



# Руководство по проектированию VLT<sup>®</sup> AutomationDrive FC 302

315–710 кВт, размер корпуса E





## Оглавление

<b>1 Введение</b>	4
1.1 Цель «Руководства по проектированию»	4
1.2 Дополнительные ресурсы	4
1.3 Версия документа и программного обеспечения	4
1.4 Условные обозначения	4
<b>2 Техника безопасности</b>	5
2.1 Символы безопасности	5
2.2 Квалифицированный персонал	5
2.3 Меры предосторожности	5
<b>3 Разрешения и сертификаты</b>	7
3.1 Соответствие нормам и стандартам	7
3.2 Классы защиты корпусов	10
<b>4 Описание изделия</b>	12
4.1 Типоразмер корпуса по номинальной мощности	12
4.2 Обзор корпусов, 380–500 В	13
4.3 Обзор корпусов, 525–690 В	14
<b>5 Особенности изделия</b>	15
5.1 Автоматические рабочие функции	15
5.2 Функции для пользовательских применений	18
5.3 Описание динамического торможения	23
5.4 Описание механического удерживающего тормоза	25
5.5 Описание разделения нагрузки	28
5.6 Описание функции рекуперации	30
5.7 Обзор охлаждения в тыльном канале	30
<b>6 Дополнительные устройства и принадлежности</b>	32
6.1 Устройства периферийной шины	32
6.2 Расширения функциональных возможностей	34
6.3 Платы управления перемещением и релейные платы	35
6.4 Тормозные резисторы	36
6.5 Синусоидные фильтры	37
6.6 Фильтры dU/dt	37
6.7 Фильтры синфазных помех	37
6.8 Фильтры гармоник	37
6.9 Комплекты большой мощности	37
<b>7 Технические характеристики</b>	38

7.1 Электрические характеристики, 380–500 В	38
7.2 Электрические характеристики, 525–690 В	40
7.3 Питание от сети	42
7.4 Выходная мощность и другие характеристики двигателя	42
7.5 Условия окружающей среды	43
7.6 Технические характеристики кабелей	43
7.7 Вход/выход и характеристики цепи управления	43
<b>8 Внешние размеры и размеры клемм</b>	<b>47</b>
8.1 Внешние размеры и размеры клемм корпуса E1h	47
8.2 Внешние размеры и размеры клемм корпуса E2h	53
8.3 Внешние размеры и размеры клемм корпуса E3	59
8.4 Внешние размеры и размеры клемм корпуса E4h	66
<b>9 Вопросы механического монтажа</b>	<b>73</b>
9.1 Хранение	73
9.2 Поднятие устройства	73
9.3 Рабочая среда	73
9.4 Конфигурации монтажа	75
9.5 Охлаждение	75
9.6 Снижение номинальных характеристик	76
<b>10 Вопросы электрического монтажа</b>	<b>80</b>
10.1 Инструкции по технике безопасности	80
10.2 Схема подключений	81
10.3 Подключения	82
10.4 Проводка и клеммы элементов управления	83
10.5 Предохранители и автоматические выключатели	86
10.6 Двигатель	87
10.7 Торможение	90
10.8 Датчики остаточного тока (RCD) и контроль сопротивления изоляции (IRM)	93
10.9 Ток утечки	93
10.10 Сеть IT	94
10.11 КПД	95
10.12 Акустический шум	95
10.13 Условия du/dt	96
10.14 Обзор требований электромагнитной совместимости (ЭМС)	99
10.15 Монтаж с учетом требований ЭМС	103
10.16 Общие сведения о гармониках	106
<b>11 Основные принципы работы преобразователя частоты</b>	<b>110</b>
11.1 Описание работы	110

11.2 Средства управления преобразователем частоты	110
<b>12 Примеры применения</b>	<b>120</b>
12.1 Программирование системы преобразователя частоты с замкнутым контуром	120
12.2 Конфигурации проводки для автоматической адаптации двигателя (ААД)	120
12.3 Конфигурация проводки для аналогового задания скорости	121
12.4 Конфигурация проводки для пуска/останова	121
12.5 Конфигурация проводки для внешнего сброса аварийной сигнализации	123
12.6 Конфигурация проводки для задания скорости с помощью ручного потенциометра	123
12.7 Конфигурация проводки для повышения/понижения скорости	123
12.8 Конфигурация проводки для подключения сети RS485	124
12.9 Конфигурация проводки для термистора двигателя	124
12.10 Конфигурация проводки для настройки реле с помощью интеллектуального логического управления	125
12.11 Конфигурация проводки для управления механическим тормозом	125
12.12 Конфигурирование энкодера	126
12.13 Конфигурация проводки для крутящего момента и предела останова	126
<b>13 Заказ преобразователя частоты</b>	<b>128</b>
13.1 Конфигуратор преобразователя частоты	128
13.2 Номера для заказа дополнительных устройств и принадлежностей	131
13.3 Номера для заказа фильтров и тормозных резисторов	133
13.4 Запасные части	133
<b>14 Приложение</b>	<b>134</b>
14.1 Сокращения и символы	134
14.2 Определения	135
<b>Алфавитный указатель</b>	<b>137</b>

## 1 Введение

### 1.1 Цель «Руководства по проектированию»

Это руководство по проектированию предназначено для:

- инженеров-проектировщиков и системных инженеров;
- консультантов по проектированию;
- специалистов по применениям и продуктам.

Это руководство по проектированию содержит техническую информацию, необходимую для понимания возможностей преобразователя частоты при интегрировании в системы управления и мониторинга двигателей.

VLT® является зарегистрированным товарным знаком.

### 1.2 Дополнительные ресурсы

Существует дополнительная информация о расширенных режимах работы преобразователя частоты, его программировании и соответствии директивам.

- *Руководство по эксплуатации* содержит подробную информацию о монтаже преобразователя частоты и подготовке его к эксплуатации.
- *Руководство по программированию* содержит более подробное описание работы с параметрами и множество примеров применения.
- В *Руководстве по эксплуатации VLT® Safe Torque Off* описан порядок эксплуатации преобразователей частоты Danfoss в применениях, требующих обеспечения функциональной безопасности. Это руководство поставляется с преобразователем частоты, если функция Safe Torque Off присутствует.
- В *Руководстве по проектированию VLT® Brake Resistor* описано, как выбрать подходящий тормозной резистор для конкретного применения.
- В зависимости от подключенного дополнительного оборудования некоторая информация в этих публикациях может меняться. Рекомендуется прочитать инструкции, прилагаемые к дополнительному

оборудованию, для ознакомления с особыми требованиями.

Дополнительные публикации и руководства можно запросить в компании Danfoss. Их перечень см. по адресу [drives.danfoss.com/knowledge-center/technical-documentation/](http://drives.danfoss.com/knowledge-center/technical-documentation/).

### 1.3 Версия документа и программного обеспечения

Это руководство регулярно пересматривается и обновляется. Все предложения по его улучшению будут приняты и рассмотрены. В *Таблица 1.1* указаны версия документа и соответствующая версия ПО.

Редакция	Комментарии	Версия ПО
MG38C1xx	Первый выпуск	7.51

Таблица 1.1 Версия документа и программного обеспечения

### 1.4 Условные обозначения

- Нумерованные списки обозначают процедуры.
- Маркированные списки указывают на другую информацию и описания иллюстраций.
- Текст, выделенный курсивом, обозначает:
  - перекрестную ссылку;
  - веб-ссылку;
  - сноску.
  - название параметра, группы параметров, значение параметра.
- Все размеры на чертежах даны в мм (дюймах).
- Звездочка (\*) указывает значение по умолчанию для параметра.

## 2 Техника безопасности

### 2.1 Символы безопасности

В этом руководстве 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.

### 2.2 Квалифицированный персонал

Монтаж и эксплуатация этого оборудования должны выполняться только квалифицированным персоналом.

Квалифицированный персонал определяется как обученный персонал, уполномоченный проводить монтаж, ввод в эксплуатацию и техническое обслуживание оборудования, систем и цепей в соответствии с применимыми законами и правилами. Кроме того, персонал должен хорошо знать инструкции и правила безопасности, описанные в этом руководстве.

### 2.3 Меры предосторожности

#### **▲ВНИМАНИЕ!**

##### **ВЫСОКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ!**

Преобразователи частоты, подключенные к сети переменного тока, источнику постоянного тока, цепи разделения нагрузки или двигателям с постоянными магнитами, находятся под высоким напряжением. Установка, пусконаладка и обслуживание преобразователя частоты должны выполняться только квалифицированным персоналом; несоблюдение этого требования может привести к летальному исходу или получению серьезных травм.

- Монтаж, пусконаладка и техническое обслуживание должны выполняться только квалифицированным персоналом.

#### **▲ВНИМАНИЕ!**

##### **ВРЕМЯ РАЗРЯДКИ**

В цепи постоянного тока преобразователя частоты установлены конденсаторы, которые остаются заряженными даже после отключения питания. Высокое напряжение может присутствовать даже в том случае, если светодиоды предупреждений погасли. Несоблюдение 40-минутного периода ожидания после отключения питания перед началом обслуживания или ремонта может привести к летальному исходу или серьезным травмам.

1. Остановите двигатель.
2. Отсоедините сеть переменного тока и дистанционно расположенные источники питания цепи постоянного тока, в том числе резервные аккумуляторы, ИБП и подключения к цепи постоянного тока других преобразователей частоты.
3. Отсоедините или заблокируйте двигатель.
4. Подождите 40 минут до полной разрядки конденсаторов.
5. Перед выполнением любых работ по обслуживанию или ремонту удостоверьтесь с помощью устройства для измерения напряжения, что конденсаторы полностью разряжены.

**⚠ВНИМАНИЕ!****ОПАСНОСТЬ ТОКА УТЕЧКИ**

Токи утечки превышают 3,5 мА. Неправильно выполненное заземление преобразователя частоты может привести к летальному исходу или серьезным травмам.

- Правильное заземление оборудования должно быть устроено сертифицированным специалистом-электромонтажником.

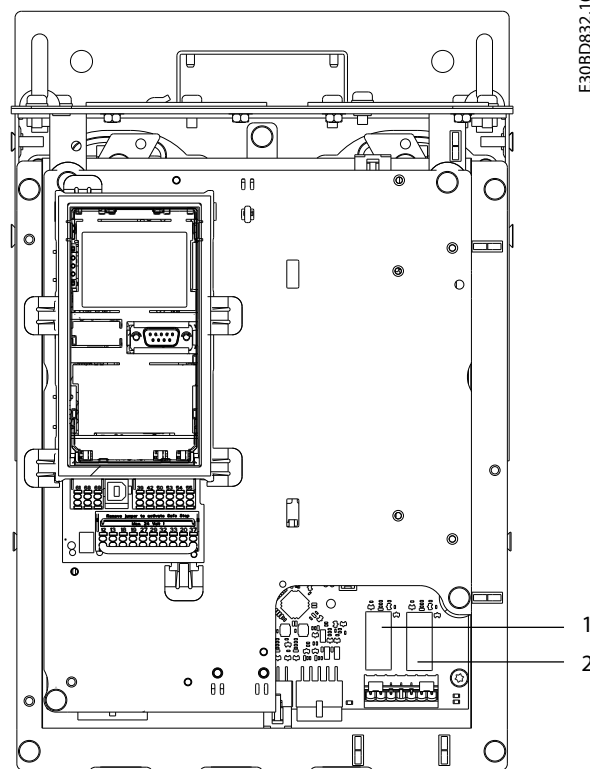
**УВЕДОМЛЕНИЕ****ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ СРЕДСТВО ЭКРАНИРОВАНИЯ ПОДКЛЮЧЕНИЙ СЕТЕВОГО ПИТАНИЯ**

Для корпусов со степенью защиты IP21/IP 54 (Тип 1/ Тип 12) доступно дополнительное средство экранирования сети питания. В качестве экрана используется крышка, устанавливаемая внутри корпуса для обеспечения защиты от случайного прикосновения к силовым клеммам, в соответствии с требованиями стандартов BGV A2, VBG 4.

**2.3.1 Монтаж с учетом требований ADN**

Для предотвращения искрообразования в соответствии с Европейским соглашением о международной перевозке опасных грузов по водным путям (ADN) в отношении преобразователей частоты с защитой IP00 (шасси), IP20 (шасси), IP21 (Тип 1) или IP54 (Тип 12) должны быть предприняты соответствующие меры предосторожности.

- Не устанавливайте сетевой выключатель.
- Установите для параметра *параметр 14-50 Фильтр ВЧ-помех* значение [1] *Включена*
- Удалите все заглушки реле с надписью *RELAY (РЕЛЕ)*. См. Рисунок 2.1.
- Проверьте, какие установлены дополнительные релейные устройства (если есть). Единственное дополнительное релейное устройство, которое допускается использовать, — это плата расширения релейных выходов VLT® Extended Relay Card MCB 113.



E30BD832.10

1, 2	Заглушки реле
------	---------------

Рисунок 2.1 Расположение заглушек реле



## 3 Разрешения и сертификаты

В этом разделе приведено краткое описание различных разрешений и сертификатов, относящихся к преобразователям частоты Danfoss. Не все разрешения относятся ко всем преобразователям частоты.

### 3.1 Соответствие нормам и стандартам

#### **УВЕДОМЛЕНИЕ**

#### **НАЛАГАЕМЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ ВЫХОДНОЙ ЧАСТОТЫ**

Начиная с версии ПО 6.72, выходная частота преобразователя частоты ограничена уровнем 590 Гц в соответствии с экспортными правилами. Программное обеспечение версий бх.хх также ограничивает максимальную выходную частоту значением 590 Гц. Эти версии нельзя «перепрошить», то есть нельзя перейти на более низкую или более высокую версию ПО.

#### 3.1.1.1 Маркировка CE

Маркировка CE (Communauté Européenne) указывает, что производитель продукта выполнил все применимые директивы ЕС. Директивы ЕС, применимые к конструкции и изготовлению преобразователей частоты, перечислены в *Таблица 3.1*.

#### **УВЕДОМЛЕНИЕ**

Маркировка CE не определяет качество изделия. По маркировке CE нельзя определить технические характеристики.

Директива EU	Версия
Директива по низковольтному оборудованию	2014/35/EU
Директива по электромагнитной совместимости	2014/30/EU
Директива о машинном оборудовании <sup>1)</sup>	2014/32/EU
Директива ErP	2009/125/EC
Директива ATEX	2014/34/EU
Директива RoHS	2002/95/EC

Таблица 3.1 Директивы ЕС, применимые к преобразователям частоты

1) Соответствие требованиям директивы о машинном оборудовании требуется только для преобразователей частоты с интегрированными функциями безопасности.

#### **УВЕДОМЛЕНИЕ**

Преобразователи частоты с интегрированной функцией безопасности, такой как Safe Torque Off (STO), должны отвечать требованиям директивы о машинном оборудовании.

Декларации соответствия доступны по запросу.

#### **Директива по низковольтному оборудованию**

В соответствии с директивой по низковольтному оборудованию, вступившей в действие с 1 января 2014 г., преобразователи частоты должны иметь маркировку знаком CE. Директива по низковольтному оборудованию относится ко всему электрическому оборудованию, в котором используются напряжения в диапазонах 50–1 000 В перем. тока или 75–1 500 В пост. тока.

Цель директивы — обеспечить безопасность людей и исключить повреждение имущества при работе электрооборудования при условии, что оборудование правильно установлено и обслуживается, а также эксплуатируется согласно своему целевому назначению.

#### **Директива по электромагнитной совместимости**

Цель директивы по электромагнитной совместимости (ЭМС) — уменьшить электромагнитные помехи и улучшить устойчивость электрооборудования и установок к таким помехам. Базовое требование по защите из директивы по электромагнитной совместимости состоит в том, что устройства, которые создают электромагнитные помехи (ЭМП) или на работу которых могут влиять ЭМП, должны конструироваться таким образом, чтобы ограничить создаваемые электромагнитные помехи. Устройства должны иметь приемлемый уровень устойчивости к ЭМП при условии правильной установки и обслуживания, а также использования по назначению.

На устройствах, используемых по отдельности или в составе системы, должна быть маркировка CE. Системы не обязательно должны иметь маркировку CE, однако должны соответствовать основным требованиям по защите, изложенным в директиве по ЭМС.

#### **Директива о машинном оборудовании**

Цель директивы о машинном оборудовании — обеспечить безопасность людей и исключить повреждение имущества при использовании механического оборудования согласно его целевому назначению. Директива о машинном оборудовании относится к машинам, состоящим из набора соединенных между собой компонентов или устройств, как минимум одно из которых способно физически двигаться.

Преобразователи частоты с интегрированными функциями безопасности должны отвечать требованиям директивы о машинном оборудовании.

Преобразователи частоты без функции безопасности не подпадают под действие этой директивы. Если преобразователь частоты входит состав системы механизмов, Danfoss может предоставить информацию по вопросам безопасности, связанным с преобразователем частоты.

В случае использования преобразователей частоты в машинах, в которых имеется хотя бы одна движущаяся часть, изготовитель машины должен представить декларацию, подтверждающую соответствие всем уместным законодательным нормам и мерам предосторожности.

### 3.1.1.2 Директива ErP

Директива ErP — это европейская директива по экологичному дизайну для связанных с энергией изделий, в том числе преобразователей частоты. Цель директивы — повысить энергоэффективность и степень защиты окружающей среды, в то же время увеличивая безопасность источников питания. Влияние на окружающую среду связанных с энергией изделий включает потребление энергии в течение всего жизненного цикла изделия.

### 3.1.1.3 Листинг UL

Маркировка Underwriters Laboratory (UL) удостоверяет, на основе стандартизированных испытаний, безопасность продуктов и выполнение экологических требований. Преобразователи частоты, рассчитанные на напряжение T7 (525–690 В), сертифицируются на соответствие UL только в диапазоне напряжений 525–600 В. Преобразователь частоты удовлетворяет требованиям UL 61800-5-1, касающимся тепловой памяти. Подробнее см. *глава 10.6.2 Тепловая защита двигателя*.

### 3.1.1.4 CSA/cUL

Разрешение CSA/cUL относится к преобразователям частоты с номинальным напряжением 600 В и ниже. Этот стандарт гарантирует соответствие оборудования стандартам UL в отношении электрической и тепловой безопасности при условии установки преобразователя частоты в соответствии с прилагаемой инструкцией по эксплуатации/монтажу. Этот знак указывает на то, что продукт соответствует всем необходимым техническим требованиям и прошел все необходимые испытания. Сертификат соответствия предоставляется по запросу.

### 3.1.1.5 EAC

Знак EAC (EurAsian Conformity, Евразийское соответствие) указывает на то, что продукт соответствует всем требованиям и техническим нормам, применимым к продукту в рамках Таможенного союза ЕвразЭС (в который входят государства-члены ЕвразЭС).

Логотип EAC должен наноситься как на шильдик продукта, так и на упаковку. Все продукты, используемые в зоне EAC, должны быть куплены у компании Danfoss внутри зоны действия EAC.

### 3.1.1.6 UKrSEPRO

Сертификат UKrSEPRO обеспечивает качество и безопасность продуктов и услуг, а также к стабильность производства в соответствии с украинскими нормами и стандартами. Сертификат UkrSEpro является обязательным документом для таможенной очистки любых продуктов, поступающих на территорию Украины и выпускаемых за ее пределы.

### 3.1.1.7 TUV

TUV SUD — это европейская организация обеспечения безопасности, которая подтверждает функциональную безопасность преобразователя частоты в соответствии с EN/IEC 61800-5-2. TUV SUD тестирует продукты и контролирует их производство, обеспечивая соблюдение компаниями своих правил.

### 3.1.1.8 RCM

Знак RCM (Regulatory Compliance Mark, знак соответствия нормативным требованиям) указывает на соответствие телекоммуникационного оборудования и оборудования ЭМС/радиосвязи требованиям уведомления о маркировке ЭМС, предъявляемым Управлением по связи и средствам массовой информации Австралии. В настоящее время знак RCM является единым обозначением, охватывающим требования к маркировке знаками A-Tick и C-Tick. Соответствие RCM требуется для размещения электрических и электронных устройств на рынке Австралии и Новой Зеландии.

### 3.1.1.9 Морское оборудование

Для получения лицензии регулятора и страховок оборудование для применения на море — используемое на судах и нефтегазодобывающих платформах — должно быть сертифицировано одним или несколькими морскими классификационными обществами. Преобразователи частоты Danfoss VLT® AutomationDrive могут иметь сертификаты от 12 различных морских классификационных обществ.

Для просмотра и распечатки разрешений и сертификатов на морское применение посетите раздел грузовок на сайте <http://drives.danfoss.com/industries/marine-and-offshore/marine-type-approvals/#/>.

### 3.1.2 Правила экспортного контроля

Преобразователи частоты могут подлежать действию региональных и/или национальных норм экспортного контроля.

Номер ECCN используется для обозначения преобразователей частоты, подлежащих действию правил экспортного контроля.

Номер ECCN указывается в сопроводительной документации преобразователя частоты.

В случае реэкспорта соответствие действующим правилам экспортного контроля обеспечивается экспортером.

## 3.2 Классы защиты корпусов

Преобразователи частоты серии VLT® доступны в различных типах корпусов, что позволяет лучше соответствовать требованиям различных применений. Сведения о защите корпусов здесь представлены на основе двух международных стандартов:

- Тип UL — означает, что корпус соответствует стандартам NEMA ((National Electrical Manufacturers Association, Национальная ассоциация производителей электрооборудования). Требования к конструкциям и тестированию корпусов имеются в публикациях NEMA Standards Publication 250-2003 и UL 50, Eleventh Edition.
- Степени защиты IP (Ingress Protection, защита от проникновения) — определены Международной электротехнической комиссией (IEC) для стран кроме США.

Стандартные преобразователи частоты Danfoss VLT® доступны в различных типах корпусов, соответствующих требованиям степени защиты IP00 (шасси), IP20 (защищенное шасси), IP21 (UL тип 1) и IP54 (UL тип 12). В этом руководстве тип UL обозначается словом «тип», например: IP21/тип 1.

### Стандарт типа UL

Тип 1 — конструкция корпусов позволяет использовать их внутри помещений и обеспечивает защиту персонала от случайного контакта с закрытым оборудованием, а также защиту от попадания грязи.

Тип 12 — корпуса общего назначения, предназначенные для использования внутри помещений и обеспечивающие защиту закрытого оборудования от следующих загрязнений:

- волокна.
- ворс.
- пыль и грязь.
- водяные брызги.
- капельное просачивание.
- стекание каплями и внешняя конденсация коррозионно-неактивных жидкостей.

Корпуса не должны иметь сквозных отверстий, легкоъемных стенок или отверстий для соединения с кабелепроводами, за исключением отверстий, оснащенных маслостойкой прокладкой для монтажа маслонепроницаемых или пыленепроницаемых механизмов. Дверцы также снабжены маслостойкими прокладками. Кроме того, корпуса для сочетаний контроллеров имеют навесные дверцы, которые открываются вокруг вертикальной оси и только с помощью специальных инструментов.

