабелей двигателей, проложенных рядом друг с другом, может зарядить конденсаторы оборудования даже при выключенном и изолированном оборудовании. Несоблюдение требований к раздельной прокладке выходных кабелей двигателя может привести к летальному исходу или серьезным травмам.

Для проводки двигателя предлагаются зажимы заземления (см. Рисунок 2.4).

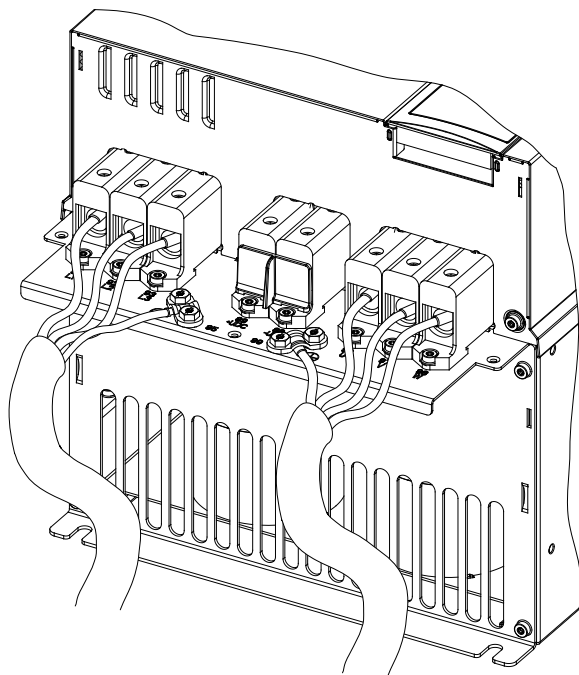
- Запрещается устанавливать конденсаторы между преобразователем частоты и двигателем для компенсации коэффициента мощности.
- Запрещается подключать пусковое устройство или устройство переключения полярности между преобразователем частоты и двигателем.
- Соблюдайте требования производителя двигателя, относящиеся к его подключению.
- Все преобразователи частоты могут использоваться как с изолированным источником входного тока, так и с заземленными силовыми линиями. Если преобразователь частоты питается от сети, изолированной от земли (IT-сеть, плавающий треугольник) или от сети TT/TN-S с заземленной ветвью (заземленный треугольник), установите для пар. 14-50 Фильтр ВЧ-помех значение «ВЫКЛ.» (типы корпусов J6-J7) или выкрутите винт RFI (типы корпусов J1-J5). В выключенном положении встроенные конденсаторы фильтра защиты от ВЧ-помех между корпусом и промежуточной цепью выключаются во избежание повреждения промежуточной цепи и для уменьшения емкостных токов на землю согласно стандарту IEC 61800-3.

- В IT-сети запрещается устанавливать переключатель между преобразователем частоты и двигателем.



130BC501.10

Рисунок 2.4 Подключение сетевого питания, двигателя и заземления для основных преобразователей частоты



130BD543.10

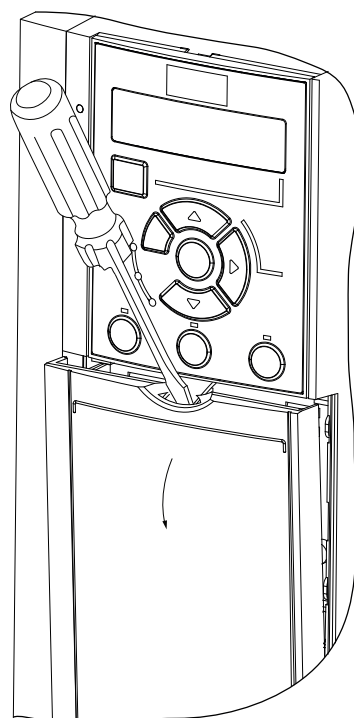
Рисунок 2.5 Подключение сетевого питания, двигателя и заземления для преобразователей частоты с типом корпуса J7

На рис. Рисунок 2.4 показано подключение проводки сетевого питания, двигателя и заземления для основных преобразователей частоты. На рис. Рисунок 2.5 показано подключение проводки сетевого питания, двигателя и заземления для преобразователей частоты с типом корпуса J7. Фактические конфигурации отличаются для разных типов устройств и дополнительного оборудования.

## 2.2.4 Подключение элементов управления

### 2.2.4.1 Доступ

- Снимите крышку доступа с помощью отвертки. См. Рисунок 2.6.



130BC504.10

Рисунок 2.6 Доступ к подключению элементов управления в корпусах J1-J7

## 2.2.4.2 Типы клемм управления

Клеммы управления преобразователя частоты показаны на Рисунок 2.7. Функции клемм и настройки по умолчанию приведены в Таблица 2.3.

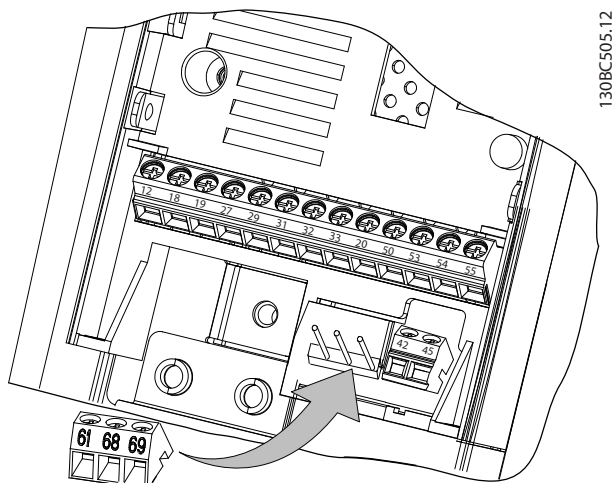


Рисунок 2.7 Расположение клемм управления

См. глава 4.2 Общие технические требования для определений и дополнительной информации.

Клемма	Параметр	Установка по умолчанию	Описание
<b>Цифровые входы/выходы, импульсные входы/выходы, энкодер</b>			
12	-	+24 В пост. тока	Напряжение питания 24 В пост. тока. Максимальный выходной ток составляет 100 мА для всех нагрузок 24 В.
18	5-10	[8] Пуск	Цифровые входы.
19	5-11	[10] Реверс	
31	5-16	[0] Не используется	Цифровой вход
32	5-14	[0] Не используется	Цифровой вход, энкодер 24 В. Клемма 33 может использоваться как импульсный вход.
33	5-15	[0] Не используется	
27	5-12 5-30	Цифровой вход [2] Выбег, инверсный Цифровой выход [0] Не используется	Могут выбираться в качестве цифрового входа, цифрового выхода или импульсного выхода. По умолчанию настроены в качестве цифровых входов. Клемма 29 может использоваться как импульсный вход.
29	5-13 5-31	Цифровой вход [14] Фикс. част. Цифровой выход [0] Не используется	

Клемма	Параметр	Установка по умолчанию	Описание
20	-		Общая клемма для цифровых входов и потенциал 0 В для питания 24 В.
<b>Аналоговые входы/выходы</b>			
42	6-91	[0] Не используется	Программируемый аналоговый выход. Аналоговый сигнал составляет 0–20 мА или 4–20 мА при макс. 500 Ом. Могут также быть запрограммированы в качестве цифровых выходов
45	6-71	[0] Не используется	
50	-	+10 В пост. тока	Напряжение питания 10 В пост. тока, аналоговые входы. Максимум 15 мА, обычно используется для подключения потенциометра или термистора.
53	6-1*	Задание	Аналоговый вход. Могут выбираться для напряжения или тока.
54	6-2*	Обратная связь	
55	-		Общий для аналогового входа
<b>Последовательная связь</b>			
61	-		Встроенный резистивно-емкостной фильтр для экрана кабеля. Используется ТОЛЬКО для подключения экрана при наличии проблем с ЭМС.
68 (+)	8-3*		Интерфейс RS-485. Для контактного сопротивления предусмотрен переключатель платы управления.
69 (-)	8-3*		

Клемма	Пара-метр	Установка по умолчанию	Описание
<b>Реле</b>			
01, 02, 03	5-40 [0]	[0] Не используется	Выход реле типа Form C. Эти реле расположены в разных местах в зависимости от конфигурации и типоразмера преобразователя частоты. Используется для подключения напряжения переменного и постоянного тока, а также резистивных и индуктивных нагрузок. RO2 в корпусе J1-J3 является 2-полюсным, доступны только клеммы 04 и 05
04, 05, 06	5-40 [1]	[0] Не используется	

Таблица 2.3 Описание клемм

### 2.2.4.3 Функции клемм управления

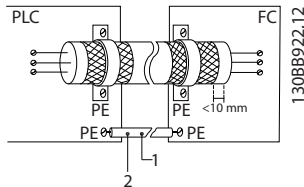
Функции преобразователя частоты управляются путем получения входных сигналов управления.

- Для каждой клеммы в параметрах соответствующей клеммы программируется поддерживаемая функция. Клеммы с соответствующими параметрами см. в *Таблица 2.3*.
- Убедитесь, что каждая клемма управления запрограммирована на работу с правильной функцией. См. главу *Интерфейс пользователя и программирование* для получения детальной информации о доступе к параметрам, а также главу *Программирование преобразователя частоты* для получения детальной информации о программировании.
- По умолчанию клеммы запрограммированы таким образом, чтобы инициировать работу преобразователя частоты в типичном режиме работы.

### 2.2.4.4 Использование экранированных кабелей управления

#### Правильное экранирование

В большинстве случаев предпочтительным методом будет фиксация управляющих кабелей и кабелей последовательной связи с помощью входящих в комплект экранирующих зажимов на обоих концах, что позволит обеспечить наилучший контакт для высокочастотных кабелей. Если потенциалы земли преобразователя частоты и ПЛК различаются, могут возникнуть электрические помехи, нарушающие работу всей системы. Эта проблема решается установкой выравнивающего кабеля как можно ближе к кабелю управления. Мин. поперечное сечение: 16 мм<sup>2</sup>.



1	Мин. 16 мм <sup>2</sup>
2	Выравнивающий кабель

Рисунок 2.8 Экранирующие зажимы на обоих концах

#### Контуры заземления 50/60 Гц

Если используются очень длинные кабели управления, могут возникать контуры заземления. Для их устранения следует подключить один конец экрана к земле через конденсатор емкостью 100 нФ (обеспечив короткие выводы).

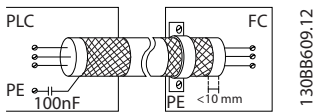


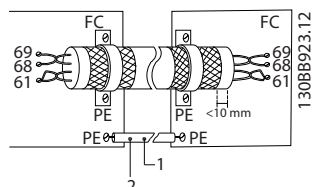
Рисунок 2.9 Подключение через конденсатор емкостью 100 нФ



## 2

### Избегайте помех ЭМС в системе последовательной связи

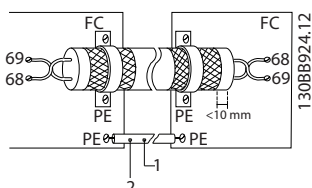
Эта клемма подключается к заземлению через внутреннюю резистивно-емкостную цепь (RC-цепь). Для снижения помех между проводниками используются кабели из витой пары. Рекомендуются метод показан на Рисунок 2.10:



1	Мин. 16 мм <sup>2</sup>
2	Выравнивающий кабель

Рисунок 2.10 Кабели из витой пары

В качестве альтернативы, соединение к клемме 61 может быть пропущено:



1	Мин. 16 мм <sup>2</sup>
2	Выравнивающий кабель

Рисунок 2.11 Кабели из витой пары без клеммы 61

## 2.3 Структуры управления

### 2.3.1 Принцип управления

Преобразователь частоты выпрямляет сетевое переменное напряжение, преобразуя его в постоянное напряжение, которое затем преобразуется в переменный ток с регулируемой амплитудой и частотой.

На двигатель подаются изменяющиеся напряжение/ток и частота, благодаря чему обеспечивается плавное регулирование скорости вращения стандартных трехфазных двигателей переменного тока и синхронных двигателей с постоянным магнитом.

### 2.3.2 Средства управления

Преобразователь частоты может регулировать либо скорость, либо крутящий момент вала двигателя. Тип управления определяется настройкой параметра 1-00 Режим конфигурирования.

#### Регулирование скорости

Предусмотрено два типа регулирования скорости:

- ПИД-регулирование скорости при замкнутом контуре требует подачи на вход сигнала обратной связи по скорости. Правильно оптимизированное регулирование с обратной связью по скорости обеспечивает более высокую точность, чем регулирование скорости без обратной связи.

Выбор входа для сигнала обратной связи ПИД-регулятора скорости осуществляется в параметре 7-00 Ист.сигн.ОС ПИД-рег.скор.

#### Регулирование крутящего момента

Функция регулирования крутящего момента используется в применениях, где крутящий момент на выходном валу двигателя управляет применением за счет контроля напряжений. Регулирование крутящего момента можно выбрать в 1-00 Configuration Mode. Настройка крутящего момента выполняется посредством настройки аналогового или цифрового задания, или задания по шине. Для использования функции регулирования крутящего момента рекомендуется провести процедуру полной ААД, поскольку правильные данные двигателя чрезвычайно важны для оптимальной работы.

- Разомкнутый контур в режиме VVC<sup>plus</sup>. Эта функция используется в применениях, механически устойчивых у сбоям, но имеет ограниченную точность. Функция крутящего момента с разомкнутым контуром работает в двух направлениях вращения. Крутящий момент вычисляется на основе измерения тока внутри преобразователя частоты.

#### Задание скорости/крутящего момента

Задание для этих методов регулирования может быть либо отдельным заданием, либо суммой различных заданий, включая задания с относительным масштабированием. Использование этих заданий подробно описывается в этом разделе ниже.



### 2.3.3 Структура управления в VVC<sup>plus</sup>

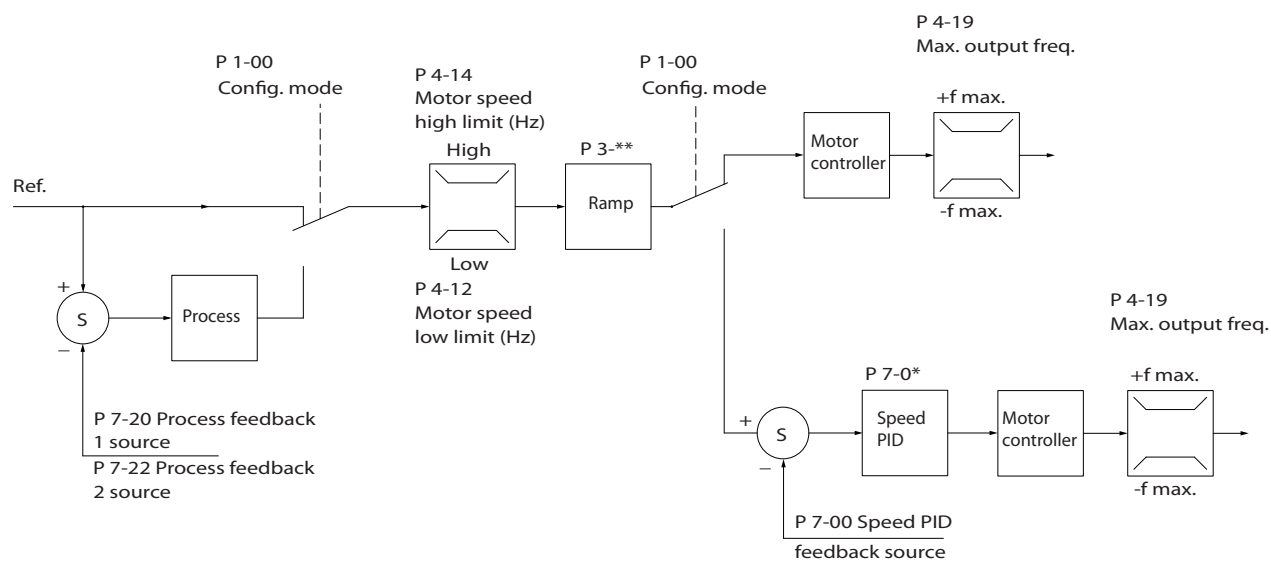


Рисунок 2.12 Структура управления в VVC<sup>plus</sup> — конфигурации с разомкнутым и замкнутым контуром

В конфигурации, показанной на Рисунок 2.12, для 1-01 Принцип управления двигателем установлено значение [1] VVC<sup>plus</sup>, а для 1-00 Режим конфигурирования — значение [0] Ск-сть, без обр. св.. Результирующее задание от системы формирования задания принимается и передается через схемы ограничения изменения скорости и ограничения скорости и только после этого используется для управления двигателем. Затем выходной сигнал системы управления двигателем ограничивается максимальным частотным пределом.

Если параметр 1-00 Режим конфигурирования имеет значение [1] Ск-сть, замкн.конт., результирующее задание передается от ограничения изменения скорости и ограничения скорости к ПИД-регулятору скорости. Параметры ПИД-регулирования скорости входят в группу параметров 7-0\* ПИД-регулят.скор. Результирующее задание от ПИД-регулятора скорости передается для управления двигателем с ограничением по частотному пределу.

Выберите [3] Процесс в параметре 1-00 Режим конфигурирования, чтобы использовать ПИД-регулятор процесса для регулирования с обратной связью, например, скорости или давления в управляемой системе. Параметры ПИД-регулятора процесса находятся в группах параметров 7-2\* ОС д/управл. проц. и 7-3\* Упр.ПИД-рег.проц.

### 2.3.4 Внутреннее регулирование тока в режиме VVC<sup>plus</sup>

Особенностью преобразователя частоты является встроенная система контроля предельного тока, которая включается, когда ток двигателя и, следовательно, крутящий момент оказываются выше предельных моментов, установленных в параметрах 4-16 *Двигательн.режим с огранич. момента*, 4-17 *Генераторн.режим с огранич.момента* и 4-18 *Предел по току*.

Когда преобразователь частоты достигает предела по току в двигательном или регенеративном режиме, он стремится снизить ток ниже установленных пределов для момента как можно скорее, насколько это возможно без потери управления электродвигателем.

### 2.3.5 Местное (Hand On) и дистанционное (Auto On) управление

Преобразователь частоты управляется вручную с панели местного управления (LCP) или дистанционно через аналоговые/цифровые входы или по последовательной шине.

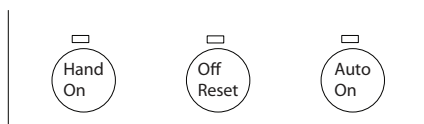
Преобразователь частоты запускается и останавливается с помощью кнопок [Hand On] (Ручной пуск) и [Off/Reset] (Выкл./Сброс) на LCP. Необходима настройка параметров:

0-40 [Hand on] Key on LCP,

0-44 [Off/Reset] Key on LCP и

0-42 [Auto on] Key on LCP.

Если для клеммы запрограммирована возможность сброса, сброс аварийных сигналов выполняется посредством нажатия кнопки [Off/Reset] (Выкл./Сброс) или через дискретные входы.



130B8893.10

Рисунок 2.13 Кнопки управления LCP

Местное задание переводит режим конфигурирования на контур без ОС, независимо от значения параметра 1-00 *Режим конфигурирования*.

Местное задание сохраняется при выключении.

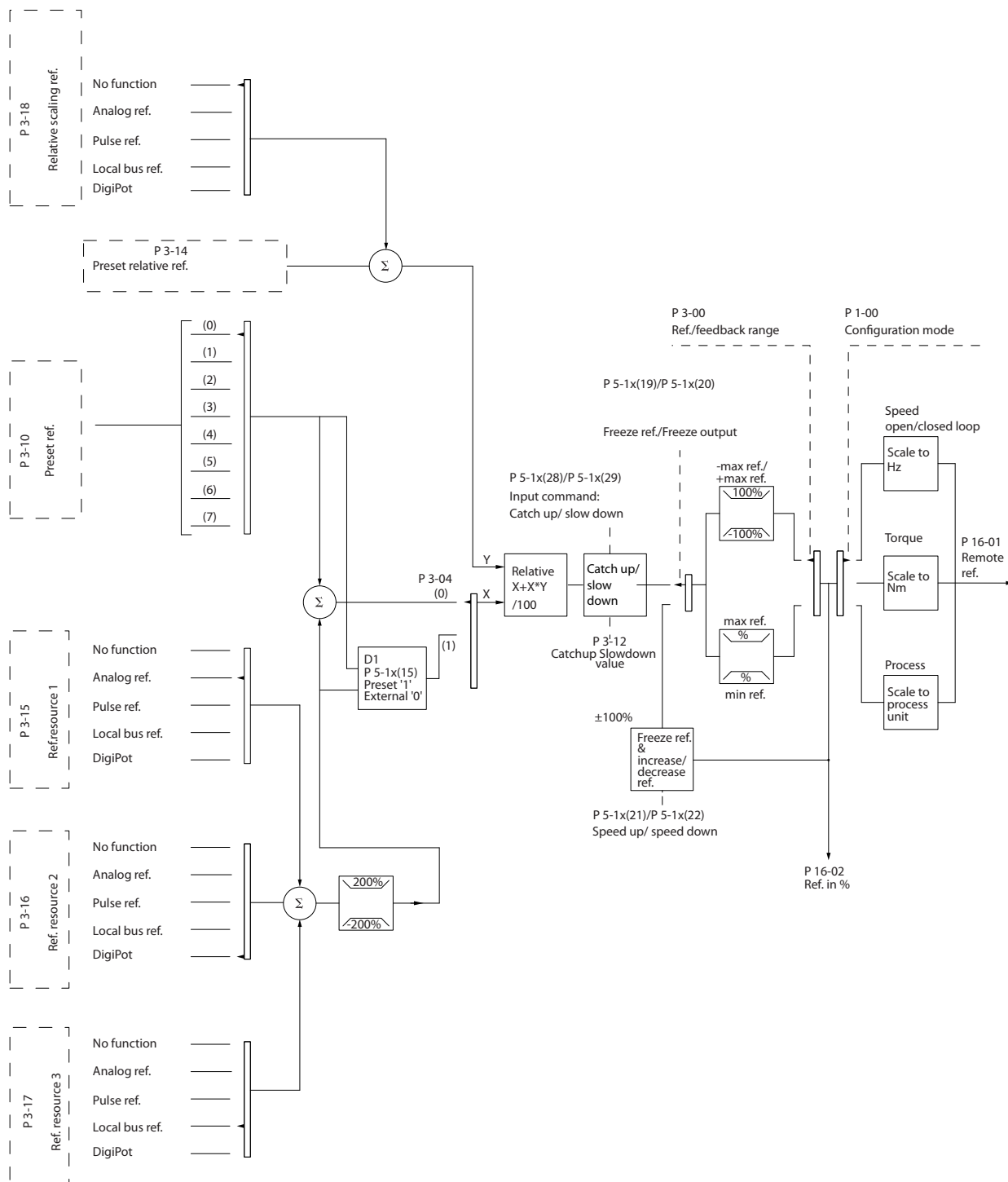
## 2.4 Формирование задания

### Местное задание

Местное задание активно, когда преобразователь частоты работает в режиме ручного управления после нажатия кнопки [Hand On] (Ручной пуск). Для настройки задания используются кнопки [▲]/[▼] и [◀]/[▶].

### Дистанционное задание

Система формирования задания для вычисления дистанционного задания показана на Рисунок 2.14.



130BD374.10

Рисунок 2.14 Дистанционное задание

Дистанционное задание рассчитывается один раз для каждого интервала сканирования и изначально содержит два типа входящего сигнала задания.

1. X (внешнее задание): сумма (см. пар. 3-04 *Reference Function*) до четырех выбранных внешних заданий, включая любые комбинации (определяемые установкой пар. 3-15 *Reference 1 Source*, 3-16 *Reference 2 Source* и 3-17 *Reference 3 Source*) из фиксированных предустановленных заданий (пар. 3-10 *Preset Reference*), переменных аналоговых заданий, переменных дискретных импульсных заданий на цифровых входах и различных заданий, поступающих по последовательной шине, измеренных в соответствующих единицах управления преобразователем частоты ([Гц], [об/мин], [Н·м] и т. д.).
2. Y (относительное задание): сумма одного фиксированного предустановленного задания (пар. 3-14 *Preset Relative Reference*) и одного переменного аналогового задания (пар. 3-18 *Relative Scaling Reference Source*) в [%].

Два типа задания на входе суммируются по следующей формуле: Дистанционное задание =  $X + X * Y / 100 \%$ . Если относительное задание не используется, установите для параметра 3-18 *Relative Scaling Reference Source* значение [0] *Не используется*, а для параметра 3-14 *Preset Relative Reference* — значение 0 %. Обе функции — *увеличение/уменьшение задания* и *фиксация задания* — могут активизироваться с помощью цифровых входов преобразователя частоты. Описание функций и параметров можно найти в *Руководстве по программированию VLT® AutomationDrive FC 360*. Масштабирование аналоговых заданий описывается группами параметров 6-1\* *Аналоговый вход 53* и 6-2\* *Аналоговый вход 54*, а масштабирование импульсных заданий на цифровых входах — группой параметров 5-5\* *Импульсный вход*.

Пределы и диапазоны заданий устанавливаются в группе параметров 3-0\* *Пределы задания*.

## 2.4.1 Пределы задания

Параметры 3-00 *Диапазон задания*, 3-02 *Мин. задание* и 3-03 *Максимальное задание* совместно определяют допустимый диапазон суммы всех заданий. Эта сумма заданий при необходимости фиксируется. Зависимость между результирующим заданием (после фиксации) и суммой всех заданий показана на *Рисунок 2.15* и *Рисунок 2.16*.

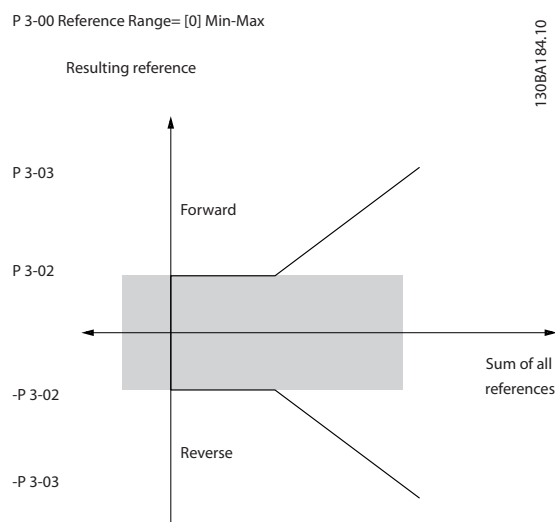


Рисунок 2.15 Сумма всех активных заданий, когда для диапазона задания установлено значение «0»

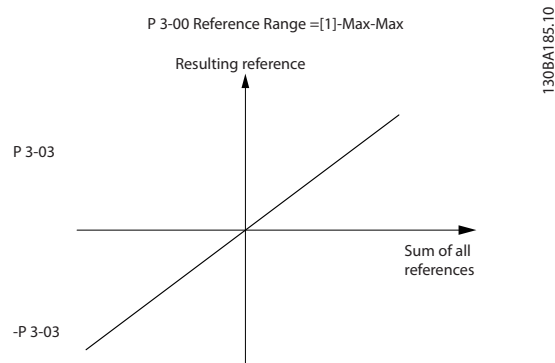


Рисунок 2.16 Сумма всех активных заданий, когда для диапазона задания установлено значение «1».

Для параметра 3-02 Мин. задание нельзя установить значение меньше, чем 0, если для 1-00 Режим конфигурирования не установлено значение [3] Процесс. В этом случае зависимость между результирующим заданием (после фиксации) и суммой всех заданий имеет вид, показанный на Рисунок 2.17.

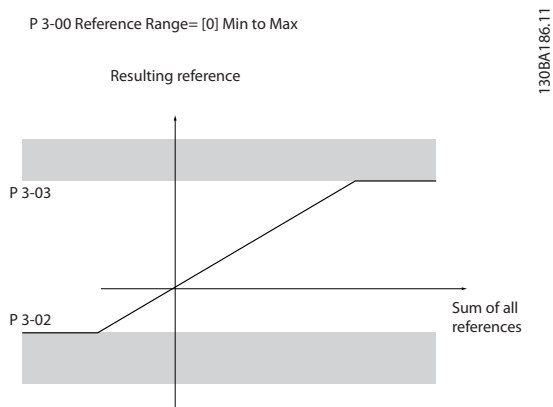


Рисунок 2.17 Сумма всех заданий, когда минимальное задание установлено как отрицательное значение

## 2.4.2 Масштабирование предварительно установленных заданий и заданий для шины

Предварительно устанавливаемые задания масштабируются по следующим правилам:

- Когда 3-00 Диапазон задания = [0] Мин.–Макс., задание 0 % равно 0 [ед. изм.], где может использоваться любая единица измерения (об/мин, м/с, бар и т. п.). Задание 100 % равно максимальной величине (модуль значения 3-03 Максимальное задание), (модуль значения 3-02 Мин. задание).
- Когда 3-00 Диапазон задания = [1] -Макс – +Макс., задание 0 % равно 0 [ед. измер.]; задание -100 % равно величине -Макс; 100 % — величине Макс.

Задание по шине масштабируется по следующим правилам:

- Когда 3-00 Диапазон задания = [0] Мин.–Макс., чтобы получить максимальное разрешение по заданию для шины, используется следующее масштабирование на шине: 0 % — задание равно Мин., а 100 % — задание равно Макс.
- Когда 3-00 Диапазон задания = [1] -Макс. – +Макс., -100 % — задание равно -Макс.; 100 % — задание равно Макс.

### 2.4.3 Масштабирование заданий и сигналов ОС на аналоговом и импульсном входах

Задания и сигналы обратной связи масштабируются с аналоговых и цифровых входов одинаково. Единственным различием является то, что задания выше или ниже заданных минимальных и максимальных «конечных точек» (P1 и P2 на Рисунок 2.18) фиксируются, а сигнал обратной связи выше или ниже этих точек не фиксируется.