### Стандарт IP

В Таблица 3.2 представлены данные о сопоставлении двух стандартов. В Таблица 3.3 показаны значения цифровых кодов IP и даны определения уровней защиты. Преобразователи частоты соответствуют требованиям обоих стандартов.

NEMA и UL	IP
Шасси	IP00
Защищенное шасси	IP20
Тип 1	IP21
Тип 12	IP54

Таблица 3.2 Соответствие степеней защиты NEMA и IP

1-я цифра	2-я цифра	Уровень защиты
0	–	Нет защиты.
1	–	Защита от проникновения предметов размером 50 мм (2,0 дюйма). Невозможность засунуть руку в корпус.
2	–	Защита от проникновения предметов размером 12,5 мм (0,5 дюйма). Невозможность засунуть пальцы в корпус.
3	–	Защита от проникновения предметов размером 2,5 мм (0,1 дюйма). Невозможность засунуть инструменты в корпус.
4	–	Защита от проникновения предметов размером 1,0 мм (0,04 дюйма). Невозможность засунуть провода в корпус.
5	–	Защита от проникновения пыли (ограничение попадания)
6	–	Полная защита от проникновения пыли
–	0	Нет защиты
–	1	Защита от вертикально падающих капель воды
–	2	Защита от капель воды, падающих под углом 15°
–	3	Защита от воды, попадающей под углом 60°
–	4	Защита от брызг воды
–	5	Защита от струй воды
–	6	Защита от мощных струй воды
–	7	Защита от временного погружения
–	8	Защита от постоянного погружения

Таблица 3.3 Расшифровка кодов степеней защиты IP

## 4 Описание изделия

### 4.1 Типоразмер корпуса по номинальной мощности

кВт <sup>1)</sup>	л. с. <sup>1)</sup>	Корпуса в наличии
315	450	E1h/E3h
355	500	E1h/E3h
400	550	E1h/E3h
450	600	E2h/E4h
500	650	E2h/E4h

**Таблица 4.1 Номинальная мощность корпусов, 380–500 В**

1) Все значения номинальной мощности относятся к мощности при высокой перегрузке (ток 150 % в течение 60 с). Выходная мощность измеряется при 400 В (кВт) и при 460 В (л. с.).

кВт <sup>1)</sup>	л. с. <sup>1)</sup>	Корпуса в наличии
355	400	E1h/E3h
400	400	E1h/E3h
500	500	E1h/E3h
560	600	E1h/E3h
630	650	E2h/E4h
710	750	E2h/E4h

**Таблица 4.2 Номинальная мощность корпусов, 525–690 В**

1) Все значения номинальной мощности относятся к мощности при высокой перегрузке (ток 150 % в течение 60 с). Выходная мощность измеряется при 690 В (кВт) и при 575 В (л. с.).

## 4.2 Обзор корпусов, 380–500 В

Размер корпуса	E1h	E2h	E3h	E4h
Номинальная мощность <sup>1)</sup>				
Выходная мощность при 400 В (кВт)	315–400	450–500	315–400	450–500
Выходная мощность при 460 В (л. с.)	450–550	600–650	450–550	600–650
<b>Класс защиты</b>				
IP	IP21/54	IP21/54	IP20 <sup>2)</sup>	IP20 <sup>2)</sup>
Тип UL	Тип 1/12	Тип 1/12	Шасси	Шасси
Аппаратные опции <sup>3)</sup>				
Тыльный канал из нержавеющей стали	O	O	O	O
Экран сети питания	O	O	-	-
Обогреватель	O	O	-	-
Фильтр ВЧ-помех (класс А1)	O	O	O	O
Safe torque off	S	S	S	S
Без LCP	O	O	O	O
Графическая LCP	O	O	O	O
Предохранители	S	S	O	O
Доступ к радиатору	O	O	O	O
Тормозной прерыватель	O	O	O	O
Клеммы режима рекуперации	O	O	O	O
Клеммы цепи разделения нагрузки	-	-	O	O
Предохранители + разделение нагрузки	-	-	O	O
Расцепитель	O	O	-	-
Автоматические выключатели	-	-	-	-
Контакты	-	-	-	-
Источник питания 24 В пост. тока (SMPS, 5 А)	-	-	-	-
<b>Размеры</b>				
Высота, мм (дюйм)	2 043 (80,4)	2 043 (80,4)	1 578 (62,1)	1 578 (62,1)
Ширина, мм (дюйм)	602 (23,7)	698 (27,5)	506 (19,9)	604 (23,9)
Глубина, мм (дюйм)	513 (20,2)	513 (20,2)	482 (19,0)	482 (19,0)
Масса, кг (фунт)	295 (650)	318 (700)	272 (600)	295 (650)

**Таблица 4.3 Преобразователи частоты E1h–E4h, 380–500 В**

- 1) Все значения номинальной мощности относятся к мощности при высокой перегрузке (ток 150 % в течение 60 с).
- 2) Корпуса с клеммами разделения нагрузки или рекуперации имеют степень защиты IP00, остальные корпуса имеют степень защиты IP20.
- 3) S = стандартное исполнение, O = опция, прочерк означает, что опция недоступна.

## 4.3 Обзор корпусов, 525–690 В

4

Размер корпуса	E1h	E2h	E3h	E4h
Номинальная мощность <sup>1)</sup>				
Выходная мощность при 690 В (кВт)	355–560	630–710	355–560	630–710
Выходная мощность при 575 В (л. с.)	400–600	650–950	400–600	650–950
<b>Класс защиты</b>				
IP	IP21/54	IP21/54	IP20 <sup>2)</sup>	IP20 <sup>2)</sup>
Тип UL	Тип 1/12	Тип 1/12	Шасси	Шасси
<b>Аппаратные опции<sup>3)</sup></b>				
Тыльный канал из нержавеющей стали	O	O	O	O
Экран сети питания	O	O	-	-
Обогреватель	O	O	-	-
Фильтр ВЧ-помех (класс А1)	-	-	-	-
Safe torque off	S	S	S	S
Без LCP	O	O	O	O
Графическая LCP	O	O	O	O
Предохранители	S	S	O	O
Доступ к радиатору	O	O	O	O
Тормозной прерыватель	O	O	O	O
Клеммы режима рекуперации	O	O	O	O
Клеммы цепи разделения нагрузки	-	-	O	O
Предохранители + разделение нагрузки	-	-	O	O
Расцепитель	O	O	-	-
Автоматические выключатели	-	-	-	-
Контакты	-	-	-	-
Источник питания 24 В пост. тока (SMPS, 5 А)	-	-	-	-
<b>Размеры</b>				
Высота, мм (дюйм)	2 043 (80,4)	2 043 (80,4)	1 578 (62,1)	1 578 (62,1)
Ширина, мм (дюйм)	602 (23,7)	698 (27,5)	506 (19,9)	604 (23,9)
Глубина, мм (дюйм)	513 (20,2)	513 (20,2)	482 (19,0)	482 (19,0)
Масса, кг (фунт)	295 (650)	318 (700)	272 (600)	295 (650)

Таблица 4.4 Преобразователи частоты E1h–E4h, 525–690 В

- 1) Все значения номинальной мощности относятся к мощности при высокой перегрузке (ток 150 % в течение 60 с).
- 2) Корпуса с клеммами разделения нагрузки или рекуперации имеют степень защиты IP00, остальные корпуса имеют степень защиты IP20.
- 3) S = стандартное исполнение, O = опция, прочерк означает, что опция недоступна.



## 5 Особенности изделия

### 5.1 Автоматические рабочие функции

Автоматические рабочие функции активны после включения преобразователя частоты. Большинство из них не требуют программирования или настройки. В преобразователе частоты имеется ряд встроенных защитных функций, которые защищают сам преобразователь и приводимый им двигатель.

Более подробное описание любых требуемых настроек, в частности параметров двигателя, см. в *руководстве по программированию*.

#### 5.1.1 Защита от короткого замыкания

##### Двигатель (межфазное)

Преобразователь частоты имеет защиту от короткого замыкания на стороне двигателя, основанную на измерении тока в каждой из трех фаз двигателя. Короткое замыкание между двумя выходными фазами приводит к перегрузке инвертора по току. Инвертор отключается, когда ток короткого замыкания превышает допустимое значение (*аварийный сигнал 16, Коротк замыкан*).

##### Сторона сети

Правильно работающий преобразователь частоты ограничивает ток, потребляемый им из источника питания. Тем не менее, для защиты на случай поломки компонента внутри преобразователя частоты (неисправность первой категории) рекомендуется использовать предохранители и/или автоматические выключатели со стороны питания. Использование предохранителей на стороне сети питания обязательно для соответствия требованиям UL.

### **УВЕДОМЛЕНИЕ**

Для обеспечения соответствия IEC 60364 (CE) и NEC 2009 (UL) обязательно требуется использовать предохранители и/или автоматические выключатели.

##### Тормозной резистор

Преобразователь частоты защищен от короткого замыкания в тормозном резисторе.

##### Разделение нагрузки

Для защиты шины постоянного тока от коротких замыканий, а преобразователей частоты — от перегрузки, установите предохранители постоянного тока последовательно на клеммах разделения нагрузки всех подключенных блоков.

### 5.1.2 Защита от превышения напряжения

#### Превышение напряжения, создаваемое двигателем

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

- Нагрузка раскручивает двигатель при постоянной выходной частоте преобразователя частоты, то есть нагрузка генерирует энергию.
- В процессе замедления при большом моменте инерции, низком трении и слишком малом времени для замедления энергия не успевает рассеяться в виде потерь в системе преобразователя частоты.
- Неверная настройка компенсации скольжения приводит к повышению напряжения в цепи постоянного тока.
- Противо-ЭДС при работе двигателя с постоянными магнитами. При выбеге на больших оборотах противо-ЭДС от двигателя с постоянными магнитами потенциально может превысить максимально допустимое напряжение преобразователя частоты, что может стать причиной поломки. Чтобы предотвратить эту ситуацию, значение *параметр 4-19 Макс. выходная частота* автоматически ограничивается исходя из результатов внутреннего расчета, основанного на значениях *параметр 1-40 Противо-ЭДС при 1000 об/мин*, *параметр 1-25 Номинальная скорость двигателя* и *параметр 1-39 Число полюсов двигателя*.

### **УВЕДОМЛЕНИЕ**

Во избежание разгона двигателя до слишком больших скоростей (например, вследствие чрезмерного самовращения) необходимо оснастить преобразователь частоты тормозным резистором.

Контроль перенапряжения может осуществляться с помощью функции торможения (*параметр 2-10 Функция торможения*) и/или с помощью функции контроля перенапряжения (*параметр 2-17 Контроль перенапряжения*).

#### Функции торможения

Подключите тормозной резистор для рассеяния избыточной энергии торможения. Подключение тормозного резистора позволяет работать при большем напряжении в цепи постоянного тока в процессе торможения.

Для улучшения торможения без использования тормозных резисторов может быть выбран режим торможения переменным током. Эта функция управляет перемагничиванием двигателя при работе в режиме генератора. Повышение электропотерь в двигателе позволяет функции OVC повысить крутящий момент торможения без превышения предела напряжения.

### **УВЕДОМЛЕНИЕ**

Режим торможения переменным током не так эффективен, как динамическое торможение с помощью резистора.

#### **Контроль перенапряжения (OVC)**

Режим контроля перенапряжения (OVC) уменьшает опасность отключения преобразователя частоты при перенапряжении в цепи постоянного тока путем автоматического увеличения времени замедления.

### **УВЕДОМЛЕНИЕ**

Режим контроля перенапряжения можно активировать для двигателей с постоянными магнитами и общим механизмом управления, а также для режимов VVC<sup>+</sup> и регулирования магнитного потока в разомкнутом или замкнутом контуре (Flux OL и Flux CL).

### **УВЕДОМЛЕНИЕ**

При применении с подъемными механизмами включать контроль перенапряжения не нужно.

#### 5.1.3 Обнаружение обрыва фазы двигателя

Функция обнаружения обрыва фазы двигателя (параметр 4-58 Функция при обрыве фазы двигателя) включена по умолчанию, чтобы предотвратить повреждение двигателя в случае обрыва фазы двигателя. Настройка по умолчанию — 1 000 мс, но ее можно изменить, чтобы ускорить обнаружение.

#### 5.1.4 Обнаружение асимметрии напряжения питания

Работа при значительной асимметрии сети питания снижает срок службы двигателя и преобразователя частоты. Если двигатель постоянно работает при нагрузке, близкой к номинальной, условия работы считаются жесткими. По умолчанию, в случае асимметрии сети происходит отключение преобразователя частоты (параметр 14-12 Функция при асимметрии сети).

#### 5.1.5 Коммутация на выходе

Добавление переключателя на выходе между двигателем и преобразователем частоты разрешено, однако могут появляться сообщения о неисправности. Danfoss не рекомендует использовать эту функцию для преобразователей частоты 525–690 В, подключенных к сети IT.

#### 5.1.6 Защита от перегрузки

##### **Предел крутящего момента**

Функция предела крутящего момента защищает двигатель от перегрузки независимо от скорости вращения. Предельный крутящий момент устанавливается в параметрах *параметр 4-16 Двигательн.режим с огранич. момента* и *параметр 4-17 Генераторн.режим с огранич.момента*. Время до отключения при появлении предупреждения о превышении предела крутящего момента устанавливается в *параметр 14-25 Задержка отключ.при пред. моменте*.

##### **Предел по току**

Предельный ток устанавливается в *параметр 4-18 Предел по току*, а время до отключения преобразователя частоты устанавливается в *параметр 14-24 Задрж. откл. при прд. токе*.

##### **Предел скорости**

Нижний предел скорости, *Параметр 4-11 Нижн.предел скор.двигателя[об/мин]* или *параметр 4-12 Нижний предел скорости двигателя [Гц]*, позволяет ограничить минимальную рабочую скорость диапазона скоростей преобразователя частоты. Верхний предел скорости, *Параметр 4-13 Верхн.предел скор.двигателя [об/мин]* или *параметр 4-19 Макс. выходная частота*, позволяет ограничить максимальную выходную скорость, выдаваемую преобразователем частоты.

##### **Электронное тепловое реле (ЭТР)**

ЭТР — это электронная функция, которая на основе внутренних измерений имитирует биметаллическое реле. Характеристика представлена на *Рисунок 5.1*.

##### **Предел напряжения**

При достижении аппаратно заданного уровня напряжения преобразователь частоты отключается для защиты транзисторов и конденсаторов цепи постоянного тока.

##### **Перегрев**

Преобразователь частоты содержит встроенные датчики температуры и немедленно реагирует на критические значения в соответствии с аппаратно закодированными пределами.

### 5.1.7 Защита от блокировки ротора

Возможны ситуации, когда ротор блокируется вследствие чрезмерной нагрузки или по другим причинам. Заблокированный ротор не способен обеспечить достаточное охлаждение, в результате чего может произойти перегрев обмоток двигателя. Преобразователь частоты способен обнаружить ситуацию блокировки ротора с помощью контроля магнитного потока в разомкнутом контуре и функции VVC<sup>+</sup> для двигателей с постоянными магнитами (*параметр 30-22 Защита от блокир. ротора*).

### 5.1.8 Автоматическое снижение номинальных характеристик

Преобразователь частоты непрерывно проверяет следующие критические уровни:

- Высокую температуру на плате управления или радиаторе.
- Высокую нагрузку на двигатель.
- Повышенное напряжение в цепи постоянного тока.
- Нижний предел скорости.

При обнаружении критического уровня преобразователь частоты корректирует частоту коммутации. При критически высоких внутренних температурах и низкой скорости двигателя преобразователи частоты также могут принудительно переключить метод коммутации с PWM на SFAVM.

## **УВЕДОМЛЕНИЕ**

Автоматическое снижение номинальных характеристик происходит иначе, когда для параметра *параметр 14-55 Выходной фильтр* указано значение [2] *Синус.фильтр, фикс.*

### 5.1.9 Автоматическая оптимизация энергопотребления

В режиме автоматической оптимизации энергопотребления (АОЭ) преобразователь частоты непрерывно отслеживает нагрузку на двигатель и регулирует выходное напряжение для достижения максимальной эффективности. При небольшой нагрузке напряжение понижается и ток двигателя становится минимальным. Для двигателя преимущества состоят в следующем:

- Увеличение КПД.
- Снижение нагрева.
- Более тихая работа.

Выбирать кривую В/Гц не требуется, так как преобразователь частоты автоматически регулирует напряжение двигателя.

### 5.1.10 Автоматическая модуляция частоты коммутации

Преобразователь частоты генерирует короткие электрические импульсы и определяет форму переменного тока. Скорость, с которой проходят эти импульсы, называется частотой коммутации. Низкая частота коммутации (малая периодичность импульсов) вызывает шум в двигателе, поэтому предпочтительно использование более высокой частоты коммутации. Однако высокая частота коммутации приводит к нагреву преобразователя частоты, который может ограничить ток, подаваемый на двигатель.

Автоматическая модуляция частоты коммутации автоматически регулирует эти характеристики, обеспечивая максимально возможную частоту коммутации без перегрева преобразователя частоты. Благодаря регулируемой высокой частоте коммутации шум от работы двигателя при низких скоростях уменьшается (в этих режимах уменьшение слышимого шума наиболее важно), в то же время при необходимости на двигатель выдается полная выходная мощность.

### 5.1.11 Снижение номинальных характеристик при высокой частоте коммутации

Преобразователь частоты рассчитан на непрерывную работу при полной нагрузке с частотами коммутации от 1,5 до 2 кГц для 380–500 В и от 1 до 1,5 кГц для 525–690 В. Диапазон частот зависит от типоразмера по мощности и напряжению. Частота коммутации, превышающая максимально допустимые значения этого диапазона, приводит к повышенному теплообразованию в преобразователе частоты и требует понижения выходного тока.

В преобразователе частоты реализована автоматическая функция управления частотой коммутации в зависимости от нагрузки. Эта функция обеспечивает преимущество подачи на двигатель настолько высокой частоты коммутации, насколько это допускается нагрузкой.

### 5.1.12 Характеристики при колебаниях мощности

Преобразователь частоты выдерживает перепады в сети, такие как:

- переходные процессы;
- моментальные отключения;
- кратковременные падения напряжения;
- броски напряжения.

Преобразователь частоты автоматически компенсирует отклонения входных напряжений на  $\pm 10\%$  от номинала, обеспечивая полные номинальные мощность и крутящий момент двигателя. Если выбран автоматический перезапуск, после временной потери напряжения преобразователь частоты автоматически включается. При подхвате вращающегося двигателя преобразователь частоты синхронизируется с вращением двигателя перед включением.

### 5.1.13 Подавление резонанса

Функция подавления резонанса устраняет высокочастотный шум, возникающий вследствие резонанса в двигателе. Доступны автоматическое подавление и подавление выбранной вручную частоты.

### 5.1.14 Вентиляторы с управлением по температуре

Датчики в преобразователе частоты контролируют работу внутренних вентиляторов охлаждения. При работе с низкой нагрузкой, в режиме ожидания или резерва охлаждающие вентиляторы часто не вращаются. Датчики уменьшают шум, повышают эффективность и продлевают срок службы вентилятора.

### 5.1.15 Соответствие требованиям ЭМС

Электромагнитные помехи (ЭМП) или радиочастотные помехи (ВЧ-помехи) могут повлиять на работу электрических цепей вследствие электромагнитной индукции или электромагнитного излучения из внешнего источника. Преобразователь частоты рассчитан на выполнение требований стандарта ЭМС для двигателей IEC 61800-3, а также требований европейского стандарта EN 55011. Чтобы обеспечить соответствие требованиям к защите от излучений стандарта EN 55011, кабели двигателя должны быть экранированы и надлежащим образом заделаны. Подробнее о характеристиках ЭМС см. глава 10.14.1 Результаты испытаний ЭМС.

### 5.1.16 Гальваническая развязка клемм управления

Все клеммы управления и выходных реле гальванически изолированы от сетевого питания, что позволяет полностью защитить цепи контроллера от входного тока. Для клемм выходных реле требуется отдельное заземление. Такая изоляция соответствует жестким требованиям PELV (защитное сверхнизкое напряжение) к изоляции.

#### Гальваническая развязка обеспечивается следующими компонентами:

- Источник питания, включая развязку сигналов.
- Драйверы IGBT, запускающие трансформаторы и оптопары.
- Датчики выходного тока на эффекте Холла.

## 5.2 Функции для пользовательских применений

Для улучшения характеристик системы в преобразователе частоты программируются функции для наиболее часто используемых применений. Они требуют лишь минимального программирования или настройки. Подробные инструкции по включению этих функций см. в руководстве по программированию.

### 5.2.1 Автоматическая адаптация двигателя

Автоматическая адаптация двигателя (ААД) представляет собой автоматическую процедуру, в ходе которой измеряются электрические характеристики двигателя. В ходе ААД строится точная модель электронных процессов в двигателе, что позволяет преобразователю частоты рассчитать оптимальную производительность и КПД. Выполнение процедуры ААД также максимизирует эффект функции автоматической оптимизации энергии (АОЭ) в преобразователе частоты. ААД выполняется без вращения двигателя и без отсоединения двигателя от нагрузки.

### 5.2.2 Встроенный ПИД-регулятор

Встроенный пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД) регулятор устраняет необходимость использования вспомогательных управляющих устройств. ПИД-регуляторы осуществляют непрерывное управление системами с обратной связью, в которых требуется выдерживать требования к давлению, расходу, температуре или другим параметрам.

Преобразователь частоты может использовать 2 сигнала обратной связи от двух разных устройств, что позволяет

регулировать систему с различными требованиями по обратной связи. Чтобы оптимизировать производительность системы, преобразователь частоты принимает решения по управлению на основе сравнения этих двух сигналов.

### 5.2.3 Тепловая защита двигателя

Тепловая защита двигателя может быть обеспечена тремя способами.

- Непосредственное измерение температуры с помощью:
  - датчика РТС или КТУ на обмотках двигателя, подключенного к аналоговому или цифровому входу.
  - РТ100 или РТ1000 в обмотках двигателя и подшипниках двигателя, подключенного к плате VLT® Sensor Input MCB 114.
  - входа от термистора РТС на плате термисторов VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 (соответствует требованиям АТЕХ).
- С помощью механического термовыключателя (типа Klixon) на цифровом входе.
- Посредством встроенного электронного теплового реле (ЭТР).

ЭТР вычисляет температуру двигателя с помощью измерения тока, частоты и времени работы. Преобразователь частоты отображает тепловую нагрузку на двигатель в процентах и может выдавать предупреждение при достижении заданной программно величины перегрузки. Программируемые варианты действий при перегрузке позволяют преобразователю частоты останавливать двигатель, уменьшать выходную мощность или не реагировать на это состояние. Даже при низких скоростях преобразователь частоты соответствует требованиям класса 20 стандарта по перегрузке электродвигателей I2t.

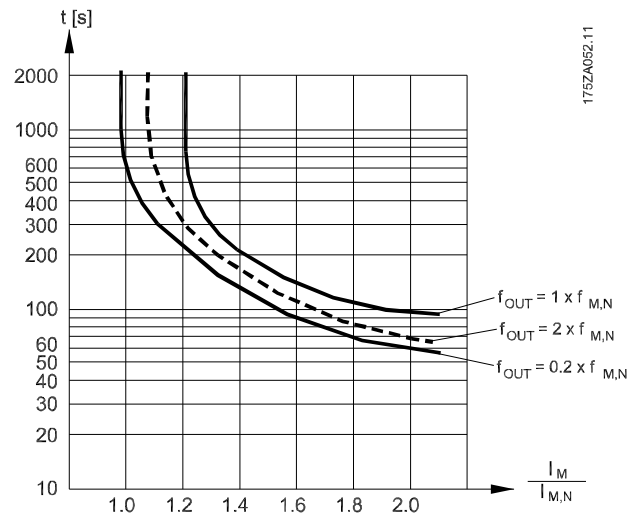


Рисунок 5.1 Характеристики ЭТР

По 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 параметр для чтения в *параметр 16-18 Тепловая нагрузка двигателя*. Для двигателей Ex-e, используемых в зонах АТЕХ, имеется специальная версия ЭТР. Эта функция позволяет задать определенную кривую для защиты двигателя Ex-e. Инструкции по настройке см. в *руководстве по проектированию*.

### 5.2.4 Тепловая защита для двигателей Ex-e

Для работы с двигателями Ex-e в соответствии с EN-60079-7 преобразователь частоты оснащен функцией отслеживания температуры во взрывоопасных средах с помощью электронного теплового реле (ATEX ETR). При использовании в сочетании с имеющим сертификацию АТЕХ устройством контроля РТС, таким как плата VLT® MCB 112 РТС или внешнее устройство, установка не требует отдельного разрешения уполномоченной организации.

Функция отслеживания температуры во взрывоопасных средах с помощью электронного теплового реле позволяет использовать двигатели Ex-e вместо более дорогих, более крупных и тяжелых двигателей Ex-d. Эта

функция гарантирует, что преобразователь частоты будет ограничивать ток двигателя и не допустит перегрева.

**Требования, касающиеся двигателей Ex-e**

- Убедитесь, что двигатель Ex-e сертифицирован для работы с преобразователями частоты во взрывоопасных зонах (зона ATEX 1/21, зона ATEX 2/22). Двигатель должен быть сертифицирован для конкретной взрывоопасной зоны.
- Установите двигатель Ex-e в зоне 1/21 или 2/22 в соответствии с сертификацией двигателя.

**УВЕДОМЛЕНИЕ**

Установите преобразователь частоты за пределами опасной зоны.

- Убедитесь, что двигатель Ex-e оснащен сертифицированным по ATEX устройством защиты двигателя от перегрузки. Это устройство контролирует температуру в обмотках двигателя. При наличии критического уровня температуры или в случае неисправности устройство отключает двигатель.
  - Плата термистора VLT® PTC Thermistor MCB 112 обеспечивает контроль над температурой двигателя в соответствии с требованиями ATEX. Преобразователь частоты должен обязательно быть оснащен 3–6 термисторами PTC, подключенными последовательно в соответствии с DIN 44081 или 44082.
  - Также может использоваться внешнее защитное устройство PTC с сертификатом ATEX.
- При наличии следующих условий необходим синусоидный фильтр:
  - Длинные кабели (пики напряжения) или повышенное сетевое напряжение приводят к возникновению напряжений, превышающих максимально допустимое на клеммах двигателя.
  - Минимальная частота коммутации преобразователя частоты не соответствует требованию, установленному производителем двигателя. Минимальная частота коммутации преобразователя частоты отображается как значение по умолчанию в

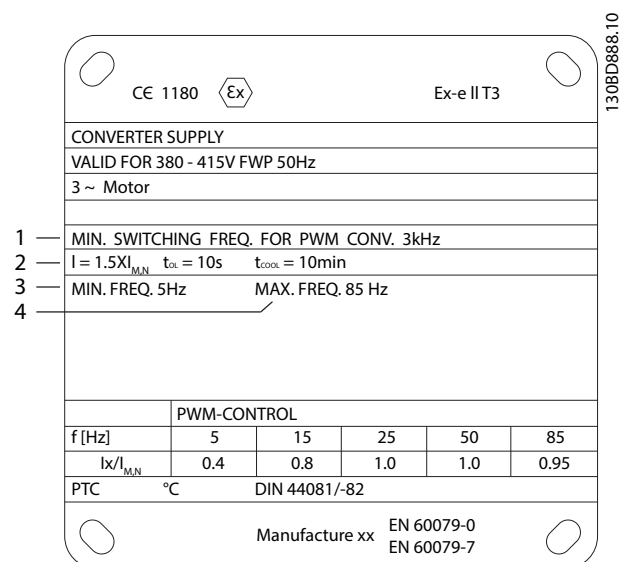
параметр 14-01 Частота коммутации.

**Совместимость двигателя и преобразователя частоты**

Для двигателей, сертифицированных в соответствии с EN-60079-7, изготовителем двигателя предоставляется список данных, включающих ограничения и правила, в виде технического описания или паспортной таблички двигателя. При планировании, монтаже, вводе в эксплуатацию, эксплуатации и обслуживании необходимо соблюдать ограничения и правила, установленные производителем в отношении следующих характеристик:

- Минимальная частота коммутации.
- Максимальный ток.
- Минимальная частота двигателя.
- Максимальная частота двигателя.

На Рисунок 5.2 показан пример требований на паспортной табличке двигателя.



1	Минимальная частота коммутации
2	Максимальный ток
3	Минимальная частота двигателя
4	Максимальная частота двигателя

**Рисунок 5.2 Паспортная табличка двигателя с указанием требований к преобразователю частоты**

Для случаев согласования преобразователя частоты и двигателя Danfoss задает следующие дополнительные требования для обеспечения достаточной тепловой защиты двигателя:

- Запрещается превышать максимально допустимое соотношение между типоразмерами преобразователя частоты и

двигателя. Обычное значение составляет  $I_{VL}$ ,  
 $n \leq 2 \times I_{m,n}$

- Учитывайте все перепады напряжения между преобразователем частоты и двигателем. Если двигатель работает при более низком напряжении, чем указано в характеристиках  $U/f$ , ток может увеличиваться, вызывая срабатывание аварийной сигнализации.

Для получения дополнительной информации см. пример применения в *глава 12 Примеры применения*.

### 5.2.5 Пропадание напряжения

При отключении напряжения сети преобразователь частоты продолжает работать, пока напряжение промежуточной цепи не снизится до минимального уровня, при котором происходит останов. Минимальное напряжение, при котором происходит останов, обычно на 15 % ниже наименьшего номинального напряжения питания. Продолжительность работы преобразователя частоты при выбеге определяется напряжением сети перед пропаданием питания и нагрузкой двигателя.

Преобразователь частоты можно настроить (*параметр 14-10 Отказ питания*) на разные виды действий при пропадании сетевого питания.

- Отключение с блокировкой после потери питания в цепи постоянного тока.
- Выбег с подхватом вращающегося двигателя при появлении напряжения (*параметр 1-73 Запуск с хода*).
- Кинетический резерв.
- Управляемое замедление

#### Подхват вращающегося двигателя

Этот параметр позволяет «подхватить» двигатель, который свободно вращается вследствие пропадания напряжения. Этот параметр полезен для центрифуг и вентиляторов.

#### Кинетический резерв

Этот параметр обеспечивает непрерывную работу преобразователя частоты, пока в системе имеется энергия. В случае короткой потери питания от сети работа возобновляется после восстановления сетевого питания, при этом система не останавливается и контроль не теряется ни на один момент. Можно установить один из нескольких режимов кинетического резерва.

Поведение преобразователя частоты при пропадании напряжения в сети настраивается в параметрах *параметр 14-10 Отказ питания* и *параметр 1-73 Запуск с хода*.

### 5.2.6 Автоматический перезапуск

Преобразователь частоты можно запрограммировать на автоматический перезапуск двигателя после незначительных отключений, например при моментальной потере питания или колебаниях питания. Эта функция позволяет устранить потребность в ручном сбросе и улучшает возможности автоматизированной эксплуатации для удаленно управляемых систем. Число попыток автоматического перезапуска, а также время между попытками может быть ограничено.

### 5.2.7 Полный крутящий момент при пониженной скорости

Преобразователь частоты работает по настраиваемой кривой В/Гц, обеспечивая полный крутящий момент от двигателя даже при уменьшенных скоростях вращения. Полный выдаваемый крутящий момент может совпадать с максимальной проектной рабочей скоростью двигателя. Этот преобразователь частоты отличается от преобразователей частоты с переменным или постоянным крутящим моментом. Преобразователи с переменным крутящим моментом обеспечивают пониженный крутящий момент на валу двигателя при низких скоростях. Преобразователи с постоянным крутящим моментом выделяют избыточное напряжение и тепло, а также генерируют дополнительный шум двигателя при скоростях меньших, чем полная.

### 5.2.8 Пропуск частоты

В некоторых применениях отдельные скорости работы системы могут вызывать механический резонанс. Механический резонанс может вызывать чрезмерный шум, а также приводить к повреждению механических элементов системы. У преобразователя частоты имеется 4 программируемых диапазона избегаемых частот. Благодаря этим диапазонам двигатель может быстро пропускать такие скорости без возникновения резонанса в системе.

### 5.2.9 Предпусковой нагрев двигателя

Для предварительного прогрева двигателя при пуске в холодной или влажной среде можно использовать непрерывную дозированную подачу небольшого постоянного тока в двигатель, чтобы предотвратить конденсацию и холодный пуск. Благодаря этой функции может быть устранена необходимость использования обогревателя помещения.

### 5.2.10 Программируемые наборы параметров

Преобразователь частоты имеет четыре набора параметров, которые могут быть запрограммированы независимо друг от друга. При использовании нескольких наборов параметров можно переключаться между независимо программируемыми функциями, активируемыми по цифровым входам или команде через последовательный интерфейс. Независимые настройки используются, например, для переключения наборов параметров, для режимов работы днем и ночью, летом и зимой или для управления несколькими двигателями. Активный набор параметров отображается на LCP.

Данные набора параметров могут копироваться из преобразователя частоты в преобразователь частоты посредством загрузки со съемной LCP.

### 5.2.11 Интеллектуальное логическое управление (SLC)

Интеллектуальное логическое управление (SLC) представляет собой заданную пользователем последовательность действий (см. *параметр 13-52 Действие контроллера SL [x]*), которая выполняется интеллектуальным логическим контроллером (SLC), когда соответствующее заданное пользователем событие (см. *параметр 13-51 Событие контроллера SL [x]*) оценивается SLC как TRUE (Истина). Условием для события может быть определенный статус или такое условие, при котором выход из логики или операнда компаратора определяется как TRUE (Истина). Это условие приведет к связанному действию, как показано на *Рисунок 5.3*.

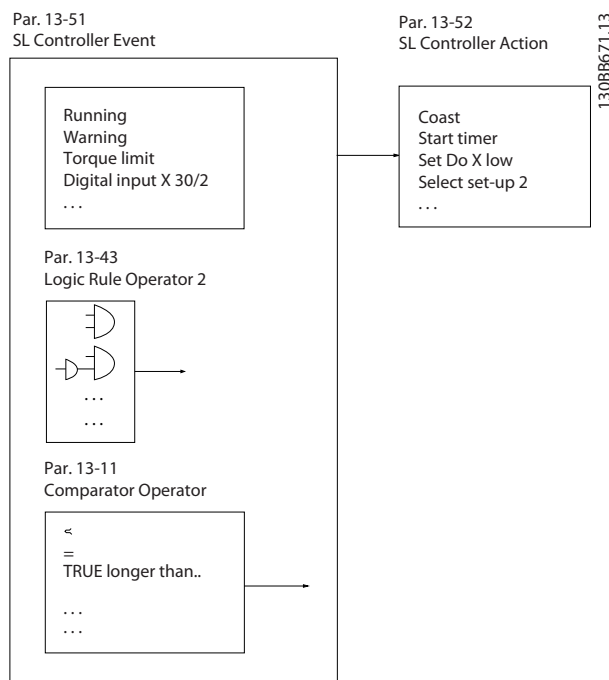
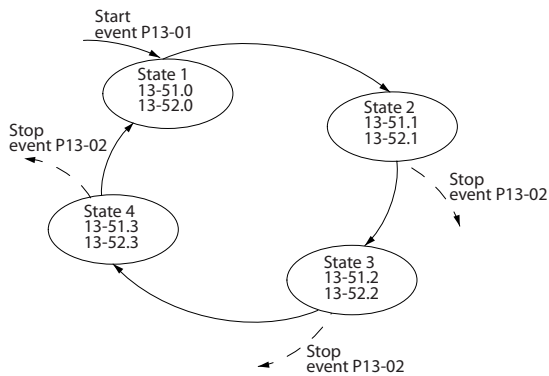


Рисунок 5.3 Событие и действие SLC

События и действия имеют свои номера и связываются в пары, называемые состояниями. Это означает, что когда событие [0] наступает (приобретает значение TRUE), выполняется действие [0]. После выполнения 1-го действия начинается оценка условий следующего события. Если оно оценивается как TRUE (Истина), выполняется соответствующее действие. В каждый момент времени оценивается только одно событие. Если событие оценено как false (Ложь), в течение текущего интервала сканирования (в SLC) ничего не происходит и никакие другие события не анализируются. Когда SLC запускается, в каждом интервале сканирования он выполняет оценку события [0]. И только когда событие [0] будет оценено как TRUE (Истина), контроллер SLC выполнит действие [0] и начнет оценивать следующее событие. Можно запрограммировать от 1 до 20 событий и действий. Когда выполнено последнее событие/действие, последовательность начинается снова с события [0]/действия [0]. На *Рисунок 5.4* показан пример с четырьмя событиями/действиями.



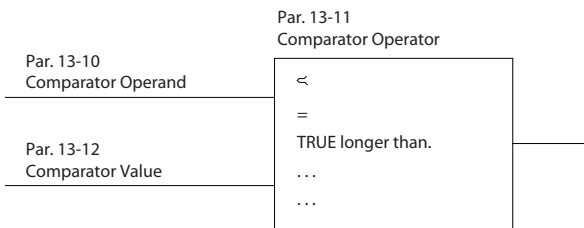


130BA062.14

Рисунок 5.4 Порядок выполнения, если запрограммировано 4 события/действия

**Компараторы**

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

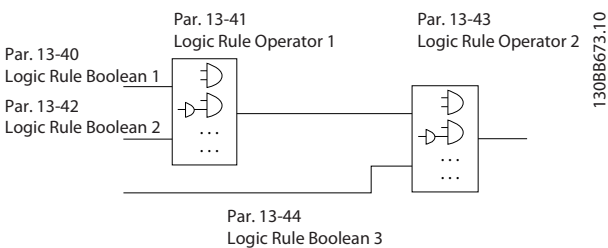


130BB672.10

Рисунок 5.5 Компараторы

**Правила логики**

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



130BB673.10

Рисунок 5.6 Логические соотношения

**5.2.12 Safe Torque Off**

Функция Safe Torque Off (STO) может использоваться для аварийного останова преобразователя частоты. Функция STO может использоваться преобразователем частоты FC 302 с асинхронными и синхронными двигателями, а также с двигателями с постоянными магнитами.

Подробную информацию о функции Safe Torque Off, включая сведения о монтаже и вводе в эксплуатацию, см. в *Руководстве по эксплуатации Safe Torque Off*.

**Условия исполнения обязательств**

За знание персоналом порядка установки и эксплуатации функции Safe Torque Off отвечает клиент. Необходимо:

- Прочитать и понимать нормы и правила техники безопасности, относящиеся к предупреждению несчастных случаев.
- Понимать общие инструкции и инструкции по технике безопасности, приведенные в *Руководстве по эксплуатации функции Safe Torque Off*.
- Хорошо знать общие стандарты и стандарты в области техники безопасности, относящиеся к тем или иным применениям.

**5.3 Описание динамического торможения**

Имеются следующие способы динамического торможения:

- **Торможение переменным током**  
Энергия торможения распределяется в двигателе путем изменения состояний потерь в двигателе (*параметр 2-10 Функция торможения = [2]*). Функция торможения переменным током не может использоваться в применениях с высокой частотой циклических операций, поскольку это приводит к перегреву двигателя.
- **Торможение постоянным током**  
Постоянный ток с перемодуляцией, добавляемый к переменному току, действует в качестве сигнала индукционного торможения (*параметр 2-02 Время торможения пост. током ≠ 0 с*).
- **Резистивное торможение**  
IGBT торможения поддерживает перенапряжение на уровне ниже определенного порога путем направления энергии торможения от двигателя к подключенному тормозному резистору (*параметр 2-10 Функция торможения = [1]*). Подробнее о выборе тормозного резистора см.

*Руководство по проектированию VLT® Brake Resistor MCE 101.*

В преобразователях частоты, оснащенных функцией торможения, используется тормозной IGBT с клеммами 81(R-) и 82(R+) для подключения внешнего тормозного резистора.

Функция торможения IGBT служит для ограничения напряжения в промежуточной цепи, когда превышено максимальное напряжение. Функция ограничивает напряжение посредством коммутации внешнего резистора на шине постоянного тока, чтобы снять избыточное напряжение постоянного тока в конденсаторах шины.

Внешнее расположение тормозного резистора имеет то преимущество, что резистор можно выбрать в зависимости от потребностей применения; при этом энергия резистора рассеивается за пределы панели управления, что защищает преобразователь частоты от перегрева при перегрузке тормозного резистора.

На плате управления образуется сигнал драйвера затвора тормозного IGBT, который через силовую плату и плату драйверов поступает в тормозной IGBT. Кроме того, плата питания и плата управления отслеживают тормозной IGBT на предмет короткого замыкания. Силовая плата питания также отслеживает тормозной резистор на предмет перегрузок.

## 5.4 Описание механического удерживающего тормоза

Механический удерживающий тормоз устанавливается прямо на валу двигателя и выполняет статическое торможение. При статическом торможении тормоз прижимается к двигателю после того, как нагрузка остановлена. Удерживающий тормоз либо управляется программируемым логическим контроллером (PLC), либо получает управляющий сигнал прямо с цифрового выхода от преобразователя частоты.

### **УВЕДОМЛЕНИЕ**

Преобразователь частоты не может обеспечить безопасное управление механическим тормозом. В схему установки должна быть включена цепь дублирования для управления тормозом.

### 5.4.1 Управление механическим тормозом с использованием разомкнутого контура

Для грузоподъемных применений необходимо предусмотреть возможность управления электромагнитным тормозом. Для управления тормозом необходим релейный выход (реле 1 или реле 2) или программируемый цифровой выход (клемма 27 или 29). Обычно этот выход должен быть замкнутым на время, когда преобразователь частоты не может удержать двигатель. Для систем, в которых используется электромагнитный тормоз, в параметрах *параметр 5-40 Реле функций* (параметр массива), *параметр 5-30 Клемма 27, цифровой выход* или *параметр 5-31 Клемма 29, цифровой выход*, выберите [32] *Управл.мех.тормозом*.

Если выбрано [32] *Управл.мех.тормозом*, механические тормозные реле остаются во время запуска в замкнутом состоянии до тех пор, пока выходной ток не превысит значение, заданное в пар. *параметр 2-20 Ток отпускания тормоза*. При останове механический тормоз прижимается к валу, когда скорость становится меньше величины, заданной в пар. *параметр 2-21 Скорость включения тормоза [об/мин]*. Если преобразователь частоты оказывается в аварийном состоянии, например, в ситуации перенапряжения, механический тормоз немедленно включается. Механический тормоз включается также во время действия функции Safe Torque Off.

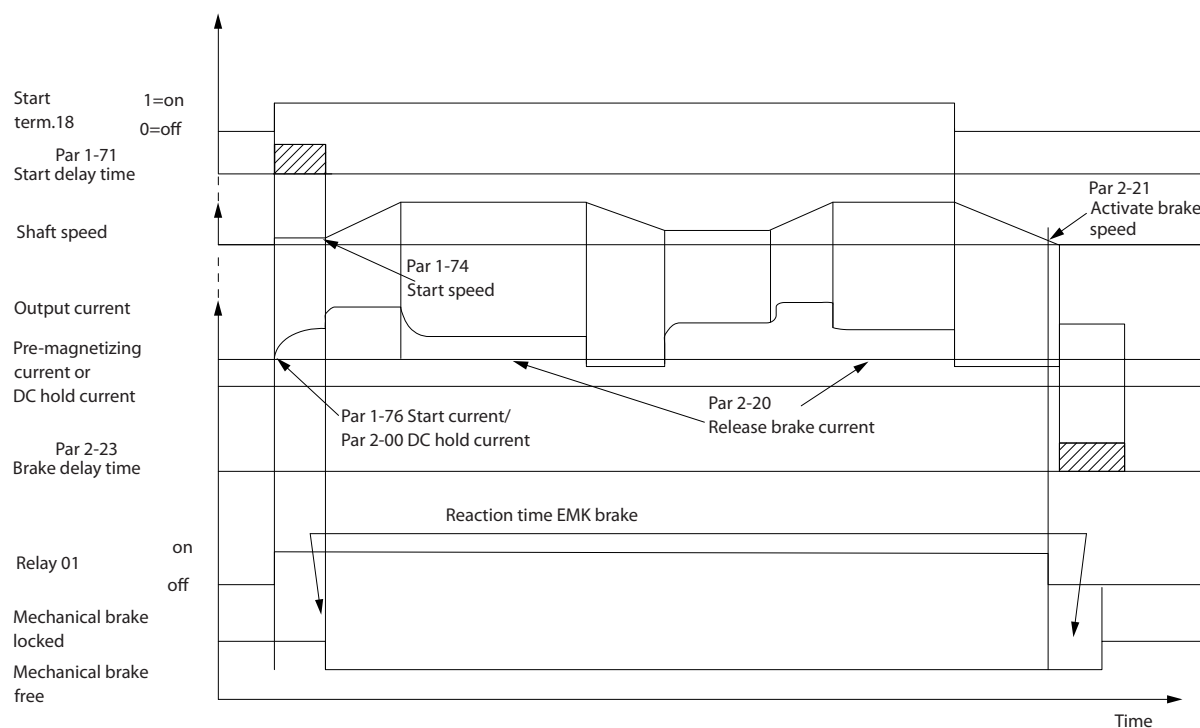
При использовании электромагнитного тормоза необходимо учесть следующие моменты:

- Используйте для управления тормозом выход реле или цифровой выход (клемма 27 или 29). При необходимости используйте контактор.
- Убедитесь, что этот выход выключен, когда преобразователь частоты не может вращать двигатель. Это может произойти, например, когда нагрузка слишком велика или когда двигатель не установлен.
- Перед подключением механического тормоза следует выбрать [32] *Управл.мех.тормозом* в группе параметров 5-4\* *Реле* (или в группе параметров 5-3\* *Цифровые выходы*).
- Тормоз отпущен, когда ток двигателя превышает значение, заданное в *параметр 2-20 Ток отпускания тормоза*.
- Тормоз срабатывает, если выходная частота меньше частоты, установленной в *параметр 2-21 Скорость включения тормоза [об/мин]* или *параметр 2-22 Скорость включения тормоза [Гц]* и только в том случае, если преобразователь частоты выполняет команду останова.