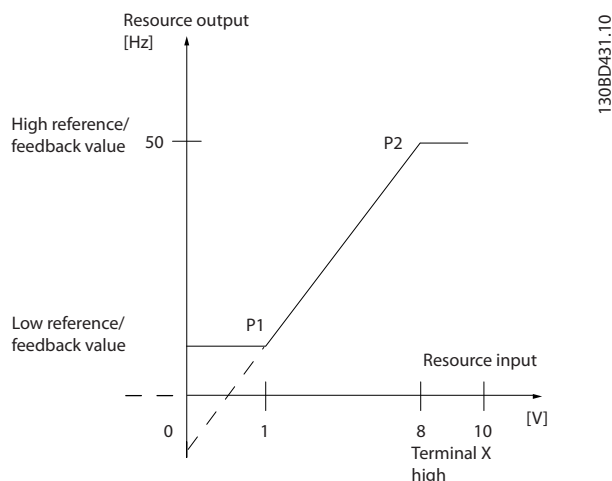


Рисунок 2.18 Минимальная и максимальная конечные точки

Конечные точки P1 и P2 определяются следующими параметрами, в зависимости от того, какой вход используется.

Вход	Аналоговый 53 (режим напряжения)	Аналоговый 53 (режим тока)	Аналоговый 54 (режим напряжения)	Аналоговый 54 (режим тока)	Имп. вход 29	Имп. вход 33
P1 = (Минимальное входное значение, минимальное значение задания)						
Минимальное значение задания	6-14 Клемма 53, низкое зад./обр. связь	6-14 Клемма 53, низкое зад./обр. связь	6-24 Клемма 54, низкое зад./обр. связь	6-24 Клемма 54, низкое зад./обр. связь	5-52 Клемма 29, мин. задание/обр. связь	5-57 Клемма 33, мин. задание/обр. связь
Минимальное входное значение	6-10 Клемма 53, низкое напряжение [В]	6-12 Клемма 53, малый ток [мА]	6-20 Клемма 54, низкое напряжение [В]	6-22 Клемма 54, малый ток [мА]	5-50 Клемма 29, мин. частота [Гц]	5-55 Клемма 33, мин. частота [Гц]
P2 = (Максимальное входное значение, максимальное значение задания)						
Максимальное значение задания	6-15 Клемма 53, высокое зад./обр. связь	6-15 Клемма 53, высокое зад./обр. связь	6-25 Клемма 54, высокое зад./обр. связь	6-25 Клемма 54, высокое зад./обр. связь	5-53 Клемма 29, макс. задание/обр. связь	5-58 Клемма 33, макс. задание/обр. связь
Максимальное входное значение	6-11 Клемма 53, высокое напряжение [В]	6-13 Клемма 53, большой ток [мА]	6-21 Клемма 54, высокое напряжение [В]	6-23 Клемма 54, большой ток [мА]	5-51 Клемма 29, макс. частота [Гц]	5-56 Клемма 33, макс. частота [Гц]

Таблица 2.4 Конечные точки P1 и P2

## 2.4.4 Зона нечувствительности около нуля

В некоторых случаях задание (а изредка и сигнал обратной связи) должно иметь зону нечувствительности около нулевой точки (чтобы обеспечить останов машины, когда задание находится «вблизи нуля»).

**Чтобы ввести в действие зону нечувствительности и установить ее размер, необходимо произвести следующие настройки:**

- Значение либо минимального (соответствующий параметр см. в Таблица 2.4), либо максимального задания должно быть равно нулю. Иными словами, P1 или P2 должны находиться на оси X на Рисунок 2.19.
- При этом обе точки, определяющие кривую масштабирования, находятся в одном квадранте.

Размер зоны нечувствительности определяется либо точкой P1, либо точкой P2, как показано на Рисунок 2.19.

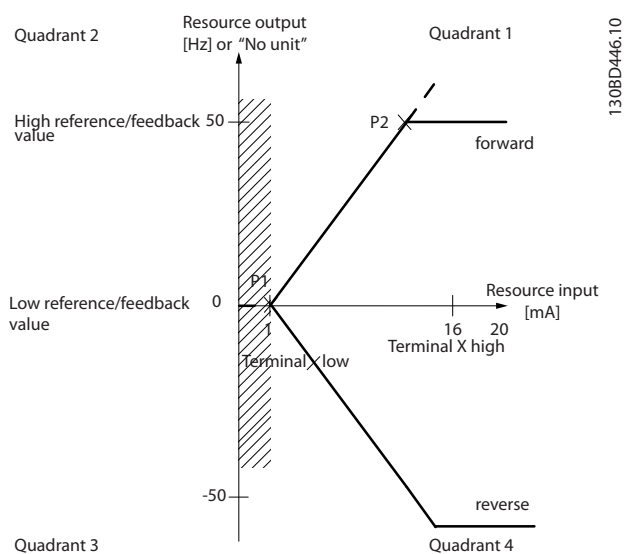
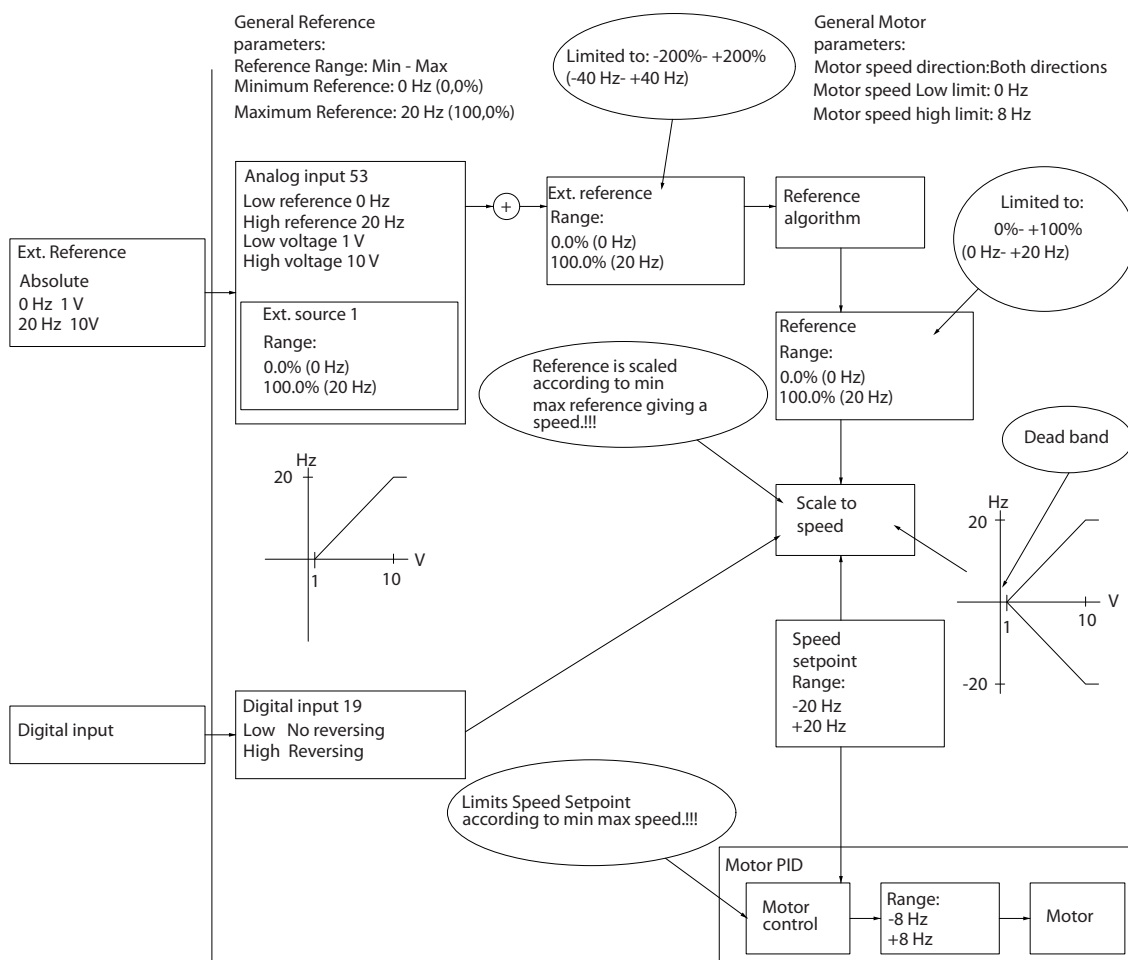


Рисунок 2.19 Размер зоны нечувствительности

**Случай 1. Положительное задание с зоной нечувствительности, цифровой вход для запуска реверса**

На Рисунок 2.20 показано, как фиксируется вход задания с пределами, лежащими внутри интервала от Мин. до Макс.



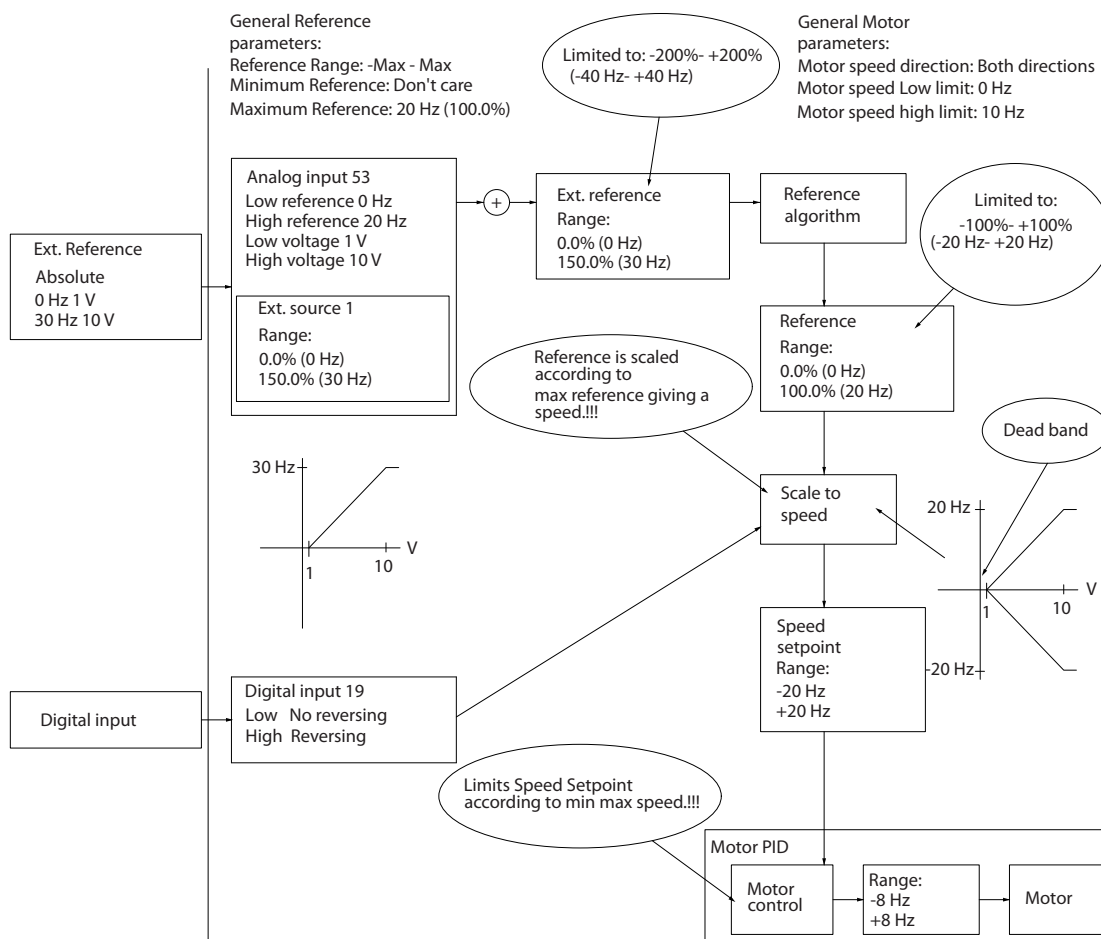
130BD454.10

Рисунок 2.20 Фиксация входа задания с пределами, лежащими внутри интервала от Мин. до Макс.



**Случай 2. Положительное задание с зоной нечувствительности, цифровой вход для запуска реверса. Правила фиксации.**

На Рисунок 2.21 показано, как вход задания с пределами, находящимися вне пределов от -Макс. до +Макс., фиксирует на входах нижний и верхний пределы перед прибавлением к внешнему заданию, и как внешнее задание фиксируется на значения от -Макс. до +Макс. посредством алгоритма задания.



1308D433.10

Рисунок 2.21 Фиксация входа задания с пределами, лежащими внутри интервала от -Мин. до +Макс.

## 2.5 ПИД-регул.

## 2.5.1 ПИД-регулятор скор.

1-00 Режим конфигурирования	1-01 Принцип управления двигателем	
	U/f	VVC <sup>plus</sup>
[0] Ск-сть, без обр. св.	Не действует	Не действует
[1] Ск-сть, замкн.конт.	Отсутствует	ДЕЙСТВУЕТ
[2] Крутящий момент	Отсутствует	Не действует
[3] Процесс	Не действует	Не действует

Таблица 2.5 Конфигурации регулирования, активное регулирование скорости

«Отсутствует» означает, что этот конкретный режим не предусмотрен вообще. «Не действует» означает, что этот конкретный режим предусмотрен, но в нем регулятор скорости не действует.

Регулирование скорости осуществляется с помощью следующих параметров:

Параметр	Описание функции
7-00 Ист.сигн.ОС ПИД-рег.скор.	Выберите, с какого входа должен получать ПИД-регулятор скорости свой сигнал обратной связи.
7-02 Speed PID Proportional Gain	Чем выше это значение, тем быстрее происходит регулирование. Однако слишком большое значение способно привести к автоколебаниям.
7-03 Постоянн.интегр-я ПИД-регулят.скор.	Исключает статическую ошибку скорости. Чем ниже значение, тем быстрее реакция. Однако слишком малое значение способно привести к автоколебаниям.
7-04 Постоянн.дифф-я ПИД-регулят. скор.	Обеспечивает коэффициент усиления, пропорциональный скорости изменения сигнала обратной связи. Установка этого параметра на ноль отключает дифференцирующее звено.
7-05 Пр.усил.в цепи дифф-я ПИД-рег.скор	В случае быстрых изменений задания или сигнала обратной связи в данном применении, что приводит к резкому изменению рассогласования, действие дифференцирующего звена может стать преобладающим. Это объясняется тем, что дифференцирующее звено реагирует на изменения рассогласования. Чем быстрее изменяется рассогласование, тем больше будет коэффициент усиления дифференцирующего звена. Следовательно, можно ограничить коэффициент усиления дифференцирующего звена таким образом, чтобы получить возможность установки приемлемой постоянной времени дифференцирования для медленных изменений и надлежащее ее значение для быстрых изменений.
7-06 Пост.вр.филт.ниж.част.ПИД-рег.скор.	Фильтр нижних частот, который подавляет автоколебания сигнала обратной связи и улучшает характеристики в установившемся режиме. Однако слишком большая постоянная времени фильтра ухудшает динамические свойства ПИД-регулятора скорости. Практические значения параметра 7-06 Пост.вр.филт.ниж.част.ПИД-рег.скор., взятые из числа импульсов на оборот (PPR) от энкодера:
	PPR энкодера
	7-06 Пост.вр.филт.ниж.част.ПИД-рег.скор.
	512 10 мс
	1024 5 мс
	2048 2 мс
	4096 1 мс

Таблица 2.6 Параметры регулирования скорости

### Пример программирования регулятора скорости

В этом случае ПИД-регулятор скорости используется для поддержания постоянной скорости двигателя вне зависимости от изменяющейся нагрузки на двигатель. Требуемая скорость двигателя устанавливается с помощью потенциометра, подключенного к клемме 53. Диапазон скорости составляет 0–1500 об/мин, что соответствует напряжению 0–10 В на потенциометре. Пуск и останов осуществляются выключателем, присоединенным к клемме 18. ПИД-регулятор скорости контролирует текущее число оборотов двигателя с помощью инкрементного энкодера, рассчитанного на 24 В (HTL), который вырабатывает сигнал обратной связи. Датчик обратной связи представляет собой энкодер (1024 импульса на оборот), подключенный к клеммам 32 и 33. Диапазон частот импульсного сигнала, подаваемых на клеммы 32 и 33, составляет 4–32 кГц

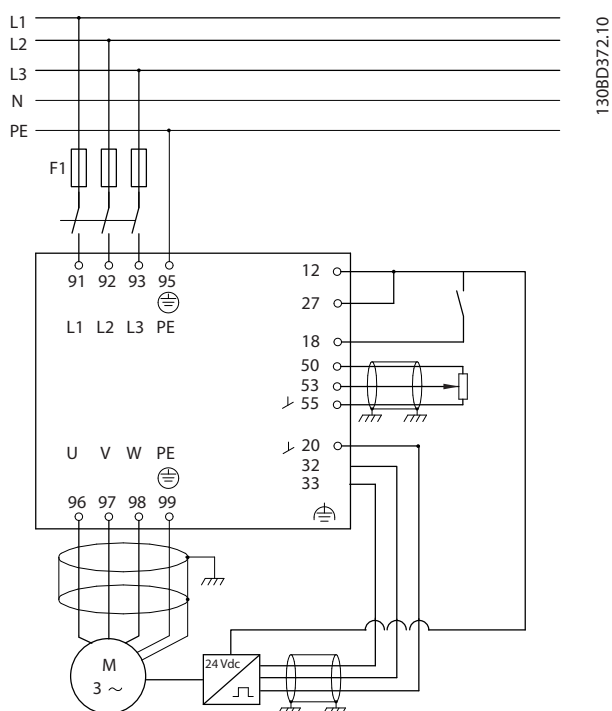


Рисунок 2.22 Программирование регулятора скорости

Описанное ниже программирование должно выполняться в указанном порядке (см. описание установок в *Руководстве по программированию VLT® AutomationDrive FC 360*).

В Таблица 2.7 предполагается, что остальные параметры и выключатели остаются в положении, задаваемом по умолчанию.

Функция	Параметр	Настройка
1) Убедитесь, что двигатель работает надлежащим образом. Выполните следующие операции:		
Установите параметры двигателя в соответствии с данными паспортной таблички.	1-2* Данные двигателя	Как указано на паспортной табличке двигателя
Включите для преобразователя частоты режим автоматической адаптации двигателя	1-29 Авто адаптация двигателя (ААД)	[1] Включ. полной ААД
2) Проверьте правильность работы двигателя и установленного на нем энкодера. Выполните следующие операции:		
Нажмите [Hand On] (Ручной пуск). Проверьте, работает ли двигатель, и заметьте, в каком направлении он вращается (далее это направление будет считаться «положительным»).		Установите положительное задание.
3) Убедитесь, что пределы преобразователя частоты установлены на безопасные значения.		
Установите допустимые пределы для заданий.	3-02 Мин. задание 3-03 Максимальное задание	0 50
Проверьте, находятся ли установки времени изменения скорости в пределах возможностей преобразователя частоты и допустимы ли рабочие характеристики для данного применения.	3-41 Время разгона 1 3-42 Время замедления 1	установка по умолчанию установка по умолчанию
Установите допустимые пределы для скорости и частоты двигателя.	4-12 Motor Speed Low Limit [Hz] 4-14 Motor Speed High Limit [Hz] 4-19 Макс. выходная частота	0 Гц 50 Гц 60 Гц
4) Выполните конфигурирование регулятора скорости и выберите принцип управления двигателем.		
Активизация регулятора скорости	1-00 Режим конфигурирования	[1] Ск-сть, замкн.конт.
Выбор принципа управления двигателем	1-01 Принцип управления двигателем	[1] VVC <sup>plus</sup>
5) Выполните конфигурирование и масштабирование задания для регулятора скорости.		
Выберите аналоговый вход 53 в качестве источника задания	3-15 Источник задания 1	Не требуется (по умолчанию).
Масштабируйте аналоговый вход 53 на диапазон от 0 об/мин (0 В) до 50 об/мин (10 В).	6-1* Аналоговый вход 53	Не требуется (по умолчанию).
6) Выполните конфигурирование сигнала энкодера HTL 24 В в качестве обратной связи для управления двигателем и регулятора скорости.		
Установите в качестве входов энкодера цифровые входы 32 и 33.	5-14 Клемма 32, цифровой вход 5-15 Клемма 33, цифровой вход	[82] Encoder input B [83] Encoder input A
В качестве источника сигнала обратной связи ПИД-регулятора скорости выберите клеммы 32/33.	7-00 Ист.сигн.ОС ПИД-рег.скор.	[1] Энкодер 24 В
7) Настройте параметры ПИД-регулятора скорости.		
Воспользуйтесь указаниями по настройке (при необходимости) или произведите настройку вручную.	7-0* ПИД-регулят. скор.	См. приведенные ниже указания.
8) Готово!		
Сохраните установленные значения параметров в памяти панели LCP.	0-50 Копирование с LCP	[1] Все в LCP

Таблица 2.7 Порядок программирования ПИД-регулятора скорости

## 2.5.2 ПИД-регул. проц.

ПИД-регулятор процесса может использоваться для регулирования прикладных параметров, которые могут измеряться датчиком (например, датчиком давления, температуры, расхода) и корректироваться подключенным двигателем с помощью насоса, вентилятора или иным способом.

В Таблица 2.8 показаны конфигурации регулирования, в которых возможно регулирование процесса. Области действия регулятора скорости указаны в глава 2.3 Структуры управления.

1-00 Режим конфигурирования	1-01 Принцип управления двигателем	
	U/f	VVC <sup>plus</sup>
[3] Процесс	Отсутствует	Процесс

Таблица 2.8 Конфигурация управления

### УВЕДОМЛЕНИЕ

ПИД-регулятор процесса может работать при значениях параметров, установленных по умолчанию; тем не менее, настоятельно рекомендуется провести настройку параметров для оптимизации характеристик управления системой.

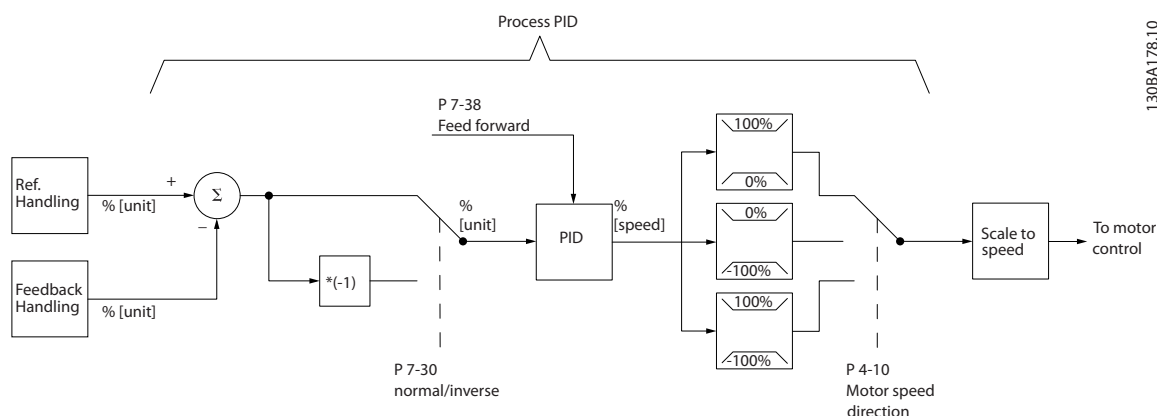


Рисунок 2.23 Схема ПИД-регулятора процесса

## 2.5.3 Параметры, относящиеся к регулятору процесса

Параметр	Описание функции
7-20 Источник ОС 1 для упр. процессом	Выберите источник (а именно аналоговый или импульсный вход), от которого будет поступать сигнал обратной связи для ПИД-регулятора процесса.
7-22 Источник ОС 2 для упр. процессом	Дополнительная возможность: определите, должен ли ПИД-регулятор процесса получать дополнительный сигнал обратной связи (и откуда). Если выбран дополнительный источник обратной связи, то перед использованием в ПИД-регуляторе процесса оба сигнала обратной связи будут суммироваться.
7-30 Норм/инв реж. упр. ПИД-рег.пр.	При режиме управления [0] Нормальный реакция регулятора процесса состоит в увеличении скорости вращения двигателя, если поступающий сигнал обратной связи меньше задания. В такой же ситуации, но в режиме [1] Инверсный, реакция регулятора процесса заключается в уменьшении числа оборотов двигателя.
7-31 Антираскрутка ПИД-рег. проц.	Благодаря действию функции антираскрутки, при достижении предела либо по частоте, либо по крутящему моменту, устанавливается такой коэффициент усиления интегрирующего звена, который соответствует фактической частоте. Тем самым предотвращается интегрирование рассогласования, которое никогда не может быть компенсировано путем изменения скорости. Эта функция может быть запрещена выбором варианта [0] Выкл.

Параметр	Описание функции
7-32 Скорость пуска ПИД-рег.пр.	В некоторых применениях достижение требуемой скорости/уставки может происходить на протяжении продолжительного времени. В таких применениях было бы целесообразно устанавливать фиксированную скорость двигателя командой преобразователя частоты перед включением регулятора процесса. Это осуществляется установкой значения скорости пуска ПИД-регулятора процесса в параметре 7-32 Скорость пуска ПИД-рег.пр..
7-33 Проп.коэфф.ус.ПИД-рег. проц.	Чем выше это значение, тем быстрее происходит регулирование. Однако слишком большое значение способно привести к автоколебаниям.
7-34 Пост. врем. интегр.ПИД-рег. проц.	Исключает статическую ошибку скорости. Чем ниже значение, тем быстрее реакция. Однако слишком малое значение способно привести к автоколебаниям.
7-35 Постоянная врем.дифф.ПИД-рег. проц.	Обеспечивает коэффициент усиления, пропорциональный скорости изменения сигнала обратной связи. Установка этого параметра на нуль отключает дифференцирующее звено.
7-36 ПУ цепи дифф.ПИД-рег.пр.	В случае быстрых изменений задания или сигнала обратной связи в данном применении, что приводит к резкому изменению рассогласования, действие дифференцирующего звена может стать преобладающим. Это объясняется тем, что дифференцирующее звено реагирует на изменения рассогласования. Чем быстрее изменяется рассогласование, тем больше будет коэффициент усиления дифференцирующего звена. Таким образом, коэффициент усиления дифференцирующего звена может быть ограничен таким образом, чтобы постоянная времени дифференцирующего звена могла быть установлена на значение, соответствующее медленным изменениям.
7-38 Коэфф.пр.св.ПИД-рег.пр	В применениях, где имеется значительная (и приблизительно линейная) корреляция между заданием процесса и скоростью двигателя, необходимой для достижения такого задания, возможно использование коэффициента прямой связи для улучшения динамических характеристик ПИД-регулятора процесса.
5-54 Пост.времени имп.фильтра №29 (импульсн. клемма 29), 5-59 Пост.времени импульсн. фильтра №33 (импульсн. клемма 33), 6-16 Клемма 53,постоянн.времени фильтра (аналог. клемма 53), 6-26 Клемма 54, пост. времени фильтра (аналог. клемма 54)	Если в сигнале обратной связи по току/напряжению присутствуют колебания, их можно уменьшить с помощью фильтра нижних частот. Эта постоянная времени соответствует предельной скорости пульсаций, появляющихся в сигнале обратной связи.  Пример: Если фильтр нижних частот установлен на 0,1 с, предельная скорость составит 10 рад/с (величина, обратная 0,1 с), что соответствует $(10/2 \times \pi) = 1,6$ Гц. Это означает, что фильтр подавляет все сигналы тока/напряжения, которые изменяются с частотой более 1,6 колебаний в секунду. Управление выполняется только сигналом обратной связи, который изменяется с частотой (скоростью) менее 1,6 Гц.  Фильтр нижних частот улучшает характеристики установившегося режима, но выбор слишком большой постоянной времени фильтра ухудшает динамические свойства ПИД-регулятора процесса.

Таблица 2.9 Параметры регулирования процесса

## 2.5.4 Пример ПИД-регулятора процесса

На Рисунок 2.24 приведен пример ПИД-регулятора процесса, используемого в системе вентиляции.

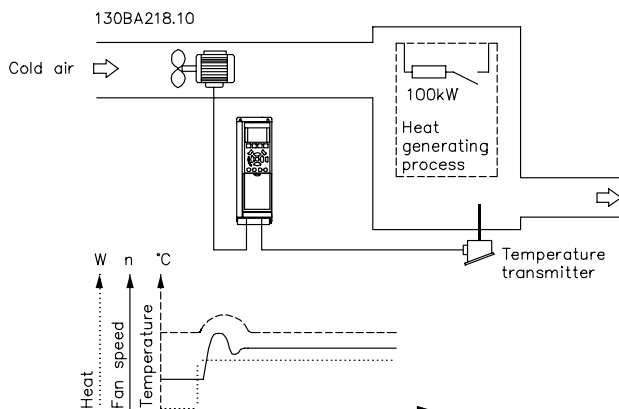


Рисунок 2.24 ПИД-регулятор процесса в системе вентиляции

В системе вентиляции необходимо иметь возможность устанавливать температуру в пределах от 5 до 35 °C с помощью потенциометра на 0–10 В. С помощью регулятора процесса установленную температуру можно поддерживать на постоянном уровне.

Тип регулирования — инверсный, это означает, что при повышении температуры скорость вентиляции также возрастает, при этом подается больше воздуха. Когда температура снижается, скорость уменьшается. Используемый датчик имеет рабочий диапазон температур от -10 до 40 °C, 4–20 мА. Мин./макс. скорость — 300/1500 об/мин.

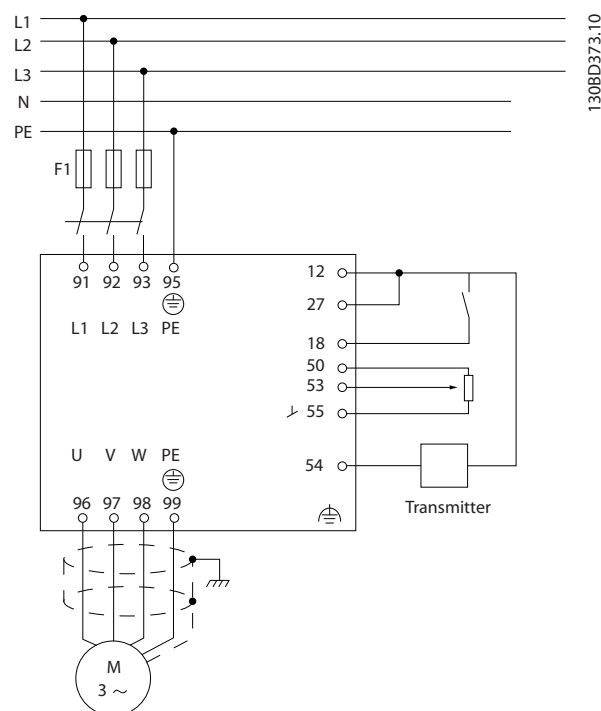


Рисунок 2.25 Двухпроводный датчик

1. Пуск/останов системы осуществляется с помощью переключателя, присоединенного к клемме 18.
2. Задание температуры с помощью потенциометра (от -5 до 35 °C, 0–10 В пост. тока), подключенного к клемме 53.
3. Обратная связь по температуре осуществляется через датчик (от -10 до 40 °C, 4–20 мА), подключенный к клемме 54.

Функция	Параметр	Настройка
Инициализируйте преобразователь частоты	14-22	[2] Инициализация: включите-выключите питание — нажмите [Reset] (Сброс)
1) Установите параметры двигателя:		
Задайте параметры двигателя в соответствии с данными паспортной таблички.	1-2*	Как указано на паспортной табличке двигателя
Выполните полную автоматическую адаптацию двигателя (ААД)	1-29	[1] Включ.полной ААД
2) Убедитесь, что двигатель вращается в правильном направлении. Если двигатель подключен к преобразователю частоты с правильной очередностью фаз прямого направления, такой как U–U; V–V; W–W, то вал двигателя обычно вращается по часовой стрелке (если смотреть со стороны конца вала).		
Нажмите [Hand On] (Ручной пуск). Проверьте направление вращения вала при подаче значения ручного задания.		
Если вал двигателя вращается в направлении, противоположном требуемому направлению: 1. Измените направление двигателя в параметре 4-10 Направление вращения двигателя; 2. Выключите сеть — дождитесь разрядки звена постоянного тока — поменяйте местами две фазы двигателя	4-10	Выберите правильное направление вала двигателя
Установите режим конфигурирования	1-00	[3] Процесс
3) Задайте конфигурацию задания, т. е. диапазон для формирования задания. Задайте масштабирование аналогового входа в параметре 6-**		
Задайте ед. изм. задания/сигн. ОС	3-01	[60] °C Единица, отображаемая на дисплее
Установите мин. задание (10 °C)	3-02	-5 °C
Установите макс. задание (80 °C)	3-03	35 °C
Усли установочное значение определяется на основе предварительно заданного значения (параметра массива), установите для других источников заданий значение «Нет функции».	3-10	[0] 35 % $\text{Зад.} = \frac{\text{Пар.} \cdot 3 - 10(0)}{100} \times ((\text{Пар.} \cdot 3 - 03) - (\text{Пар.} \cdot 3 - 02)) = 24,5^\circ \text{C}$ Параметры с 3-14 Предустановл.относительное задание по 3-18 Источник отн. масштабирования задания, [0] = Не используется
4) Откорректируйте предельные значения для преобразователя частоты:		
Установите для времени изменения скорости подходящее значение, например, 20 с.	3-41	20 с
	3-42	20 с
Установите нижние предельные значения скорости	4-12	10 Гц
Установите вернее предельное значение скорости двигателя	4-14	50 Гц
Установите макс. выходную частоту	4-19	60 Гц
Установите в 6-19 Terminal 53 mode и 6-29 Terminal 54 mode режим напряжения или тока.		
5) Выполните масштабирование аналоговых входов для заданий и обратной связи.		
Установите режим низкого напряжения для клеммы 53	6-10	0 В
Установите режим высокого напряжения для клеммы 53	6-11	10 В
Установите низкое значение сигнала обратной связи для клеммы 54	6-24	-5 °C
	6-25	35 °C
Установите высокое значение сигнала обратной связи для клеммы 54	7-20	[2] Аналоговый вход 54
Задайте источник сигнала ОС		
6) Базовые настройки ПИД-регулятора		
Нормальный/инверсный режим ПИД-регулятора процесса	7-30	[0] Нормальный
Антираскрутка ПИД-регулятора процесса	7-31	[1] Включена
Скорость пуска ПИД-рег. пр.	7-32	300 об/мин
Сохранение параметров в LCP	0-50	[1] Все в LCP

Таблица 2.10 Пример настройки ПИД-регулятора процесса



## 2.5.5 Оптимизация регулятора процесса

Теперь все основные настройки произведены; остается только оптимизировать коэффициент усиления пропорционального звена, постоянную времени интегрирующего звена и постоянную времени дифференцирующего звена (параметры (7-33 *Проп.коэфф.ус.ПИД-рег. проц.*, 7-34 *Пост. врем. интегр.ПИД-рег. проц.*, 7-35 *Постоянная врем.дифф.ПИД-рег. проц.*). Для большинства процессов это выполняется в приведенной ниже последовательности.

1. Запустите двигатель
2. Установите для параметра 7-33 *Проп.коэфф.ус.ПИД-рег. проц.* значение, равное 0,3, и увеличивайте его до тех пор, пока сигнал обратной связи снова не начнет плавно изменяться. После этого уменьшайте это значение до момента стабилизации сигнала обратной связи. Теперь уменьшите коэффициент усиления пропорционального звена на 40–60 %.
3. Установите для параметра 7-34 *Пост. врем. интегр.ПИД-рег. проц.* значение, равное 20 с, и уменьшайте его до тех пор, пока сигнал обратной связи снова не начнет плавно изменяться. Увеличивайте постоянную времени интегрирующего звена до момента стабилизации сигнала обратной связи, а затем увеличьте ее на 15–50 %.
4. В случае систем очень высокого быстродействия (время дифференцирования) используйте только параметр 7-35 *Постоянная врем.дифф.ПИД-рег. проц.*. Обычно значение этого параметра в четыре раза больше установленного времени интегрирования. Дифференцирующее звено должно использоваться только в том случае, если была произведена полная оптимизация настроек коэффициента усиления пропорционального звена и постоянной времени интегрирующего звена. Убедитесь, что колебания сигнала обратной связи в достаточной мере подавляются фильтром нижних частот.

### УВЕДОМЛЕНИЕ

Чтобы вызвать изменение сигнала обратной связи, клавишу запуска/останова можно. при необходимости нажимать несколько раз.

## 2.5.6 Метод настройки Циглера — Николса

Для настройки ПИД-регуляторов преобразователя частоты могут использоваться несколько способов. Danfoss рекомендует использовать метод настройки Циглера — Николса.

### УВЕДОМЛЕНИЕ

Метод настройки Циглера — Николса не следует использовать в системах, которые могут быть повреждены автоколебаниями, создаваемыми при настройках регулирования с очень малой устойчивостью.

Критерии для настройки параметров основаны на оценке системы на границе устойчивости, а не на реакции на ступенчатое воздействие. Увеличивайте коэффициент усиления пропорционального звена до тех пор, пока не будут обнаружены (путем измерения сигнала обратной связи) незатухающие колебания, т. е. до момента минимальной устойчивости системы. Соответствующий коэффициент усиления ( $K_u$ ) называется предельным коэффициентом усиления и представляет собой коэффициент усиления, при котором начинаются колебания. Период колебаний ( $P_u$ ) (называется граничным периодом) определяется, как показано на *Рисунок 2.26*, и должен измеряться, когда амплитуда колебаний достаточно мала.

1. Выберите только пропорциональное регулирование: это означает, что для постоянной времени интегрирующего звена выбирается максимальное значение, а постоянная времени дифференцирующего звена выбирается равной нулю.
2. Увеличивайте коэффициент усиления пропорционального звена до тех пор, пока не будут достигнуты граница неустойчивости (незатухающие колебания) и критическое значение коэффициента усиления  $K_u$ .
3. Измерьте период колебаний, чтобы определить критическую постоянную времени  $P_u$ .
4. С помощью *Таблица 2.11* вычислите необходимые параметры ПИД-регулятора.

## 2

Чтобы получить удовлетворительное регулирование, оператор процесса может производить окончательную настройку регулятора методом последовательных приближений.

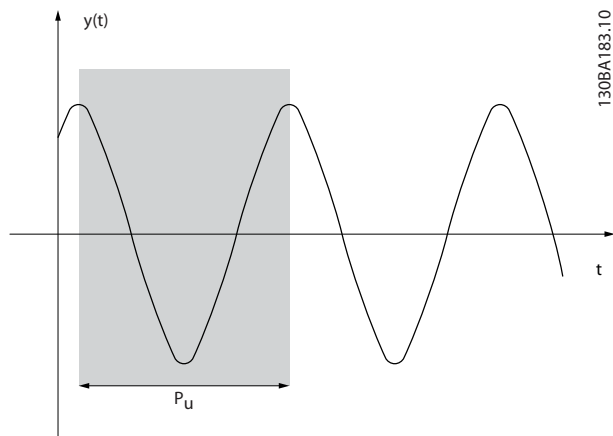


Рисунок 2.26 Система на границе устойчивости

Тип регулятора	Коэфф. усил. проп	Вр. интегр.	Постоянная времени дифференцирования
ПИ-регулятор	$0,45 * K_u$	$0,833 * P_u$	-
Жесткий ПИД-регулятор	$0,6 * K_u$	$0,5 * P_u$	$0,125 * P_u$
ПИД-регулятор с некоторым перерегулированием	$0,33 * K_u$	$0,5 * P_u$	$0,33 * P_u$

Таблица 2.11 Настройка Циглера — Николса для регулятора

## 2.6 Общие вопросы ЭМС

### 2.6.1 Общие вопросы защиты от излучений в соответствии с требованиями ЭМС

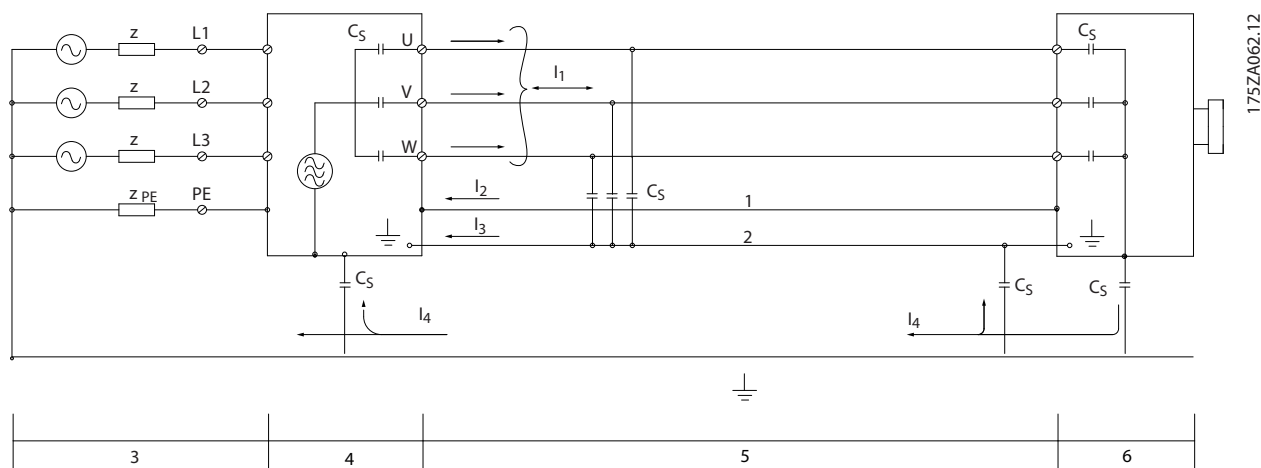
Электрические помехи обычно распространяются по проводящим цепям в диапазоне частот от 150 кГц до 30 МГц. Воздушные помехи из системы преобразователя частоты в диапазоне частот от 30 МГц до 1 ГГц создаются инвертором, кабелем двигателя и двигателем.

Емкостные токи в кабеле двигателя, связанные с высоким значением скорости изменения напряжения двигателя  $dV/dt$ , создают токи утечки.

Применение экранированного кабеля двигателя приводит к увеличению тока утечки (см. Рисунок 2.27), поскольку емкостная проводимость на землю таких кабелей больше, чем у неэкранированных. Если ток утечки не фильтруется, он вызывает большие помехи в сети в ВЧ-диапазоне ниже приблизительно 5 МГц. Поскольку ток утечки ( $I_1$ ) возвращается в устройство через экран ( $I_3$ ), экранированный кабель двигателя принципиально может создавать только небольшое электромагнитное поле ( $I_4$ ).

Экран снижает излучаемые помехи, но увеличивает низкочастотные помехи в сети. Экран кабеля двигателя должен подключаться к корпусу преобразователя частоты и к корпусу двигателя. Наилучшим образом это делается с использованием соединенных с экраном зажимов, позволяющих исключить применение скрученных концов экрана (скруток). Скрутки увеличивают сопротивление экрана на высоких частотах, что снижает эффект экранирования и увеличивает ток утечки ( $I_4$ ).

Если экранированный кабель используется для периферийной шины, для подключения реле, в качестве кабеля управления, для передачи сигналов и подключения тормоза, экран должен присоединяться к корпусу на обоих концах. Однако в некоторых случаях может потребоваться разрыв экрана, чтобы исключить возникновение контуров тока в экране.



1	Провод заземления
2	Экран
3	Питание от сети перем. тока
4	Преобразователь частоты
5	Экранированный кабель двигателя
6	Двигатель

Рисунок 2.27 Защита от излучений в соответствии с требованиями ЭМС

Если экран должен быть расположен на монтажной плате преобразователя частоты, эта плата должна быть металлической, поскольку токи экрана должны передаваться обратно на блок. Кроме того, следует обеспечить хороший электрический контакт монтажной платы с шасси преобразователя частоты через крепежные винты.

При использовании неэкранированного кабеля некоторые требования к излучению помех не могут быть удовлетворены, хотя требования к помехозащищенности выполняются.

Для уменьшения уровня помех, создаваемых всей системой (преобразователем частоты и установкой), кабели двигателя и тормоза должны быть как можно более короткими. Не прокладывайте сигнальные кабели чувствительных устройств вдоль кабелей двигателя и тормоза. ВЧ-помехи с частотами выше 50 МГц (распространяющиеся по воздуху) создаются, главным образом, электронными устройствами управления.

## 2.6.2 Результаты испытаний ЭМС

Результаты испытаний в Таблица 2.12 были получены на системе, в которую входили преобразователь частоты (с дополнительными устройствами, если они имели существенное значение), экранированный кабель управления и блок управления с потенциометром, а также двигатель и экранированный кабель двигателя.

Тип фильтра ВЧ-помех		Кондуктивное излучение	Излучение
Стандарты и требования	EN 55011	Класс А, группа 2 Промышленные условия	Класс А, группа 1 Промышленные условия
	EN/IEC 61800-3	Категория С3 Вторые условия эксплуатации	Категория С2 Первые условия эксплуатации, ограниченное распространение
J1	0,37–2,2 кВт, 380–480 В	25 м	Да
J2	3,0–5,5 кВт, 380–480 В	25 м	Да
J3	7,5 кВт, 380–480 В	25 м	Да
J4	11–15 кВт (380–480 В)	25 м	Да
J5	18,5–22 кВт (380–480 В)	25 м	Да
J6	30–45 кВт (380–480 В)	25 м	Да
J7	55–75 кВт (380–480 В)	25 м	Да

Таблица 2.12 Результаты испытаний на ЭМС (излучение помех, помехоустойчивость)

### 2.6.3 Требования к помехоустойчивости

Требования к помехоустойчивости для преобразователей частоты зависят от условий эксплуатации. Требования для производственной среды являются более высокими, нежели требования для среды в жилых помещениях или офисах. Все преобразователи частоты Danfoss соответствуют требованиям к производственной среде и, следовательно, отвечают также более низким требованиям к среде в жилых помещениях и офисах с большим запасом по безопасности.

Для подтверждения устойчивости к помехам, возникающим при протекании электрических процессов, система (преобразователь частоты с дополнительными устройствами, если они существенны, экранированный кабель управления, блок управления с потенциометром, кабель двигателя и двигатель) была испытана на воздействие помех. Испытания проводились в соответствии со следующими базовыми стандартами:

- **EN 61000-4-2 (IEC 61000-4-2):** Электростатические разряды (ESD). Воспроизведение электростатических разрядов, связанных с присутствием человека.
- **EN 61000-4-3 (IEC 61000-4-3):** Излучение, создаваемое проникающим электромагнитным полем с амплитудной модуляцией. Воспроизведение воздействий радиолокационного оборудования и оборудования связи, а также мобильных средств связи.
- **EN 61000-4-4 (IEC 61000-4-4):** Импульсные переходные процессы. Моделирование помех, вызываемых переключением контактора, реле или аналогичных устройств.
- **EN 61000-4-5 (IEC 61000-4-5):** Переходные процессы с бросками напряжения. Воспроизведение переходных процессов, связанных, например, с ударом молнии вблизи установок.
- **EN 61000-4-6 (IEC 61000-4-6):** ВЧ-помехи в синфазном режиме. Моделирование воздействия радиопередающего оборудования, соединенного между собой кабелями.

См. Таблица 2.13.

Диапазон напряжений: 380–480 В					
Базовый стандарт	Импульсы IEC 61000-4-4	Броски напряжения IEC 61000-4-5	Эл.-статич. разряды IEC 61000-4-2	Излучаемое электромагнитное поле IEC 61000-4-3	Напряжение ВЧ- помех в синфазном режиме IEC 61000-4-6
Критерий приемки	В	В	В	А	А
Сеть	4 кВ СМ	2 кВ/2 Ом DM 4 кВ/12 Ом СМ	—	—	10 В <sub>эфф.</sub>
Двигатель	4 кВ СМ	4 кВт/2 Ом <sup>1)</sup>	—	—	10 В <sub>эфф.</sub>
Тормоз	4 кВ СМ	4 кВт/2 Ом <sup>1)</sup>	—	—	10 В <sub>эфф.</sub>
Разделение нагрузки	4 кВ СМ	4 кВт/2 Ом <sup>1)</sup>	—	—	10 В <sub>эфф.</sub>
Цепи управления	2 кВ СМ	2 кВ/2 Ом <sup>1)</sup>	—	—	10 В <sub>эфф.</sub>
Стандартная шина	2 кВ СМ	2 кВ/2 Ом <sup>1)</sup>	—	—	10 В <sub>эфф.</sub>
Провода реле	2 кВ СМ	2 кВ/2 Ом <sup>1)</sup>	—	—	10 В <sub>эфф.</sub>
Кабель для LCP	2 кВ СМ	2 кВ/2 Ом <sup>1)</sup>	—	—	10 В <sub>эфф.</sub>
Корпус	—	—	8 кВ AD 6 кВ CD	10 В/м	—

Таблица 2.13 Форма соответствия требованиям ЭМС по помехозащищенности

<sup>1)</sup> Наводка на экран кабеля

AD: электростатический разряд через воздух

CD: электростатический разряд при контакте

СМ: синфазный режим

DM: дифференциальный режим

## 2.7 Гальваническая развязка (PELV)

### 2.7.1 PELV — Защитное сверхнизкое напряжение

PELV обеспечивает защиту с помощью очень низкого напряжения. Защита от поражения электрическим током обеспечена, если электрическое питание имеет изоляцию типа PELV, а монтаж выполнен в соответствии с требованиями, изложенными в местных/государственных нормативах для источников PELV.

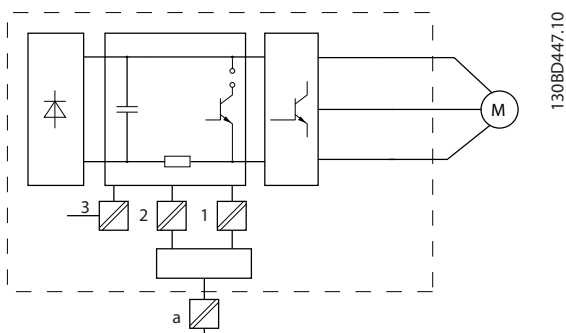
Все клеммы управления и выводы реле 01–03/04–06 соответствуют требованиям PELV (защита с помощью очень низкого напряжения) (не относится к блокам с заземленной ветвью треугольника при напряжении выше 400 В).

Гальваническая (гарантированная) развязка обеспечивается выполнением требований по усиленной изоляции и за счет соответствующих длин путей утечек тока и изоляционных расстояний. Эти требования указаны в стандарте EN 61800-5-1.

Компоненты, обеспечивающие электрическую изоляцию в соответствии с приведенным ниже описанием, отвечают также требованиям к повышенной изоляции и выдерживают соответствующие испытания, как указано в EN 61800-5-1.

Гальваническую развязку PELV можно видеть в 3 местах (см. Рисунок 2.28):

Чтобы обеспечить защиту PELV, все соединения с клеммами управления должны быть выполнены согласно требованиям PELV (например, термистор должен иметь усиленную/двойную изоляцию).



1	Источник питания (импульсный) для кассеты управления
2	Связь между силовой платой питания и кассетой управления
3	Пользовательские реле

Рисунок 2.28 Гальваническая развязка

Интерфейс между стандартным интерфейсом RS-485 и контуром ввода-вывода (PELV) функционально изолирован.

### ВНИМАНИЕ!

Прикосновение к токоведущим частям может привести к смертельному исходу — даже если оборудование отключено от сети.

Убедитесь также, что отключены все прочие входные напряжения, такие как системы разделения нагрузки (подключение промежуточной цепи постоянного тока), а также подключение двигателя для кинетического резервирования.

Прежде чем касаться токоведущих частей, выдержите необходимое время, указанное в Таблица 1.2.

Более короткий промежуток времени допускается только в том случае, если это указано на паспортной табличке конкретного блока.

## 2.8 Ток утечки на землю

Соблюдайте национальные и местные нормативы, относящиеся к защитному заземлению оборудования с током утечки > 3,5 мА.

Технология преобразователей частоты предполагает высокочастотное переключение при высокой мощности. При этом генерируются токи утечки в проводах заземления. Ток при отказе преобразователя частоты, возникающий на выходных силовых клеммах, может содержать компонент постоянного тока, который может приводить к зарядке конденсаторов фильтра и к образованию переходных токов заземления.

Ток утечки на землю зависит от конфигурации системы, в том числе от наличия фильтров ВЧ-помех, экранированных кабелей двигателя и мощности преобразователя частоты.

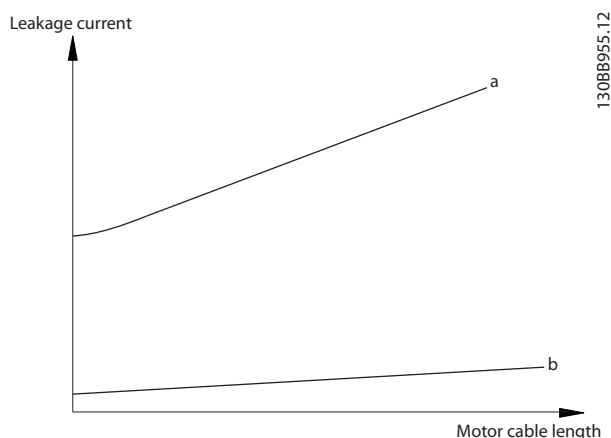


Рисунок 2.29 Зависимость тока утечки от длины кабеля и типоразмера по мощности

Ток утечки зависит также от линейных искажений.

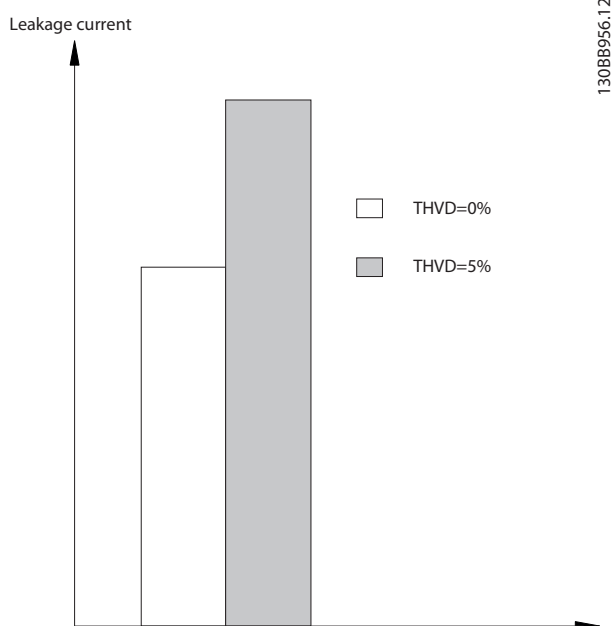


Рисунок 2.30 Зависимость тока утечки от линейных искажений

## УВЕДОМЛЕНИЕ

Если используется фильтр, выверните винт RFI (типы корпусов J1–J5) или отключите пар. 14-50 *Фильтр ВЧ-помех* (типы корпусов J6 и J7) во время зарядки фильтра, чтобы избежать появления большого тока утечки при переключении датчика остаточного тока (RCD).

В соответствии со стандартом EN/IEC61800-5-1 (стандарт по системам силового привода) следует соблюдать особую осторожность в том случае, если ток утечки превышает 3,5 мА. Заземление следует усилить одним из следующих способов.

- Сечение провода заземления (клемма 95) должно быть не менее 10 мм<sup>2</sup>
- Следует использовать два отдельных провода заземления соответствующих нормативам размеров.

Дополнительную информацию см. в стандартах EN/IEC61800-5-1 и EN50178.

## Использование датчиков остаточного тока

Если используются датчики остаточного тока (RCD), также известные как автоматические выключатели для защиты от утечек на землю (ELCB), соблюдайте следующие требования.

- Используйте только RCD типа В, которые могут обнаруживать переменные и постоянные токи.
- Используйте RCD с задержкой по пусковым токам, чтобы предотвратить отказы в связи с переходными токами на землю.
- Размеры RCD следует подбирать с учетом конфигурации системы и условий окружающей среды.

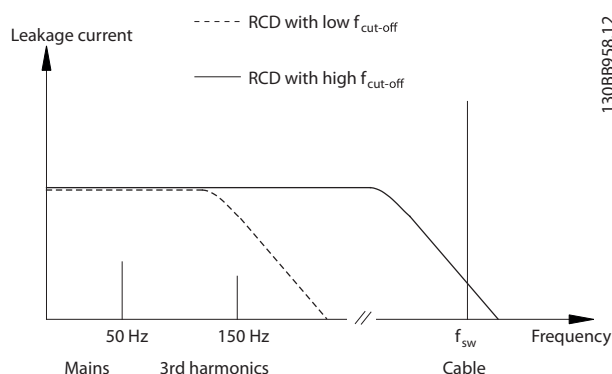


Рисунок 2.31 Основные источники тока утечки

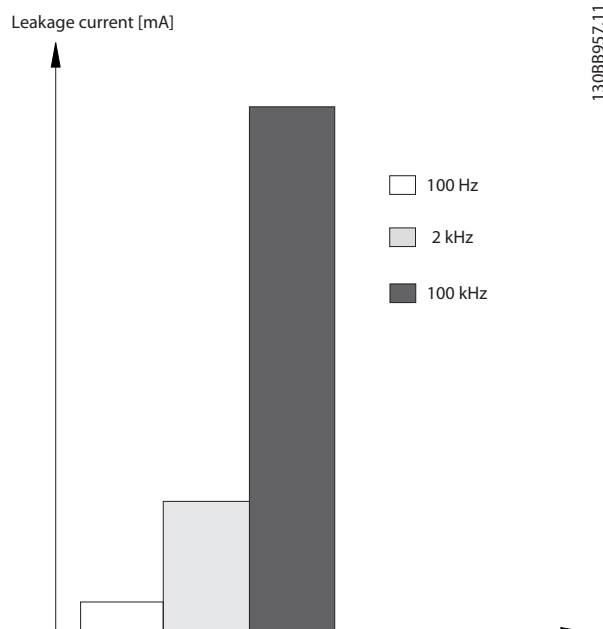


Рисунок 2.32 Влияние частоты отключения датчика остаточного тока (RCD) на величины реагирования/измеряемые величины

См. также Примечание по применению RCD, MN90GX02.

## 2.9 Функции торможения

### 2.9.1 Механический удерживающий тормоз

Механический удерживающий тормоз, устанавливаемый прямо на валу двигателя, обычно выполняет статическое торможение.

#### **УВЕДОМЛЕНИЕ**

Когда удерживающий тормоз включен в цепь обеспечения безопасности, преобразователь частоты не может обеспечить безопасное управление механическим тормозом. В полную схему установки должна быть включена цепь дублирования для управления тормозом.

### 2.9.2 Динамическое торможение

Динамическое торможение осуществляется указанными ниже способами.

- Резистивное торможение. IGBT торможения поддерживает перенапряжение на уровне ниже определенного порога путем направления энергии торможения от двигателя к подключенному тормозному резистору (2-10 Brake Function = [1] Резистивн.торможен.). Пороговое значение можно отрегулировать с помощью параметра 2-14 Brake Voltage Reduce, с диапазоном 70 В.
- Торможение переменным током. Энергия торможения распределяется в двигателе путем изменения состояний потерь в двигателе. Функция торможения переменным током не может быть использована в применениях с высокой частотой циклических операций, поскольку это приводит к перегреву двигателя (2-10 Brake Function = [2] Торм. перем. током).
- Торможение постоянным током. Постоянный ток с перемодуляцией, добавляемый к переменному току, действует в качестве сигнала индукционного торможения (пар. (2-10 Brake Function≠0 с).

### 2.9.3 Выбор тормозного резистора

Тормозной резистор необходим для рассеивания повышенной мощности, выделяемой при торможении в генераторном режиме. Применение тормозного резистора обеспечивает поглощение выделяемой энергии в тормозном резисторе, а не в преобразователе частоты. Подробнее см. в Руководстве по проектированию тормозных резисторов.