### **УВЕДОМЛЕНИЕ**

При использовании в системах вертикального подъема или в подъемных механизмах настоятельно рекомендуется обеспечить возможность останова нагрузки в случае аварийной ситуации или неисправности. Если преобразователь частоты находится в аварийном режиме или в ситуации перенапряжения, механический тормоз срабатывает.

Для применения в подъемных механизмах убедитесь в том, что предельные значения крутящего момента в параметрах *параметр 4-16 Двигательн.режим с огранич. момента* и *параметр 4-17 Генераторн.режим с огранич.момента* установлены на меньшие значения по сравнению с предельным значением тока в параметре *параметр 4-18 Предел по току*. Рекомендуется установить для *параметр 14-25 Задержка отключ.при пред. моменте* значение «0», для *параметр 14-26 Зад. отк. при неисп. инв.* — значение «0», а для *параметр 14-10 Отказ питания* — значение [3] *Выбег*.



130BA074.12

5

Рисунок 5.7 Управление механическим тормозом в разомкнутом контуре

#### 5.4.2 Управление механическим тормозом с использованием замкнутого контура

В VLT® AutomationDrive имеется функция управления механическим тормозом, предназначенная специально для использования в подъемных механизмах; она поддерживает следующие возможности.

- Два канала обратной связи механического тормоза для обеспечения дополнительной защиты от непредвиденного поведения вследствие повреждения кабеля.
- Мониторинг обратной связи механического тормоза в течение всего цикла. Мониторинг способствует защите механического тормоза, особенно если к одному и тому же валу подсоединены несколько преобразователей частоты.
- Отсутствие ускорения, пока сигнал обратной связи не подтвердит, что механический тормоз открыт.
- Более хорошее управление нагрузкой при останове.
- Можно настроить плавное переключение нагрузки с тормоза на двигатель.

*Параметр 1-72 Функция запуска [6] Отп. мех.торм. гр/под. об-я* активирует механический тормоз грузоподъемного механизма. Основное отличие от обычного управления механическим тормозом состоит в том, что функция механического торможения подъемного механизма напрямую управляет реле торможения. Вместо задания тока для отпускания тормоза определяется крутящий момент, прилагаемый к сцепленному тормозу перед отпусанием. Поскольку крутящий момент определяется напрямую, упрощается настройка для приложений в подъемных механизмах.

Стратегия механического торможения в подъемных механизмах основывается на 3-шаговой последовательности, в которой управление двигателем и отпускание тормоза синхронизируются с целью обеспечить отпускание тормозов с максимально возможной плавностью.

1. **Предварительное намагничивание двигателя.**

Чтобы обеспечить функцию удержания в двигателе и убедиться в том, что он установлен правильно, следует предварительно намагнитить двигатель.

2. **Приложение крутящего момента к сцепленному тормозу.**

Когда груз удерживается механическим тормозом, величину груза определить невозможно — можно определить только направление его перемещения. В момент расцепления тормоза необходимо передать управление грузом двигателю. Чтобы облегчить эту передачу управления, в направлении движения груза прилагается крутящий момент, задаваемый пользователем (*параметр 2-26 Задание крутящ. момента*). Это позволяет инициализировать регулятор скорости, который в итоге берет на себя управление грузом. Чтобы сократить износ коробки передач вследствие свободного хода, крутящий момент усиливают.

3. **Отпускание тормоза.**

Когда крутящий момент достигает значения, установленного в пар. *параметр 2-26 Задание крутящ. момента*, тормоз отпускается. Значение, установленное в пар. *параметр 2-25 Время отпускания тормоза*, определяет задержку перед снятием груза с тормоза. Чтобы обеспечить как можно более быструю реакцию на этап нагружения, следующий за отпусканием тормоза, можно форсировать ПИД-регулятор скорости путем увеличения пропорционального усиления.

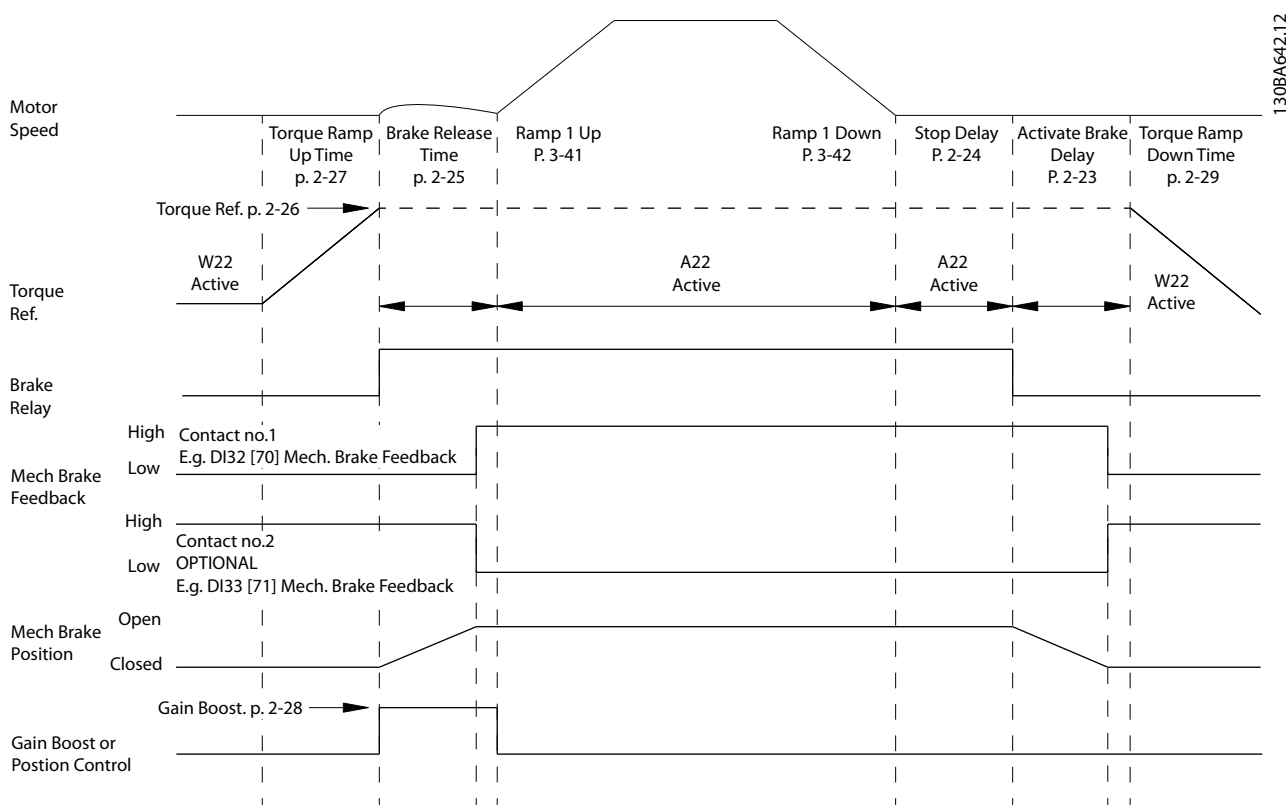


Рисунок 5.8 Последовательность отпускания тормоза при управлении механическим тормозом подъемного механизма

Параметры с *Параметр 2-26 Задание крутящ. момента* по *параметр 2-33 Speed PID Start Lowpass Filter Time* доступны только при управлении механическим тормозом подъемного механизма (при регулировании магнитного потока с обратной связью от двигателя). Параметры с *Параметр 2-30 Position P Start Proportional Gain* по *параметр 2-33 Speed PID Start Lowpass Filter Time* могут быть заданы для обеспечения плавного изменения при переходе от регулирования скорости к регулированию положения в течение времени, заданного параметром *параметр 2-25 Время отпускания тормоза*, то есть времени, когда нагрузка передается от механического тормоза на преобразователь частоты. Параметры с *Параметр 2-30 Position P Start Proportional Gain* по *параметр 2-33 Speed PID Start Lowpass Filter Time* активны, когда для пар. *параметр 2-28 Коэф. форсирования усиления* установлено значение «0». Дополнительную информацию см. в *Рисунок 5.8*.

**УВЕДОМЛЕНИЕ**

Пример расширенного управления механическим тормозом в подъемных механизмах см. в *глава 12 Примеры применения*.

## 5.5 Описание разделения нагрузки

Разделение нагрузки — это функция, которая позволяет подключать цепи постоянного тока нескольких преобразователей частоты, благодаря чему создается система с несколькими преобразователями частоты для работы с одной механической нагрузкой. Разделение нагрузки обеспечивает следующие преимущества:

### Энергосбережение

Двигатель, работающий в рекуперативном режиме, может снабжать энергией преобразователи частоты, которые работают в двигательном режиме.

### Снижение потребности в запасных частях

Обычно для всей системы преобразователя частоты требуется лишь один тормозной резистор — не нужно устанавливать тормозной резистор для каждого преобразователя частоты.

### Резервное питание

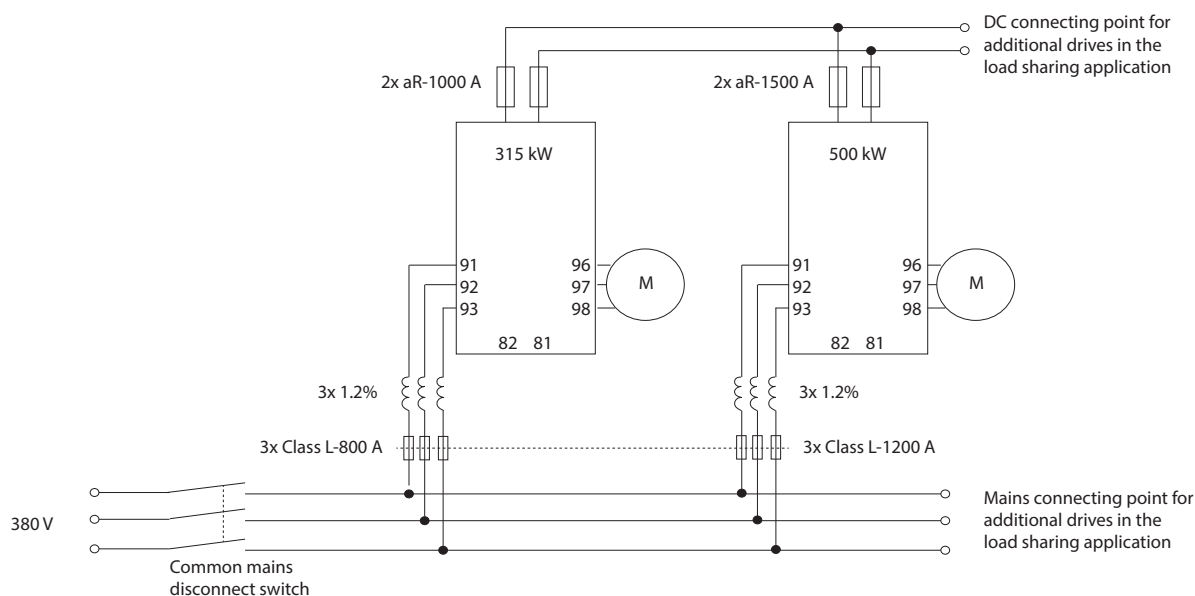
В случае сбоя в сети все связанные преобразователи частоты могут питаться через цепь постоянного тока из резервного источника питания. Система может продолжать работать или выполнить контролируемый останов.

### Предварительные условия

Прежде чем использовать функцию разделения нагрузки, необходимо обеспечить выполнение следующих условий:

- Преобразователь частоты должен быть оснащен клеммами разделения нагрузки.
- Серия продуктов должна быть одинаковой. Только преобразователи частоты VLT® AutomationDrive могут использоваться с другими преобразователями частоты VLT® AutomationDrive.
- Преобразователи частоты должны быть расположены физически близко друг к другу так, чтобы расстояние между ними не превышало 25 м (82 фута).
- Преобразователи частоты должны иметь одинаковое номинальное напряжение.
- При добавлении тормозного резистора в конфигурацию распределения нагрузки все преобразователи частоты должны быть оснащены тормозным прерывателем.
- Клеммы разделения нагрузки должны использоваться в сочетании с предохранителями.

Схема системы с разделением нагрузки, в которой применяются наилучшие методы, приведена на *Рисунок 5.9*.



5

Рисунок 5.9 Схема системы с разделением нагрузки, в которой применяются наилучшие методы

**Разделение нагрузки**

В устройствах со встроенным разделением нагрузки есть клеммы 89 (+) и 88 (-) постоянного тока. В преобразователе частоты эти клеммы подключены к шине постоянного тока перед реактором цепи постоянного тока и конденсаторами шины.

При подключении клемм с разделением нагрузки существуют две конфигурации.

- Клеммы используются для одновременного подключения цепей шины постоянного тока от разных преобразователей частоты. Это позволяет блоку, находящемуся в режиме рекуперации, передавать свое излишнее напряжение на шину другому блоку, который приводит двигатель. Разделение нагрузки этим способом может снизить потребность во внешних динамических тормозных резисторах, а также способствует экономии энергии. Таким образом можно соединить неограниченное число преобразователей частоты, однако у всех преобразователей должно быть одно и то же номинальное напряжение. Кроме того, в зависимости от мощности и числа устройств может потребоваться установка в цепи постоянного тока реакторов постоянного тока и плавких предохранителей постоянного тока, а в питающей сети — реакторов переменного тока. Использование такой конфигурации требует учета различных специальных факторов.
- Преобразователь частоты питается исключительно от источника постоянного тока. Для этой конфигурации требуются:
  - источник постоянного тока.
  - способ постепенной подачи напряжения на шину постоянного тока при включении.

## 5.6 Описание функции рекуперации

Рекуперация обычно имеет место в приложениях с непрерывным торможением, таких как краны/подъемники, нисходящие конвейеры и центрифуги; энергия здесь поступает из замедляемого двигателя.

Избыточная энергия отводится от преобразователя частоты одним из следующих способов:

- Тормозной прерыватель рассеивает избыточную энергию в виде тепла внутри катушек тормозного резистора.
- Клеммы рекуперации позволяют подключить к преобразователю частоты рекуперативное устройство стороннего производителя, позволяя вернуть избыточную энергию в электросеть.

Возвращение избыточной энергии в электросеть представляет собой наиболее эффективный способ использования регенерированной энергии в приложениях с непрерывным торможением.

5

## 5.7 Обзор охлаждения в тыльном канале

Уникальная конструкция с тыльным каналом направляет охлаждающий воздух через радиаторы, а через область электронных компонентов проходит лишь минимальный поток воздуха. Между тыльным каналом охлаждения и областью электроники преобразователя частоты VLT® имеется уплотнение IP54/тип 12. Тыльный канал охлаждения позволяет выводить за пределы корпуса 90 % выделяющегося тепла. Такая конструкция повышает надежность и продлевает срок службы компонентов, резко снижая температуры внутри корпуса и загрязнение электронных компонентов. На *Рисунок 5.10* показана стандартная конфигурация воздушного потока для преобразователей частоты E1h–E4h.

Для перенаправления воздушного потока в зависимости от конкретных требований доступны различные комплекты для устройства тыльного канала охлаждения. На *Рисунок 5.11* показаны 2 варианта конфигурации воздушного потока для преобразователей частоты E1h–E4h.

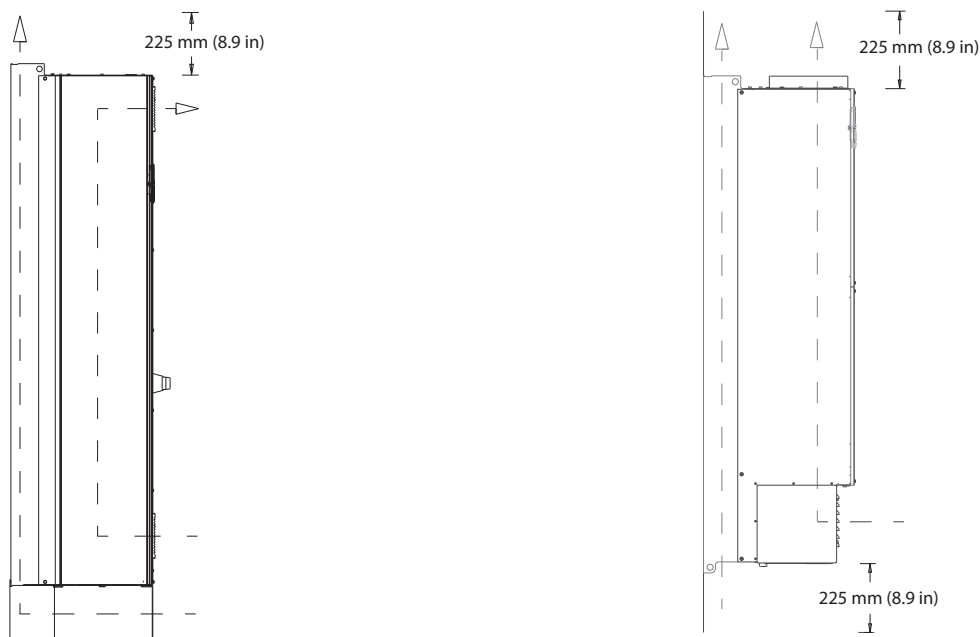
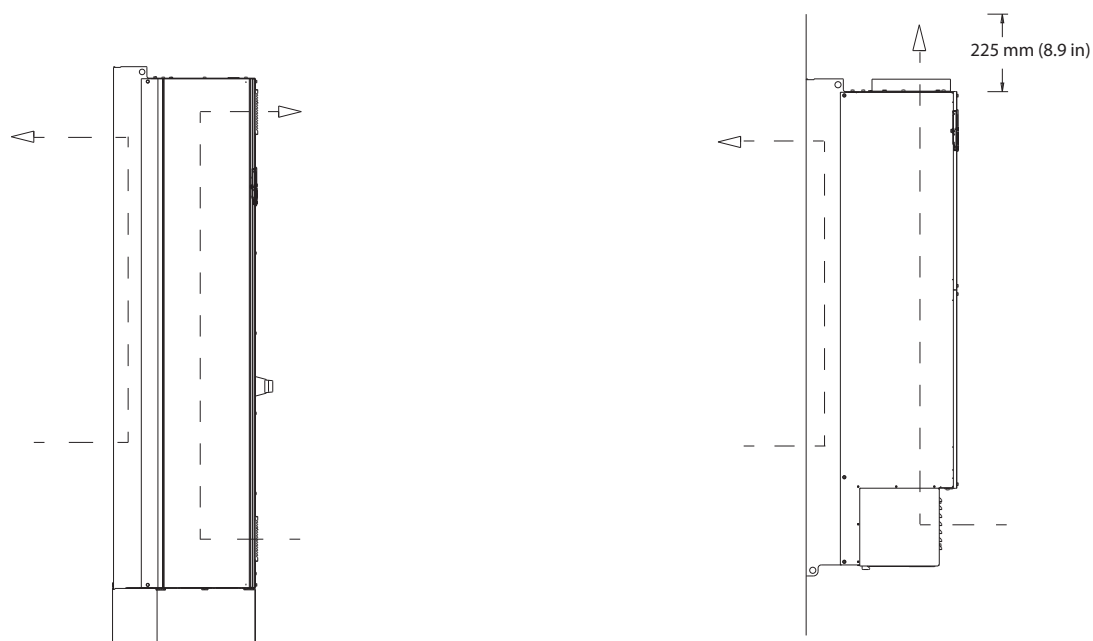


Рисунок 5.10 Стандартная конфигурация воздушной циркуляции для E1h/E2h (слева) и E3h/E4h (справа)





130BF700.10

5

Рисунок 5.11 Вариант конфигурации воздушной циркуляции через заднюю стенку для E1h/E2h (слева) и E3h/E4h (справа)

## 6 Дополнительные устройства и принадлежности

### 6.1 Устройства периферийной шины

В этом разделе описаны устройства периферийной шины, доступные для преобразователей частоты серии VLT® AutomationDrive. Использование устройства периферийной шины уменьшает стоимость системы, ускоряет обмен данными и повышает его эффективность, а также упрощает интерфейс пользователя. Номера для заказа см. в *глава 13.2 Номера для заказа дополнительных устройств и принадлежностей.*

#### 6.1.1 VLT® PROFIBUS DP V1 MCA 101

MCA 101 обеспечивает:

- Широкую совместимость, высокую надежность, поддержку основных поставщиков PLC и взаимозаменяемость с будущими версиями.
- Быструю, эффективную связь, понятную установку, передовую диагностику и параметризацию, а также авто-конфигурацию данных процесса с помощью файла GSD.
- Ациклическую параметризацию с помощью PROFIBUS DP-V1, PROFIdrive или конечных автоматов профилей Danfoss FC.

#### 6.1.2 VLT® DeviceNet MCA 104

MCA 104 обеспечивает:

- Поддержку профиля преобразователя частоты ODVA с помощью экземпляров ввода-вывода 20/70 и 21/71, что гарантирует совместимость с имеющимися системами.
- Дополнительным преимуществом являются интенсивные методики проверки совместимости ODVA, которые обеспечивают эксплуатационную совместимость изделий.

#### 6.1.3 VLT® CAN Open MCA 105

MCA 105 обеспечивает:

- Стандартизированную работу.
- Операционную совместимость.
- Низкую стоимость.

Эта дополнительная плата для полностью реализует как высокоприоритетный доступ к управлению

преобразователем частоты (связь PDO), так и доступ ко всем параметрам с помощью ациклических данных (связь SDO).

Для обеспечения функциональной совместимости плата с этим протоколом использует профиль преобразователя частоты DSP402.

#### 6.1.4 VLT® PROFIBUS Converter MCA 113

Плата MCA 113 представляет собой специальную версию сетевых шин PROFIBUS, которая эмулирует команды VLT® 3000 в преобразователе частоты VLT® AutomationDrive.

Это дает возможность замены VLT® 3000 преобразователем частоты VLT® AutomationDrive или позволяет расширить существующую систему без дорогостоящего изменения программы PLC. При модернизации с использованием отличающегося сетевого интерфейса установленный преобразователь легко удаляется и заменяется новым устройством. Использование платы MCA 113 позволяет инвестировать без потери гибкости.

#### 6.1.5 VLT® PROFIBUS Converter MCA 114

Плата MCA 114 представляет собой специальную версию сетевых шин PROFIBUS, которая эмулирует команды VLT® 5000 в преобразователе частоты VLT® AutomationDrive. Данная опция поддерживает DP-V1.

Это дает возможность замены VLT® 5000 преобразователем частоты VLT® AutomationDrive или позволяет расширить существующую систему без дорогостоящего изменения программы PLC. При модернизации с использованием отличающегося сетевого интерфейса установленный преобразователь легко удаляется и заменяется новым устройством. Использование платы MCA 114 позволяет инвестировать без потери гибкости.