Если величина кинетической энергии, передаваемой в резистор в каждом интервале торможения, не известна, среднюю мощность можно рассчитать на основе времени цикла и времени торможения, образующих прерывистый рабочий цикл. Прерывистый рабочий цикл резистора показывает интервал времени, в течение которого резистор включен. На Рисунок 2.33 показан типичный цикл торможения.

Прерывистый рабочий цикл для резистора рассчитывается следующим образом:

$$\text{Рабочий цикл} = t_{\text{торм.}}/T$$

$T$  = время цикла в секундах

$t_{\text{торм.}}$  — время торможения в секундах (за время всего цикла)

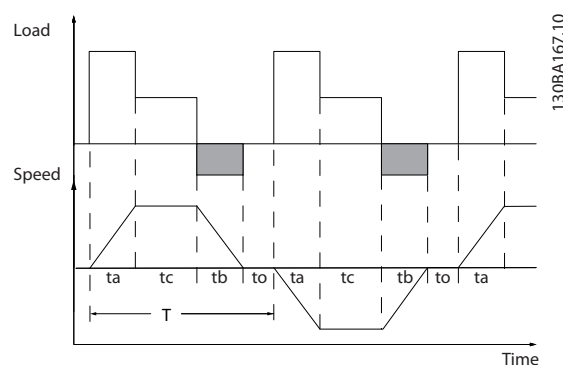


Рисунок 2.33 Типичный цикл торможения

	HK37-H75K
380–480 В	
Длительность цикла (с)	120
Рабочий цикл торможения при полном (100 %) крутящем моменте	Длительная
Рабочий цикл торможения при повышенном (150/160 %) крутящем моменте	40%

Таблица 2.14 Торможение при крутящем моменте высокой перегрузки



Компания Danfoss предлагает тормозные резисторы с рабочим циклом 10 % и 40 %. Если используется 10 % рабочий цикл, тормозные резисторы поглощают мощность торможения в течение 10 % времени цикла. Оставшиеся 90 % времени цикла используются для рассеяния избыточного тепла.

## УВЕДОМЛЕНИЕ

Убедитесь, что резистор подходит для обработки требуемого времени торможения.

Максимально допустимая нагрузка на тормозной резистор определяется пиковой мощностью при заданном прерывистом цикле и может быть вычислена следующим образом:

### Расчет тормозного резистора

$$R_{\text{торм.}} [\text{Ом}] = \frac{U_{\text{пост.тока, торм.}}^2 \times 0,83}{P_{\text{пик.}}}$$

где

$$P_{\text{пик.}} = P_{\text{двиг.}} \times M_{\text{торм.}} [\%] \times \eta_{\text{двиг.}} \times \eta_{\text{VLT}} [\text{W}]$$

Очевидно, сопротивление торможения зависит от напряжения в промежуточной цепи ( $U_{\text{пост. тока}}$ ).

Мощность	Тормоз активен $U_{\text{пост.тока,торм.}}$	Предупреждение перед отключением	Отключение (защитное отключение)
FC 360 3 x 380–480 В	770 В	800 В	800 В

Таблица 2.15 Области сети

**Примечание.** Пороговое значение можно отрегулировать с помощью параметра 2-14 *Brake Voltage Reduce*, с диапазоном 70 В.

## УВЕДОМЛЕНИЕ

Проверьте, что тормозной резистор может выдержать напряжение 410 В или 820 В — если не используются тормозные резисторы Danfoss.

Компания Danfoss рекомендует сопротивление торможения  $R_{\text{рек.}}$ , т. е. такое, которое гарантирует способность преобразователя частоты к торможению с максимально высоким крутящим моментом ( $M_{\text{торм.}(\%)}$ ), равным 160 %. Формула имеет следующий вид:

$$R_{\text{рек.}} [\text{Ом}] = \frac{U_{\text{пост. тока}}^2 \times 100 \times 0,83}{P_{\text{двиг.}} \times M_{\text{торм.}} (\%) \times \eta_{\text{VLT}} \times \eta_{\text{двиг.}}}$$

$\eta_{\text{двиг.}}$  обычно составляет 0,80 ( $\leq 75$  кВт); 0,85 (11–22 кВт)

$\eta_{\text{VLT}}$  обычно составляет 0,97

В случае преобразователей частоты FC 360 тормозное сопротивление  $R_{\text{рек.}}$  при тормозном моменте, равном 160 %, определяется выражением:

$$480 \text{ В} : R_{\text{рек.}} = \frac{396349}{P_{\text{двиг.}}} [\text{Ом}] \quad 1)$$

$$480 \text{ В} : R_{\text{рек.}} = \frac{397903}{P_{\text{двиг.}}} [\text{Ом}] \quad 2)$$

1) Для преобразователей частоты с выходной мощностью на валу  $\leq 7,5$  кВт

2) Для преобразователей частоты с выходной мощностью на валу 11–75 кВт

## УВЕДОМЛЕНИЕ

Сопротивление цепи выбранного тормозного резистора не должно превышать значения, рекомендуемого Danfoss. Если выбрать тормозной резистор с более высоким омическим сопротивлением, то тормозной момент не достигнет 160 % от номинального крутящего момента, и возникнет вероятность автоматического отключения преобразователя частоты для обеспечения безопасности.

Сопротивление должно быть больше, чем  $R_{\text{мин.}}$ .

## УВЕДОМЛЕНИЕ

Если в выходном транзисторе схемы происходит короткое замыкание, то рассеяние мощности в тормозном резисторе может быть предотвращено только отключением преобразователя частоты от питающей сети с помощью сетевого выключателя или контактора. (Контактор может управляться преобразователем частоты.)

## УВЕДОМЛЕНИЕ

Нельзя прикасаться к резистору торможения, поскольку во время/после торможения он может быть очень горячим. Необходимо обеспечить пожаробезопасность среды, в которой тормозной резистор установлен.

2

## 2.9.4 Управление с помощью функции торможения

Тормоз защищен от короткого замыкания тормозного резистора, а тормозной транзистор контролируется с целью обнаружения его короткого замыкания. Для защиты тормозного резистора от перегрузки в случае возникновения неисправности преобразователя частоты может использоваться релейный/цифровой выход. Кроме того, тормоз обеспечивает возможность считывания значений мгновенной мощности и средней мощности за последние 120 с. Тормоз может также контролировать мощность торможения и обеспечивать, чтобы она не превышала предела, установленного в параметре 2-12 *Предельная мощность торможения (кВт)*. В параметре 2-13 *Контроль мощности торможения* выбирается функция, которая будет выполняться, когда мощность, передаваемая на тормозной резистор, превысит предел, установленный в параметре 2-12 *Предельная мощность торможения (кВт)*.

### УВЕДОМЛЕНИЕ

Контроль мощности тормоза не является защитной функцией; для этой цели требуется тепловое реле. Цепь тормозного резистора не защищена от утечки на землю.

Вместо функции торможения можно с помощью параметра 2-17 *Контроль перенапряжения* включить функцию *контроля перенапряжения* (без тормозного резистора). Данная функция активна для всех блоков. Функция дает возможность избежать отключения преобразователя частоты при возрастании напряжения в цепи постоянного тока. Это достигается путем увеличения выходной частоты с целью ограничения напряжения, поступающего из цепи постоянного тока. Данная функция удобна, например, при очень коротком времени замедления, поскольку предотвращает отключение преобразователя частоты. В этом случае время замедления увеличивается.

### УВЕДОМЛЕНИЕ

Контроль перенапряжения нельзя включить при работе с двигателем с постоянными магнитами (т. е. когда для параметра 1-10 *Конструкция двигателя* установлено значение [1] *Неявно. с пост. магн.*)

## 2.10 Интеллектуальный логический контроллер

Программируемый логический контроллер (ПЛК) представляет собой заданную пользователем последовательность действий (см. параметр 13-52 *Действие контроллера SL [x]*), которая выполняется ПЛК, когда соответствующее заданное пользователем событие (см. параметр 13-51 *Событие контроллера SL [x]*) оценивается ПЛК как TRUE (Истина). Условием для события может быть определенный статус или такое условие, при котором выход из логики или операнда компаратора определяется как TRUE. Это приводит к связанному действию, как показано ниже.

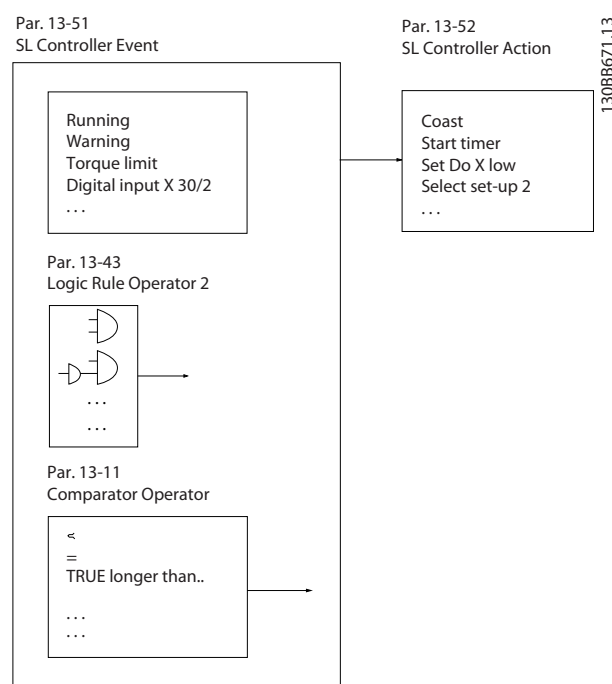


Рисунок 2.34 Связанное действие

События и действия пронумерованы каждое по отдельности и связаны в пары (состояния). Это означает, что когда наступает *событие* [0] (приобретает значение TRUE), выполняется *действие* [0]. После этого анализируются условия *события* [1] и, если оно оценивается как TRUE, выполняется *действие* [1] и т. д. В каждый момент времени оценивается только одно *событие*. Если *событие* оценено как FALSE, в течение текущего интервала сканирования (в ПЛК) ничего не происходит и никакие другие *события* не анализируются. Это значит, что когда запускается ПЛК, в каждом интервале сканирования выполняется оценка *события* [0] (и только *события* [0]). И только когда *событие* [0] будет оценено как истинное (TRUE), контроллер SLC выполнит *действие* [0] и начнет оценивать *событие* [1]. Можно запрограммировать от 1 до 20 *событий* и *действий*.

Когда произошло последнее событие/действие, последовательность начинается снова с события [0]/действия [0]. На Рисунок 2.35 показан пример с тремя событиями/действиями:

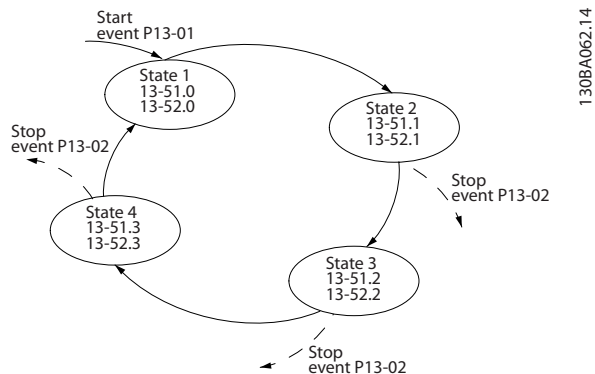


Рисунок 2.35 Последовательность с тремя событиями/действиями

### Компараторы

Компараторы используются для сравнения непрерывных переменных (выходной частоты, выходного тока, аналогового входного сигнала и т. д.) с фиксированными предустановленными величинами.

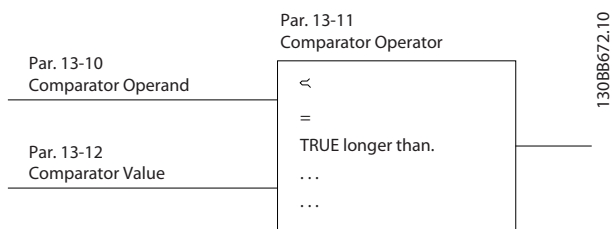


Рисунок 2.36 Компараторы

### Правила логики

С помощью логических операторов И, ИЛИ, НЕ можно объединять до трех булевых входов (TRUE/FALSE) от таймеров, компараторов, цифровых входов, битов состояния и событий.

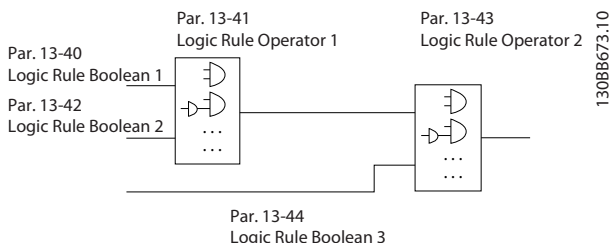


Рисунок 2.37 Правила логики

## 2.11 Экстремальные условия работы

### Короткое замыкание (фаза-фаза двигателя)

Преобразователь частоты имеет защиту от короткого замыкания, основанную на измерении тока в каждой из трех фаз двигателя или в цепи постоянного тока. Короткое замыкание между двумя выходными фазами приводит к перегрузке инвертора по току. Инвертор отключается отдельно, когда ток короткого замыкания превышает допустимое значение (аварийный сигнал 16 — отключение с блокировкой).

О защите преобразователя частоты от короткого замыкания на выходах разделения нагрузки и торможения см. указания по проектированию для этих портов. Экстремальные рабочие условия

### Коммутация на выходе

Коммутация цепей на выходе между двигателем и преобразователем частоты вполне допустима и не может повредить преобразователь частоты. Однако может появиться сообщение о неисправности.

### Перенапряжение, создаваемое двигателем в генераторном режиме

Напряжение в промежуточной цепи увеличивается, когда двигатель переходит в генераторный режим. Это происходит в следующих случаях.

1. Нагрузка раскручивает двигатель (при постоянной выходной частоте преобразователя), т. е. нагрузка отдает энергию двигателю.
2. При замедлении (уменьшении скорости) при большом моменте инерции трение низкое и времени замедления недостаточно для рассеивания энергии в виде потерь в преобразователе частоты, двигателе и установке.
3. Неверная настройка компенсации скольжения может привести к повышению напряжения в цепи постоянного тока.

Блок управления может попытаться скорректировать изменение скорости, если это возможно (пар. 2-17 Контроль перенапряжения).

При достижении определенного уровня напряжения инвертор отключается для защиты транзисторов и конденсаторов промежуточной цепи.

Для выбора способа регулирования уровня напряжения промежуточной цепи см. параметры 2-10 Функция торможения и 2-17 Контроль перенапряжения.

### Отключение напряжения сети

При пропадании напряжения сети преобразователь частоты продолжает работать, пока напряжение промежуточной цепи не снизится до минимального уровня, при котором происходит останов (т. е. 320 В). Продолжительность выполнения выбега инвертором определяется напряжением сети перед пропаданием питания и нагрузкой двигателя.

### Статическая перегрузка в режиме VVC<sup>plus</sup>

При перегрузке преобразователя частоты (достигнут предел момента, заданный пар. 4-16 *Двигательн.режим с огранич. момента*/4-17 *Генераторн.режим с огранич.момента*) регуляторы уменьшают выходную частоту для снижения нагрузки.

При сильной перегрузке ток может оказаться столь большим, что это приведет к отключению преобразователя частоты примерно через 5–10 с.

Работа на предельном крутящем моменте ограничена временем (0–60 с), которое задается параметром 14-25 *Задержка отключ.при пред. моменте*.

## 2.11.1 Тепловая защита двигателя

Чтобы защитить систему от серьезных повреждений, в VLT® AutomationDrive предусмотрено несколько специальных функций.

### Предел момента

Функция предела крутящего момента защищает двигатель от перегрузки независимо от скорости вращения. Предел крутящего момента управляется в 4-16 *Двигательн.режим с огранич. момента* и/или 4-17 *Генераторн.режим с огранич.момента*, а время до отключения при появлении предупреждения о превышении предела крутящего момента управляется в 14-25 *Задержка отключ.при пред. моменте*.

### Предел по току

Предел по току управляется в 4-18 *Предел по току*, а время отключения при появлении предупреждения о превышении предела по току управляется в 14-24 *Задрж. откл. при прд. токе*.

### Нижний предел скорости

Пар. 4-12 *Нижний предел скорости двигателя [Гц]*: ограничивает диапазон рабочей скорости до 30–50/60 Гц.

### Верхний предел скорости

Параметр 4-14 *Верхний предел скорости двигателя [Гц]* или 4-19 *Макс. выходная частота*: ограничивают максимальную выходную скорость, которую может обеспечить преобразователь частоты.

### ЭТР (Электронное тепловое реле)

Функция ЭТР преобразователя частоты измеряет фактический ток, скорость и время для вычисления температуры двигателя и его защиты от перегрева (предупреждение или отключение). Внешний термистор также доступен. ЭТР — это электронная функция, которая имитирует биметаллическое реле на основе внутренних измерений. Ее характеристика представлена на Рисунок 2.38

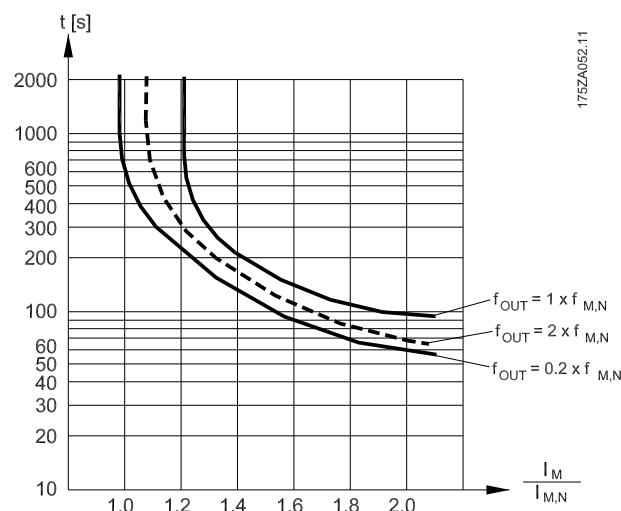


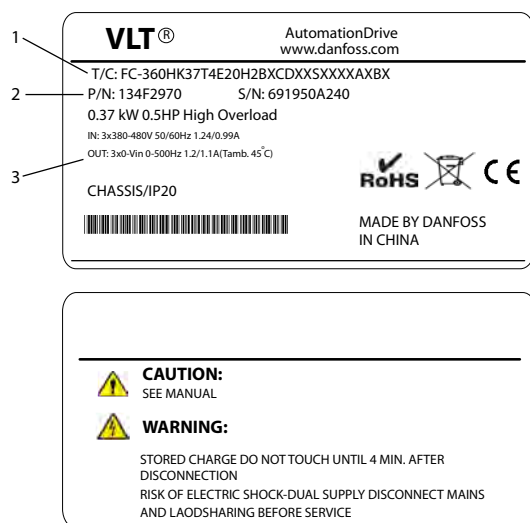
Рисунок 2.38 ЭТР

На оси X показано соотношение между  $I_{\text{двиг.}}$  и номинальным значением  $I_{\text{двиг.}}$ . По оси Y показано время в секундах перед срабатыванием ЭТР, отключающим преобразователь частоты. На кривых показана характерная номинальная скорость: вдвое больше номинальной скорости и 0,2 от номинальной скорости. При низкой скорости функция ЭТР срабатывает при более низкой температуре в связи с меньшим охлаждением двигателя. Таким образом двигатель защищен от перегрева даже на малой скорости. Функция ЭТР вычисляет температуру двигателя на основе фактического тока и скорости. Вычисленная температура отображается как считываемый параметр в 16-18 *Тепловая нагрузка двигателя*.

## 3 Код типа и его выбор

### 3.1 Заказ

Убедитесь, что оборудование соответствует вашим требованиям и сведениям заказа, для чего проверьте мощность, напряжение и данные о перегрузке на паспортной табличке преобразователя частоты.



130BC435.11

1	Код типа
2	Номер для заказа
3	Технические характеристики

Рисунок 3.1 Паспортные таблички 1 и 2

1–6: наименование изделия	
7: перегрузка	H: тяжелый режим Q: нормальный режим <sup>1)</sup>
8–10: мощность	0,37–75 кВт, например K37: 0,37 кВт <sup>2)</sup> 1K1: 1,1 кВт 11K: 11 кВт и т. д.
11–12: класс напряжения	T4: 380–480 В, три фазы
13–15: класс IP	E20: IP20
16–17: ВЧ-фильтр	H2: класс C3
18: тормозной прерыватель	X: нет B: встроенный <sup>4)</sup>
19: LCP	X: нет
20: покрытие печатной платы	C: 3C3
21: сетевые клеммы	D: разделение нагрузки
29–30: встроенный сетевой интерфейс	AX: нет A0: Profibus AL: ProfiNet <sup>3)</sup>

Таблица 3.1 Код типа: различные функции и дополнительные возможности

Дополнительное оборудование и принадлежности см. в главе 3.2.1 Дополнительные устройства и принадлежности главы 3.2 Дополнительные устройства и принадлежности.

<sup>1)</sup> Для вариантов, предназначенных для работы в нормальных условиях, только 11–75 кВт. В вариантах, предназначенных для работы в нормальных условиях, сетевые интерфейсы Profibus и ProfiNet не предусмотрены.

<sup>2)</sup> Все типоразмеры по мощности см. в глава 4.1.1 Питание от сети 3 x 380–480 В перем. тока

<sup>3)</sup> На текущий момент не выпускается.

<sup>4)</sup> 0,37–22 кВт со встроенным тормозным прерывателем. 30–75 кВт — только с внешним тормозным прерывателем.

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

130BC437.10

Рисунок 3.2 Строка типового кода

### 3.1.1 Конфигуратор привода

Пользуясь системой номеров для заказа можно спроектировать преобразователь частоты в соответствии с требованиями к основным эксплуатационным характеристикам.

Для серии FC 300 можно заказать стандартные преобразователи частоты и преобразователи частоты с встроенными дополнительными устройствами; для этого в местное торговое представительство Danfoss нужно отправить строку кода типа, описывающую изделие, т. е.:

FC-360HK37T4E20H2BXCDXXSXXXXXAHBX

Значение символов в строке можно найти на страницах, где приводятся номера для заказов, в этой главе.

С помощью конфигуратора привода в сети Интернет можно скомпоновать подходящий преобразователь частоты для соответствующего применения и сформировать строку кода типа. Конфигуратор привода автоматически формирует восьмиразрядный торговый номер, который необходимо передать в местное торговое представительство. Кроме того, можно создать список проектов с несколькими изделиями и направить его представителю по сбыту продукции Danfoss.

Конфигуратор привода можно найти на сайте в глобальной сети Интернет: [www.danfoss.com/drives](http://www.danfoss.com/drives).

### 3.2 Дополнительные устройства и принадлежности

Компания Danfoss предлагает широкий ассортимент дополнительных устройств и принадлежностей для преобразователей частоты VLT® AutomationDrive FC 360.

Описание	Номера для заказа
Панель управления LCP 21 VLT®	132B0254 <sup>1)</sup>
Выносной монтажный комплект для панели VLT® LCP, включающий кабель длиной 3 м	132B0102 <sup>2)</sup>
Закрывающий щиток VLT®, FC 360	132B0262 <sup>1)</sup>
Переходник графической LCP VLT®	132B0281
Панель управления VLT® LCP 102	130B1107
Вход энкодера VLT® MCB 102, FC 360	132B0282
Вход резолвера VLT® MCB 103, FC 360	132B0283
Клеммная крышка VLT® для MCB, J1, FC 360	132B0263
Клеммная крышка VLT® для MCB, J2, FC 360	132B0265
Клеммная крышка VLT® для MCB, J3, FC 360	132B0266
Клеммная крышка VLT® для MCB, J4, FC 360	132B0267
Клеммная крышка VLT® для MCB, J5, FC 360	132B0268
Монтажный комплект развязывающей панели VLT®, J1	132B0258
Монтажный комплект развязывающей панели VLT®, J2, J3	132B0259
Монтажный комплект развязывающей панели VLT®, J4, J5	132B0260
Монтажный комплект развязывающей панели VLT®, J6	132B0284
Монтажный комплект развязывающей панели VLT®, J7	132B0285

Таблица 3.2 Дополнительные устройства и принадлежности

1) 2 вида упаковки — по 6 или 72 шт.

2) 2 шт. в одной упаковке

### 3.3 Тормозные резисторы

В приложениях, в которых двигатель используется в качестве тормоза, двигатель генерирует энергию, которая возвращается в преобразователь частоты. Если энергия не может передаваться обратно в двигатель, напряжение в цепи постоянного тока преобразователя повышается. В приложениях с частым торможением и/или с нагрузками, имеющими большой момент инерции, это может привести к отключению вследствие перенапряжения в преобразователе и, в результате, к останову. Для рассеивания энергии, вырабатываемой при рекуперативном торможении, используются тормозные резисторы. Резистор выбирается по величине активного сопротивления, номиналу рассеиваемой мощности и размерам. Компания Danfoss предлагает широкий ассортимент различных резисторов, специально предназначенных для определенных преобразователей частоты. О подборе размеров тормозного резистора см. *глава 2.9.4 Управление с помощью функции торможения*. Кодовые номера можно найти в *глава 3.3.1 Номера для заказа: тормозные резисторы 10 %*.

#### 3.3.1 Номера для заказа: тормозные резисторы 10 %

FC 360	P <sub>м</sub> (НО)	R <sub>мин.</sub>	R <sub>(торм.,ном.)</sub>	R <sub>рек.</sub>	P <sub>торм.,срд.</sub>	Номер кода	Период	Сечение кабеля <sup>2*</sup>	Термореле	Макс. тормозной момент при R <sub>рек.</sub> *
T4	[kW]	[OM]	[OM]	[OM]	[kW]	175Uxxxx	[с]	[мм <sup>2</sup> ]	[A]	[%]
HK37	0,37	890	1041,98	989	0,030	3000	120	1,5	0,3	139
HK55	0,55	593	693,79	659	0,045	3001	120	1,5	0,4	131
HK75	0,75	434	508,78	483	0,061	3002	120	1,5	0,4	129
H1K1	1,1	288	338,05	321	0,092	3004	120	1,5	0,5	132
H1K5	1,5	208	244,41	232	0,128	3007	120	1,5	0,8	145
H2K2	2,2	139	163,95	155	0,190	3008	120	1,5	0,9	131
H3K0	3	100	118,86	112	0,262	3300	120	1,5	1,3	131
H4K0	4	74	87,93	83	0,354	3335	120	1,5	1,9	128
H5K5	5,5	54	63,33	60	0,492	3336	120	1,5	2,5	127
H7K5	7,5	38	46,05	43	0,677	3337	120	1,5	3,3	132
H11K	11	27	32,99	31	0,945	3338	120	1,5	5,2	130
H15K	15	19	24,02	22	1,297	3339	120	1,5	6,7	129
H18K	18,5	16	19,36	18	1,610	3340	120	1,5	8,3	132
H22K	22	16	18,00	17	1,923	3357	120	1,5	10,1	128
H30K	30	11	14,6	13	2,6	3341	120	2,5	13,3	150
H37K	37	9	11,7	11	3,2	3359	120	2,5	15,3	150
H45K	45	8	9,6	9	3,9	3065	120	10	20	150
H55K	55	6	7,8	7	4,8	3070	120	10	26	150
H75K	75	4	5,7	5	6,6	3231	120	10	36	150

Таблица 3.3 FC 360 — сеть: 380–480 В (T4), рабочий цикл 10 %

### 3.3.2 Номера для заказа: тормозные резисторы 40 %

FC 360	P <sub>м</sub> (НО)	R <sub>мин.</sub>	R <sub>(торм.,ном.)</sub>	R <sub>рек.</sub>	P <sub>торм.,срд.</sub>		Период	Сечение кабеля <sup>2*</sup>	Термореле	Макс. тормозной момент при R <sub>рек.</sub> *
T4	[kW]	[Ом]	[Ом]	[Ом]	[kW]	175Uxxxx	[с]	[мм²]	[А]	[%]
HK37	0,37	890	1041,98	989	0,127	3101	120	1,5	0,4	139
HK55	0,55	593	693,79	659	0,191	3308	120	1,5	0,5	131
HK75	0,75	434	508,78	483	0,260	3309	120	1,5	0,7	129
H1K1	1,1	288	338,05	321	0,391	3310	120	1,5	1	132
H1K5	1,5	208	244,41	232	0,541	3311	120	1,5	1,4	145
H2K2	2,2	139	163,95	155	0,807	3312	120	1,5	2,1	131
H3K0	3	100	118,86	112	1,113	3313	120	1,5	2,7	131
H4K0	4	74	87,93	83	1,504	3314	120	1,5	3,7	128
H5K5	5,5	54	63,33	60	2,088	3315	120	1,5	5	127
H7K5	7,5	38	46,05	43	2,872	3316	120	1,5	7,1	132
H11K	11	27	32,99	31	4,226	3236	120	2,5	11,5	130
H15K	15	19	24,02	22	5,804	3237	120	2,5	14,7	129
H18K	18,5	16	19,36	18	7,201	3238	120	4	19	132
H22K	22	16	18,00	17	8,604	3203	120	4	23	128
H30K	30	11	14,6	13	11,5	3206	120	10	32	150
H37K	37	9	11,7	11	14,3	3210	120	10	38	150
H45K	45	8	9,6	9	17,5	3213	120	16	47	150
H55K	55	6	7,8	7	21,5	3216	120	25	61	150
H75K	75	4	5,7	5	29,6	3219	120	35	81	150