#### 6.1.6 VLT® PROFINET MCA 120

Плата MCA 120 — это уникальное сочетание самых высоких характеристик с высочайшей степенью открытости. Эта плата позволяет использовать множество функций VLT® PROFIBUS MCA 101, сводя к минимуму усилия пользователя при переходе на сеть

PROFINET и обеспечивая отдачу от инвестиций в программное обеспечение PLC.

- Те же типы PPO, что и у VLT® PROFIBUS DP V1 MCA 101, обеспечивают простоту перехода на PROFINET.
- Имеется встроенный веб-сервер для удаленной диагностики и считывания основных параметров привода.
- Поддерживает MRP.
- Поддерживает DP-V1. Обеспечивает легкую, быструю и стандартизированную обработку информации по предупреждениям и аварийным сигналам в PLC, повышая производительность системы.
- Поддерживает PROFI-safe при использовании в сочетании с VLT® Safety Option MCB 152.
- Обеспечивает реализацию согласно Классу соответствия B (Conformance Class B).

### 6.1.7 VLT® EtherNet/IP MCA 121

Сеть Ethernet — это стандарт будущего для осуществления связи в производственном цехе. Дополнительная плата VLT® EtherNet/IP MCA 121 основана на новейшей технологии, доступной для промышленного использования и пригодной для работы даже в самых тяжелых условиях применения. EtherNet/IP™ позволяет перейти от коммерческого продукта Ethernet к общему промышленному протоколу CIP™ — этот протокол верхнего уровня и объектная модель используются и в сетях DeviceNet.

Устройство MCA 121 предлагает несколько усовершенствованных функций, в частности:

- встроенный высокоэффективный коммутатор, обеспечивающий топологию линий и устраняющий необходимость во внешних коммутаторах;
- кольцо DLR (начиная с 2015 г.)
- усовершенствованные функции коммутации и диагностики;
- встроенный веб-сервер;
- почтовая клиентская служба для оповещения об обслуживании;
- адресация к одному и нескольким устройствам.

### 6.1.8 VLT® Modbus TCP MCA 122

Дополнительное устройство MCA 122 подключается к сетям TCP с использованием протокола Modbus. Оно способно работать с интервалом соединений до 5 мс в

обоих направлениях, что делает его одним из самых быстрых устройств Modbus TCP на рынке. Протокол обеспечивает избыточность управляющих модулей и замену одного из двух управляющих модулей в горячем режиме, то есть без выключения системы. В числе других возможностей:

- Встроенный веб-сервер для удаленной диагностики и считывания основных параметров привода.
- Настройка уведомлений по электронной почте одному или нескольким получателям; уведомления отправляются при возникновении либо сбросе определенных аварийных сигналов или предупреждений.
- Двойное подключение к главному PLC для обеспечения избыточности.

### 6.1.9 VLT® POWERLINK MCA 123

Плата MCA 123 представляет второе поколение сетевых шин. Теперь может быть использована высокая скорость передачи данных по промышленной сети Ethernet, что позволяет задействовать на полную мощность информационные технологии, используемые в мире автоматизации производственных процессов.

Эта сетевая плата обеспечивает высокую производительность в режиме реального времени и использует функции синхронизации времени. Благодаря использованию основанных на CANopen моделей связи, функций управления сетью и моделей описания устройств, эта опция обеспечивает быструю сеть передачи данных и предлагает следующие возможности:

- Динамические приложения управления перемещением;
- Использование при погрузочно-разгрузочных работах;
- Приложения синхронизации и позиционирования.

### 6.1.10 VLT® EtherCAT MCA 124

Дополнительная плата MCA 124 обеспечивает подключение к основанным на EtherCAT® сетям по протоколу EtherCAT.

Эта опция обеспечивает проводную связь EtherCAT на полной скорости и подключение к преобразователю частоты с интервалом от 4 мс в обоих направлениях, что обеспечивает возможность использования MCA 124

в сетях различного типа — от низкопроизводительных сетей до сетей с сервоприводами.

- Поддержка EoE Ethernet поверх EtherCAT.
- HTTP (гипертекстовый транспортный протокол) для диагностики через встроенный веб-сервер.
- Технология CoE (CAN Over Ethernet) для доступа к параметрам преобразователя частоты.
- SMTP (упрощенный протокол передачи электронной почты) для уведомлений по электронной почте.
- TCP/IP для простого доступа к данным конфигурации преобразователя частоты с МСТ 10.

## 6.2 Расширения функциональных возможностей

В этом разделе описаны платы функциональных расширений, доступные для преобразователей частоты серии VLT® AutomationDrive. Номера для заказа см. в главе 13.2 Номера для заказа дополнительных устройств и принадлежностей.

### 6.2.1 VLT® General Purpose I/O Module MCB 101

Плата MCB 101 предоставляет увеличенное число входов и выходов управления:

- 3 цифровых входа 0–24 В: логический 0 < 5 В, логическая 1 > 10 В.
- 2 аналоговых входа 0–10 В: разрешение 10 бит + знак.
- 2 цифровых выхода NPN/PNP по двухтактной схеме.
- 1 аналоговый выход 0/4–20 мА.
- Подпружиненное соединение.

### 6.2.2 VLT® Encoder Input MCB 102

MCB 102 обеспечивает возможность подключения инкрементных и абсолютных энкодеров различных типов. Подключенный энкодер может применяться для управления скоростью по замкнутому контуру, а также для управления магнитным потоком двигателя по замкнутому контуру. Поддерживаются следующие типы энкодеров:

- TTL 5 В (RS 422)
- синусно-косинусные 1 VPP
- SSI

- HIPERFACE
- EnDat

### 6.2.3 VLT® Resolver Option MCB 103

Дополнительная плата MCB 103 обеспечивает подключение резолвера для получения обратной связи по скорости от двигателя.

- Первичное напряжение: 2–8 В (эфф.)
- Частота первичной обмотки: 2,0–15 кГц
- Максимальный ток первичной обмотки: 50 мА (эфф.)
- Напряжение вторичной обмотки: 4 В (эфф.)
- Подпружиненное соединение

### 6.2.4 VLT® Relay Card MCB 105

Плата MCB 105 расширяет функции реле, добавляя еще три релейных выхода.

- Защищает соединение кабеля управления.
- Подпружиненное соединение провода управления.

**Макс. частота коммутации (номинальная/минимальная нагрузка)**

6 мин.<sup>-1</sup>/20 с<sup>-1</sup>

**Макс. нагрузка на клеммах**

Резистивная нагрузка AC-1: 240 В перем. тока, 2 А

### 6.2.5 VLT® Safe PLC Interface Option MCB 108

Плата MCB 108 обеспечивает безопасный ввод на основе однополюсного входа 24 В пост. тока. В большинстве применений этот вход позволяет пользователю обеспечить безопасность без лишних затрат.

В случае использования с более сложными продуктами, такими как Safety PLC и световые завесы, Safe PLC обеспечивает подключение двухпроводных цепей безопасности. Интерфейс PLC позволяет прекращать работу на плюсовой или минусовой перемычке, не мешая сигналам, принимаемым Safe PLC.

## 6.2.6 VLT® PTC Thermistor Card MCB 112

Плата MCB 112 улучшает контроль состояния двигателя по сравнению со встроенной функцией ЭТР и клеммой термистора

- Защищает электродвигатель от перегрева.
- Имеет сертификацию ATEX для работы с взрывозащищенными электродвигателями класса Ex-d и Ex-e (только EX-e для FC 302).
- Использует функцию Safe Torque Off, которая одобрена в соответствии с SIL 2 IEC 61508.

## 6.2.7 VLT® Sensor Input Option MCB 114

Плата MCB 114 защищает двигатель от перегрева посредством контроля температуры подшипников и обмоток двигателя.

- Три самоопределяющихся входа для 2- или 3-проводных датчиков PT100/PT1000.
- 1 дополнительный аналоговый вход 4–20 мА.

## 6.2.8 VLT® Safety Option MCB 150 и MCB 151

Платы MCB 150 и MCB 151 расширяют возможности Safe Torque Off (STO), имеющиеся в стандартной конфигурации VLT® AutomationDrive. Использование функции безопасного останова 1 (SS1) позволяет выполнять контролируемый останов перед снятием крутящего момента. Использование функции ограничения безопасной скорости (SLS) позволяет контролировать, не превышен ли установленный предел скорости

Данные дополнительные платы могут использоваться вплоть до уровней безопасности PL d в соответствии с ISO 13849-1 и SIL 2 в соответствии с IEC 61508.

- Дополнительные функции, соответствующие стандартам безопасности.
- Замена внешнего оборудования безопасности.
- Уменьшение требуемого пространства.
- 2 программируемых входа для обеспечения безопасности.
- 1 выход для обеспечения безопасности (для T37).
- Более легкая сертификация машины.
- Преобразователь частоты может находиться под напряжением постоянно.
- Безопасное копирование с LCP.

- Динамический отчет о вводе в эксплуатацию.
- Энкодер TTL (MCB 150) или HTL (MCB 151) для получения обратной связи по скорости.

## 6.2.9 VLT® Safety Option MCB 152

Дополнительная плата MCB 152 обеспечивает активацию функции Safe Torque Off (STO) по шине PROFIsafe при использовании в сочетании с сетевой платой VLT® PROFINET MCA 120. Улучшает гибкость за счет подключения предохранительных устройств на производственной установке.

Функции безопасности в MCB 152 реализованы в соответствии с EN IEC 61800-5-2. MCB 152 поддерживает функции PROFIsafe по активации встроенных функций защиты в VLT® AutomationDrive с любого хоста PROFIsafe, вплоть до уровня целостности защиты SIL 2 в соответствии со стандартами EN IEC 61508 и EN IEC 62061, уровнем эффективности PL d, Категорией 3 согласно EN ISO 13849-1.

- Устройство PROFIsafe (в сочетании с MCA 120).
- Замена внешнего оборудования безопасности.
- 2 программируемых входа для обеспечения безопасности.
- Безопасное копирование с LCP.
- Динамический отчет о вводе в эксплуатацию.

## 6.3 Платы управления перемещением и релейные платы

В этом разделе описаны платы управления перемещением и релейные платы, доступные для преобразователей частоты серии VLT® AutomationDrive. Номера для заказа см. в *глава 13.2 Номера для заказа дополнительных устройств и принадлежностей*.

### 6.3.1 Устройство управления перемещением VLT® Motion Control Option MCO 305

Плата MCO 305 представляет собой интегрированный программируемый контроллер движения, который обеспечивает дополнительную функциональность и гибкость преобразователей частоты VLT® VLT® AutomationDrive.

MCO 305 предлагает простые в использовании функции перемещения наряду с возможностью программирования — идеальное решение для задач позиционирования и синхронизации.

- Синхронизация (электронный вал), позиционирование и управление посредством электронного кулачкового механизма.
- 2 отдельных интерфейса, поддерживающих и инкрементные, и абсолютные энкодеры.
- 1 выход энкодера (функция виртуального ведущего).
- 10 цифровых входов.
- 8 цифровых выходов.
- Поддержка шины перемещения CANopen, энкодеров и модулей ввода/вывода.
- Прием и передача данных через сетевой интерфейс (требуется дополнительная плата периферийной шины).
- Программные средства для ПК для программирования и ввода в эксплуатацию: редактор программ и профиля кулачкового механизма.
- Структурированный язык программирования, поддерживающий как циклическое, так и управляемое событиями выполнение.

### 6.3.2 VLT® Synchronizing Controller MCO 350

Плата MCO 350 для VLT® AutomationDrive расширяет функциональные возможности преобразователя частоты при его использовании для синхронизации и заменяет традиционные механические решения.

- Синхронизация скорости.
- Синхронизация положения (угла) с коррекцией и без коррекции маркера.
- Регулируемое передаточное число редуктора (в интерактивном режиме).
- Регулируемое смещение положения (угла) (в интерактивном режиме).
- Выход энкодера с функцией виртуального главного устройства для синхронизации нескольких подчиненных устройств.
- Управление через порты ввода/вывода или по шине.
- Функция возврата в нулевое положение.
- Конфигурация и считывание состояния и данных посредством LCP.

### 6.3.3 VLT® Positioning Controller MCO 351

MCO 351 обладает целым рядом удобных преимуществ при использовании в качестве устройства позиционирования во многих отраслях промышленности.

- Относительное позиционирование.
- Абсолютное позиционирование.
- Позиционирование с помощью контактного датчика.
- Использование концевых выключателей (программных и аппаратных).
- Управление через порты ввода/вывода или по шине.
- Использование механического тормоза (с программируемой задержкой).
- Обработка ошибок.
- Толчковая скорость/ручное управление.
- Позиционирование относительно маркера.
- Функция возврата в нулевое положение.
- Конфигурация и считывание состояния и данных посредством LCP.

### 6.3.4 VLT® Extended Relay Card MCB 113

Дополнительная плата MCB 113 добавляет входы/выходы для повышения гибкости.

- 7 цифровых входов.
- 2 аналоговых выхода.
- 4 реле SPDT.
- Соответствует рекомендациям NAMUR.
- Возможность гальванической развязки.

## 6.4 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 частоты и, в результате, к останову. Для рассеивания энергии, вырабатываемой при рекуперативном торможении, используются тормозные резисторы. Резистор выбирается по величине сопротивления, номиналу рассеиваемой мощности и размерам. Компания Danfoss предлагает широкий ассортимент различных

резисторов, специально предназначенных работы с преобразователями частоты Danfoss. Номера для заказа и дополнительную информацию о выборе типоразмера тормозных резисторов см. в *руководстве по проектированию VLT® Brake Resistor MCE 101*

## 6.5 Синусоидные фильтры

Когда двигатель управляется преобразователем частоты, от двигателя слышен резонансный шум. Этот шум, обусловленный конструкцией двигателя, возникает при каждом срабатывании коммутатора инвертора в преобразователе частоты. Таким образом, частота резонансного шума соответствует частоте коммутации преобразователя частоты.

Компания Danfoss поставляет синусоидный фильтр, ослабляющий акустический шум двигателя. Этот фильтр уменьшает время нарастания напряжения, пиковое напряжение на нагрузке (U<sub>пик.</sub>) и ток пульсаций (ΔI), поступающий в двигатель, благодаря чему ток и напряжение становятся практически синусоидальными. В результате акустический шум двигателя снижается до минимума.

Ток пульсаций в катушках синусоидного фильтра также вызывает некоторый шум. Эта проблема решается путем встраивания фильтра в шкаф или корпус.

Номера для заказа и дополнительную информацию о синусоидных фильтрах см. в *руководстве по проектированию выходных фильтров*.

## 6.6 Фильтры dU/dt

Danfoss поставляет фильтры dU/dt, которые представляют собой дифференциальные фильтры низких частот, сокращающие пиковые напряжения между фазами на клеммах двигателя и уменьшающие длительность переднего фронта до уровня, который уменьшает нагрузку на изоляцию в обмотках двигателя. Это типичная проблема при использовании коротких кабелей электродвигателя.

В отличие от синусоидных фильтров, у фильтров dU/dt частота среза превышает частоту коммутации.

Номера для заказа и дополнительную информацию о фильтрах dU/dt см. в *руководстве по проектированию выходных фильтров*.

## 6.7 Фильтры синфазных помех

Сердечники высокочастотного фильтра синфазных помех (сердечники HF-CM) уменьшают электромагнитные помехи и защищают подшипники от электрических разрядов. Это специальные нанокристаллические магнитопроводы, которые имеют

лучшие характеристики фильтрации по сравнению с обычными ферритовыми сердечниками. Сердечники HF-CM действуют как синфазный дроссель между фазами и землей.

Устанавливаемые на трех фазах двигателя (U, V, W) фильтры синфазных помех уменьшают высокочастотные синфазные токи. В результате высокочастотные электромагнитные помехи от кабеля двигателя снижаются.

Номера для заказа см. в *руководстве по проектированию выходных фильтров*.

## 6.8 Фильтры гармоник

Усовершенствованные фильтры гармоник VLT® Advanced Harmonic Filters AHF 005 и AHF 010 нельзя сравнивать с традиционными фильтрами гармоник. Фильтры гармоник Danfoss специально разработаны для использования с преобразователями частоты Danfoss.

При подключении фильтров гармоник AHF 005 или AHF 010 перед преобразователем частоты Danfoss общие гармонические искажения тока, возвращаемые в сеть питания, сокращаются до 5 % и 10 % соответственно.

Номера для заказа и дополнительную информацию о выборе типоразмера тормозных резисторов см. в *руководстве по проектированию VLT® Advanced Harmonic Filters AHF 005/AHF 010*.

## 6.9 Комплекты большой мощности

Для этих корпусов имеются комплекты, рассчитанные на высокую мощность, например комплекты охлаждения через заднюю стенку, комплект обогревателя, комплект сетевого экрана. Краткое описание и номера для заказа всех доступных комплектов см. в *глава 13.2 Номера для заказа дополнительных устройств и принадлежностей*.

## 7 Технические характеристики

### 7.1 Электрические характеристики, 380–500 В

VLT® AutomationDrive FC 302	N315		N355		N400	
Высокая/нормальная перегрузка (Высокая перегрузка (HO) = 150 % тока в течение 60 с, нормальная перегрузка (NO) = 110 % тока в течение 60 с)	HO	NO	HO	NO	HO	NO
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 400 В	315	355	355	400	400	450
Типичная выходная мощность на валу [л. с.] при 460 В	450	500	500	600	550	600
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 500 В	355	400	400	500	500	530
<b>Размер корпуса</b>	<b>E1h/E3h</b>		<b>E1h/E3h</b>		<b>E1h/E3h</b>	
<b>Выходной ток (3 фазы)</b>						
Непрерывный (при 400 В) [А]	600	658	658	745	695	800
Прерывистый (перегрузка 60 с) (при 400 В) [А]	900	724	987	820	1043	880
Непрерывный (при 460/500 В) [А]	540	590	590	678	678	730
Прерывистый (перегрузка 60 с) (при 460/500 В) [А]	810	649	885	746	1017	803
Непрерывный, мощность (при 400 В) [кВА]	416	456	456	516	482	554
Непрерывный, мощность (при 460 В) [кВА]	430	470	470	540	540	582
Непрерывный, мощность (при 500 В) [кВА]	468	511	511	587	587	632
<b>Макс. входной ток</b>						
Непрерывный (при 400 В) [А]	578	634	634	718	670	771
Непрерывный (при 460/500 В) [А]	520	569	569	653	653	704
<b>Макс. число и размер кабелей на фазу (E1h)</b>						
Сеть и двигатель, без тормоза [мм <sup>2</sup> (AWG)] <sup>1)</sup>	5 x 240 (5 x 500 mcm)		5 x 240 (5 x 500 mcm)		5 x 240 (5 x 500 mcm)	
Сеть и двигатель, с тормозом [мм <sup>2</sup> (AWG)] <sup>1)</sup>	4 x 240 (4 x 500 mcm)		4 x 240 (4 x 500 mcm)		4 x 240 (4 x 500 mcm)	
Тормоз или рекуперация [мм <sup>2</sup> (AWG)] <sup>1)</sup>	2 x 185 (2 x 350 mcm)		2 x 185 (2 x 350 mcm)		2 x 185 (2 x 350 mcm)	
<b>Макс. число и размер кабелей на фазу (E3h)</b>						
Сеть и двигатель [мм <sup>2</sup> (AWG)] <sup>1)</sup>	6 x 240 (6 x 500 mcm)		6 x 240 (6 x 500 mcm)		6 x 240 (6 x 500 mcm)	
Тормоз [мм <sup>2</sup> (AWG)] <sup>1)</sup>	2 x 185 (2 x 350 mcm)		2 x 185 (2 x 350 mcm)		2 x 185 (2 x 350 mcm)	
Разделение нагрузки или рекуперация [мм <sup>2</sup> (AWG)] <sup>1)</sup>	4 x 185 (4 x 350 mcm)		4 x 185 (4 x 350 mcm)		4 x 185 (4 x 350 mcm)	
Макс. внешние сетевые предохранители [А] <sup>2)</sup>	800		800		800	
Расчетные потери мощности при 400 В [Вт] <sup>3), 4)</sup>	6178	6928	6851	8036	7297	8783
Расчетные потери мощности при 460 В [Вт] <sup>3), 4)</sup>	5322	5910	5846	6933	7240	7969
КПД <sup>4)</sup>	0,98		0,98		0,98	
Выходная частота [Гц]	0–590		0–590		0–590	
Отключение при перегреве радиатора [°C (°F)]	110 (230)		110 (230)		110 (230)	
Отключение при перегреве платы управления [°C (°F)]	80 (176)		80 (176)		80 (176)	
Отключение при перегреве силовой платы питания [°C (°F)]	85 (185)		85 (185)		85 (185)	
Отключение при перегреве платы питания вентиляторов [°C (°F)]	85 (185)		85 (185)		85 (185)	
Отключение при перегреве платы защиты от бросков тока [°C (°F)]	85 (185)		85 (185)		85 (185)	

Таблица 7.1 Электрические характеристики для корпусов E1h/E3h, питание от сети 3 x 380–500 В



VLT® AutomationDrive FC 302	N450		N500	
Высокая/нормальная перегрузка (Высокая перегрузка (HO) = 150 % тока в течение 60 с, нормальная перегрузка (NO) = 110 % тока в течение 60 с)	HO	NO	HO	NO
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 400 В	450	500	500	560
Типичная выходная мощность на валу [л. с.] при 460 В	600	650	650	750
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 500 В	530	560	560	630
Размер корпуса	E2h/E4h		E2h/E4h	
Выходной ток (3 фазы)				
Непрерывный (при 400 В) [А]	800	880	880	990
Прерывистый (перегрузка 60 с) (при 400 В) [А]	1200	968	1320	1089
Непрерывный (при 460/500 В) [А]	730	780	780	890
Прерывистый (перегрузка 60 с) (при 460/500 В) [А]	1095	858	1170	979
Непрерывный, мощность (при 400 В) [кВА]	554	610	610	686
Непрерывный, мощность (при 460 В) [кВА]	582	621	621	709
Непрерывный, мощность (при 500 В) [кВА]	632	675	675	771
Макс. входной ток				
Непрерывный (при 400 В) [А]	771	848	848	954
Непрерывный (при 460/500 В) [А]	704	752	752	858
Макс. число и размер кабелей на фазу (E2h)				
Сеть и двигатель, без тормоза [мм <sup>2</sup> (AWG)] <sup>1)</sup>	6 x 240 (6 x 500 mcm)		6 x 240 (6 x 500 mcm)	
Сеть и двигатель, с тормозом [мм <sup>2</sup> (AWG)] <sup>1)</sup>	5 x 240 (5 x 500 mcm)		5 x 240 (5 x 500 mcm)	
Тормоз или рекуперация [мм <sup>2</sup> (AWG)] <sup>1)</sup>	2 x 185 (2 x 350 mcm)		2 x 185 (2 x 350 mcm)	
Макс. число и размер кабелей на фазу (E4h)				
Сеть и двигатель [мм <sup>2</sup> (AWG)] <sup>1)</sup>	6 x 240 (6 x 500 mcm)		6 x 240 (6 x 500 mcm)	
Тормоз [мм <sup>2</sup> (AWG)] <sup>1)</sup>	2 x 185 (2 x 350 mcm)		2 x 185 (2 x 350 mcm)	
Разделение нагрузки или рекуперация [мм <sup>2</sup> (AWG)] <sup>1)</sup>	4 x 185 (4 x 350 mcm)		4 x 185 (4 x 350 mcm)	
Макс. внешние сетевые предохранители [А] <sup>2)</sup>	1200		1200	
Расчетные потери мощности при 400 В [Вт] <sup>3), 4)</sup>	8352	9473	9449	11102
Расчетные потери мощности при 460 В [Вт] <sup>3), 4)</sup>	7182	7809	7771	9236
КПД <sup>4)</sup>	0,98		0,98	
Выходная частота [Гц]	0–590		0–590	
Отключение при перегреве радиатора [°C (°F)]	110 (230)		100 (212)	
Отключение при перегреве платы управления [°C (°F)]	80 (176)		80 (176)	
Отключение при перегреве силовой платы питания [°C (°F)]	85 (185)		85 (185)	
Отключение при перегреве платы питания вентиляторов [°C (°F)]	85 (185)		85 (185)	
Отключение при перегреве платы активной защиты от бросков тока [°C (°F)]	85 (185)		85 (185)	

Таблица 7.2 Электрические характеристики для корпусов E2h/E4h, питание от сети 3 x 380–500 В

1) Американский сортамент проводов.