Таблица 3.4 FC 360 — сеть: 380–480 В (Т4), рабочий цикл 40 %



## 4 Технические характеристики

### 4.1 Технические характеристики, зависящие от мощности

#### 4.1.1 Питание от сети 3 x 380–480 В перем. тока

Преобразователь частоты Типичная выходная мощность на валу [кВт]	НК 37 0,37	НК 55 0,55	НК75 0,75	Н1К1 1,1	Н1К5 1,5	Н2К2 2,2	Н3К0 3	Н4К0 4	Н5К5 5,5	Н7К5 7,5
Корпус IP20	J1	J1	J1	J1	J1	J1	J2	J2	J2	J3
<b>Выходной ток</b>										
Выходная мощность на валу [кВт]	0,37	0,55	0,75	1,1	1,5	2,2	3	4	5,5	7,5
Непрерывный (3 x 380–439 В) [А]	1,2	1,7	2,2	3	3,7	5,3	7,2	9	12	15,5
Непрерывный (3 x 440–480 В) [А]	1,1	1,6	2,1	2,8	3,4	4,8	6,3	8,2	11	14
Прерывистый (перегрузка 60 с) [А]	1,9	2,7	3,5	4,8	5,9	8,5	11,5	14,4	19,2	24,8
Непрерывная мощность (400 В перем. тока) [кВА]	0,84	1,18	1,53	2,08	2,57	3,68	4,99	6,24	8,32	10,74
Непрерывная мощность (480 В перем. тока) [кВА]	0,9	1,3	1,7	2,5	2,8	4,0	5,2	6,8	9,1	11,6
<b>Макс. входной ток</b>										
Непрерывный (3 x 380–439 В) [А]	1,2	1,6	2,1	2,6	3,5	4,7	6,3	8,3	11,2	15,1
Непрерывный (3 x 440–480 В) [А]	1,0	1,2	1,8	2,0	2,9	3,9	4,3	6,8	9,4	12,6
Прерывистый (перегрузка 60 с) [А]	1,9	2,6	3,4	4,2	5,6	7,5	10,1	13,3	17,9	24,2
<b>Дополнительные технические характеристики</b>										
Макс. поперечное сечение кабеля, (сеть, двигатель, тормоз, цепь разделения нагрузки) [мм <sup>2</sup> /AWG] <sup>2)</sup>	4 мм <sup>2</sup>									
Оценочное значение потери мощности при номинальной макс. нагрузке [Вт] <sup>3)</sup>	20,88	25,16	30,01	40,01	52,91	73,97	94,81	115,5	157,54	192,83
Вес, корпус IP20	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,5	3,6	3,6	3,6	4,1
КПД [%] <sup>4)</sup>	96,2	97,0	97,2	97,4	97,4	97,6	97,5	97,6	97,7	98,0

Таблица 4.1 Питание от сети 3 x 380–480 В перем. тока — тяжелый режим<sup>1)</sup>

Преобразователь частоты	H11K	H15K	H18K	H22K	H30K	H37K	H45K	H55K	H75K
Типичная выходная мощность на валу [кВт]	11	15	18,5	22	30	37	45	55	75
IP20	J4	J4	J5	J5	J6	J6	J6	J7	J7
<b>Выходной ток</b>									
Непрерывный (3 х 380–439 В) [А]	23	31	37	42,5	61	73	90	106	147
Непрерывный (3 х 440–480 В) [А]	21	27	34	40	52	65	80	96	124
Прерывистый (перегрузка 60 с) [А]	34,5	46,5	55,5	63,8	91,5	109,5	135	159	220,5
Непрерывная мощность (400 В перем. тока) [кВА]	15,94	21,48	25,64	29,45	42,3	50,6	62,4	73,4	101,8
Непрерывная мощность (480 В перем. тока) [кВА]	17,5	22,4	28,3	33,3	43,2	54,0	66,5	79,8	103,1
<b>Макс. входной ток</b>									
Непрерывный (3 х 380–439 В) [А]	22,1	29,9	35,2	41,5	57	70,3	84,2	102,9	140,3
Непрерывный (3 х 440–480 В) [А]	18,4	24,7	29,3	34,6	49,2	60,6	72,5	88,6	120,9
Прерывистый (перегрузка 60 с) [А]	33,2	44,9	52,8	62,3	85,5	105,45	126,3	154,35	210,45
<b>Дополнительные технические характеристики</b>									
Макс. поперечное сечение кабеля (сеть, двигатель, тормоз) [мм <sup>2</sup> /AWG] <sup>2)</sup>	16 мм <sup>2</sup>			50 мм <sup>2</sup>				85 мм <sup>2</sup>	
Оценочное значение потери мощности при номинальной макс. нагрузке [Вт] <sup>3)</sup>	289,53	393,36	402,83	467,52	630	848	1175	1250	1507
Масса, корпус IP20 [кг]	9,4	9,5	12,3	12,5	22,4	22,5	22,6	37,3	38,7
КПД [%] <sup>4)</sup>	97,8	97,8	98,1	97,9	98,1	98,0	97,7	98,0	98,2

Таблица 4.2 Питание от сети 3 х 380–480 В пер. тока — тяжелый режим<sup>1)</sup>

Преобразователь частоты	Q11K	Q15K	Q18K	Q22K	Q30K	Q37K	Q45K	Q55K	Q75K
Типичная выходная мощность на валу [кВт]	11	15	18.5	22	30	37	45	55	75
IP20	J4	J4	J5	J5	J6	J6	J6	J7	J7
<b>Выходной ток</b>									
Непрерывный (3 х 380–439 В) [А]	23	31	37	42,5	61	73	90	106	147
Непрерывный (3 х 440–480 В) [А]	21	27	34	40	52	65	80	96	124
Прерывистый (перегрузка 60 с) [А]	25,3	34,1	40,7	46,8	67,1	80,3	99	116,6	161,7
Непрерывная мощность (400 В перем. тока) [кВА]	15,94	21,48	25,64	29,45	42,3	50,6	62,4	73,4	101,8
Непрерывная мощность (460 В пер. тока) [кВА]	17,5	22,4	28,3	33,3	41,4	51,8	63,7	76,5	98,8
<b>Макс. входной ток</b>									
Непрерывный (3 х 380–439 В) [А]	22,1	29,9	35,2	41,5	57	70,3	84,2	102,9	140,3
Непрерывный (3 х 440–480 В) [А]	18,4	24,7	29,3	34,6	49,2	60,6	72,5	88,6	120,9
Прерывистый (перегрузка 60 с) [А]	24,3	32,9	38,7	45,7	62,7	77,3	92,6	113,2	154,3
<b>Дополнительные технические характеристики</b>									
Макс. поперечное сечение кабеля (сеть, двигатель, тормоз) [мм <sup>2</sup> /AWG] <sup>2)</sup>	16 мм <sup>2</sup>				50 мм <sup>2</sup>				85 мм <sup>2</sup>
Оценочное значение потери мощности при номинальной макс. нагрузке [Вт] <sup>3)</sup>	289,53	393,36	402,83	467,52	630	848	1175	1250	1507
Масса, корпус IP20 [кг]	9,4	9,5	12,3	12,5	22,4	22,5	22,6	37,3	38,7
КПД [%] <sup>4)</sup>	97,8	97,8	98,1	97,9	98,1	98,0	97,7	98,0	98,2

Таблица 4.3 Питание от сети 3 х 380–480 В перем. тока — нормальная нагрузка<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Тяжелый режим = 150–160-процентный крутящий момент в течение 60 с, Нормальный режим = 110-процентный крутящий момент в течение 60 с.

<sup>2)</sup> Американский сортамент проводов.

<sup>3)</sup> Типовые значения потерь мощности приводятся при номинальной нагрузке и должны находиться в пределах  $\pm 15\%$  (допуск связан с изменениями напряжения и различием характеристик кабелей).

Значения приведены исходя из типичного КПД двигателя (граница  $\text{eff2/eff3}$ ). Для двигателей с более низким КПД потери в преобразователе частоты возрастают, и наоборот.

Если частота коммутации повышается до значения, сравнимого с установкой по умолчанию, возможен существенный рост потерь. Приведенные данные учитывают мощность, потребляемую LCP и типовыми платами управления. Дополнительные устройства и нагрузка пользователя могут увеличить потери на 30 Вт. (Обычно при полной нагрузке платы управления, наличии сетевого интерфейса или установке дополнительных плат в гнездах «В» увеличение потерь составляет всего 4 Вт для каждой платы.)

Несмотря на то, что измерения выполняются с помощью самого современного оборудования, погрешность некоторых измерений может составлять ( $\pm 5\%$ ).

<sup>4)</sup> Для типов корпуса J1–J5 измеряется с использованием экранированных кабелей двигателя длиной 5 м при номинальной нагрузке и номинальной частоте, для типов корпуса J6 и J7 — с использованием экранированных кабелей двигателя длиной 33 м при номинальной нагрузке и номинальной частоте.

## 4.2 Общие технические требования

## Питание от сети (L1, L2, L3)

Клеммы питания	L1, L2, L3
Напряжение питания	380–480 В: от -15 % (-25 %) <sup>1)</sup> до +10 %

<sup>1)</sup> Преобразователь частоты может работать с пониженной производительностью при пониженном на 25 % напряжении. Максимальная выходная мощность преобразователя частоты составляет 75 % в случае напряжения на входе -25 % и 85 % в случае входного напряжения -15 %.

Низкое напряжение сети/пропадание напряжения:

При низком напряжении сети или при пропадании напряжения сети преобразователь частоты продолжает работать, пока напряжение промежуточной цепи не снизится до минимального уровня, при котором происходит выключение преобразователя; обычно напряжение отключения на 15 % ниже минимального номинального напряжения питания преобразователя. Полный крутящий момент невозможен при напряжении в сети меньше 10 % минимального номинального напряжения питания преобразователя.

Частота питания	50/60 Гц $\pm 5$ %
Макс. кратковременная асимметрия фаз сети питания	3,0 % от номинального напряжения питания
Коэффициент активной мощности ( $\lambda$ )	$\geq 0,9$ номинального значения при номинальной нагрузке
Коэффициент реактивной мощности ( $\cos \phi$ )	около единицы ( $> 0,98$ )
Число включений входного питания L1, L2, L3 при мощности $\leq 7,5$ кВт	не более 2 раз в минуту
Число включений входного питания L1, L2, L3 при мощности 11–75 кВт	не более 1 раза в минуту

Устройство может использоваться в схеме, способной выдавать симметричный ток не более 100 000 ампер (эфф. значение) при макс. напряжении 480 В.

## Мощность двигателя (U, V, W)

Выходное напряжение	0–100 % напряжения источника питания
Выходная частота (0,37–75 кВт)	0–500 Гц
Выходная частота в режиме VVC <sup>plus</sup>	0–200 Гц
Число коммутаций на выходе	Без ограничения
Длительность изменения скорости	0,01–3600 с

## Характеристики крутящего момента

Пусковой крутящий момент (постоянный крутящий момент)	максимум 160 % на протяжении 60 с <sup>1)</sup>
Перегрузка по крутящему моменту (постоянный крутящий момент)	максимум 160 % на протяжении 60 с <sup>1)</sup>
Пусковой крутящий момент (переменный крутящий момент)	максимум 110 % на протяжении 60 с <sup>1)</sup>
Перегрузка по крутящему моменту (переменный крутящий момент)	максимум 110 % на протяжении 60 с
Пусковой ток	максимум 200 % на протяжении 1 с
Время нарастания крутящего момента в VVC <sup>plus</sup> (независимое от частоты переключения $f_{sw}$ )	10 мс

<sup>1)</sup> Значения в процентах относятся к номинальному крутящему моменту.

<sup>2)</sup> Время отклика крутящего момента зависит от применения и нагрузки, но, как правило, шаг крутящего момента от 0 до задания составляет 4–5-кратное время нарастания крутящего момента.

Длина и сечение кабелей управления<sup>1)</sup>

Макс. длина кабеля двигателя (экранированный)	50 м
Макс. длина кабеля двигателя (неэкранированный)	100 м
Макс. сечение проводов, подключаемых к клеммам управления при монтаже гибким/жестким проводом	2,5 мм <sup>2</sup> /14 AWG
Мин. сечение проводов, подключаемых к клеммам управления	0,55 мм <sup>2</sup> /30 AWG

<sup>1)</sup> Данные о кабелях питания см. в Таблица 4.1 — Таблица 4.3.

#### Цифровые входы

Программируемые цифровые входы	7
Номер клеммы	18, 19, 27 <sup>1)</sup> , 29 <sup>1)</sup> , 32, 33, 31
Логика	PNP или NPN
Уровень напряжения	0–24 В пост. тока
Уровень напряжения, логический «0» PNP	< 5 В пост. тока
Уровень напряжения, логическая «1» PNP	< 10 В пост. тока
Уровень напряжения, логический «0» NPN <sup>2)</sup>	> 19 В пост. тока
Уровень напряжения, логическая «1» NPN <sup>2)</sup>	< 14 В пост. тока
Максимальное напряжение на входе	28 В пост. тока
Диапазон частоты повторения импульсов	4 Гц – 32 кГц
(Рабочий цикл) Мин. длительность импульсов	4,5 мс
Входное сопротивление, R <sub>i</sub>	прибл. 4 кОм

#### Аналоговые входы

Количество аналоговых входов	2
Номер клеммы	53, 54
Режимы	Напряжение или ток
Выбор режима	программный
Уровень напряжения	0–10 В
Входное сопротивление, R <sub>i</sub>	около 10 кОм
Максимальное напряжение	-15 ... +20 В
Уровень тока	От 0/4 до 20 мА (масштабируемый)
Входное сопротивление, R <sub>i</sub>	около 200 Ом
Макс. ток	30 мА
Разрешающая способность аналоговых входов	11 бит
Точность аналоговых входов	Погрешность не более 0,5 % от полной шкалы
Полоса частот	100 Гц

Аналоговые входы гальванически изолированы от напряжения питания (PELV) и других высоковольтных клемм.

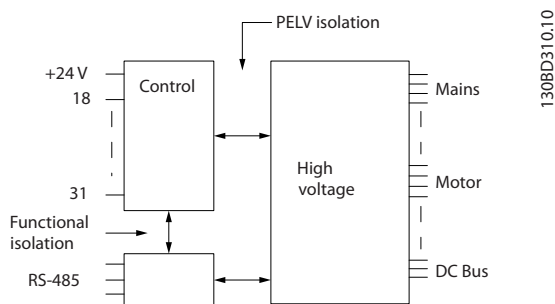


Рисунок 4.1 Аналоговые входы

# Импульсные входы

Программируемые импульсные входы	2
Номера клемм импульсных входов	29, 33
Макс. частота на клеммах 29, 33	32 кГц (двухтактное управление)
Макс. частота на клеммах 29, 33	5 кГц (открытый коллектор)
Мин. частота на клеммах 29, 33	4 Гц
Уровень напряжения	См. раздел, посвященный цифровым входам
Максимальное напряжение на входе	28 В пост. тока
Входное сопротивление, $R_i$	прибл. 4 кОм
Точность на импульсном входе (0,1–1 кГц)	Макс. погрешность: 0,1 % от полной шкалы
Точность на импульсном входе (1–32 кГц)	Макс. погрешность: 0,05 % от полной шкалы

# Аналоговые выходы

Количество программируемых аналоговых выходов	2
Номер клеммы	45, 42
Диапазон тока аналогового выхода	0/4–20 мА
Макс. нагрузка резистора на аналоговом выходе относительно общего провода	500 Ом
Точность на аналоговом выходе	Макс. погрешность: 0,8 % полной шкалы
Разрешающая способность на аналоговом выходе	10 битов

Аналоговый выход гальванически изолирован от напряжения питания (PELV) и других высоковольтных клемм.

# Плата управления, последовательная связь через интерфейс RS-485

Номер клеммы	68 (P,TX+, RX+), 69 (N,TX-, RX-)
Клемма номер 61	Общий для клемм 68 и 69

Схема последовательной связи RS-485 функционально отделена от других центральных схем и гальванически изолирована от напряжения питания (PELV).

# Цифровые выходы

Программируемые цифровые/импульсные выходы:	2
Номер клеммы	27, 29 <sup>1)</sup>
Уровень напряжения на цифровом/частотном выходе	0–24 В
Макс. выходной ток (сток или источник)	40 мА
Макс. нагрузка на частотном выходе	1 кОм
Макс. емкостная нагрузка на частотном выходе	10 нФ
Минимальная выходная частота на частотном выходе	4 Гц
Максимальная выходная частота на частотном выходе	32 кГц
Точность частотного выхода	Макс. погрешность: 0,1 % полной шкалы
Разрешающая способность частотных выходов	10 битов

<sup>1)</sup> Клеммы 27 и 29 могут быть также запрограммированы как входные.

Цифровой выход гальванически изолирован от напряжения питания (PELV) и других высоковольтных клемм.

# Плата управления, выход 24 В пост. тока

Номер клеммы	12
Макс. нагрузка	100 мА

Источник напряжения 24 В пост. тока гальванически изолирован от напряжения питания (PELV), но у него тот же потенциал, что у аналоговых и цифровых входов и выходов.

## Выходы реле

Программируемые выходы реле	2
01–03 (нормально замкнутый контакт), 01–02 (нормально разомкнутый контакт), 04–06 (нормально замкнутый контакт), 04–05 (нормально разомкнутый контакт)	
Реле 01 и 02	
Макс. нагрузка (AC-1) <sup>1)</sup> на клеммах 01–02/04–05 (нормально разомкнутый контакт) (резистивная нагрузка)	250 В пер. тока, 3 А
Макс. нагрузка (AC-15) <sup>1)</sup> на клеммах 01–02/04–05 (нормально разомкнутый контакт) (индуктивная нагрузка при cosφ 0,4)	250 В пер. тока, 0,2 А
Макс. нагрузка (DC-1) <sup>1)</sup> на клеммах 01–02/04–05 (нормально разомкнутый контакт) (резистивная нагрузка)	30 В пост. тока, 2 А
Макс. нагрузка (DC-13) <sup>1)</sup> на клеммах 01–02/04–05 (нормально разомкнутый контакт) (индуктивная нагрузка)	24 В пост. тока, 0,1 А
Макс. нагрузка (AC-1) <sup>1)</sup> на клеммах 01–03/04–06 (нормально замкнутый контакт) (резистивная нагрузка)	250 В пер. тока, 3 А
Макс. нагрузка (AC-15) <sup>1)</sup> на клеммах 01–03/04–06 (нормально замкнутый контакт) (индуктивная нагрузка при cosφ 0,4)	250 В пер. тока, 0,2 А
Макс. нагрузка (DC-1) <sup>1)</sup> на клеммах 01–03/04–06 (нормально замкнутый контакт) (резистивная нагрузка)	30 В пост. тока, 2 А
Мин. нагрузка на клеммах 01–03 (нормально замкнутый контакт), 01–02 (нормально разомкнутый контакт)	24 В пост.тока 10 мА, 24 В пер. тока 20 мА

<sup>1)</sup> IEC 60947, типы 4 и 5

Контакты реле имеют гальваническую развязку от остальной части схемы благодаря усиленной изоляции (PELV).

## Плата управления, выход +10 В пост. тока

Номер клеммы	50
Выходное напряжение	10,5 ±0,5 В
Макс. нагрузка	15 мА

Источник напряжения 10 В пост. тока гальванически изолирован от напряжения питания (PELV) и других высоковольтных клемм.

## Характеристики управления

Разрешающая способность выходной частоты в интервале 0–500 Гц	±0,003 Гц
Время реакции системы (клеммы 18, 19, 27, 29, 32, 33)	≤ 2 мс
Диапазон регулирования скорости (разомкнутый контур)	1:100 синхронной скорости вращения
Точность регулирования скорости вращения (разомкнутый контур)	±0,5 % номинальной скорости (для холодного двигателя с правильно установленными параметрами двигателя)
Точность скорости вращения (замкнутый контур)	±0,1 % номинальной скорости (в случае отсутствия отклонений обратной связи энкодера)

Все характеристики регулирования относятся к управлению 4-полюсным асинхронным двигателем

#### Окружающие условия

Типы корпусов J1–J7	IP20
Испытание вибрацией, все типы корпусов	1,0 g
Относительная влажность	5–95 % (IEC 721-3-3; класс 3K3 (без конденсации)) во время работы
Агрессивная среда (IEC 60068-2-43), тест H <sub>2</sub> S	класс Kd
Метод испытаний соответствует требованиям стандарта IEC 60068-2-43 H <sub>2</sub> S (10 дней)	
Температура окружающей среды (в режиме коммутации 60 AVM)	
– со снижением номинальных характеристик	макс. 55 °C <sup>1)</sup>
– при полном непрерывном выходном токе для определенного типоразмера	макс. 50 °C <sup>1)</sup>
– при полном непрерывном выходном токе	макс. 45 °C <sup>1)</sup>
Мин. температура окружающей среды во время работы с полной нагрузкой	0 °C
Мин. температура окружающей среды при работе с пониженной производительностью	- 10 °C
Температура при хранении/транспортировке	-25 ... +65/70 °C
Макс. высота над уровнем моря без снижения номинальных характеристик	1000 м
Макс. высота над уровнем моря со снижением номинальных характеристик	3000 м
Стандарты ЭМС, излучение	EN 61800-3, EN 61000-6-3/4, EN 55011, IEC 61800-3 EN 61800-3, EN 61000-6-1/2,
Стандарты ЭМС, помехоустойчивость	EN 61000-4-2, EN 61000-4-3, EN 61000-4-4, EN 61000-4-5, EN 61000-4-6

<sup>1)</sup> О снижении номинальных характеристик при высокой температуре окружающей среды см. описание специальных условий в «Руководстве по проектированию».

#### Рабочие характеристики платы управления

Интервал сканирования	1 мс
-----------------------	------

#### Средства и функции защиты

- Электронная тепловая защита электродвигателя от перегрузки.
- Контроль температуры радиатора обеспечивает отключение преобразователя частоты при достижении определенной температуры. Сброс защиты от перегрева не может быть выполнен, пока температура радиатора не станет ниже предельной. Сведения по этим пределам и уровням см. в VLT® AutomationDrive FC 360 Руководстве по проектированию. Преобразователь частоты имеет функцию автоматического снижения номинальных характеристик, предотвращающую нагрев радиатора до 95 °C.
- Преобразователь частоты защищен от короткого замыкания клемм двигателя U, V, W.
- При потере фазы сети питания преобразователь частоты отключается или выдает предупреждение (в зависимости от нагрузки и заданных параметров).
- Отслеживание напряжения промежуточной цепи обеспечивает отключение преобразователя частоты при значительном понижении или повышении напряжения промежуточной цепи.
- Преобразователь частоты защищен от короткого замыкания на землю клемм двигателя U, V, W.



## 4.3 Технические характеристики предохранителей

### 4.3.1 Предохранители

Для защиты на случай поломки компонента внутри преобразователя частоты (первая неисправность) рекомендуется использовать предохранители и/или автоматические выключатели со стороны питания.

#### **УВЕДОМЛЕНИЕ**

Для соответствия IEC 60364 при сертификации CE это требование является обязательным.

#### **ВНИМАНИЕ!**

Персонал и имущество должны быть защищены от последствий поломки внутренних компонентов преобразователя частоты.

#### Защита параллельных цепей

Чтобы защитить установку от перегрузки по току и пожара, все параллельные цепи в установке, коммутационные устройства, машины и т. д. должны иметь защиту от короткого замыкания и перегрузки по току в соответствии с государственными/международными правилами.

#### **УВЕДОМЛЕНИЕ**

Представленные рекомендации не охватывают защиту параллельных цепей по UL.

#### Защита от короткого замыкания

Для защиты обслуживающего персонала и имущества в случае поломки компонента в преобразователе частоты компания Danfoss рекомендует применять указанные ниже предохранители/автоматические выключатели.

### 4.3.2 Рекомендации

#### **ВНИМАНИЕ!**

Несоблюдение приведенных рекомендаций может в случае неисправности подвергнуть риску персонал, а также привести к повреждению привода и иного оборудования.

Списки протестированных и рекомендуемых предохранителей и автоматических выключателей см. в Таблица 4.4 и Таблица 4.5.

Если предохранители/автоматические выключатели выбираются в соответствии с рекомендациями, возможные повреждения преобразователя частоты, главным образом, ограничиваются повреждениями внутри блока.

### 4.3.3 Соответствие требованиям ЕС

Плавкие предохранители и автоматические выключатели должны соответствовать требованиям IEC 60364. Компания Danfoss рекомендует использовать перечисленные ниже устройства.

Предохранители, перечисленные в Таблица 4.4 и Таблица 4.5, могут использоваться в схеме, способной выдавать эффективный ток 100 000 А (симметричный) при напряжении 480 В в зависимости от номинального напряжения преобразователя частоты. При использовании правильных предохранителей номинальный ток короткого замыкания (SCCR) преобразователя частоты составляет 100 000 А (эфф.).

Тип корпуса	Мощность [кВт]	Предохранитель
J1	0.37-1.1	10 gG
	1,5	
	2,2	
J2	3,0	25 gG
	4,0	
	5,5	
J3	7,5	32 gG
J4	11-15	50 gG
J5	18,5	80 gG
	22	
J6	30	125 gG
	37	
	45	
J7	55	250 aR
	75	

Таблица 4.4 Предохранитель с маркировкой CE, 380–480 В, типоразмеры J1–J7

Автоматические выключатели, перечисленные в Таблица 4.5, могут использоваться в схеме, способной выдавать эффективный ток 35 000 А (симметричный) при напряжении 480 В в зависимости от номинального напряжения преобразователя частоты. При использовании надлежащего типа предохранителей номинальный ток короткого замыкания (SCCR) преобразователя частоты составляет 35 000 А (эфф.).

Тип корпуса	Мощность [кВт]	EATON
J1	0.37-2.2	Moller PKZM0-16
J2	3.0-5.5	NZMN-1-A-25
J3	7,5	NZMN-1-A-32
J4	11-15	NZMN-1-A-50
J5	18,5–22	NZMN-1-A-80

Таблица 4.5 Автоматические выключатели с маркировкой CE, 380–480 В, типоразмеры J1–J5

## 4.4 КПД

### КПД преобразователя частоты ( $\eta_{VLT}$ )

Нагрузка преобразователя частоты мало влияет на его КПД. Обычно КПД при номинальной частоте двигателя  $f_{m,N}$  постоянен, даже при изменении величины крутящего момента на валу двигателя в пределах от 100 до 75 % номинального момента, т.е. в случае частичных нагрузок.

Это также означает, что КПД преобразователя частоты не меняется даже при выборе других характеристик  $U/f$ . Однако характеристики  $U/f$  влияют на КПД двигателя.

КПД несколько снижается при задании частоты коммутации выше значения по умолчанию. КПД также немного уменьшается при напряжении питающей сети 480 В и при длине кабеля свыше 30 м.

### Расчет КПД преобразователя частоты

При определении КПД преобразователя частоты для различных скоростей и нагрузок используйте Рисунок 4.2. Коэффициент на этой диаграмме нужно умножить на удельный КПД, указанный в таблицах технических характеристик.

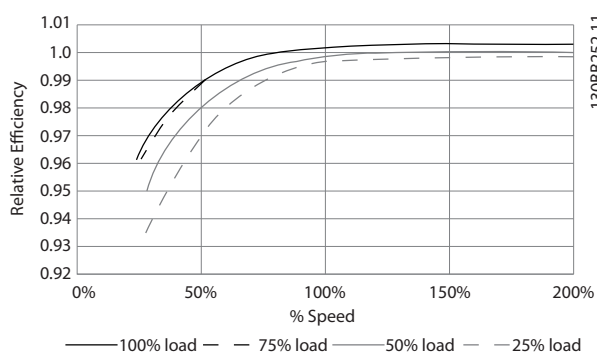


Рисунок 4.2 Типичные кривые КПД

### КПД двигателя ( $\eta_{двиг.}$ )

КПД двигателя, подключенного к преобразователю частоты, зависит от уровня намагничивания. Обычно КПД почти так же высок, как и при питании двигателя непосредственно от сети. КПД двигателя зависит от его типа.

В диапазоне крутящего момента 75–100 % от номинального, КПД двигателя практически постоянен как при работе от преобразователя частоты, так и при питании непосредственно от сети.

У маломощных двигателей влияние на КПД характеристик  $U/f$  незначительно. В то же время для двигателей мощностью 11 кВт и выше имеется существенный выигрыш.

Частота коммутации на КПД маломощных двигателей обычно не влияет. Для двигателей мощностью 11 кВт и выше КПД увеличивается (на 1–2 %). Это происходит потому, что при высокой частоте коммутации ток двигателя имеет почти идеальную синусоидальную форму.

### КПД системы ( $\eta_{системы}$ )

Для вычисления КПД системы необходимо умножить КПД преобразователя частоты ( $\eta_{VLT}$ ) на КПД двигателя ( $\eta_{двиг.}$ ):

$$\eta_{системы} = \eta_{VLT} \times \eta_{двиг.}$$

## 4.5 Акустический шум

**Акустический шум преобразователя частоты создается тремя источниками:**

1. Дросселями постоянного тока промежуточной цепи.
2. Встроенным вентилятором.
3. Дросселем фильтра ВЧ-помех.

Типовые значения, измеренные на расстоянии 1 м от блока:

Размеры корпуса	При полной скорости вентилятора [дБА]
J1 (0,37–2,2 кВт)	51
J2 (3,0–5,5 кВт)	55
J3 (7,5 кВт)	54
J4 (11–15 кВт)	66
J5 (18,5–22 кВт)	63
J6 (30–45 кВт)	71
J7 (55–75 кВт)	72

Таблица 4.6 Типичные измеренные значения

## 4.6 Условия $du/dt$

При переключении транзистора в инверторном мосте напряжение на двигателе увеличивается со скоростью  $dU/dt$ , зависящей от:

- кабеля двигателя (типа, сечения, длины, наличия или отсутствия экранирующей оболочки)
- индуктивности

Собственная индуктивность вызывает скачок напряжения  $U_{пиковое}$  на двигателе, после чего оно стабилизируется на уровне, зависящем от напряжения в промежуточной цепи. Время нарастания и пиковое напряжение  $U_{пиковое}$  влияют на срок службы двигателя. Если пиковое напряжение очень велико, это особенно сильно влияет на двигатели без изоляции фазных обмоток. При малой длине кабеля (несколько метров) время нарастания и пиковое напряжение ниже.

Если кабель двигателя имеет большую длину (100 м), время нарастания и пиковое напряжение будут больше.

Пиковое напряжение на клеммах двигателя вызывается переключением транзисторов IGBT. FC 360 соответствует требованиям IEC 60034-25 в части, касающейся двигателей, сконструированных для управления посредством преобразователей частоты. FC 360 соответствует также IEC 60034-17 в части, касающейся обычных двигателей, управляемых преобразователями частоты. Далее приводятся значения, измеренные при лабораторных испытаниях.

Длина кабеля [м]	Напряжение сети [В]	Время нарастания [мкс]	U <sub>peak</sub> [кВ]	dU/dt [кВт/мкс]
5	400	0,164	0,98	5,4
50	400	0,292	1,04	2,81
5	480	0,168	1,09	5,27
50	480	0,32	1,23	3,08

Таблица 4.7 FC 360, 2,2 кВт T4

Длина кабеля [м]	Напряжение сети [В]	Время нарастания [мкс]	U <sub>peak</sub> [кВ]	dU/dt [кВт/мкс]
5	400	0,18	0,86	3,84
50	400	0,376	0,96	2,08
5	480	0,196	0,97	3,98
50	480	0,38	1,19	2,5

Таблица 4.8 FC 360, 5,5 кВт T4

Длина кабеля [м]	Напряжение сети [В]	Время нарастания [мкс]	U <sub>peak</sub> [кВ]	dU/dt [кВт/мкс]
5	400	0,166	0,992	4,85
50	400	0,372	1,08	2,33
5	480	0,168	1,1	5,2
50	480	0,352	1,25	2,85

Таблица 4.9 FC 360, 7,5 кВт T4

Длина кабеля [м]	Напряжение сети [В]	Время нарастания [мкс]	U <sub>peak</sub> [кВ]	dU/dt [кВт/мкс]
5	400	0,224	0,99	3,54
50	400	0,392	1,07	2,19
5	480	0,236	1,14	3,87
50	480	0,408	1,33	2,61

Таблица 4.10 FC 360, 15 кВт T4

Длина кабеля [м]	Напряжение сети [В]	Время нарастания [мкс]	U <sub>peak</sub> [кВ]	dU/dt [кВт/мкс]
5	400	0,272	0,947	2,79
50	400	0,344	1,03	2,4
5	480	0,316	1,01	2,56
50	480	0,368	1,2	2,61

Таблица 4.11 FC 360, 22 кВт T4

Длина кабеля [м]	Напряжение сети [В]	Время нарастания [мкс]	U <sub>peak</sub> [кВ]	dU/dt [кВт/мкс]
5	400	0,212	0,81	3,08
53	400	0,294	0,94	2,56
5	480	0,228	0,95	3,37
53	480	0,274	1,11	3,24

Таблица 4.12 FC 360, 37 кВт T4

Длина кабеля [м]	Напряжение сети [В]	Время нарастания [мкс]	U <sub>peak</sub> [кВ]	dU/dt [кВт/мкс]
5	400	0,14	0,64	3,60
50	400	0,548	0,95	1,37
5	480	0,146	0,70	3,86
50	480	0,54	1,13	1,68

Таблица 4.13 FC 360, 45 кВт T4

Длина кабеля [м]	Напряжение сети [В]	Время нарастания [мкс]	U <sub>peak</sub> [кВ]	dU/dt [кВт/мкс]
5	400	0,206	0,91	3,52
54	400	0,616	1,03	1,34
5	480	0,212	1,06	3,99
54	480	0,62	1,23	1,59

Таблица 4.14 FC 360, 55 кВт T4

Длина кабеля [м]	Напряжение сети [В]	Время нарастания [мкс]	U <sub>peak</sub> [кВ]	dU/dt [кВт/мкс]
5	400	0,232	0,81	2,82
50	400	0,484	1,03	1,70
5	480	0,176	1,06	4,77
50	480	0,392	1,19	2,45

Таблица 4.15 FC 360, 75 кВт T4

## 4.7 Особые условия

Учитывайте снижение номинальных характеристик при использовании преобразователя частоты в некоторых особых условиях, влияющих на работу преобразователя частоты. В некоторых условиях снижение номинальных параметров необходимо произвести вручную. В других же условиях преобразователь частоты выполняет автоматический переход на несколько пониженные характеристики. Снижение номинальных характеристик используется для обеспечения работы в критических режимах, в которых в противном случае может произойти отключение.

### 4.7.1 Снижение номинальных характеристик вручную

Необходимость снижения номинальных характеристик вручную может быть рассмотрена в отношении следующих факторов:

- Атмосферное давление — имеет смысл при установке оборудования на высоте выше 1 км
- Скорость двигателя — при непрерывной работе на низких оборотах в применениях с постоянным крутящим моментом
- Температура окружающей среды — имеет смысл при температуре окружающей среды выше 45 °C (для некоторых типов — выше 50 °C), подробнее см. Таблица 4.16 и Таблица 4.17.

Типоразмер	Мощность [кВт]	Макс. выходной ток при 45 °C	Макс. выходной ток при 50 °C
J1	0,37	1,2	1,2
	0,55	1,7	1,7
	0,75	2,2	2,2
	1,1	3,0	3,0
	1,5	3,7	3,0
	2,2	5,3	4,1
J2	3	7,2	7,2
	4	9,0	9,0
	5,5	12,0	10,2
J3	7,5	15,5	13,1
J4	11	23,0	23,0
	15	31,0	26,0
J5	18,5	37,0	37,0
	22	42,5	40,0
J6	30	61	61
	37	73	73
	45	90	77
J7	55	106	106
	75	147	125

Таблица 4.16 Снижение номинальных характеристик при 380 В

Типоразмер	Мощность [кВт]	Макс. выходной ток при 45 °C	Макс. выходной ток при 50 °C
J1	0,37	1,1	1,1
	0,55	1,6	1,6
	0,75	2,1	2,1
	1,1	3,0	2,8
	1,5	3,4	2,8
	2,2	4,8	3,8
J2	3	6,3	6,3
	4	8,2	8,2
	5,5	11,0	9,4
J3	7,5	14,0	11,9
J4	11	21,0	21,0
	15	27,0	22,6
J5	18,5	34,0	34,0
	22	40,0	37,7
J6	30	52	52
	37	65	65
	90	80	76
J7	106	105	105
	147	130	117

Таблица 4.17 Снижение номинальных характеристик при 480 В

#### 4.7.2 Автоматическое снижение номинальных параметров

Преобразователь частоты непрерывно проверяет критические уровни:

- Критически высокую температуру на плате управления или радиаторе
- Высокую нагрузку на двигатель
- Нижний предел скорости
- Срабатывающие сигналы защиты (перенапряжение/недостаточное напряжение, перегрузка по току, замыкание на землю и короткое замыкание).

При обнаружении критического уровня преобразователь частоты регулирует частоту коммутации. При низкой скорости двигателя преобразователь частоты также может принудительно переключить метод коммутации с PWM на SFAVM.

## 5 Монтаж и настройка RS-485

### 5.1 Введение

#### 5.1.1 Краткое описание

RS-485 — интерфейс двухпроводной шины, совместимый с топологией многоабонентской сети, в которой узлы могут подключаться по шине или через ответвительные кабели от общей магистральной линии. Всего к одному сегменту сети может быть подключено до 32 узлов.

Сегменты сети разделены ретрансляторами, см. Рисунок 5.1.

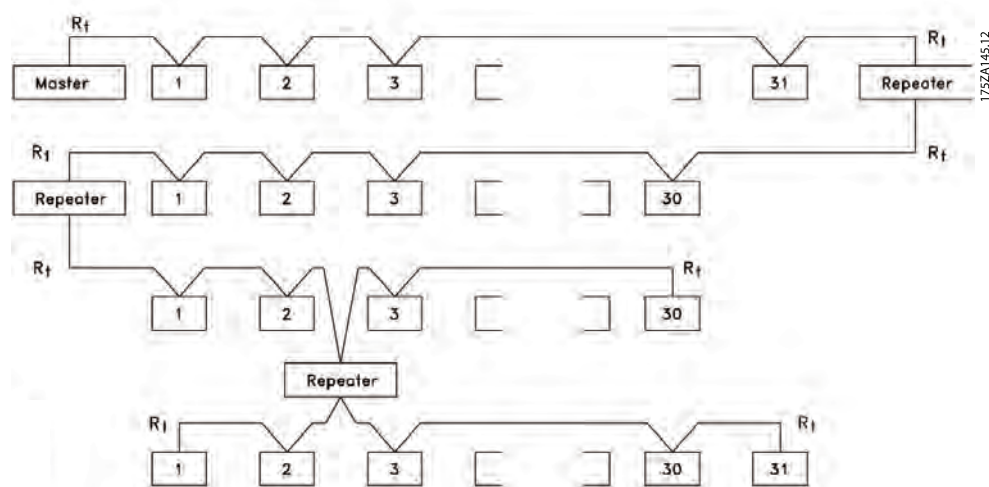


Рисунок 5.1 Интерфейс шины RS-485

### УВЕДОМЛЕНИЕ

Каждый ретранслятор действует как узел внутри сегмента, в котором он установлен. Каждый узел в составе данной сети должен иметь уникальный адрес, не повторяющийся в остальных сегментах.

Замкните каждый сегмент на обоих концах, используя либо конечный переключатель (S801) преобразователей частоты, либо оконечную резисторную схему со смещением. Для устройства шины всегда используйте экранированную витую пару (STP) и следуйте общепринятым способам монтажа.

Большое значение имеет обеспечение низкого импеданса заземления экрана в каждом узле, в том числе по высоким частотам. Подключите экран с большой поверхностью к «земле» с помощью, например, кабельного зажима или проводящего кабельного уплотнения. Может потребоваться применение кабелей выравнивания потенциалов с целью создания одинакового потенциала по всей сети, особенно в установках с кабелями большой длины. Для предотвращения несогласования импедансов всегда используйте во всей сети кабели одного типа. Подключайте двигатель к преобразователю частоты экранированным кабелем.

Кабель	Экранированная витая пара (STP)
Импеданс [Ом]	120
Длина кабеля [м]	Не более 1200 м (включая ответвительные линии) Не более 500 м между станциями

Таблица 5.1 Технические характеристики кабелей

### 5.1.2 Подключение сети

Подключите преобразователь частоты к сети RS-485 следующим образом (см. также Рисунок 5.2):

1. Подключите сигнальные провода к клеммам 68 (P+) и 69 (N-) на главной плате управления преобразователя частоты.
2. Подключите экран кабеля к кабельным зажимам.

#### **УВЕДОМЛЕНИЕ**

Для снижения помех между проводниками рекомендуется использовать экранированные кабели и витые пары.

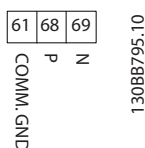


Рисунок 5.2 Подключение сети

### 5.1.3 Настройки аппаратных средств преобразователя частоты

Для подключения шины RS-485 используйте переключатель оконечной нагрузки на главной плате управления преобразователя частоты.

Заводская установка переключателя — OFF (ВЫКЛ.).

### 5.1.4 Настройка параметров преобразователя частоты для передачи по Modbus

Настройка связи через интерфейс RS-485

Параметр	Функция
8-30 Protocol	Выберите прикладной протокол для работы с интерфейсом RS-485
8-31 Address	Установите адрес узла. <b>УВЕДОМЛЕНИЕ</b> Диапазон адресов зависит от протокола, выбранного в пар. 8-30 Protocol
8-32 Baud Rate	Установите скорость передачи данных. <b>УВЕДОМЛЕНИЕ</b> Скорость передачи данных по умолчанию зависит от протокола, выбранного в пар. 8-30 Protocol

Параметр	Функция
8-33 Parity / Stop Bits	Установите биты контроля четности и число стоповых битов. <b>УВЕДОМЛЕНИЕ</b> Выбор по умолчанию зависит от протокола, выбранного в пар. 8-30 Protocol
8-35 Minimum Response Delay	Задайте минимальную задержку между получением запроса и передачей ответа. Эта функция используется для преодоления задержек при реверсировании передачи данных модемом.
8-36 Maximum Response Delay	Задайте максимальную задержку между передачей запроса и получением ответа.
8-37 Maximum Inter-char delay	В случае прерывания передачи установите максимальную задержку между двумя получаемыми байтами, чтобы обеспечить тайм-аут. <b>УВЕДОМЛЕНИЕ</b> Выбор по умолчанию зависит от протокола, выбранного в пар. 8-30 Protocol

Таблица 5.2 Настройка параметров связи по протоколу Modbus

### 5.1.5 Обеспечение ЭМС

Компания Danfoss рекомендует предпринять следующие меры по обеспечению ЭМС, позволяющие устранить помехи в сети RS-485.

#### **УВЕДОМЛЕНИЕ**

Соблюдайте соответствующие государственные и местные нормы и правила, касающиеся, например, подключения защитного заземления. Кабель связи RS-485 должен прокладываться на удалении от кабелей двигателя и тормозного резистора, чтобы предотвратить взаимные ВЧ-помехи между кабелями. Обычно достаточно обеспечить расстояние в 200 мм. Рекомендуется предусматривать максимально возможное расстояние между кабелями, особенно там, где кабели проложены параллельно на большой протяженности. Если не удастся избежать пересечения, кабель RS-485 должен пересекаться с кабелями двигателя и тормозного резистора под углом в 90°.

## 5.2 Описание протокола FC

Протокол FC, также называемый шиной FC или стандартной шиной, является стандартной периферийной шиной Danfoss. Он определяет способ доступа к данным по принципу главный-подчиненный для связи по шине последовательной связи. К шине можно подключить одно главное и до 126 подчиненных устройств. Главное устройство выбирает подчиненные устройства по символу адреса в телеграмме. Подчиненное устройство не может передавать сообщение по собственной инициативе: для этого требуется запрос; также невозможен обмен сообщениями между подчиненными устройствами. Связь осуществляется в полудуплексном режиме. Функция главного устройства не может быть передана другому узлу (система с одним главным устройством).

Физическим уровнем является RS-485, т. е. используется порт RS-485, встроенный в преобразователь частоты. Протокол FC поддерживает разные форматы телеграмм:

- Укороченный формат из 8 байтов для данных процесса.
- Удлинённый формат из 16 байтов, который также включает канал параметров
- Формат, используемый для текстов

### 5.2.1 FC с Modbus RTU

FC-протокол обеспечивает доступ к командному слову и заданию по шине преобразователя частоты.

Командное слово позволяет главному устройству Modbus управлять несколькими важными функциями преобразователя частоты:

- Пуск
- Останов преобразователя частоты различными способами:
  - Останов выбегом
  - Быстрый останов
  - Останов торможением постоянным током
  - Нормальный останов (изменением скорости)
- Возврат в исходное состояние (сброс) после аварийного отключения
- Работа с различными предустановленными скоростями

- Работа в обратном направлении
- Изменение активного набора параметров
- Управление двумя реле, встроенными в преобразователь частоты

Для регулирования скорости обычно используется задание по шине. Также возможен доступ к параметрам, чтение их значений и, где предусмотрено, запись значений в параметры. Это допускает диапазон вариантов управления, включая управление уставкой преобразователя частоты, когда используется его внутренний ПИ-регулятор.

## 5.3 Конфигурация сети

### 5.3.1 Настройка преобразователя частоты

Чтобы ввести в действие FC-протокол для преобразователя частоты, установите следующие параметры.

Параметр	Настройка
8-30 Protocol	FC
8-31 Address	1-126
8-32 Baud Rate	2400-115200
8-33 Parity / Stop Bits	Контроль по четности, 1 стоповый бит (по умолчанию)

Таблица 5.3 Параметры конфигурации сети

## 5.4 Структура кадра сообщения по FC-протоколу

### 5.4.1 Состав символа (байта)

Каждый передаваемый символ начинается со стартового бита. Затем 8 бит данных передаются согласно байту. Каждый символ защищается с помощью четности битов. Этот бит устанавливается равным «1» после подтверждения четности. Четность достигается, когда суммарное число двоичных единиц в 8 битах данных и бит четности являются четными. Символ завершается стоповым битом, так что общее число битов равно 11.

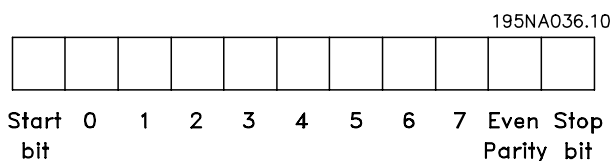


Рисунок 5.3 Состав символа



## 5.4.2 Структура телеграммы

Каждая телеграмма имеет свою структуру:

1. Первый символ (STX) = 02 16-ричн.
2. Байт, указывающий длину телеграммы (LGE)
3. Байт, указывающий адрес преобразователя частоты (ADR)

Затем следует несколько байтов данных (переменное число, зависящее от типа телеграммы).

Телеграмма завершается управляющим байтом (BCC).

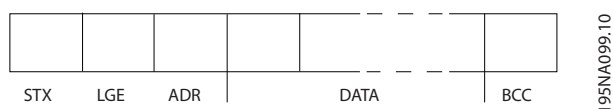


Рисунок 5.4 Структура телеграммы

## 5.4.3 Длина телеграммы (LGE)

Длина телеграммы — это число байтов данных в сумме с байтом адреса ADR и управляющим байтом BCC.

4 байта данных	$LGE = 4 + 1 + 1 = 6$ байт
12 байтов данных	$LGE = 12 + 1 + 1 = 14$ байт
Тексты, содержащие телеграммы	$10^{1)} + n$ байт

Таблица 5.4 Длина телеграммы

<sup>1)</sup> Здесь 10 соответствует фиксированным символам, а «n» — переменная величина (зависящая от длины текста).

## 5.4.4 Адрес преобразователя частоты (ADR)

### Формат адреса 1–126

Бит 7 = 1 (действует формат адреса 1–126)

Биты 0–6 = адрес преобразователя частоты 1–126

Биты 0–6 = 0: циркулярная рассылка

В своей ответной телеграмме главному устройству подчиненное устройство посылает адресный байт без изменения.

## 5.4.5 Управляющий байт (BCC)

Контрольная сумма вычисляется как функция «исключающее ИЛИ». До получения первого байта телеграммы расчетная контрольная сумма (BCS) равна 0.

## 5.4.6 Поле данных

Состав блоков данных зависит от типа телеграммы. Существуют телеграммы трех типов, тип телеграммы относится как к управляющей телеграмме (главное⇒подчиненное), так и к ответной телеграмме (подчиненное⇒главное).

3 типа телеграмм:

### Блок данных процесса (PCD)

PCD образуется блоком данных, состоящим из 4 байтов (2 слов), и содержит:

- Командное слово и значение задания (от главного к подчиненному)
- Слово состояния и текущую выходную частоту (от подчиненного устройства к главному)

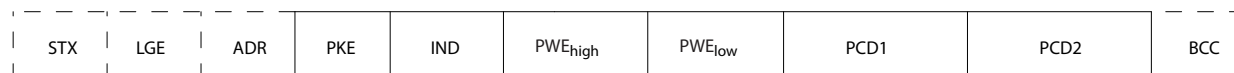


130BA269.10

Рисунок 5.5 Блок обработки

### Блок параметров

Блок параметров используется для пересылки параметров между главным и подчиненным устройствами. Блок данных состоит из 12 байтов (6 слов) и содержит также блок данных процесса.

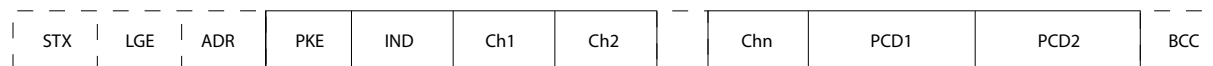


130BA271.10

Рисунок 5.6 Блок параметров

### Текстовый блок

Текстовый блок используется для чтения или записи текстов посредством блока данных.



130BA270.10

Рисунок 5.7 Текстовый блок

## 5.4.7 Поле PKE

Поле PKE содержит два субполя: поле команды параметров + ответа (AK) и поле номера параметра (PNU):

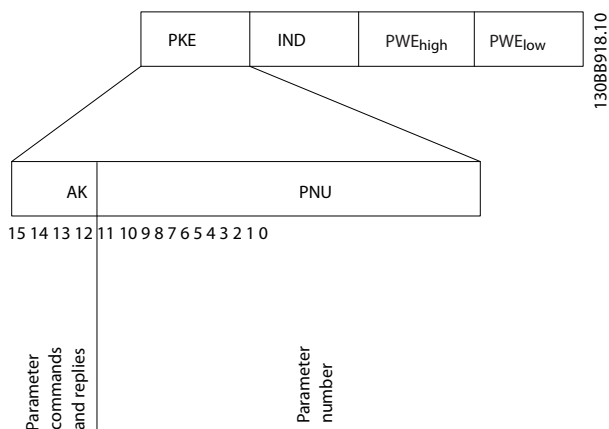


Рисунок 5.8 Поле PKE

В битах 12–15 пересылаются команды параметров от главного устройства к подчиненному и возвращаются обработанные ответы подчиненного устройства главному.

Команды параметров: главное устройство⇒подчиненное устройство				
Номер бита				Команда параметра
15	14	13	12	
0	0	0	0	Нет команды
0	0	0	1	Считывание значения параметра
0	0	1	0	Запись значения параметра в ОЗУ (слово)
0	0	1	1	Запись значения параметра в ОЗУ (двойное слово)
1	1	0	1	Запись значения параметра в ОЗУ и ЭСППЗУ (двойное слово)
1	1	1	0	Запись значения параметра в ОЗУ и ЭСППЗУ (слово)
1	1	1	1	Чтение текста

Таблица 5.5 Команды параметров

Ответ: подчиненное устройство⇒главное устройство				
Номер бита				Ответ
15	14	13	12	
0	0	0	0	Нет ответа
0	0	0	1	Значение параметра передано (слово)
0	0	1	0	Значение параметра передано (двойное слово)
0	1	1	1	Команда не может быть выполнена
1	1	1	1	Передан текст

Таблица 5.6 Ответ

Если команда не может быть выполнена, подчиненное устройство посылает ответ:

0111 Команда не может быть выполнена

— и направляет в значении параметра следующее сообщение о неисправности:

Код ошибки	Спецификация FC
0	Недопустимый номер параметра
1	Параметр не может быть изменен.
2	Превышены верхний и нижний пределы
3	Поврежден субиндекс
4	Нет массива
5	Ошибочный тип данных
6	Не используется
7	Не используется
9	Элемент описания не доступен
11	Нет доступа для записи параметра
15	Текст не предусмотрен
17	Нет во время работы
18	Другая ошибка
100	
>100	
130	Отсутствует доступ по шине к данному параметру
131	Запись в заводской набор не возможна
132	Нет доступа с LCP
252	Неизвестный абонент
253	Запрос не поддерживается
254	Неизвестный атрибут
255	Нет ошибки

Таблица 5.7 Отчет подчиненного устройства

## 5.4.8 Номер параметра (PNU)

В битах 0–11 пересылаются номера параметров. Функция соответствующего параметра определена в описании параметров в *Руководстве по программированию VLT® AutomationDrive FC 360*.

### 5.4.9 Индекс (IND)

Индекс используется с номером параметра для доступа к чтению/записи параметров, которые имеют индекс, например *15-30 Alarm Log: Error Code*. Индекс состоит из 2 байтов: младшего и старшего. Индекс (IND)

В качестве индекса используется только младший байт.

### 5.4.10 Значение параметра (PWE)

Блок значения параметра состоит из 2 слов (4 байтов), и его значение зависит от поданной команды (AK). Если блок PWE не содержит значения параметра, главное устройство подсказывает его. Чтобы изменить значение параметра (записать), запишите новое значение в блок PWE и пошлите его от главного устройства в подчиненное.

Если подчиненное устройство реагирует на запрос значения параметра (команда чтения), текущее значение параметра посылается в блоке PWE и возвращается главному устройству. Если параметр содержит несколько вариантов данных, например, *0-01 Language*, выберите значение данных, введя значение в блок PWE. Последовательная связь позволяет только считывать параметры, содержащие данные типа 9 (текстовая строка).

*15-40 FC Type-15-53 Power Card Serial Number* содержат данные типа 9.

Например, размер блока и диапазон напряжения сети можно посмотреть в *15-40 FC Type*. При пересылке текстовой строки (чтение) длина телеграммы переменная, поскольку тексты имеют разную длину. Длина телеграммы указывается во втором байте телеграммы (LGE). При использовании передачи текста символ индекса определяет, является ли команда командой чтения или записи.

Чтобы прочесть текст с помощью блока PWE, для команды параметра (AK) следует задать 16-ричное значение «F». Старший бит символа индекса должен быть равен «4».

### 5.4.11 Типы данных, поддерживаемые преобразователем частоты

Без знака означает, что в телеграмме отсутствует знак операции.

Типы данных	Описание
3	Целое 16
4	Целое 32
5	Целое без знака 8
6	Целое без знака 16
7	Целое без знака 32
9	Текстовая строка

Таблица 5.8 Типы данных

### 5.4.12 Преобразование

Различные атрибуты каждого параметра указаны в разделе *Перечни параметров в Руководстве по программированию*. Значения параметров передаются только как целые числа. Поэтому для передачи дробной части числа используются коэффициенты преобразования.

Коэффициент преобразования *4-12 Motor Speed Low Limit [Hz]* равен 0,1.

Если нужно предварительно установить минимальную частоту равной 10 Гц, то должно быть передано число 100. Коэффициент преобразования 0,1 означает, что переданная величина умножается на 0,1. Таким образом, величина 100 будет восприниматься как 10,0.

Индекс преобразования	Коэффициент преобразования
74	3600
2	100
1	10
0	1
-1	0,1
-2	0,01
-3	0,001
-4	0,0001
-5	0,00001

Таблица 5.9 Преобразование

### 5.4.13 Слова состояния процесса (PCD)

Блок слов состояния процесса разделен на два блока по 16 бит, которые всегда поступают в определенной последовательности.

PCD 1	PCD 2
Управляющая телеграмма (командное слово от главного⇒подчиненному)	Значение задания
Слово состояния управляющей телеграммы (подчиненное ⇒главное)	Текущая выходная частота

Таблица 5.10 Слова состояния процесса (PCD)

## 5.5 Примеры

### 5.5.1 Запись значения параметра

Измените значение *4-14 Motor Speed High Limit [Hz]*, чтобы оно составило 100 Гц. Запишите данные в ЭСПЗУ.

PKE = E19E 16-ричн. — запись одного слова в *4-14 Motor Speed High Limit [Hz]*:

IND = 0000 16-ричн.

PWE<sub>выс.</sub> = 0000 16-ричн.

PWE<sub>низк.</sub> = 03E8 16-ричн.

Значение данных 1000, соответствующее 100 Гц, см. глава 5.4.12 Преобразование.

Телеграмма имеет вид:

E19E	H	0000	H	0000	H	03E8	H
PKE		IND		PWE <sub>high</sub>		PWE <sub>low</sub>	

Рисунок 5.9 Телеграмма

## УВЕДОМЛЕНИЕ

*4-14 Motor Speed High Limit [Hz]* представляет собой одно слово, а командой параметра для записи в ЭСПЗУ является «Е». Параметр 4-14 равен 19Е (в шестнадцатеричном виде).

Ответ подчиненного устройства главному устройству:

119E	H	0000	H	0000	H	03E8	H
PKE		IND		PWE <sub>high</sub>		PWE <sub>low</sub>	

Рисунок 5.10 Ответ главного устройства

### 5.5.2 Считывание значения параметра

Прочтите значение в *3-41 Ramp 1 Ramp Up Time*

PKE = 1155 16-ричн. — чтение значения параметра в *3-41 Ramp 1 Ramp Up Time*

IND = 0000 16-ричн.

PWE<sub>выс.</sub> = 0000 16-ричн.

PKE<sub>низк.</sub> = 0000 16-ричн.

1155	H	0000	H	0000	H	0000	H
PKE		IND		PWE <sub>high</sub>		PWE <sub>low</sub>	

Рисунок 5.11 Телеграмма

Если значение *3-41 Ramp 1 Ramp Up Time* равно 10 секундам, ответ от подчиненного устройства главному имеет вид:

1155	H	0000	H	0000	H	03E8	H
PKE		IND		PWE <sub>high</sub>		PWE <sub>low</sub>	

Рисунок 5.12 Ответ

3E8 (16-ричн.) соответствует десятичному числу 1000.

Индекс преобразования для *3-41 Ramp 1 Ramp Up Time* равен -2, то есть 0,01.

*3-41 Ramp 1 Ramp Up Time* относится к типу Без знака 32.

## 5.6 Краткое описание Modbus RTU

### 5.6.1 Допущения

Danfoss предполагает, что установленный контроллер поддерживает интерфейсы, описанные в этом документе, и что все требования и ограничения, предусмотренные в контроллере и преобразователе частоты, строго соблюдаются.

### 5.6.2 Что уже должен знать пользователь

MODBUS RTU (Remote Terminal Unit, дистанционный терминал) предназначен для осуществления связи с любым контроллером, который поддерживает интерфейсы, указанные в настоящем документе. Предполагается, что пользователь полностью осведомлен о возможностях и ограничениях контроллера.

### 5.6.3 Краткое описание Modbus RTU

Вне зависимости от типа физических коммуникационных сетей, в кратком описании протокола Modbus RTU рассматривается процесс, который использует контроллер для запроса доступа к другому устройству. В этом процессе описывается, как Modbus RTU реагирует на запросы другого устройства, как будут обнаруживаться ошибки и как о них будет сообщаться. Кроме того, устанавливается общий формат для компоновки и содержимого полей сообщения. Во время обмена данными через сеть Modbus RTU протокол определяет следующее.

- Как каждый контроллер узнает адрес своего устройства.
- Распознает сообщение, направленное ему.
- Определяет, какие действия предпринять.
- Извлекает данные или прочие сведения, содержащиеся в сообщении.

Если требуется ответ, контроллер формирует ответное сообщение и отправляет его.

Контроллеры осуществляют связь по принципу «главный — подчиненный», при котором только главное устройство может инициировать операции связи (называемые запросами). Подчиненные устройства отвечают, посылая запрошенные данные главному устройству или выполняя действие, затребованное запросом.

Главное устройство может обращаться к отдельным подчиненным устройствам или посылать сообщение циркулярное сообщение всем подчиненным устройствам. Подчиненные устройства посылают ответы на запросы, которые им адресовались индивидуально.