2) Номиналы предохранителей см. в глава 10.5 Предохранители и автоматические выключатели.

3) Типовые значения потерь мощности приводятся при номинальной нагрузке; предполагается, что они находятся в пределах допуска  $\pm 15\%$  (допуск связан с изменениями напряжения и различием характеристик кабелей). Значения приведены исходя из типичного КПД двигателя (граница IE/IE3). Двигатели с меньшим КПД увеличивают потери мощности в преобразователе частоты. Касается определения размерных параметров охлаждения преобразователя частоты. Если частота коммутации превышает установленную по умолчанию, возможен существенный рост потерь. Приведенные данные учитывают мощность, потребляемую LCP и типовыми платами управления. Данные о потерях мощности в соответствии с EN 50598-2 см. на сайте [www.danfoss.com/vltenergyefficiency](http://www.danfoss.com/vltenergyefficiency). Установка дополнительных устройств и нагрузки заказчика могут увеличить потери на 30 Вт, хотя обычно при полной нагрузке платы управления и установленных дополнительных платах в гнездах А или В увеличение потерь составляет всего 4 Вт для каждой платы.

4) Измеряется с использованием экранированных кабелей двигателя длиной 5 м (16,4 фута) при номинальной нагрузке и номинальной частоте. КПД, измеренный при номинальном токе. Класс энергоэффективности см. в глава 7.5 Условия окружающей среды. Потери при частичной нагрузке см. на [www.danfoss.com/vltenergyefficiency](http://www.danfoss.com/vltenergyefficiency).

## 7.2 Электрические характеристики, 525–690 В

VLT® AutomationDrive FC 302	N355		N400		N500	
Высокая/нормальная перегрузка (Высокая перегрузка (HO) = 150 % тока в течение 60 с, нормальная перегрузка (NO) = 110 % тока в течение 60 с)	HO	NO	HO	NO	HO	NO
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 550 В	315	355	355	400	400	450
Типичная выходная мощность на валу [л. с.] при 575 В	400	450	400	500	500	600
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 690 В	355	450	400	500	500	560
<b>Размер корпуса</b>	<b>E1h/E3h</b>		<b>E1h/E3h</b>		<b>E1h/E3h</b>	
<b>Выходной ток (3 фазы)</b>						
Непрерывный (при 550 В) [А]	395	470	429	523	523	596
Прерывистый (перегрузка в течение 60 с при 550 В) [А]	593	517	644	575	785	656
Непрерывный (при 575/690 В) [А]	380	450	410	500	500	570
Прерывистый (перегрузка 60 с) (при 575/690 В) [А]	570	495	615	550	750	627
Непрерывный, мощность (при 550 В) [кВА]	376	448	409	498	498	568
Непрерывный, мощность (при 575 В) [кВА]	378	448	408	498	498	568
Непрерывный, мощность (при 690 В) [кВА]	454	538	490	598	598	681
<b>Макс. входной ток</b>						
Непрерывный (при 550 В) [А]	381	453	413	504	504	574
Непрерывный (при 575 В) [А]	366	434	395	482	482	549
Непрерывный (при 690 В) [А]	366	434	395	482	482	549
<b>Макс. число и размер кабелей на фазу (E1h)</b>						
Сеть и двигатель, без тормоза [мм <sup>2</sup> (AWG)] <sup>1)</sup>	5 x 240 (5 x 500 mcm)		5 x 240 (5 x 500 mcm)		5 x 240 (5 x 500 mcm)	
Сеть и двигатель, с тормозом [мм <sup>2</sup> (AWG)] <sup>1)</sup>	4 x 240 (4 x 500 mcm)		4 x 240 (4 x 500 mcm)		4 x 240 (4 x 500 mcm)	
Тормоз или рекуперация [мм <sup>2</sup> (AWG)] <sup>1)</sup>	2 x 185 (2 x 350 mcm)		2 x 185 (2 x 350 mcm)		2 x 185 (2 x 350 mcm)	
<b>Макс. число и размер кабелей на фазу (E3h)</b>						
Сеть и двигатель [мм <sup>2</sup> (AWG)] <sup>1)</sup>	6 x 240 (6 x 500 mcm)		6 x 240 (6 x 500 mcm)		6 x 240 (6 x 500 mcm)	
Тормоз [мм <sup>2</sup> (AWG)] <sup>1)</sup>	2 x 185 (2 x 350 mcm)		2 x 185 (2 x 350 mcm)		2 x 185 (2 x 350 mcm)	
Разделение нагрузки или рекуперация [мм <sup>2</sup> (AWG)] <sup>1)</sup>	4 x 185 (4 x 350 mcm)		4 x 185 (4 x 350 mcm)		4 x 185 (4 x 350 mcm)	
Макс. внешние сетевые предохранители [А] <sup>2)</sup>	800		800		800	
Расчетные потери мощности при 600 В [Вт] <sup>3)4)</sup>	4989	6062	5419	6879	6833	8076
Расчетные потери мощности при 690 В [Вт] <sup>3)4)</sup>	4920	5939	5332	6715	6678	7852
КПД <sup>4)</sup>	0,98		0,98		0,98	
Выходная частота [Гц]	0–590		0–590		0–590	
Отключение при перегреве радиатора [°C (°F)]	110 (230)		110 (230)		110 (230)	
Отключение при перегреве платы управления [°C (°F)]	80 (176)		80 (176)		80 (176)	
Отключение при перегреве силовой платы питания [°C (°F)]	85 (185)		85 (185)		85 (185)	
Отключение при перегреве платы питания вентиляторов [°C (°F)]	85 (185)		85 (185)		85 (185)	
Отключение при перегреве платы защиты от бросков тока [°C (°F)]	85 (185)		85 (185)		85 (185)	

Таблица 7.3 Электрические характеристики для корпусов E1h/E3h, питание от сети 3 x 525–690 В

VLT® AutomationDrive FC 302	N560		N630		N710	
Высокая/нормальная перегрузка (Высокая перегрузка (HO) = 150 % тока в течение 60 с, нормальная перегрузка (NO) = 110 % тока в течение 60 с)	HO	NO	HO	NO	HO	NO
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 550 В	450	500	500	560	560	670
Типичная выходная мощность на валу [л. с.] при 575 В	600	650	650	750	750	950
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 690 В	560	630	630	710	710	800
<b>Размер корпуса</b>	<b>E1h/E3h</b>		<b>E2h/E4h</b>		<b>E2h/E4h</b>	
<b>Выходной ток (3 фазы)</b>						
Непрерывный (при 550 В) [А]	596	630	659	763	763	889
Прерывистый (перегрузка в течение 60 с при 550 В) [А]	894	693	989	839	1145	978
Непрерывный (при 575/690 В) [А]	570	630	630	730	730	850
Прерывистый (перегрузка 60 с) (при 575/690 В) [А]	855	693	945	803	1095	935
Непрерывный, мощность (при 550 В) [кВА]	568	600	628	727	727	847
Непрерывный, мощность (при 575 В) [кВА]	568	627	627	727	727	847
Непрерывный, мощность (при 690 В) [кВА]	681	753	753	872	872	1016
<b>Макс. входной ток</b>						
Непрерывный (при 550 В) [А]	574	607	635	735	735	857
Непрерывный (при 575 В) [А]	549	607	607	704	704	819
Непрерывный (при 690 В) [А]	549	607	607	704	704	819
<b>Макс. число и размер кабелей на фазу (E2h)</b>						
Сеть и двигатель, без тормоза [мм <sup>2</sup> (AWG)] <sup>1)</sup>	6 x 240 (6 x 500 mcm)		6 x 240 (6 x 500 mcm)		6 x 240 (6 x 500 mcm)	
Сеть и двигатель, с тормозом [мм <sup>2</sup> (AWG)] <sup>1)</sup>	5 x 240 (5 x 500 mcm)		5 x 240 (5 x 500 mcm)		5 x 240 (5 x 500 mcm)	
Тормоз или рекуперация [мм <sup>2</sup> (AWG)] <sup>1)</sup>	2 x 185 (2 x 350 mcm)		2 x 185 (2 x 350 mcm)		2 x 185 (2 x 350 mcm)	
<b>Макс. число и размер кабелей на фазу (E4h)</b>						
Сеть и двигатель [мм <sup>2</sup> (AWG)] <sup>1)</sup>	6 x 240 (6 x 500 mcm)		6 x 240 (6 x 500 mcm)		6 x 240 (6 x 500 mcm)	
Тормоз [мм <sup>2</sup> (AWG)] <sup>1)</sup>	2 x 185 (2 x 350 mcm)		2 x 185 (2 x 350 mcm)		2 x 185 (2 x 350 mcm)	
Разделение нагрузки или рекуперация [мм <sup>2</sup> (AWG)] <sup>1)</sup>	4 x 185 (4 x 350 mcm)		4 x 185 (4 x 350 mcm)		4 x 185 (4 x 350 mcm)	
Макс. внешние сетевые предохранители [А] <sup>2)</sup>	800		1200		1200	
Расчетные потери мощности при 600 В [Вт] <sup>3)4)</sup>	8069	9208	8543	10346	10319	12723
Расчетные потери мощности при 690 В [Вт] <sup>3)4)</sup>	7848	8921	8363	10066	10060	12321
КПД <sup>4)</sup>	0,98		0,98		0,98	
Выходная частота [Гц]	0–590		0–590		0–590	
Отключение при перегреве радиатора [°C (°F)]	110 (230)		110 (230)		110 (230)	
Отключение при перегреве платы управления [°C (°F)]	80 (176)		80 (176)		80 (176)	
Отключение при перегреве силовой платы питания [°C (°F)]	85 (185)		85 (185)		85 (185)	
Отключение при перегреве платы питания вентиляторов [°C (°F)]	85 (185)		85 (185)		85 (185)	
Отключение при перегреве платы защиты от бросков тока [°C (°F)]	85 (185)		85 (185)		85 (185)	

Таблица 7.4 Электрические характеристики для корпусов E1h–E4h, питание от сети 3 x 525–690 В

1) Американский сортамент проводов.

- 2) Номиналы предохранителей см. в глава 10.5 Предохранители и автоматические выключатели.
- 3) Типовые значения потерь мощности приводятся при номинальной нагрузке; предполагается, что они находятся в пределах допуска  $\pm 15\%$  (допуск связан с изменениями напряжения и различием характеристик кабелей). Значения приведены исходя из типичного КПД двигателя (граница IE/IE3). Двигатели с меньшим КПД увеличивают потери мощности в преобразователе частоты. Касается определения размерных параметров охлаждения преобразователя частоты. Если частота коммутации превышает установленную по умолчанию, возможен существенный рост потерь. Приведенные данные учитывают мощность, потребляемую LCP и типовыми платами управления. Данные о потерях мощности в соответствии с EN 50598-2 см. на сайте [www.danfoss.com/vltenergyefficiency](http://www.danfoss.com/vltenergyefficiency). Установка дополнительных устройств и нагрузки заказчика могут увеличить потери на 30 Вт, хотя обычно при полной нагрузке платы управления и установленных дополнительных платах в гнездах А или В увеличение потерь составляет всего 4 Вт для каждой платы.
- 4) Измеряется с использованием экранированных кабелей двигателя длиной 5 м (16,4 фута) при номинальной нагрузке и номинальной частоте. КПД, измеренный при номинальном токе. Класс энергоэффективности см. в глава 7.5 Условия окружающей среды. Потери при частичной нагрузке см. на [www.danfoss.com/vltenergyefficiency](http://www.danfoss.com/vltenergyefficiency).

### 7.3 Питание от сети

Питание от сети (L1, L2, L3)

Напряжение питания 380–500 В  $\pm 10\%$ , 525–690 В  $\pm 10\%$

*Низкое напряжение сети/пропадание напряжения:*

*При низком напряжении сети или при пропадании напряжения сети преобразователь частоты продолжает работать, пока напряжение в звене постоянного тока не снизится до минимального уровня, при котором происходит останова; обычно напряжение останова на 15 % ниже минимального номинального напряжения питания преобразователя. Включение питания и полный крутящий момент невозможны при напряжении сети меньше 10 % минимального напряжения питания преобразователя частоты.*

Частота питания 50/60 Гц  $\pm 5\%$

Макс. кратковременная асимметрия фаз сети питания 3,0 % от номинального напряжения питающей сети<sup>1)</sup>

Коэффициент активной мощности ( $\lambda$ )  $\geq 0,9$  номинального значения при номинальной нагрузке

Коэффициент реактивной мощности ( $\cos \phi$ ) близок к единице ( $> 0,98$ )

Число включений входного питания L1, L2, L3 Не более 1 раза в 2 минуты

Условия окружающей среды в соответствии с требованием стандарта EN60664-1 Категория по перенапряжению III/степень загрязнения 2

*Преобразователь частоты подходит для использования в схеме, способной при напряжении 480/600 В выдавать ток короткого замыкания (SCCR) 100 кА.*

1) Расчеты основаны на стандартах UL/IEC61800-3.

### 7.4 Выходная мощность и другие характеристики двигателя

Мощность двигателя (U, V, W)

Выходное напряжение 0–100 % от напряжения питания

Выходная частота 0–590 Гц<sup>1)</sup>

Число коммутаций на выходе Без ограничения

Длительность изменения скорости 0,01–3 600 с

1) Зависит от напряжения и мощности.

Характеристики крутящего момента

Пусковой крутящий момент (постоянный крутящий момент) Максимум 150 % на протяжении 60 с<sup>1)2)</sup>

Перегрузка по крутящему моменту (постоянный крутящий момент) Максимум 150 % на протяжении 60 с<sup>1)2)</sup>

1) Значение в процентах относится к номинальному току преобразователя частоты.

2) 1 раз за 10 минут.

## 7.5 Условия окружающей среды

Окружающая среда	
Корпус E1h/E2h	IP21/тип 1, IP54/тип12
Корпус E3h/E4	IP20/шасси
Испытание на вибрацию (стандартное/усиленное исполнение)	0,7 g/1,0 g
Относительная влажность	5–95 % (IEC 721-3-3); класс 3К3 (без конденсации) во время работы
Агрессивная среда (IEC 60068-2-43), тест H:S	Класс Kd
Агрессивная среда (IEC 60721-3-3)	Класс 3С3
Метод испытаний соответствует требованиям стандарта IEC 60068-2-43	H2S (10 дней)
Температура окружающей среды (в режиме коммутации SFAVM)	
– со снижением номинальных характеристик	Максимум 55 °C (131 °F) <sup>1)</sup>
– при полной выходной мощности, типовые двигатели EFF2 (до 90 % выходного тока)	Максимум 50 °C (122 °F) <sup>1)</sup>
– при полном непрерывном выходном токе ПЧ	Максимум 45 °C (113 °F) <sup>1)</sup>
Мин. температура окружающей среды во время работы с полной нагрузкой	0 °C (32 °F)
Мин. температура окружающей среды при работе с пониженной производительностью	10 °C (50 °F)
Температура при хранении/транспортировке	от -25 до +65/70 °C (от 13 до 149/158 °F)
Макс. высота над уровнем моря без снижения номинальных характеристик	1 000 м (3 281 фут)
Макс. высота над уровнем моря со снижением номинальных характеристик	3 000 м (9 842 фута)

1) *Дополнительные сведения о снижении номинальных характеристик см. в глава 9.6 Снижение номинальных характеристик.*

Стандарты ЭМС, излучение	EN 61800-3
Стандарты ЭМС, помехоустойчивость	EN 61800-3
Класс энергоэффективности <sup>1)</sup>	IE2

1) *Определяется в соответствии с требованием стандарта EN 50598-2 при следующих условиях:*

- *Номинальная нагрузка.*
- *Частота 90 % от номинальной.*
- *Заводская настройка частоты коммутации.*
- *Заводская настройка метода коммутации.*

## 7.6 Технические характеристики кабелей

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

Макс. длина экранированного/защищенного кабеля двигателя	150 м (492 фута)
Макс. длина неэкранированного/незащищенного кабеля двигателя	300 м (984 фута)
Макс. поперечное сечение кабеля для двигателя, сети, цепи разделения нагрузки и тормоза	См. глава 7 Технические характеристики
Макс. сечение проводов, подключаемых к клеммам управления при монтаже жестким проводом	1,5 мм <sup>2</sup> /16 AWG (2 x 0,75 мм <sup>2</sup> )
Макс. сечение проводов, подключаемых к клеммам управления при монтаже гибким кабелем	1 мм <sup>2</sup> /18 AWG
Макс. сечение проводов, подключаемых к клеммам управления при монтаже кабелем с центральной жилой	0,5 мм <sup>2</sup> /20 AWG
Мин. сечение проводов, подключаемых к клеммам управления	0,25 мм <sup>2</sup> /23 AWG

1) *Данные о кабелях питания приведены в глава 7 Технические характеристики.*

## 7.7 Вход/выход и характеристики цепи управления

Цифровые входы

Программируемые цифровые входы	4 (6)
Номер клеммы	18, 19, 27 <sup>1)</sup> , 29 <sup>1)</sup> , 32, 33
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	> 19 В пост. тока
Уровень напряжения, логическая «1» NPN	< 14 В пост. тока
Максимальное напряжение на входе	28 В пост. тока
Входное сопротивление, $R_i$	Приблизительно 4 кОм

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

1) Клеммы 27 и 29 могут быть также запрограммированы как выходы.

#### Аналоговые входы

Количество аналоговых входов	2
Номер клеммы	53, 54
Режимы	Напряжение или ток
Выбор режима	Переключатели A53 и A54
Режим напряжения	Переключатель A53/A54 = (U)
Уровень напряжения	от -10 В до +10 В (масштабируемый)
Входное сопротивление, $R_i$	Приблизительно 10 кОм
Максимальное напряжение	$\pm 20$ В
Режим тока	Переключатель A53/A54 = (I)
Уровень тока	От 0/4 до 20 мА (масштабируемый)
Входное сопротивление, $R_i$	Приблизительно 200 Ом
Максимальный ток	30 мА
Разрешающая способность аналоговых входов	10 битов (+ знак)
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.

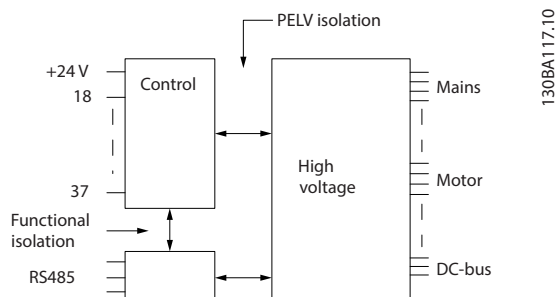


Рисунок 7.1 Изоляция PELV

#### Импульсные входы

Программируемые импульсные входы	2
Номера клемм импульсных входов	29, 33
Макс. частота на клеммах 29, 33 (двухтактный режим)	110 кГц
Макс. частота на клеммах 29, 33 (открытый коллектор)	5 кГц
Мин. частота на клеммах 29, 33	4 Гц
Уровень напряжения	См. Цифровые входы в глава 7.7 Вход/выход и характеристики цепи управления
Максимальное напряжение на входе	28 В пост. тока
Входное сопротивление, $R_i$	Приблизительно 4 кОм
Точность на импульсном входе (0,1–1 кГц)	Максимальная погрешность: 0,1 % от полной шкалы

#### Аналоговый выход

Количество программируемых аналоговых выходов	1
Номер клеммы	42
Диапазон тока аналогового выхода	0/4–20 мА
Макс. нагрузка резистора на аналоговом выходе относительно общего провода	500 Ом
Точность на аналоговом выходе	Максимальная погрешность: 0,8 % от полной шкалы
Разрешающая способность на аналоговом выходе	8 бит

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

Плата управления, последовательная связь через интерфейс RS485

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

*Схема последовательной связи RS485 функционально отделена от других центральных схем и гальванически изолирована от напряжения питания (PELV).*

Цифровой выход

Программируемые цифровые/импульсные выходы:	2
Номер клеммы	27, 29 <sup>1)</sup>
Уровень напряжения на цифровом/частотном выходе	0–24 В
Макс. выходной ток (потребитель 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	0 Гц
Максимальная выходная частота на частотном выходе	32 кГц
Точность частотного выхода	Максимальная погрешность: 0,1 % от полной шкалы
Разрешающая способность частотных выходов	12 бит

*1) Клеммы 27 и 29 могут быть также запрограммированы как входы.*

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

Плата управления, выход 24 В пост. тока

Номер клеммы	12, 13
Максимальная нагрузка	200 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
Макс. поперечное сечение для клемм реле	2,5 мм <sup>2</sup> (12 AWG)
Мин. поперечное сечение для клемм реле	0,2 мм <sup>2</sup> (30 AWG)
Длина зачистки провода	8 мм (0,3 дюйма)
<b>Номера клемм Реле 01</b>	1–3 (размыкание), 1–2 (замыкание)
Макс. нагрузка (АС-1) <sup>1)</sup> на клеммах 1–2 (нормально разомкнутый контакт) (резистивная нагрузка) <sup>2)3)</sup>	400 В перем. тока, 2 А
Макс. нагрузка (АС-15) <sup>1)</sup> на клеммах 1–2 (нормально разомкнутый контакт) (индуктивная нагрузка при cosφ 0,4)	240 В перем. тока, 0,2 А
Макс. нагрузка (DC-1) <sup>1)</sup> на клеммах 1–2 (нормально разомкнутый контакт) (резистивная нагрузка)	80 В пост. тока, 2 А
Макс. нагрузка (DC-13) <sup>1)</sup> на клеммах 1–2 (нормально разомкнутый контакт) (индуктивная нагрузка)	24 В пост. тока, 0,1 А
Макс. нагрузка (АС-1) <sup>1)</sup> на клеммах 1–3 (нормально замкнутый контакт) (резистивная нагрузка)	240 В перем. тока, 2 А
Макс. нагрузка (АС-15) <sup>1)</sup> на клеммах 1–3 (нормально замкнутый контакт) (индуктивная нагрузка при cosφ 0,4)	240 В перем. тока, 0,2 А
Макс. нагрузка (DC-1) <sup>1)</sup> на клеммах 1–3 (нормально замкнутый контакт) (резистивная нагрузка)	50 В пост. тока, 2 А
Макс. нагрузка (DC-13) <sup>1)</sup> на клеммах 1–3 (нормально замкнутый контакт) (индуктивная нагрузка)	24 В пост. тока, 0,1 А
Мин. нагрузка на клеммах 1–3 (нормально замкнутый контакт), 1–2 (нормально разомкнутый контакт)	24 В пост. тока, 10 мА, 24 В перем. тока, 2 мА
Условия окружающей среды согласно стандарту EN60664-1	Категория по перенапряжению III/степень загрязнения 2
<b>Номера клемм реле 02</b>	4–6 (размыкание), 4–5 (замыкание)
Макс. нагрузка (АС-1) <sup>1)</sup> на клеммах 4–5 (нормально разомкнутый контакт) (резистивная нагрузка) <sup>2) 3)</sup>	400 В перем. тока, 2 А
Макс. нагрузка (АС-15) <sup>1)</sup> на клеммах 4–5 (нормально разомкнутый контакт) (индуктивная нагрузка при cosφ 0,4)	240 В перем. тока, 0,2 А
Макс. нагрузка (DC-1) <sup>1)</sup> на клеммах 4–5 (нормально разомкнутый контакт) (резистивная нагрузка)	80 В пост. тока, 2 А
Макс. нагрузка (DC-13) <sup>1)</sup> на клеммах 4–5 (нормально разомкнутый контакт) (индуктивная нагрузка)	24 В пост. тока, 0,1 А

Макс. нагрузка (АС-1) <sup>1)</sup> на клеммах 4–6 (нормально замкнутый контакт) (резистивная нагрузка)	240 В перем. тока, 2 А
Макс. нагрузка (АС-15) <sup>1)</sup> на клеммах 4–6 (нормально замкнутый контакт) (индуктивная нагрузка при cosφ 0,4)	240 В перем. тока, 0,2 А
Макс. нагрузка (DC-1) <sup>1)</sup> на клеммах 4–6 (нормально замкнутый контакт) (резистивная нагрузка)	50 В пост. тока, 2 А
Макс. нагрузка (DC-13) <sup>1)</sup> на клеммах 4–6 (нормально замкнутый контакт) (индуктивная нагрузка)	24 В пост. тока, 0,1 А
Мин. нагрузка на клеммах 4–6 (нормально замкнутый контакт), 4–5 (нормально разомкнутый контакт)	24 В пост. тока, 10 мА, 24 В перем. тока, 2 мА
Условия окружающей среды согласно стандарту EN60664-1	Категория по перенапряжению III/степень загрязнения 2

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

1) IEC 60947, части 4 и 5.