На циркулярные запросы главного устройства ответы не посылаются. Протокол Modbus RTU определяет формат запроса главного устройства, предоставляя адрес устройства или циркулярный адрес, код функции, определяющий требуемое действие, любые данные, которые необходимо отправить, и поле обнаружения ошибок. Ответное сообщение подчиненного устройства также формируется с использованием протокола Modbus. Оно содержит поля, подтверждающие выполненные действия, любые возвращаемые данные и поле обнаружения ошибок. Если при приеме сообщения появляется ошибка или если подчиненное устройство не может выполнить затребованное действие, подчиненное устройство формирует сообщение об ошибке и посылает его в ответе или возникает тайм-аут.

### 5.6.4 Преобразователь частоты с Modbus RTU

Преобразователь частоты осуществляет передачу в формате Modbus RTU через встроенный интерфейс RS-485. Протокол Modbus RTU обеспечивает доступ к командному слову и заданию по шине преобразователя частоты.

Командное слово позволяет главному устройству Modbus управлять несколькими важными функциями преобразователя частоты:

- Пуск
- Останов преобразователя частоты различными способами:
  - Останов выбегом
  - Быстрый останов
  - Останов торможением постоянным током
  - Нормальный останов (изменением скорости)
- Возврат в исходное состояние (сброс) после аварийного отключения
- Работа с различными предустановленными скоростями
- Работа в обратном направлении
- Изменение активного набора параметров
- Управление встроенным реле преобразователя частоты

Для регулирования скорости обычно используется задание по шине. Также возможен доступ к параметрам, чтение их значений и, где предусмотрено, запись значений в параметры. Это допускает диапазон вариантов управления, включая управление уставкой преобразователя частоты, когда используется его внутренний ПИ-регулятор.

## 5.7 Конфигурация сети

Чтобы разрешить протокол Modbus RTU на преобразователе частоты, установите следующие параметры:

Параметр	Настройка
8-30 Protocol	Modbus RTU
8-31 Address	1-247
8-32 Baud Rate	2400-115200
8-33 Parity / Stop Bits	Контроль по четности, 1 стоповый бит (по умолчанию)

Таблица 5.11 Конфигурация сети

## 5.8 Структура кадра сообщения Modbus RTU

### 5.8.1 Преобразователь частоты с Modbus RTU

Контроллеры настраиваются на передачу по сети Modbus с использованием режима RTU (дистанционного терминала), в котором каждый байт в сообщении содержит 2 4-битных шестнадцатеричных символа. Формат для каждого байта показан в Таблица 5.12.

Стартовый бит	Байт данных	Останов/контроль четности	Останов

Таблица 5.12 Формат для каждого байта

Система кодирования	8-битный двоичный формат, шестнадцатеричные 0-9, A-F. 2 шестнадцатеричных символа, содержащиеся в каждом 8-битном поле сообщения
Биты на байт	1 стартовый бит 8 битов данных, сначала посылается младший значащий бит 1 бит для контроля по четности/нечетности; без бита четности 1 стоповый бит, если контроль по четности используется; 2 стоповых бита, если не используется
Поле контроля ошибок	Циклический контроль избыточности (CRC)

### 5.8.2 Структура сообщения Modbus RTU

Передающее устройство помещает сообщение Modbus RTU в кадр с известными начальной и конечной точками. Это позволяет принимающему устройству начать с начала сообщения, прочитать адресную часть, определить, кому адресуется сообщение (или всем устройствам, если является циркулярным), и распознать, когда сообщение закончено. Выявляются частичные сообщения и определяются как ошибочные. Передаваемые символы в каждом поле должны быть шестнадцатеричного формата от 00 до FF. Преобразователь частоты непрерывно контролирует сетевую шину, в том числе и во время интервалов «молчания». Когда получено первое поле (поле адреса), каждый преобразователь частоты или устройство декодирует его, чтобы определить, кому адресовано сообщение. Сообщения Modbus RTU с нулевым адресом являются циркулярными. В случае циркулярных сообщений ответ не разрешается. Типичный кадр сообщения показан в Таблица 5.13.

Пуск	Адрес	Функция	Данные	Контроль CRC	Конец
T1-T2-T3-T4	8 бит	8 бит	N x 8 бит	16 бит	T1-T2-T3-T4

Таблица 5.13 Типичная структура сообщения Modbus RTU

### 5.8.3 Поля начала/останова

Сообщения начинаются с периода молчания продолжительностью не менее 3,5 символа. Это реализуется как несколько знаковых интерфейсов при выбранной скорости передачи данных в сети (показывается как Начало T1-T2-T3-T4). Первый передаваемым полем является адрес устройства. После последнего переданного символа предусматривается подобный период длительностью 3,5 знаковых интервала, указывающий конец сообщения. После этого периода может начаться новое сообщение. Весь кадр сообщения должен передаваться в виде непрерывного потока. Если перед окончанием кадра появляется период молчания длительностью более 1,5 знаковых интервалов, принимающее устройство игнорирует неполное сообщение и считает, что следующий байт — это адресное поле следующего сообщения. Аналогичным образом, если новое сообщение начинается в пределах 3,5 знаковых интервалов после предыдущего сообщения, принимающее устройство будет считать его продолжением предыдущего сообщения. Это становится причиной тайм-аута (нет ответа от подчиненного устройства), поскольку значение в конечном поле CRC не действительно для объединенных сообщений.

### 5.8.4 Адресное поле

Адресное поле кадра сообщения содержит 8 бит. Достоверные адреса подчиненных устройств находятся в диапазоне десятичных чисел 0–247. Конкретным подчиненным устройствам присваиваются адреса в диапазоне 1–247. (0 оставлен для циркулярного режима, который распознают все подчиненные устройства.) Главное устройство обращается к подчиненному путем указания его адреса в адресном поле сообщения. Когда подчиненное устройство посылает свой ответ, оно помещает в это адресное поле свой адрес, чтобы позволить главному устройству определить, какое подчиненное устройство отвечает.

### 5.8.5 Поле функции

Поле функции кадра сообщения содержит 8 бит. Допустимые индексы находятся в диапазоне 1-FF. Поля функций используются для передачи сообщений между главным и подчиненным устройствами. Когда сообщение посылается от главного устройства к подчиненному, поле кода функции сообщает подчиненному устройству, какое действие требуется выполнить. Когда подчиненное устройство отвечает главному, оно использует поле кода функции, чтобы указать, что ответ является либо нормальным (ошибки нет), либо произошла какая-либо ошибка (исключительный ответ). При нормальном ответе подчиненное устройство просто повторяет первоначальный код функции. При исключительном ответе подчиненное устройство возвращает код, который эквивалентен первоначальному коду со старшим значащим битом, установленным на логическую «1». Кроме того, подчиненное устройство помещает уникальный код в поле данных ответного сообщения. Это извещает главное устройство о том, какая произошла ошибка, или сообщает причину исключения. См. также *глава 5.8.10 Коды функций, поддерживаемые Modbus RTU* и *глава 5.8.11 Исключительные коды Modbus*.

### 5.8.6 Поле данных

Поле данных формируется с помощью групп из двух шестнадцатеричных цифр в диапазоне от 00 до FF. Образуется один символ RTU. Поле данных сообщений, посылаемых главным устройством подчиненному, содержит дополнительную информацию, которую подчиненное устройство должно использовать для совершения действия, определяемого кодом функции. Оно может содержать такие элементы, как адреса катушки или регистра, количество обрабатываемых элементов и счет текущих байтов данных в этом поле.

### 5.8.7 Поле контроля CRC

Сообщения содержат поле обнаружения ошибок с действием по методу циклического контроля избыточности (CRC). Поле CRC проверяет содержимое всего сообщения. Это происходит независимо от того, какой метод проверки четности используется для отдельных символов сообщения. Значение CRC вычисляется передающим устройством, которое прилагает поле проверки CRC в качестве последнего поля сообщения. Принимающее устройство пересчитывает CRC во время приема сообщения и сравнивает вычисленное значение с текущим значением, принимаемым в поле CRC. Если эти два значения не равны, результатом будет тайм-аут шины. Поле обнаружения ошибок содержит двоичное число из 16 бит, образующих два 8-битовых байта. Когда это происходит, сначала добавляется младший байт, а затем старший. Старший байт CRC — последний байт, посылаемый в сообщении.

### 5.8.8 Адресация катушек и регистров

В сети Modbus все данные организуются в катушках и регистрах временного хранения. Катушки хранят 1 бит, а регистры временного хранения хранят 2-байтовое слово (т. е. 16 бит). Все адреса данных в сообщениях Modbus рассматриваются как нулевые. При первом появлении элемента данных к нему адресуются как к элементу номер 0. Например, катушка, известная в программируемом контроллере как «катушка 1», в поле адреса данных сообщения Modbus имеет адрес «катушка 0000». Катушке с десятичным номером 127 присваивается адрес 007E 16-ричн. (десятичный номер 126).

В поле адреса данных сообщения к регистру временного хранения 40001 адресуются как к регистру 0000. Поле кода функции уже определяет операцию «регистр временного хранения». Т. е. подразумевается «4XXXX». К регистру временного хранения 40108 адресуются как к регистру 006B 16-ричн. (десятичный номер 107).



Номер катушки	Описание	Направление сигнала
1-16	Командное слово преобразователя частоты (см. Таблица 5.15)	От главного устройства к подчиненному
17-32	Диапазон заданий скорости или уставки преобразователя частоты 0x0–0xFFFF (-200 % ... ~200 %)	От главного устройства к подчиненному
33-48	Слово состояния преобразователя частоты (см. Таблица 5.16 )	От подчиненного устройства к главному
49-64	Режим без обратной связи: выходная частота преобразователя частоты Режим с обратной связью: сигнал обратной связи преобразователя частоты	От подчиненного устройства к главному
65	Управление записью параметра (от главного к подчиненному)	От главного устройства к подчиненному
	0= Изменения параметров записываются в ОЗУ преобразователя частоты.	
	1= Изменения параметров записываются в ОЗУ и ЭСППЗУ преобразователя частоты.	
66-65536	Зарезервировано	

Таблица 5.14 Регистр катушки

Катушка	0	1
01	Предустановленное задание, младший бит	
02	Предустановленное задание, старший бит	
03	Торможение постоянным током	Нет торможения постоянным током
04	Останов выбегом	Нет останова выбегом
05	Быстрый останов	Нет быстрого останова
06	Фиксация выходной частоты	Нет фиксации выходной частоты
07	Останов с изменением скорости	Пуск
08	Нет сброса	Сброс
09	Нет фиксации частоты	Фикс. част.
10	Изменение скор. 1	Изменение скор. 2
11	Данные недействительны	Данные действительны
12	Реле 1 выкл.	Реле 1 вкл.
13	Реле 2 выкл.	Реле 2 вкл.
14	Установка младшего бита	
15		
16	Нет реверса.	Реверс

Таблица 5.15 Командное слово преобразователя частоты (Профиль FC)

Катушка	0	1
33	Управление не готово	Готовн. к управлению
34	Преобразователь частоты не готов	Преобразователь частоты готов
35	Останов выбегом	Защита замкнута
36	Нет авар. сигналов	Аварийный сигнал
37	Не используется	Не используется
38	Не используется	Не используется
39	Не используется	Не используется
40	Нет предупреждения	Предупреждение
41	Не на задании	На задании
42	Ручной режим	Авт.режим
43	Вне част. диапазона	В част. диапазоне
44	Остановлен	Работа
45	Не используется	Не используется
46	Нет предупр. о напряжении	Предупр. о напряжении
47	Не в пределе по току	Предел по току
48	Нет предупр. о перегреве	Предупр.о перегрев

Таблица 5.16 Слово состояния преобразователя частоты (Профиль FC)

Адрес шины	Регистр шины <sup>1)</sup>	Регистр ПЛК	Содержание	Доступ	Описание
0	1	40001	Зарезервировано		Зарезервировано для предыдущих приводов VLT 5000 и VLT 2800
1	2	40002	Зарезервировано		Зарезервировано для предыдущих приводов VLT 5000 и VLT 2800
2	3	40003	Зарезервировано		Зарезервировано для предыдущих приводов VLT 5000 и VLT 2800
3	4	40004	Свободен		
4	5	40005	Свободен		
5	6	40006	Настройка Modbus	Чтение/запись	Только TCP. Зарезервировано для Modbus TCP (пар. 12-28 и 12-29 — сохранить в ЭСППЗУ и пр.)
6	7	40007	Код последней ошибки	Только чтение	Из базы данных параметров получен код ошибки. Подробнее см. в разделе WHAT 38295.
7	8	40008	Регистр последней ошибки	Только чтение	Адрес регистра, в котором произошла ошибка. Подробнее см. в разделе WHAT 38296
8	9	40009	Указатель индекса	Чтение/запись	Субиндекс параметра, который необходимо открыть. Подробнее см. в разделе WHAT 38297
9	10	40010	Пар. ПЧ 0-01	Зависит от доступа к параметру	Параметр 0-01 (регистр Modbus = номер параметра 10) Зарезервировано 20 байт пространства для параметра на карте Modbus
19	20	40020	Пар. ПЧ 0-02	Зависит от доступа к параметру	Параметр 0-02 Зарезервировано 20 байт пространства для параметра на карте Modbus
29	30	40030	Пар. ПЧ xx-xx	Зависит от доступа к параметру <a href="#">авва</a>	Параметр 0-03 Зарезервировано 20 байт пространства для параметра на карте Modbus

Таблица 5.17 Адрес/регистры

<sup>1)</sup> Значение, написанное в телеграмме Modbus RTU, должно быть единицей или меньше, чем номер регистра. Например, прочитайте регистр Modbus 1, написав значение 0 в телеграмме.

### 5.8.9 Управление преобразователем частоты

В настоящем разделе описываются коды, которые можно использовать в полях функций и данных сообщения Modbus RTU.

### 5.8.10 Коды функций, поддерживаемые Modbus RTU

Протокол Modbus RTU поддерживает использование следующих кодов функций в поле функции сообщения.

Функция	Код функции (16-ричн.)
Считать с катушки	1
Считать с регистров временного хранения	3
Записать на одну катушку	5
Записать в один регистр	6
Записать на несколько катушек	F
Записать в несколько регистров	10
Вызвать счетчик событий связи	B
Сообщить идентификатор подчиненного устройства	11

Таблица 5.18 Коды функций

Функция	Код функции	Код подфункции	Подфункция
Диагностика	8	1	Перезапустить связь
		2	Возвратить регистр диагностики
		10	Очистить счетчики и регистр диагностики
		11	Возвратить счет сообщений, передаваемых по шине
		12	Возвратить счет ошибок связи по шине
		13	Возвратить показание счетчика ошибок подчиненного устройства
		14	Возвратить показание счетчика сообщений подчиненного устройства

Таблица 5.19 Коды функций

### 5.8.11 Исключительные коды Modbus

Полное описание структуры ответа исключительного кода приведено в *глава 5.8.5 Поле функции*.

Код	Наименование	Значение
1	Недопустимая функция	Код функции, полученный в запросе, является недопустимым действием для сервера (или подчиненного устройства). Это может быть связано с тем, что код функции применяется только к более новым устройствам и не был внедрен в выбранном устройстве. Это также может указывать на то, что сервер (или подчиненное устройство) находится в ошибочном состоянии для обработки запроса данного типа, например, он не настроен и получает запрос на возвращение значений регистра.
2	Недопустимый адрес данных	Адрес данных, полученный в запросе, является недопустимым адресом для сервера (или подчиненного устройства). Если еще точнее, то сочетание номера задания и длины передачи является недопустимым. Для контроллера со 100 регистрами запрос со смещением 96 и длиной 4 будет успешно обработан, запрос со смещением 96 и длиной 5 создает исключение 02.
3	Недопустимое значение данных	Значение в поле данных запроса является недопустимым значением для сервера (или подчиненного устройства). Это указывает на ошибку в структуре остатка сложного запроса, как будто примененная длина является неправильной. Это НЕ значит конкретно, что элемент данных, отправленный для сохранения в регистре, имеет значение, не подходящее для прикладной программы, поскольку протокол Modbus не знает о значении определенного значения определенного регистра.
4	Ошибка подчиненного устройства	Возникла неисправимая ошибка во время попытки сервера (или подчиненного устройства) выполнить запрашиваемое действие.

Таблица 5.20 Исключительные коды Modbus

## 5.9 Доступ к параметрам

### 5.9.1 Операции с параметрами

Номер параметра (PNU) переносится из адреса регистра, содержащегося в читаемом или записываемом сообщении Modbus. Номер параметра передается в сообщении Modbus как ДЕСЯТИЧНОЕ ЧИСЛО, равное 10 x номер параметра. Пример: показание 3-12 *Значение разгона/замедления* (16 бит). Регистр временного хранения 3120 содержит значение параметра. Значение 1352 (десятичное) означает, что параметр установлен на 12,52 %.

Показание 3-14 *Предустановл.относительное задание* (32 бита): регистры временного хранения 3410 и 3411 содержат значения параметров. Значение 11300 (десятичное) означает, что параметр установлен на 1113,00.

Сведения о параметрах, типоразмерах и индексе преобразования, см. в соответствующем руководстве по программированию.

### 5.9.2 Хранение данных

Десятичное значение параметра «Катушка 65» определяет, куда будут записываться данные в преобразователе частоты: в ЭСППЗУ и в ОЗУ (катушка 65 = 1) или только в ОЗУ (катушка 65 = 0).

### 5.9.3 Индекс (IND)

Некоторые параметры в преобразователе частоты, например 3-10 *Предустановленное задание*, являются массивами. Поскольку Modbus не поддерживает массивы в регистрах временного хранения, в преобразователе частоты регистр временного хранения 9 зарезервирован в качестве указателя на массив. Перед чтением или записью параметра массива настройте регистр временного хранения 9. При установке регистра временного хранения в значение 2 все последующие операции чтения/записи параметров массива будут осуществляться по индексу 2.

### 5.9.4 Текстовые блоки

Параметры, сохраняемые в виде текстовых строк, вызываются таким же образом, как и прочие параметры. Максимальный размер текстового блока — 20 символов. Если запрос на считывание параметра предназначен для большего числа символов, чем хранит параметр, ответ укорачивается. Если запрос на считывание параметра предназначен для меньшего числа символов, чем хранит параметр, свободное пространство ответа заполняется.

### 5.9.5 Коэффициент преобразования

Различные атрибуты каждого параметра представлены в разделе, где описываются заводские установки. Поскольку значение параметра можно пересылать только как целое число, для передачи дробной части числа после десятичной запятой следует использовать коэффициент преобразования.

### 5.9.6 Значения параметров

#### Стандартные типы данных

Стандартными типами данных являются int 16, int 32, uint 8, uint 16 и uint 32. Они хранятся как регистры 4x (40001–4FFFF). Чтение параметров производится с помощью функции 03 16-ричн. «Считать с регистров временного хранения». Запись параметров осуществляется с помощью функции 6 16-ричн. «Задать значение одного регистра» для одного регистра (16 битов) и функции 10 16-ричн. «Установить значения нескольких регистров» для двух регистров (32 бита). Диапазон считываемых размеров: от 1 регистра (16 битов) до 10 регистров (20 символов).

#### Нестандартные типы данных

Нестандартные типы данных — текстовые строки; они хранятся как регистры 4x (40001–4FFFF). Параметры считываются с помощью функции 03 16-ричн. «Считать регистры временного хранения» и записываются с помощью функции 10 16-ричн. «Задать значения нескольких регистров». Диапазон считываемых размеров: от 1 регистра (2 символа) до 10 регистров (20 символов).

## 5.10 Примеры

Приведенные ниже примеры иллюстрируют различные команды Modbus RTU.

### 5.10.1 Считывание состояния катушки (01 16-ричн.)

#### Описание

Эта функция считывает состояние ON/OFF (ВКЛ./ВЫКЛ.) цифровых выходов (катушек) преобразователя частоты. Чтение циркулярных сообщений не поддерживается.

#### Запрос

Запросное сообщение определяет начальную катушку и количество считываемых катушек. Адреса катушек начинаются с нулевого, т. е. адресом катушки 33 будет 32.

Пример запроса на считывание катушек 33–48 (слово состояния) из подчиненного устройства 01.

Наименование поля	Пример (16-ричн.)
Адрес подчиненного устройства	01 (адрес преобразователя частоты)
Функция	01 (считать с катушки)
Начальный адрес HI	00
Начальный адрес LO	20 (десятичный адрес 32) Катушка 33
Число точек HI	00
Число точек LO	10 (десятичный адрес 16)
Контроль ошибок (CRC)	-

Таблица 5.21 Запрос

#### Ответ

Состояние катушки в ответном сообщении формируется как одна катушка на бит поля данных. Состояние указывается следующим образом: 1 = ВКЛ.; 0 = ВЫКЛ. Младший бит первого байта данных содержит катушку, адрес которой указан в запросе. Остальные катушки следуют в направлении старшего конца этого байта и «от младшего к старшему» в последующих байтах. Если число возвращенных катушек не кратно 8, остальные биты конечного байта данных заполнены нулями (в направлении старшего конца байта). Поле счета байтов определяет число полный байтов данных.

Наименование поля	Пример (16-ричн.)
Адрес подчиненного устройства	01 (адрес преобразователя частоты)
Функция	01 (считать с катушки)
Счет байтов	02 (2 байта данных)
Данные (Катушки 40–33)	07
Данные (Катушки 48–41)	06 (STW=0607 16-ричн.)
Контроль ошибок (CRC)	-

Таблица 5.22 Ответ

## УВЕДОМЛЕНИЕ

Катушки и регистры направляются в Modbus со смещением адреса -1.

Таким образом, Катушка 33 имеет адрес Катушка 32.

### 5.10.2 Форсировать/запись на одну катушку (05 16-ричн.)

#### Описание

Эта функция вызывает включение или выключение катушки. В случае циркулярной рассылки эта функция дает одинаковые задания катушкам во всех присоединенных подчиненных устройствах.

#### Запрос

Запросное сообщение определяет катушку 65 (управление записью параметра), на которую направлено действие. Адреса катушек начинаются с нулевого, т. е. адресом катушки 65 будет 64. Форсировать данные = 00 00 16-ричн. (ВЫКЛ.) или FF 00 16-ричн. (ВКЛ.).

Наименование поля	Пример (16-ричн.)
Адрес подчиненного устройства	01 (адрес преобразователя частоты)
Функция	05 (записать на одну катушку)
Адрес катушки HI	00
Адрес катушки LO	40 (десятичный адрес 64) Катушка 65
Форсировать данные HI	FF
Форсировать данные LO	00 (FF 00=ON)
Контроль ошибок (CRC)	-

Таблица 5.23 Запрос

#### Ответ

Нормальным ответом является отражение запроса, возвращенное после того, как было форсировано состояние катушки.

Наименование поля	Пример (16-ричн.)
Адрес подчиненного устройства	01
Функция	05
Форсировать данные HI	FF
Форсировать данные LO	00
Количество катушек HI	00
Количество катушек LO	01
Контроль ошибок (CRC)	-

Таблица 5.24 Ответ

### 5.10.3 Форсировать/запись на несколько катушек (0F 16-ричн.)

#### Описание

Эта функция форсирует перевод катушек в последовательности либо в положение ON (ВКЛ.), либо в положение OFF (Выкл.). В случае циркулярной рассылки эта функция дает одинаковые задания катушкам во всех присоединенных подчиненных устройствах.

#### Запрос

Запросное сообщение определяет форсируемые катушки от 17 до 32 (уставка скорости).

Наименование поля	Пример (16-ричн.)
Адрес подчиненного устройства	01 (адрес преобразователя частоты)
Функция	0F (записать на несколько катушек)
Адрес катушки HI	00
Адрес катушки LO	10 (адрес катушки 17)
Количество катушек HI	00
Количество катушек LO	10 (16 катушек)
Счет байтов	02
Форсировать данные HI (Катушки 8–1)	20
Форсировать данные LO (Катушки 16–9)	00 (задание = 2000 16-ричн.)
Контроль ошибок (CRC)	-

Таблица 5.25 Запрос

#### Ответ

В нормальном ответе возвращается адрес подчиненного устройства, код функции, начальный адрес и количество форсированных катушек.

Наименование поля	Пример (16-ричн.)
Адрес подчиненного устройства	01 (адрес преобразователя частоты)
Функция	0F (записать на несколько катушек)
Адрес катушки HI	00
Адрес катушки LO	10 (адрес катушки 17)
Количество катушек HI	00
Количество катушек LO	10 (16 катушек)
Контроль ошибок (CRC)	-

Таблица 5.26 Ответ

### 5.10.4 Чтение регистров временного хранения (03 16-ричн.)

#### Описание

Эта функция считывает содержимое регистров временного хранения в подчиненном устройстве.

#### Запрос

Запросное сообщение определяет начальный регистр и количество считываемых регистров. Адреса регистров начинаются с нулевого, т. е. адресами регистров 1–4 будут 0–3.

Пример: чтение 3-03 *Maximum Reference*, регистр 03030.

Наименование поля	Пример (16-ричн.)
Адрес подчиненного устройства	01
Функция	03 (считать с регистров временного хранения)
Начальный адрес HI	0B (адрес регистра 3029)
Начальный адрес LO	D5 (адрес регистра 3029)
Число точек HI	00
Число точек LO	02 — (3-03 <i>Maximum Reference</i> имеет длину 32 бита, т.е. 2 регистра)
Контроль ошибок (CRC)	-

Таблица 5.27 Запрос

#### Ответ

Данные регистра в ответном сообщении формируются как 2 байта на каждый регистр с двоичным содержимым, выровненным по правому краю внутри каждого байта. У каждого регистра первый байт содержит старшие биты, а второй байт — младшие.

Пример: 16-ричн. 00008888 = 35,000 = 35 Гц.

Наименование поля	Пример (16-ричн.)
Адрес подчиненного устройства	01
Функция	03
Счет байтов	04
Данные HI (регистр 3030)	00
Данные LO (регистр 3030)	16
Данные HI (регистр 3031)	E3
Данные LO (регистр 3031)	60
Контроль ошибок (CRC)	-

Таблица 5.28 Ответ

### 5.10.5 Установка одного регистра (06 16-ричн.)

#### Описание

Эта функция устанавливает значение в одном регистре временного хранения.

#### Запрос

Запросное сообщение определяет устанавливаемое задание регистра. Адреса регистров начинаются с нулевого, т. е. адресом регистра 1 будет 0.

Пример: запись в *1-00 Configuration Mode*, регистр 1000.

Наименование поля	Пример (16-ричн.)
Адрес подчиненного устройства	01
Функция	06
Адрес регистра HI	03 (адрес регистра 999)
Адрес регистра LO	E7 (адрес регистра 999)
Устанавливаемые данные HI	00
Устанавливаемые данные LO	01
Контроль ошибок (CRC)	-

Таблица 5.29 Запрос

#### Ответ

Нормальным ответом является отражение запроса, возвращенное после того, как было передано содержимое регистра.

Наименование поля	Пример (16-ричн.)
Адрес подчиненного устройства	01
Функция	06
Адрес регистра HI	03
Адрес регистра LO	E7
Устанавливаемые данные HI	00
Устанавливаемые данные LO	01
Контроль ошибок (CRC)	-

Таблица 5.30 Ответ

### 5.10.6 Установка нескольких регистров (10 16-ричн.)

#### Описание

Эта функция устанавливает значение в последовательности регистров временного хранения.

#### Запрос

Запросное сообщение определяет устанавливаемые задания регистров. Адреса регистров начинаются с нулевого, т. е. адресом регистра 1 будет 0. Пример запроса установки двух регистров (устанавливаемый параметр *1-24 Motor Current* = 738 (7,38 A)):

Наименование поля	Пример (16-ричн.)
Адрес подчиненного устройства	01
Функция	10
Начальный адрес HI	04
Начальный адрес LO	07
Число регистров HI	00
Число регистров LO	02
Счет байтов	04
Записать данные HI (регистр 4: 1049)	00
Записать данные LO (регистр 4: 1049)	00
Записать данные HI (регистр 4: 1050)	02
Записать данные LO (регистр 4: 1050)	E2
Контроль ошибок (CRC)	-

Таблица 5.31 Запрос

#### Ответ

В нормальном ответе возвращается адрес подчиненного устройства, код функции, начальный адрес и количество установленных регистров.

Наименование поля	Пример (16-ричн.)
Адрес подчиненного устройства	01
Функция	10
Начальный адрес HI	04
Начальный адрес LO	19
Число регистров HI	00
Число регистров LO	02
Контроль ошибок (CRC)	-

Таблица 5.32 Ответ

## 5.11 Профиль управления Danfoss FC

### 5.11.1 Командное слово, соответствующее профилю FC (пар. 8-10 Protocol = FC profile)

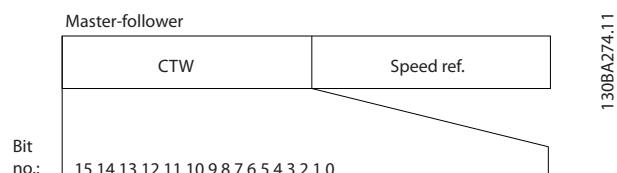


Рисунок 5.13 Командное слово, соответствующее профилю FC

Бит	Значение бита = 0	Значение бита = 1
00	Значение задания	Младший бит внешнего выбора
01	Значение задания	Старший бит внешнего выбора
02	Торможение постоянным током	Изменение скорости
03	Выбег	Нет выбега
04	Быстрый останов	Изменение скорости
05	Фиксировать выходную частоту	Использовать изменение скорости
06	Останов с изменением скорости	Пуск
07	Не используется	Сброс
08	Не используется	Фикс. част.
09	Изменение скор. 1	Изменение скор. 2
10	Данные не действительны	Данные действительны
11	Реле 01 разомкнуто	Реле 01 включено
12	Реле 02 разомкнуто	Реле 02 включено
13	Настройка параметров	Младший бит выбора
15	Не используется	Реверс

Таблица 5.33 Командное слово, соответствующее профилю FC

## Расшифровка управляющих битов

### Биты 00/01

Биты 00 и 01 используются для выбора одного из четырех значений задания, предварительно запрограммированных в параметре 3-10 *Preset Reference* в соответствии с Таблица 5.34.