2) Категория по перенапряжению II.

3) Аттестованные по UL применения при 300 В перем. тока, 2 А.

Плата управления, выход +10 В пост. тока

Номер клеммы	50
Выходное напряжение	10,5 В ±0,5 В
Максимальная нагрузка	25 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 0–1 000 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)	30–4 000 об/мин: максимальная погрешность не более ±8 об/мин

Все характеристики регулирования относятся к управлению 4-полюсным асинхронным двигателем.

Рабочие характеристики платы управления

Интервал сканирования	5 мс
-----------------------	------

Плата управления, последовательная связь через порт USB

Стандартный порт USB	1.1 (полная скорость)
Разъем USB	Разъем USB типа B, разъем для устройств

## УВЕДОМЛЕНИЕ

Подключение ПК осуществляется стандартным кабелем USB (хост/устройство).

Соединение USB гальванически изолировано от напряжения питания (с защитой PELV) и других высоковольтных клемм.

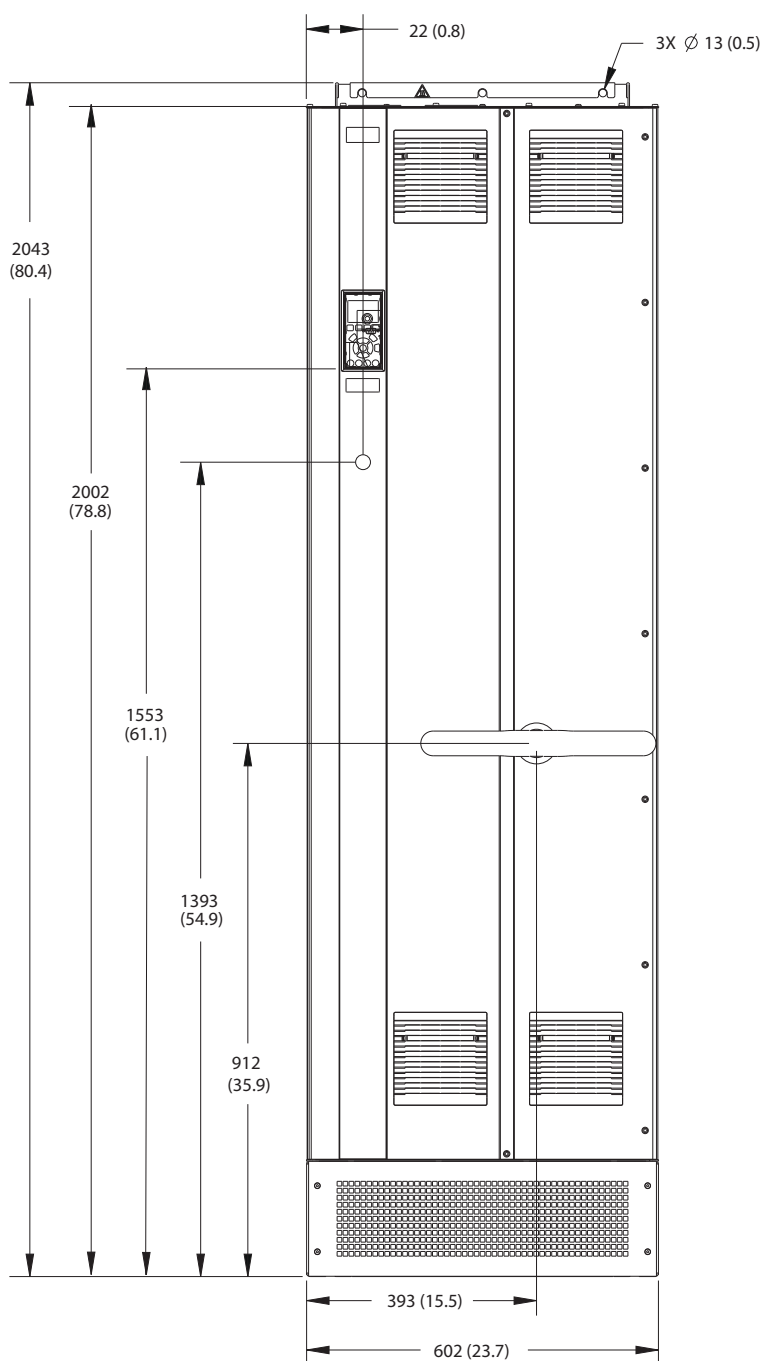
Соединение USB не изолировано гальванически от заземления. К разъему USB на преобразователе частоты может подключаться только изолированный переносной ПК или изолированный USB-кабель/преобразователь.



## 8 Внешние размеры и размеры клемм

### 8.1 Внешние размеры и размеры клемм корпуса E1h

#### 8.1.1 Внешние размеры E1h

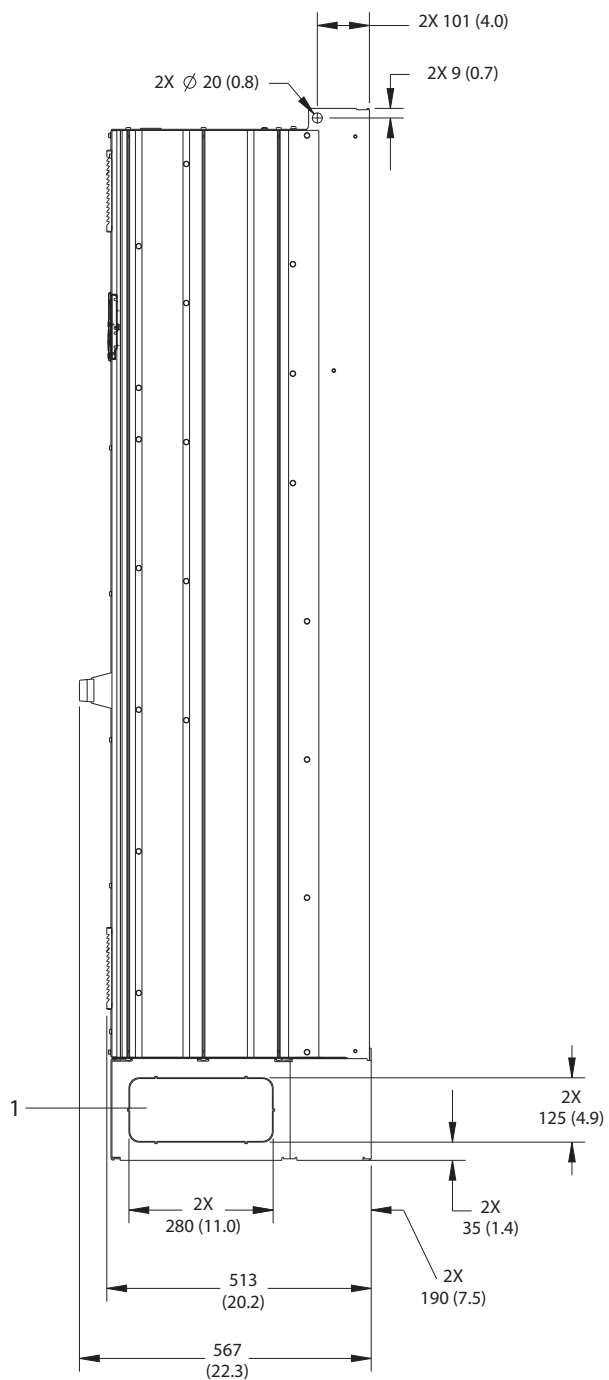


130BF648.10

8

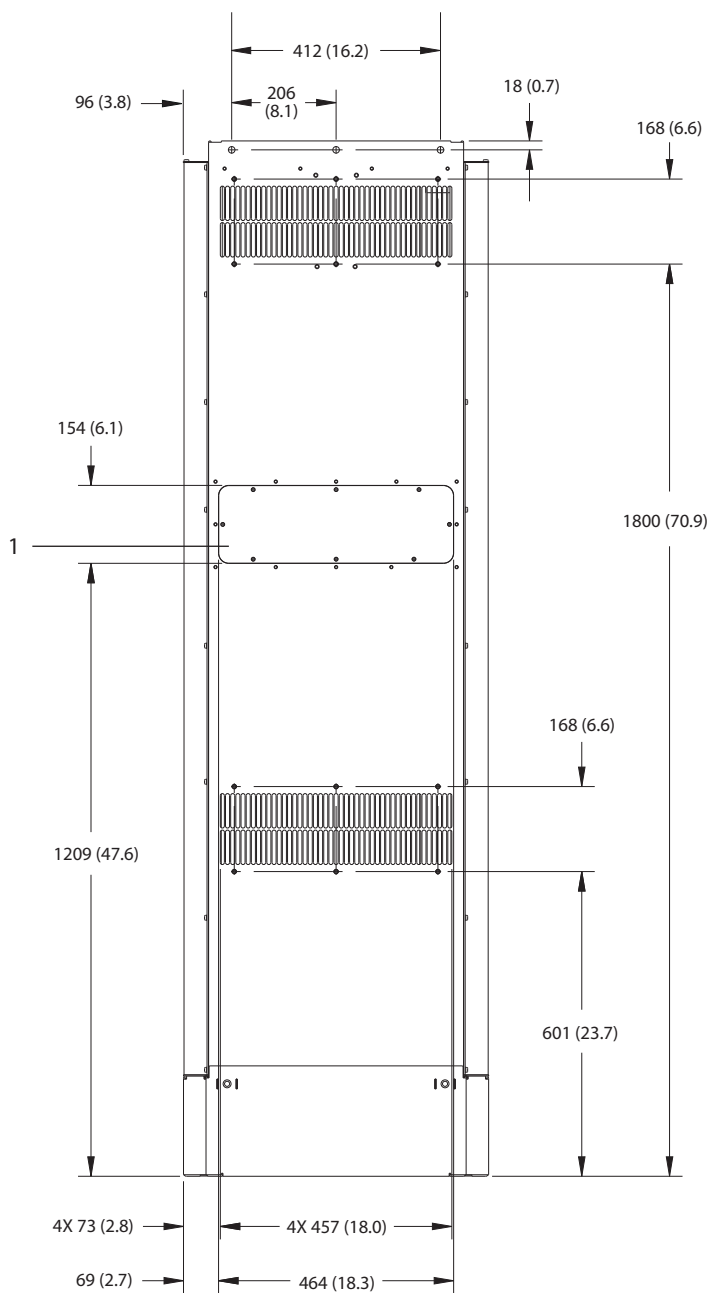
Рисунок 8.1 Вид спереди E1h

8



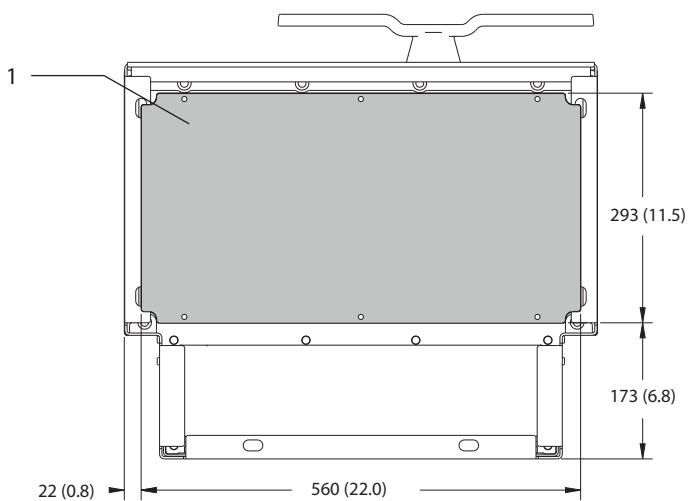
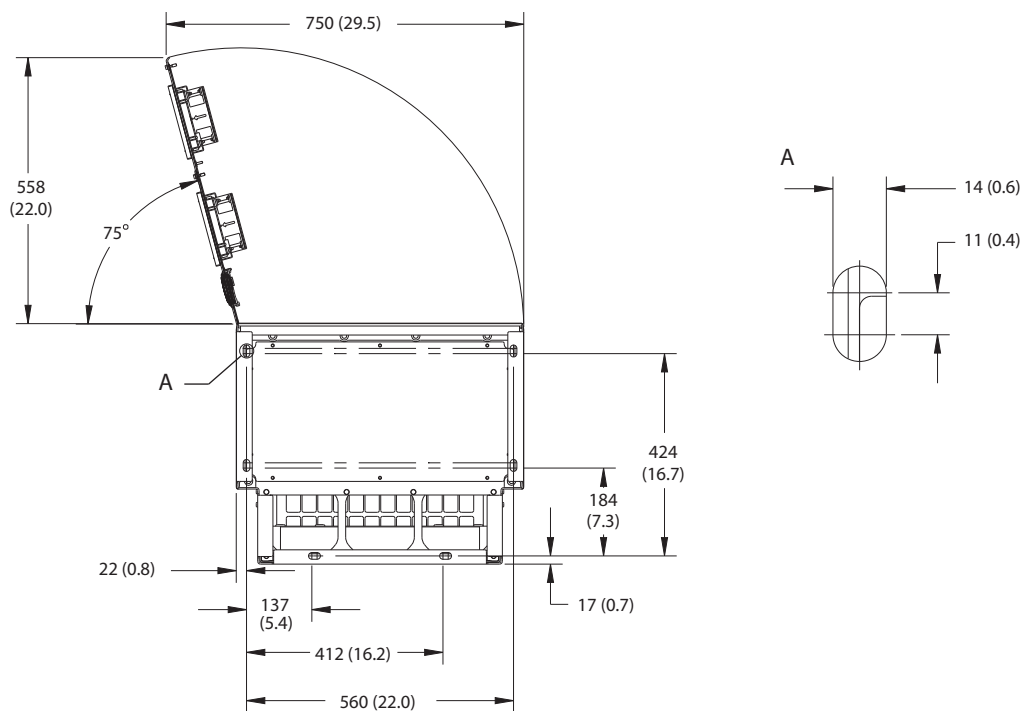
1	Панель заглушек
---	-----------------

Рисунок 8.2 Вид сбоку E1h



1	Панель доступа к радиатору (опция)
---	------------------------------------

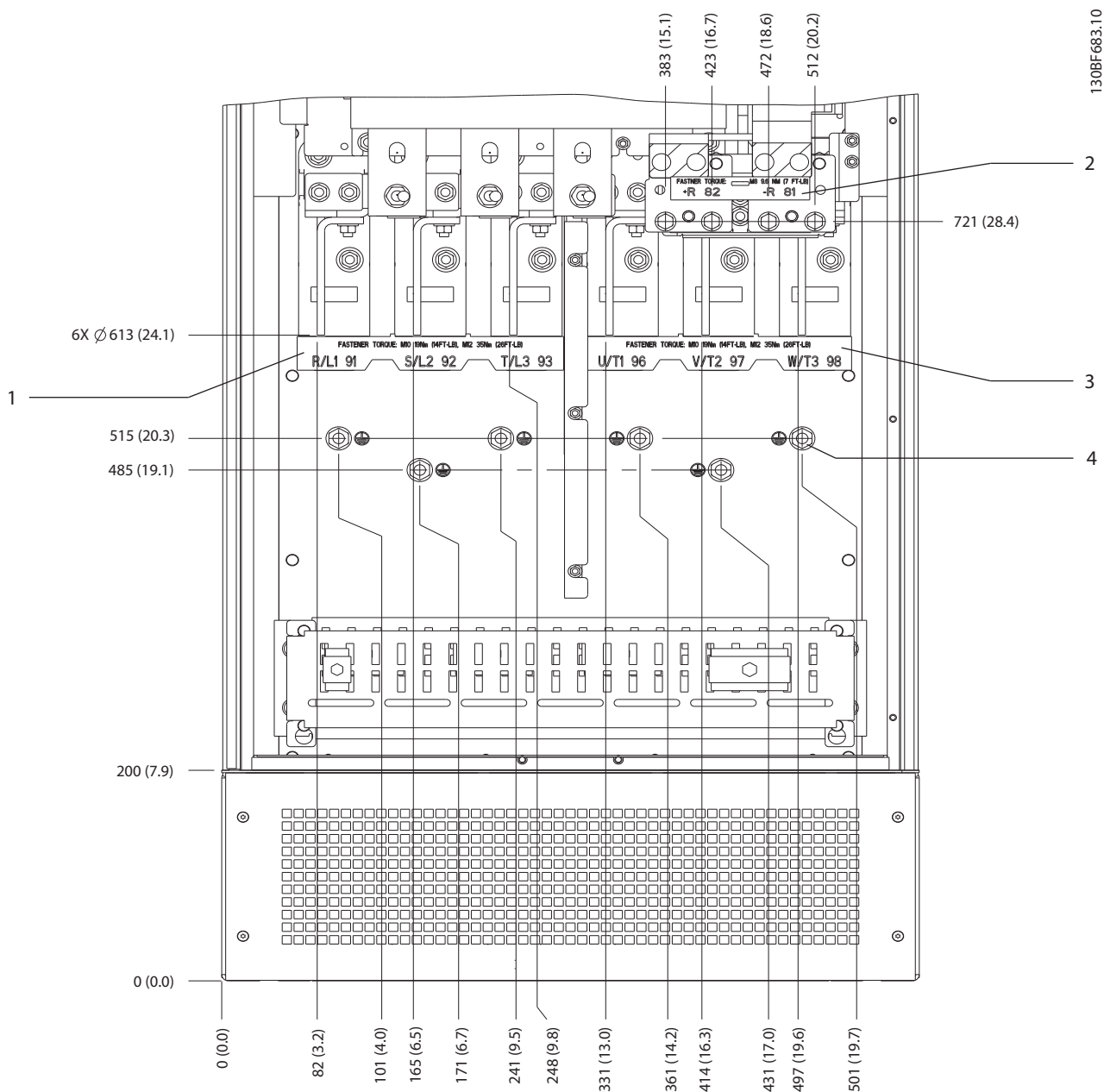
Рисунок 8.3 Вид сзади E1h



1	Панель уплотнений
---	-------------------

Рисунок 8.4 Пространство для открытия дверей и размеры панели уплотнений для E1h

### 8.1.2 Размеры клемм корпуса E1h



1	Клеммы сети питания	3	Клеммы подключения электродвигателя
2	Клеммы подключения тормоза или цепи рекуперации	4	Клеммы заземления, гайка M10

Рисунок 8.5 Размеры клемм корпуса E1h (вид спереди)

8

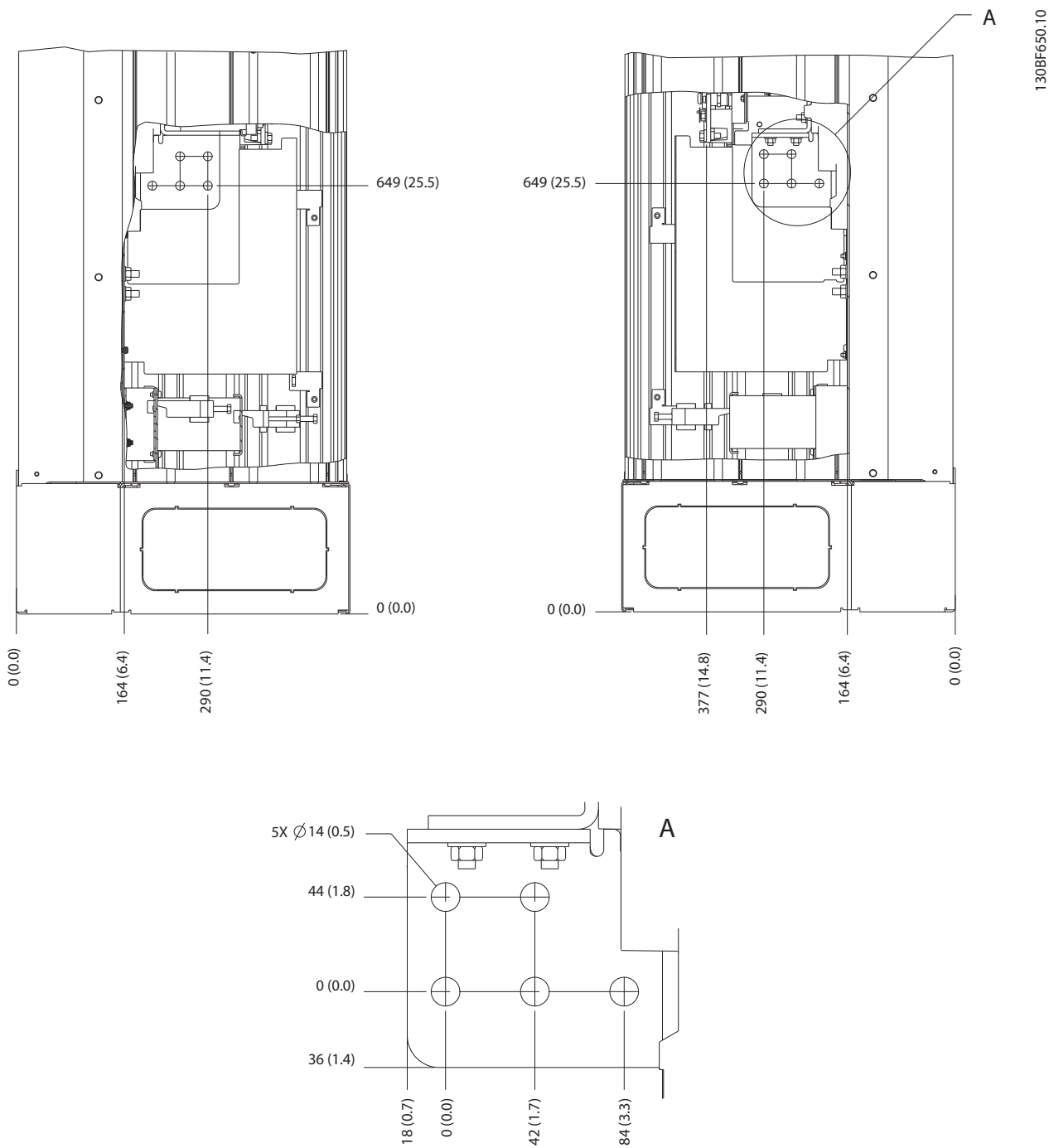


Рисунок 8.6 Размеры клемм корпуса E1h (вид сбоку)