Программируемое значение задания	Параметр	Бит 01	Бит 00
1	3-10 <i>Preset Reference</i> [0]	0	0
2	3-10 <i>Preset Reference</i> [1]	0	1
3	3-10 <i>Preset Reference</i> [2]	1	0
4	3-10 <i>Preset Reference</i> [3]	1	1

Таблица 5.34 Биты управления

## УВЕДОМЛЕНИЕ

Сделайте выбор в 8-56 *Preset Reference Select*, чтобы определить, как бит 00/01 логически объединяется с соответствующей функцией на цифровых входах.

### Бит 02, торможение постоянным током

Бит 02 = 0 приводит к торможению постоянным током и к останову. Установите ток торможения и длительность в параметрах 2-01 *DC Brake Current* и 2-02 *DC Braking Time*.

Бит 02 = 1 вызывает изменение скорости.

### Бит 03, останов с выбегом

Бит 03 = 0: преобразователь частоты немедленно «отпускает» двигатель (выходные транзисторы запираются), который выбегом доводится до состояния покоя.

Бит 03 = 1: преобразователь частоты запускает двигатель, если выполняются другие условия запуска.

Значение параметра 8-50 *Coasting Select* определяет, как бит 03 логически объединяется с соответствующей функцией на цифровом входе.

### Бит 04, быстрый останов

Бит 04 = 0: вызывает снижение скорости вращения двигателя до останова (устанавливается в параметре 3-81 *Quick Stop Ramp Time*).

### Бит 05, фиксация выходной частоты

Бит 05 = 0: фиксируется текущая выходная частота (в Гц). Изменение зафиксированной выходной частоты производится только с помощью цифровых входов (параметры 5-10 *Terminal 18 Digital Input*–5-13 *Terminal 29 Digital Input*), запрограммированных для выполнения функций *Speed up*=21 и *Slow down*=22.



**УВЕДОМЛЕНИЕ**

Если активизирована фиксация выхода, то остановить преобразователь частоты можно только следующими способами:

- Бит 03 Останов выбегом
- Бит 02 Торможение постоянным током
- Цифровой вход (параметры *c5-10 Terminal 18 Digital Input* до *5-13 Terminal 29 Digital Input*), запрограммированный на значения *DC braking = 5*, *Coasting stop = 2* или *Reset and coasting stop = 3*.

**Бит 06, останов/пуск с изменением скорости**

Бит 06 = 0: вызывает останов и заставляет двигатель снижать скорость до останова с помощью выбранного параметра замедления. Бит 06 = 1: позволяет преобразователю частоты запустить двигатель, если выполнены прочие условия пуска.

Выберите значение параметра *8-53 Start Select* с целью определить, как бит 06 «Останов/пуск с изменением скорости» логически объединяется с соответствующей функцией на цифровом входе.

**Бит 07, сброс**

Бит 07 = 0: нет сброса.

Бит 07 = 1: сброс отключения. Сброс активируется по переднему фронту сигнала, то есть при переходе сигнала от логического «0» к логической «1».

**Бит 08, фиксация частоты**

Бит 08 = 1: выходная частота определяется параметром *3-11 Jog Speed [Hz]*.

**Бит 09, выбор изменения скорости 1/2**

Бит 09 = 0: изменение скорости 1 включено (параметры *3-41 Ramp 1 Ramp Up Time–3-42 Ramp 1 Ramp Down Time*).

Бит 09 = 1: изменение скорости 2 (параметры *3-51 Ramp 2 Ramp Up Time–3-52 Ramp 2 Ramp Down Time*) включено.

**Бит 10, данные недействительны/данные действительны**

Указывает преобразователю частоты, использовать или игнорировать командное слово.

Бит 10 = 0: командное слово игнорируется.

Бит 10 = 1: командное слово используется. Эта функция имеет большое значение, поскольку независимо от типа используемой телеграммы в ней всегда содержится командное слово. Командное слово можно отключить, если не требуется его использование при обновлении или чтении параметров.

**Бит 11, реле 01**

Бит 11 = 0: реле не активизировано.

Бит 11 = 1: реле 01 активизировано при условии, что в параметре *5-40 Function Relay* выбрано значение *Control word bit 11 = 36*.

**Бит 12, реле 02**

Бит 12 = 0: реле 02 не активизировано.

Бит 12 = 1: реле 02 активизировано при условии, что в параметре *5-40 Function Relay* выбрано значение *Control word bit 12=37*.

**Бит 13, выбор набора**

Бит 13 используется для выбора любого из 2 наборов параметров в соответствии с *Таблица 5.35*.

Набор параметров	Бит 13
1	0
2	1

Эта функция возможна только в том случае, если в параметре *0-10 Active Set-up* выбран вариант *Multi Set-Ups = 9*.

Значение параметра *8-55 Set-up Select* определяет, как бит 13 логически объединяется с соответствующей функцией на цифровых входах.

**Бит 15, реверс**

Бит 15 = 0: нет реверса.

Бит 15 = 1: реверс. При заводской настройке значение параметра *8-54 Reversing Select* устанавливает управление реверсом с помощью цифрового входа. Бит 15 вызывает реверс только в том случае, если выбран один из следующих вариантов: последовательная связь, логическое «ИЛИ» или логическое «И».

### 5.11.2 Слово состояния, соответствующее профилю FC (STW) (8-30 Protocol = Профиль FC)

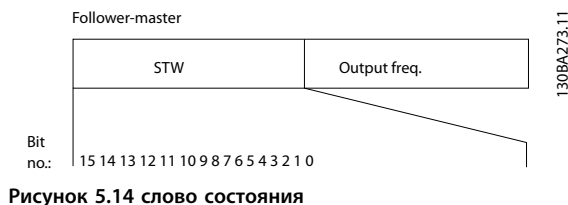


Рисунок 5.14 слово состояния

бит	Бит = 0	Бит = 1
00	Управление не готово	Готовн. к управлению
01	Привод не готов	Привод готов
02	Выбег	Разрешено
03	Нет ошибки	Отключение
04	Нет ошибки	Ошибка (нет отключения)
05	Зарезервировано	-
06	Нет ошибки	Отключение с блокировкой
07	Нет предупреждения	Предупреждение
08	Скорость вращения $\neq$ задание	Скорость вращения = задание
09	Местное управление	Управление по шине
10	Частота вне диапазона	Частота в заданных пределах
11	Не используется	В работе
12	Привод в норме	Останов, автоматический пуск
13	Напряжение в норме	Превышение напряжения
14	Крутящий момент в норме	Превышение крутящего момента
15	Таймер в норме	Превышение таймера

Таблица 5.35 Слово состояния, соответствующее профилю FC

#### Объяснение битов состояния

##### Бит 00, управление не готово/готово

Бит 00 = 0: преобразователь частоты отключается.  
Бит 00 = 1: система управления преобразователя частоты готова, но не гарантируется получение питания силовым блоком (при питании системы управления от внешнего источника 24 В).

##### Бит 01, привод готов

Бит 01 = 0: преобразователь частоты не готов к работе.  
Бит 01 = 1: преобразователь частоты готов к работе, но через цифровые входы или по последовательной связи подается команда останова выбегом.

##### Бит 02, останов выбегом

Бит 02 = 0: преобразователь частоты «отпускает» двигатель.

Бит 02 = 1: преобразователь частоты запускает двигатель командой пуска.

##### Бит 03, нет ошибки/отключение

Бит 03 = 0: преобразователь частоты не находится в состоянии отказа. Бит 03 = 1: преобразователь частоты отключается. Для восстановления работы нажмите [Reset] (Сброс).

##### Бит 04, нет ошибки/ошибка (без отключения)

Бит 04 = 0: преобразователь частоты не находится в состоянии отказа.

Бит 04 = 1: преобразователь частоты отображает ошибку, но не отключается.

##### Бит 05, не используется

В слове состояния бит 05 не используется.

##### Бит 06, нет ошибки / отключение с блокировкой

Бит 06 = 0: преобразователь частоты не находится в состоянии отказа. Бит 06 = 1: преобразователь частоты отключен и заблокирован.

##### Бит 07, нет предупреждения/предупреждение

Бит 07 = 0: предупреждений нет.

Бит 07 = 1: появилось предупреждение.

##### Бит 08, скорость $\neq$ задание/скорость = задание

Бит 08 = 0: двигатель работает, но текущая скорость отличается от предустановленного задания скорости. Такая ситуация возможна, например, когда происходит разгон/замедление при пуске/останове.

Бит 08 = 1: скорость двигателя соответствует предустановленному заданию скорости.

##### Бит 09, местное управление/управление по шине

Бит 09 = 0: нажата кнопка [Off/Reset] (Стоп/Сброс) на блоке управления или в параметре 3-13 Место задания выбрано *Local control*. Управлять преобразователем частоты через канал последовательной связи нельзя.

Бит 09 = 1 означает, что преобразователь частоты может управляться по периферийной шине или по последовательной связи.

##### Бит 10, предел частоты вне диапазона

Бит 10 = 0: выходная частота достигла значения, установленного в параметре 4-12 *Motor Speed Low Limit [Hz]* или 4-14 *Motor Speed High Limit [Hz]*.

Бит 10 = 1: выходная частота находится в заданных пределах.

#### Бит 11, не работает/работает

Бит 11 = 0: двигатель не работает.

Бит 11 = 1: во время выбега получен сигнал пуска или выходная частота превышает 0 Гц.

#### Бит 12, привод в норме/остановлен, автозапуск

Бит 12 = 0: временный перегрев инвертора отсутствует.

Бит 12 = 1: инвертор остановлен из-за перегрева, но блок не отключается и возобновляет работу, как только перегрев прекращается.

#### Бит 13, напряжение в норме/выход за предел

Бит 13 = 0: нет предупреждений о напряжении.

Бит 13 = 1: напряжение в промежуточной цепи постоянного тока преобразователя частоты слишком мало или слишком велико.

#### Бит 14, крутящий момент в норме/выход за предел

Бит 14 = 0: ток двигателя меньше, чем ток предельного момента, установленный в параметре 4-18 *Current Limit*.

Бит 14 = 1: превышен предел крутящего момента, установленного в 4-18 *Current Limit*.

#### Бит 15, таймер в норме/выход за предел

Бит 15 = 0: таймеры для тепловой защиты двигателя и тепловой защиты преобразователя частоты не перешли предел 100 %.

Бит 15 = 1: один из таймеров превысил предел 100 %.

### 5.11.3 Значение задания скорости передачи по шине

Значение задания скорости передается в преобразователь частоты как относительное значение в процентах. Значение пересылается в виде 16-битного слова; в целых числах (0–32767) значение 16384 (4000 в 16-ричном формате) соответствует 100 %.

Отрицательные числа форматируются с помощью двоичного дополнения. Текущая выходная частота (MAV) масштабируется таким же образом, как и задание по шине.

Master-follower

16bit	
CTW	Speed ref.

130BA276.11

Follower-master

STW	Actual output freq.
-----	---------------------

Рисунок 5.15 Текущая выходная частота (MAV)

Задание и MAV масштабируются следующим образом:

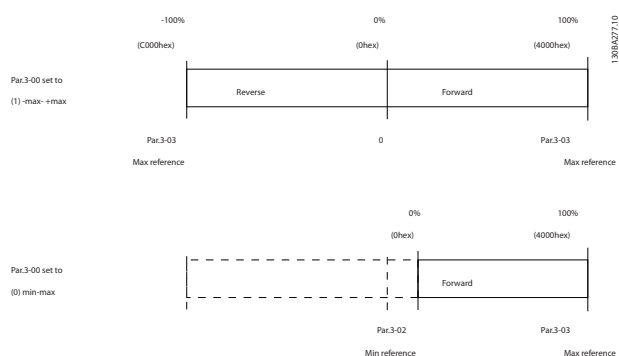


Рисунок 5.16 Задание и MAV

## 6 Примеры применения

### 6.1 Введение

Примеры, приведенные в данном разделе, носят справочный характер и описывают наиболее распространенные функции.

Параметры	
Функция	Настройка
1-29 Авто адаптация двигателя (ААД)	[1] Включ. полной ААД
5-12 Клемма 27, цифровой вход	[2]* Выбег, инверсный
* = Значение по умолчанию	
Примечания/комментарии.	
Группа параметров 1-2*	
Данные двигателя должны быть установлена в соответствии с двигателем	
<b>УВЕДОМЛЕНИЕ</b>	
Если клеммы 12 и 27 не подключены, установите для пар. 5-12 значение [0]	

Таблица 6.1 ААД с подсоединенной кл. 27

Параметры	
Функция	Настройка
6-10 Клемма 53, низкое напряжение	0,07 В*
6-11 Клемма 53, высокое напряжение	10 В*
6-14 Клемма 53, низкое зад./обр. связь	0
6-15 Клемма 53, высокое зад./обр. связь	1500
6-19 Terminal 53 mode	[1] Напряжение
* = Значение по умолчанию	
Примечания/комментарии.	

Таблица 6.2 Аналоговое задание скорости (напряжение)

Параметры	
Функция	Настройка
6-12 Клемма 53, малый ток	4 мА*
6-13 Клемма 53, большой ток	20 мА*
6-14 Клемма 53, низкое зад./обр. связь	0
6-15 Клемма 53, высокое зад./обр. связь	1500
6-19 Terminal 53 mode	[0] ток
* = Значение по умолчанию	
Примечания/комментарии.	

Таблица 6.3 Аналоговое задание скорости (ток)

		Параметры	
FC		Функция	Настройка
+24 V	12	5-10 Клемма 18, цифровой вход	[8] Пуск
D IN	18		
D IN	19		
COM	20		
D IN	27	5-11 Клемма 19, цифровой вход	[10] Реверс*
D IN	29		
D IN	32	5-12 Клемма 27, цифровой вход	[0] Не используется
D IN	33		
D IN	31	5-14 Клемма 32, цифровой вход	[16] Предуст. зад., бит 0
+10 V	50		
A IN	53		
A IN	54		
COM	55	5-15 Клемма 33, цифровой вход	[17] Предуст. зад., бит 1
A OUT	42		
A OUT	45		
		3-10 Предустановленное задание	25%
		Примечания/комментарии.	

Таблица 6.4 Пуск/останов с реверсом и 4 предустановленными скоростями

		Параметры	
FC		Функция	Настройка
+24 V	12	5-11 Клемма 19, цифровой вход	[1] Сброс
D IN	18		
D IN	19		
COM	20		
D IN	27	* = Значение по умолчанию	Примечания/комментарии.
D IN	29		
D IN	32		
D IN	33		
D IN	31		
+10 V	50		
A IN	53		
A IN	54		
COM	55		
A OUT	42		
A OUT	45		

Таблица 6.5 Внешний сброс аварийной сигнализации

		Параметры	
FC		Функция	Настройка
+24 V	12	6-10 Клемма 53, низкое напряжение	0,07 В*
D IN	18		
D IN	19		
COM	20		
D IN	27	6-11 Клемма 53, высокое напряжение	10 В*
D IN	29		
D IN	32	6-14 Клемма 53, низкое зад./обр. связь	0
D IN	33		
D IN	31	6-15 Клемма 53, высокое зад./ обр. связь	1500
+10 V	50		
A IN	53		
A IN	54		
COM	55	6-19 Terminal 53 mode	[1] напряжение
A OUT	42	* = Значение по умолчанию	
A OUT	45	Примечания/комментарии.	

1308В068.11

<

Таблица 6.6 Задание скорости (с помощью ручного потенциометра)

		Параметры	
FC		Функция	Настройка
+24 V	12	4-30 Функция при потере ОС двигателя	[1] Предупреждение
D IN	18	4-31 Ошибка скорости ОС двигателя	100
D IN	19	4-32 Тайм-аут при потере ОС двигателя	5 с
COM	20	7-00 Ист.сигн.О С ПИД-рег.скор.	[2] MCB 102
D IN	27	17-11 Разрешение (позиции/об)	1024*
D IN	29	13-00 Режим контроллера SL	[1] Включена
D IN	32	13-01 Событие запуска	[19] Предупреждение
D IN	33	13-02 Событие останова	[44] Кнопка сброса
D IN	31	13-10 Операнд сравнения	[21] № предупреждения
+10 V	50	13-11 Оператор сравнения	[1] ≈*
A IN	53	13-12 Результат сравнения	90
A IN	54	13-51 Событие контроллера SL	[22] Компаратор 0
COM	55	13-52 Действие контроллера SL	[32] Ус.н.ур.на цфв.вых.А
A OUT	42	5-40 Реле функций	[80] Цифр. выход SL A
A OUT	45	* = Значение по умолчанию	

		Параметры
		<p><b>Примечания/комментарии.</b></p> <p>Предупреждение 90 выдается при превышении предела на мониторе ОС. ПЛК контролирует Предупреждение 90, и если Предупреждение 90 становится истинным (TRUE), активируется реле 1. Внешнее оборудование может указывать на необходимость обслуживания. Если ошибка обратной связи опускается ниже предела снова в течение 5 секунд, преобразователь частоты продолжает работу и предупреждение исчезает. Однако реле 1 продолжает срабатывать до нажатия [Off/Reset] (Выкл./сброс).</p>

Таблица 6.7 Использование SLC для настройки реле

		Параметры	
FC		Функция	Настройка
+24 V	12	5-10 Клемма 18, цифровой вход	[8] Пуск*
D IN	18	5-12 Клемма 27, цифровой вход	[19] Зафиксиров. задание
D IN	19		
COM	20		
D IN	27		
D IN	29	5-13 Клемма 29, цифровой вход	[21] Увеличение скорости
D IN	32		
D IN	33	5-14 Клемма 32, цифровой вход	[22] Снижение скорости
D IN	31		
+10 V	50	* = Значение по умолчанию	
A IN	53	Примечания/комментарии.	
A IN	54		
COM	55		
A OUT	42		
A OUT	45		

Таблица 6.8 Увеличение/снижение скорости

		Параметры	
FC		Функция	Настройка
+24 V	12	1-90 Тепловая защита двигателя	[2] Откл. по термистору
D IN	18		
D IN	19		
COM	20	1-93 Источник термистора	[1] Аналоговый вход 53
D IN	27		
D IN	29		
D IN	32	6-19 Terminal 53 mode6-19	[1]
D IN	33	Terminal 53 Mode	Напряжение
D IN	31		
+10 V	50	* = Значение по умолчанию	
A IN	53	Примечания/комментарии.	
A IN	54		
COM	55		
A OUT	42		
A OUT	45		

Таблица 6.9 Термистор двигателя

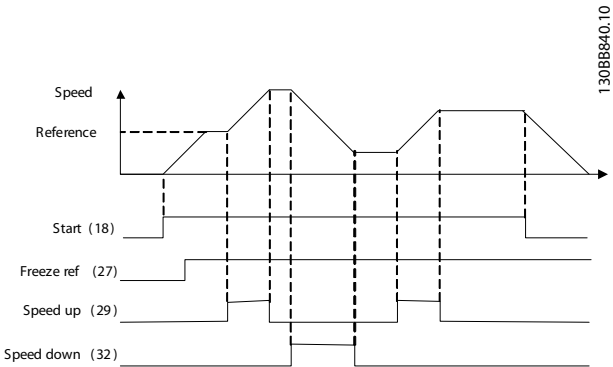


Рисунок 6.1 Увеличение/снижение скорости

Иллюстрация к Таблица 6.8

# ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

В термисторах следует использовать усиленную/двойную изоляцию в соответствии с требованиями к изоляции PELV.

### 6.1.1 Подключение энкодера

Цель данного руководства состоит в упрощении настройки при подключении энкодера к преобразователю частоты. Перед настройкой энкодера отображаются базовые установки для системы регулирования скорости с обратной связью.

#### Подключение энкодера к преобразователю частоты

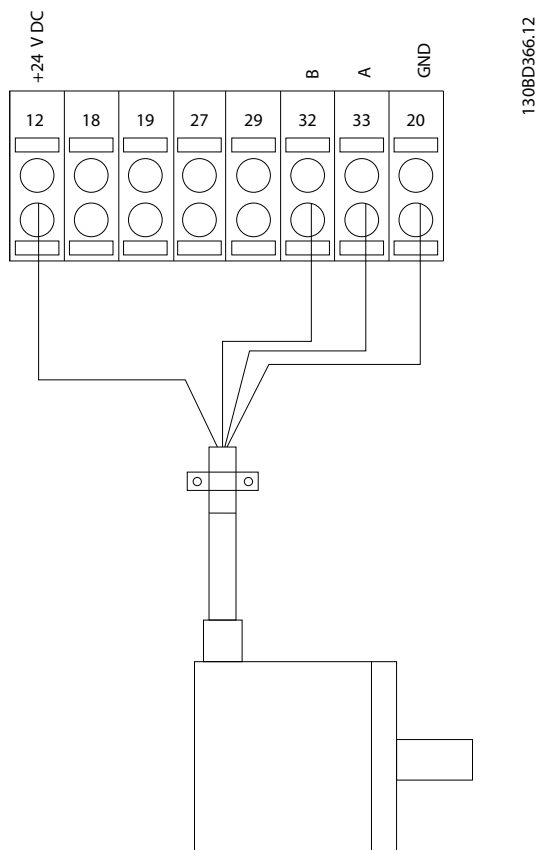


Рисунок 6.2 Энкодер 24 В или 10–30 В

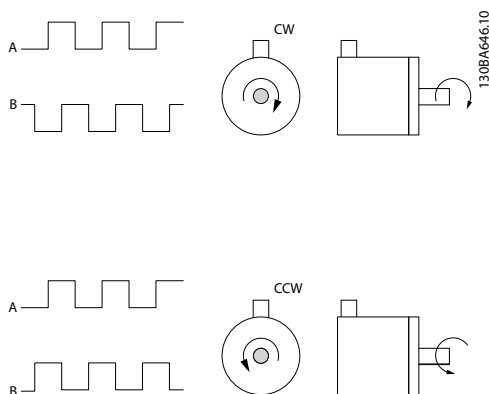


Рисунок 6.3 Инкрементальный энкодер 24 В. Макс. длина кабеля — 5 м.

### 6.1.2 Направл. энкод

Направление энкодера определяется порядком импульсов, поступающих на преобразователь частоты. Направление CW (Clockwise, по часовой стрелке) означает, что канал A опережает канал B на 90 электрических градусов. Направление CCW (Counter Clockwise, против часовой стрелки) означает, что канал B опережает канал A на 90 электрических градусов. Направление вращения определяется глядя со стороны торца вала.

### 6.1.3 Приводная система с обратной связью

Приводная система, как правило, содержит еще несколько элементов - таких, как:

- двигатель
- Добавить (Редуктор) (Механический тормоз)
- Преобразователь частоты
- Энкодер для системы обратной связи
- Тормозной резистор для динамического торможения
- Передача
- Нагрузка

Для приложений, требующих управления механическим тормозом, обычно необходим тормозной резистор.

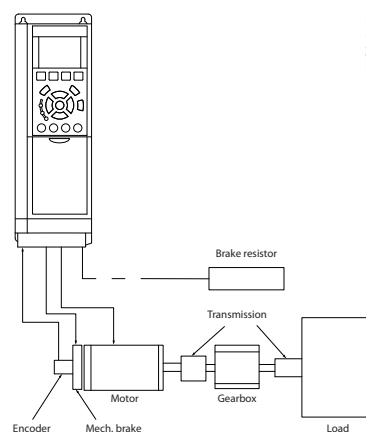


Рисунок 6.4 Базовая настройка замкнутого контура управления скоростью



## Алфавитный указатель

### F

FC с Modbus RTU..... 70

### I

IEC 61800-3..... 18, 62

### L

LCP..... 6, 8, 24

### M

Modbus RTU..... 76

### P

PELV..... 60, 93

PELV, защитное сверхнизкое напряжение..... 44

### R

RCD..... 8, 18

RS-485..... 68

### V

VVCplus..... 9, 23

### A

ААД с подсоединенной кл. 27..... 90

Агрессивная окружающая среда..... 13

Акустический шум..... 64

Аналоговый вход..... 7, 59

Аналоговый выход..... 60

### B

Вибрационные и ударные воздействия..... 13

Влажность воздуха..... 13

Внутреннее регулирование тока, режим VVCplus..... 24

Время нарастания..... 65

Входное питание..... 17

Входные сигналы..... 21

Выбег..... 86

Выход реле..... 61

Выходной ток..... 60

### D

Директива о машинном оборудовании (2006/42/EC)..... 11

Директива о низковольтном оборудовании (2006/95/EC)  
..... 11

Директива по ЭМС (2004/108/EC)..... 11

Директива по ЭМС 2004/108/EC..... 12

Длина кабеля управления..... 58

Длина телеграммы (LGE)..... 71

Дополнительное оборудование..... 19

### Z

Задание скорости..... 90

Заземление..... 17, 18, 19

Заземленная дельта..... 18

Защита..... 13, 44

Защита двигателя..... 17, 62

Защита и функции..... 62

Защита от излучений в соответствии с требованиями  
ЭМС, основные аспекты..... 41

Защита от перегрузки..... 17

Защита параллельных цепей..... 63

Зона нечувствительности..... 29

Зона нечувствительности около нуля..... 29

### I

Излучение..... 42

Изолированные сети питания..... 18

Импульсный вход..... 60

Индекс (IND)..... 74

Индукционное напряжение..... 17

Исключительные коды Modbus..... 81

### K

Кабели двигателей..... 17, 18

Кабели управления..... 21

Код функции..... 81

Командное слово..... 86

Коммутация на выходе..... 49

Кондуктивное излучение..... 42

Контуры заземления..... 21

Конфигуратор..... 52

Конфигуратор привода..... 52

Конфигурация сети..... 77

Короткое замыкание (фаза двигателя — фаза)..... 49

Коэффициент мощности..... 18

КПД..... 64

Краткое описание Modbus RTU..... 76

### M

Масштабирование, задания и сигналы ОС на аналоговом  
и импульсном входах..... 28

Масштабирование, предустановленные задания и задания для шины.....	27
Меры по обеспечению ЭМС.....	69
Меры предосторожности.....	9
Местное (Hand On) и дистанционное (Auto On) управление.....	24
Механический удерживающий тормоз.....	46
Момент инерции.....	49
Момент опрокидывания.....	7
Монтаж и настройка RS-485.....	68
Мощность двигателя.....	58
Мощность торможения.....	7, 48

## Н

Напряжение двигателя.....	65
Напряжение питания.....	60
Настройка аппаратного обеспечения.....	69
Настройка преобразователя частоты.....	70
Несколько преобразователей частоты.....	17, 18
Номер параметра (PNU).....	73
Номинальная скорость вращения вала двигателя.....	6

## О

Общие сведения о протоколе.....	70
Окружающие условия.....	62
Особое условие.....	66
Останов выбегом.....	6, 88

## П

Перенапряжение, создаваемое двигателем в генераторном режиме.....	49
ПИД-регулятор процесса.....	35
ПИД-регулятор скорости.....	22, 23, 32
Питание двигателя.....	17
Питание от сети.....	8
Питание от сети (L1, L2, L3).....	58
Питание от сети 3 х 380–480 В перем. тока.....	55
Плавающая дельта.....	18
Плата управления, выход 24 В пост.тока.....	60
Плата управления, последовательная связь через интерфейс RS-485.....	60
Подключение заземления.....	17
Подключение сети.....	69
Подключение электропитания.....	17
Поперечное сечение.....	58
Последовательная связь.....	7, 21
Предел задания.....	26

Предохранитель.....	63
Провод заземления.....	17, 18
Провода двигателя.....	17, 18
Провода элементов управления.....	17
Проводка подключения элементов управления.....	17
Программирование клемм управления.....	21
Промежуточная цепь.....	49, 64, 65
Пропадание напряжения.....	50
Профиль FC.....	86

## Р

Рабочие характеристики платы управления.....	62
Размеры проводов.....	17
Разомкнутый контур.....	61
Регулирование крутящего момента.....	22
Результат испытаний ЭМС.....	42

## С

Сброс.....	62
Связь по протоколу Modbus.....	69
Скорость синхронного двигателя.....	6
Слово состояния.....	88
Снижение номинальных характеристик.....	62
Сокращения.....	0
Соответствие требованиям CE и маркировка CE.....	11
Статическая перегрузка в режиме VVCplus.....	50
Сфера действия, описание.....	11

## Т

Тепловая защита двигателя.....	50, 89
Термистор.....	93
Термистора.....	9
Типы данных, поддерживаемые преобразователем частоты.....	74
Ток утечки.....	44
Ток утечки (> 3,5 мА).....	18
Ток утечки на землю.....	44
Торможение постоянным током.....	86
Тормозного резистора.....	46
Тормозные резисторы.....	53
Требования к помехоустойчивости.....	43

## У

Увеличение/уменьшение задания.....	26
Указания по утилизации.....	11
Уровень напряжения.....	59

## Ф

Фазы двигателя.....	49
Фиксация выходной частоты.....	6, 86
Фиксация задания.....	26
Фиксация частоты.....	6, 87
Фильтр ВЧ-помех.....	18
Функция отключения.....	17
Функция торможения.....	48

## Х

Характеристика крутящего момента.....	58
Характеристики управления.....	61

## Ц

Цифровой вход.....	59
Цифровой выход.....	60

## Ч

Чтение регистров временного хранения (03 16-ричн.)....	84
--	----

## Ш

Шумоизоляция.....	17
-------------------	----

## Э

Экранированные кабели управления.....	21
Экранированный кабель.....	17
Экстремальные рабочие условия.....	49
Электрические помехи.....	17
ЭМС.....	62



[www.danfoss.com/drives](http://www.danfoss.com/drives)

.....  
Компания «Данфос» не несет ответственности за возможные опечатки в каталогах, брошюрах и других видах печатных материалов. Компания «Данфос» оставляет за собой право на изменение своих продуктов без предварительного извещения. Это относится также к уже заказанным продуктам при условии, что такие изменения не влекут последующих корректировок уже согласованных спецификаций. Все товарные знаки в этом материале являются собственностью соответствующих компаний. «Данфос» и логотип «Данфос» являются товарными знаками компании «Данфосс А/О». Все права защищены.  
.....

Danfoss A/S  
Ulsnaes 1  
DK-6300 Graasten  
[www.danfoss.com/drives](http://www.danfoss.com/drives)