## 8.2 Внешние размеры и размеры клемм корпуса E2h

### 8.2.1 Внешние размеры E2h

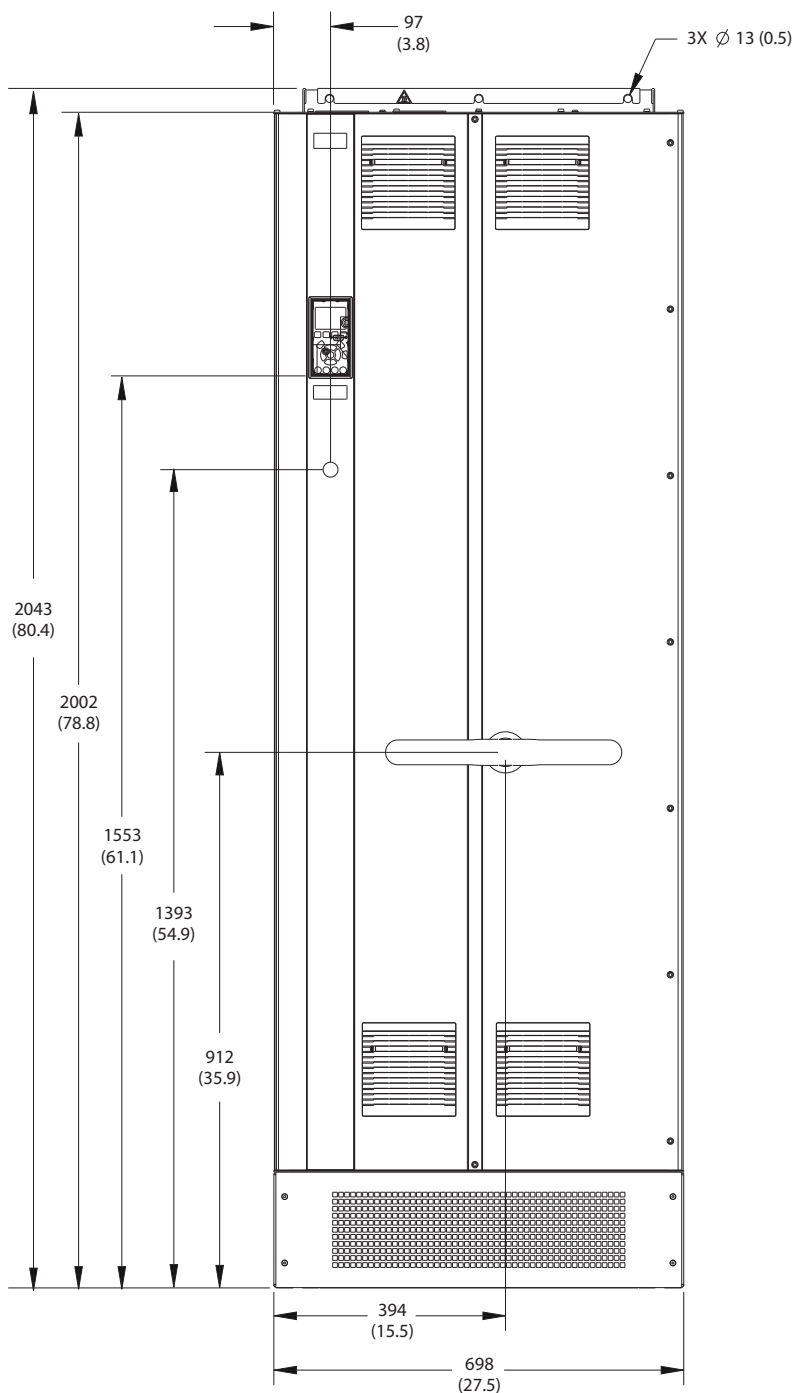
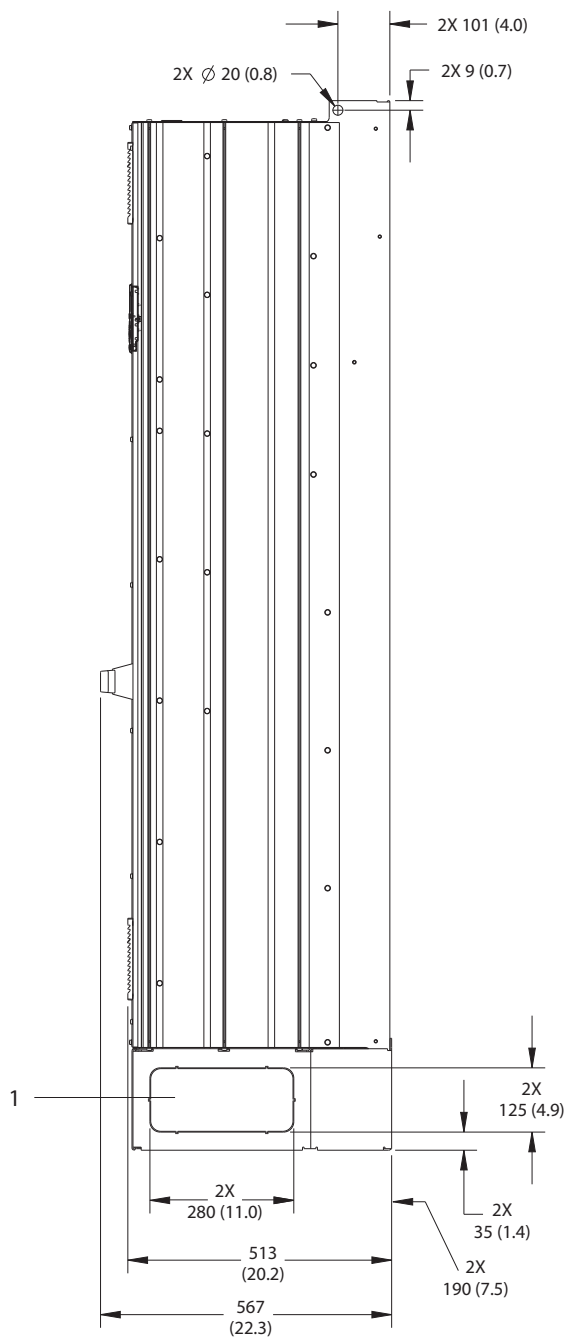


Рисунок 8.7 Вид спереди E2h

8

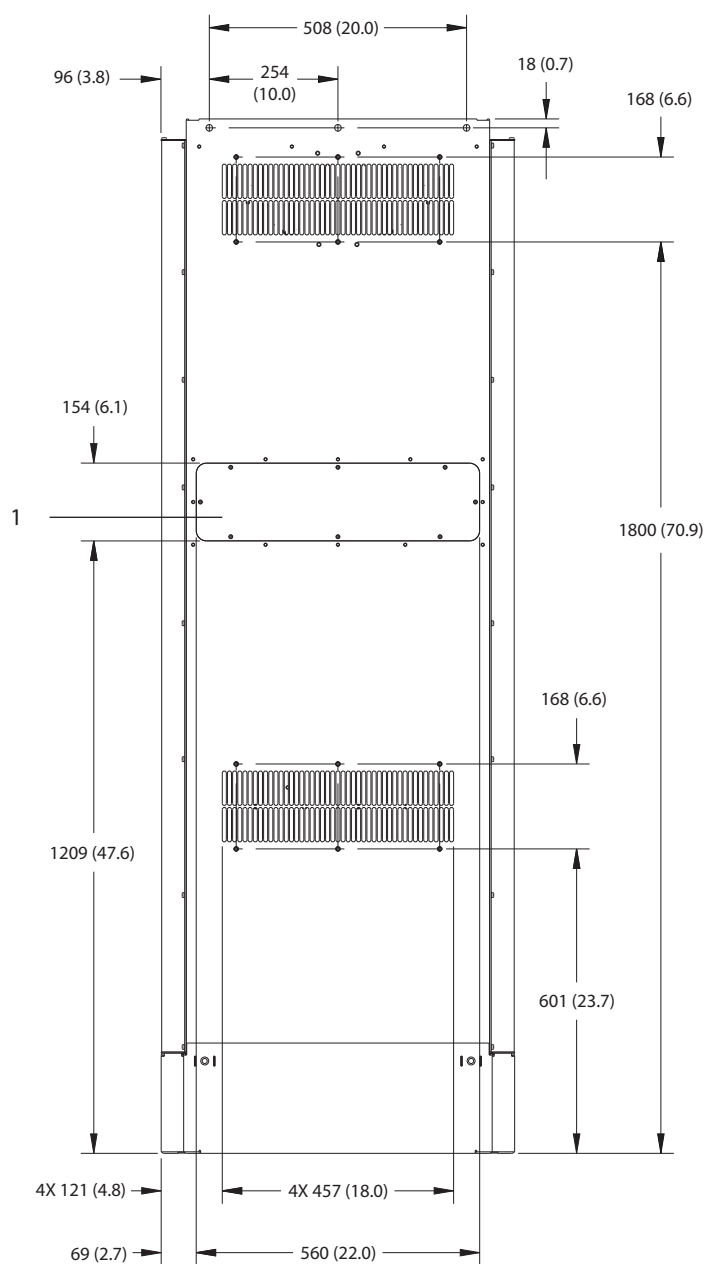


1	Панель заглушек
---	-----------------

Рисунок 8.8 Вид сбоку E2



130BF655.10

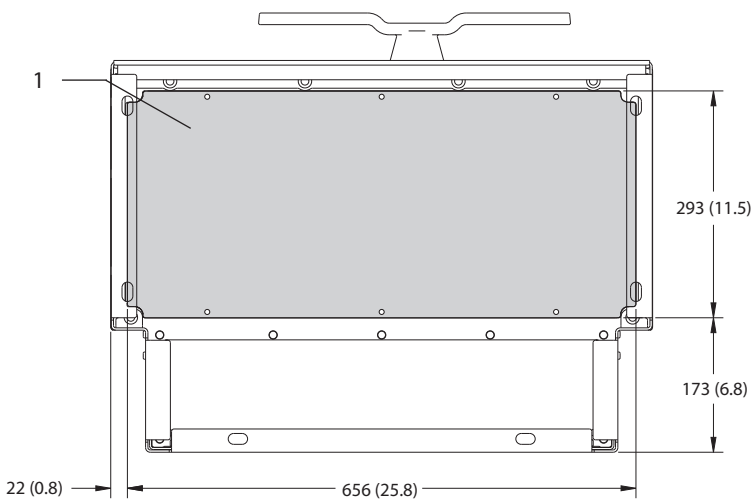
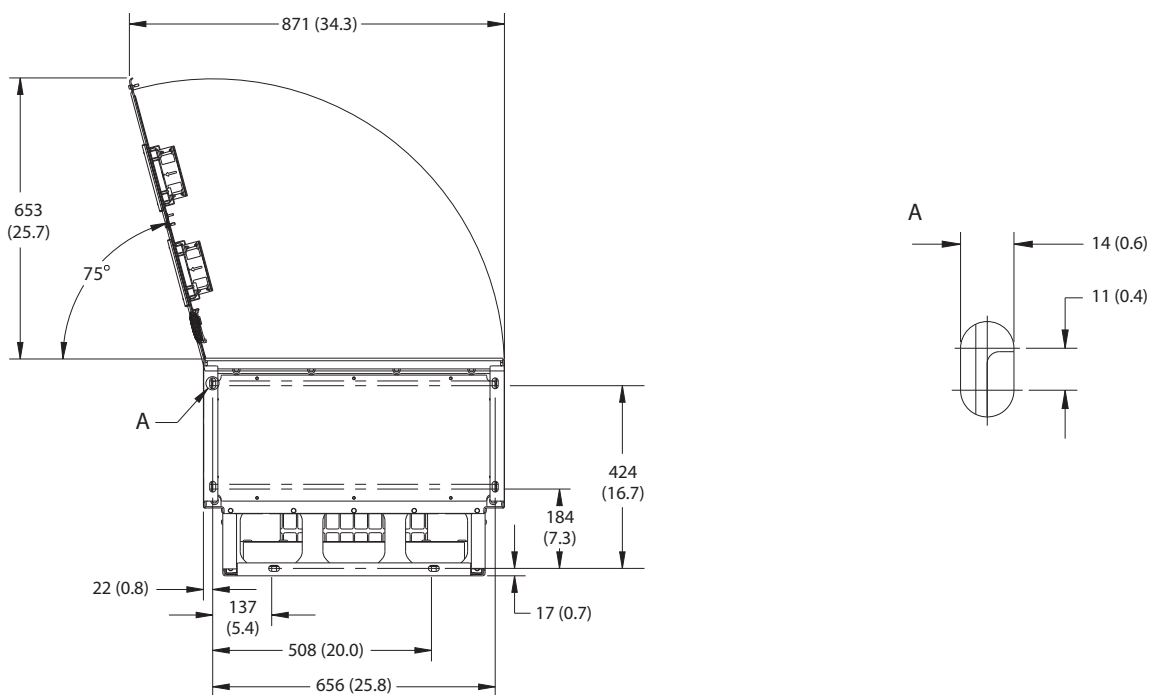


8

1	Панель доступа к радиатору (опция)
---	------------------------------------

Рисунок 8.9 Вид сзади E2h

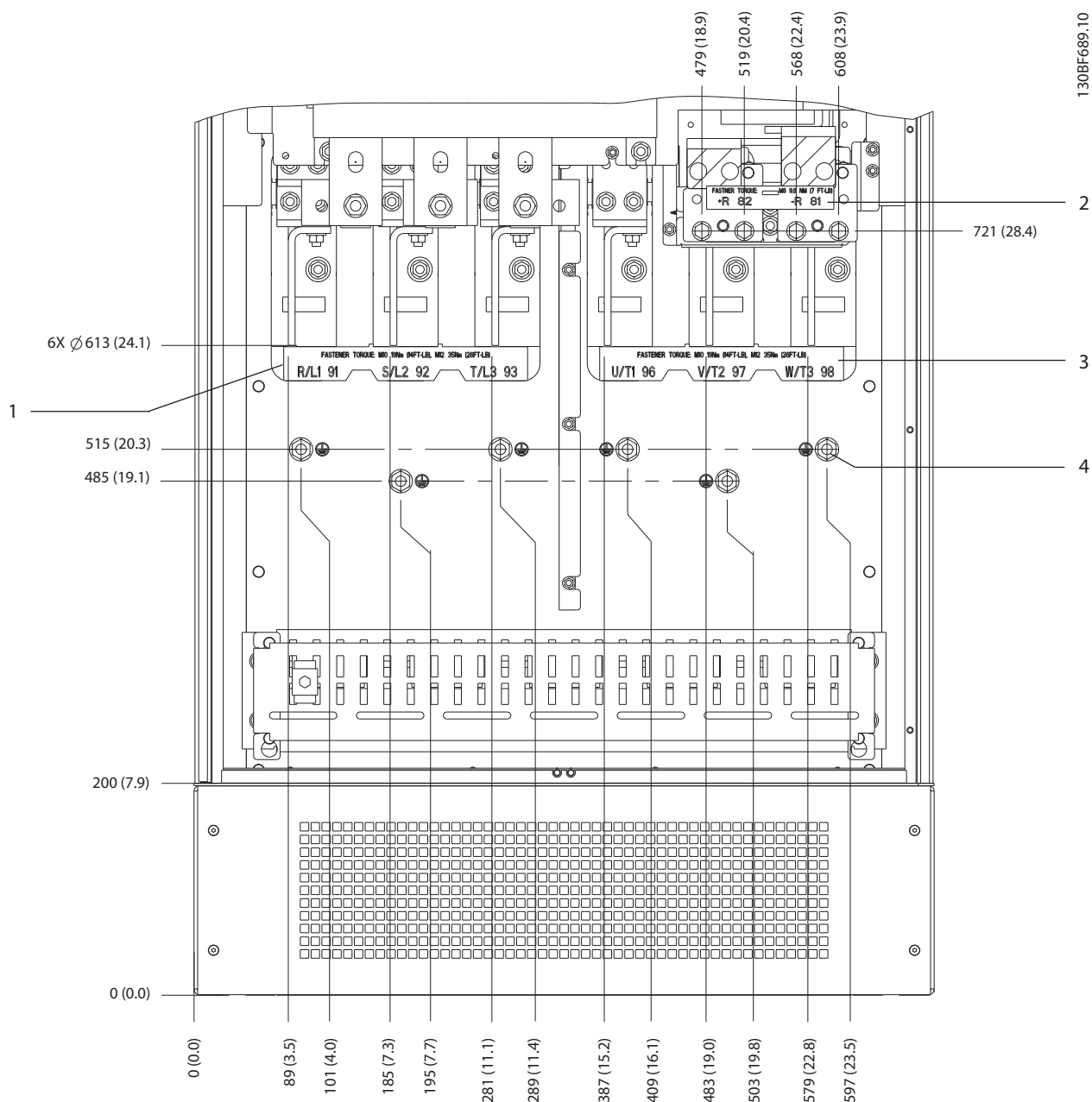
130BF652.10



1	Панель уплотнений
---	-------------------

Рисунок 8.10 Пространство для открытия дверей и размеры панели уплотнений для E2h

### 8.2.2 Размеры клемм корпуса E2



1	Клеммы сети питания	3	Клеммы подключения электродвигателя
2	Клеммы подключения тормоза или цепи рекуперации	4	Клеммы заземления, гайка M10

Рисунок 8.11 Размеры клемм корпуса E2h (вид спереди)

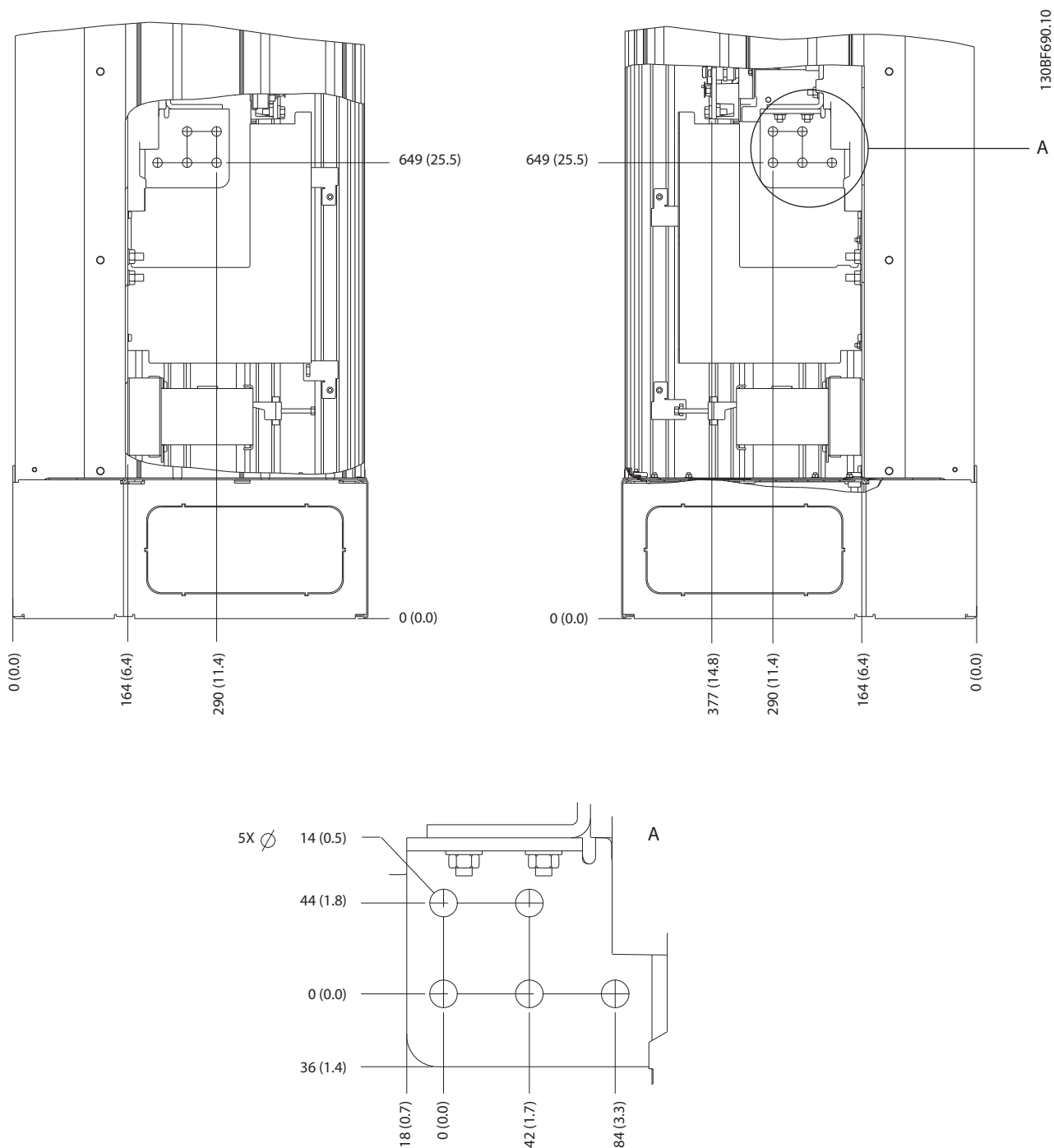
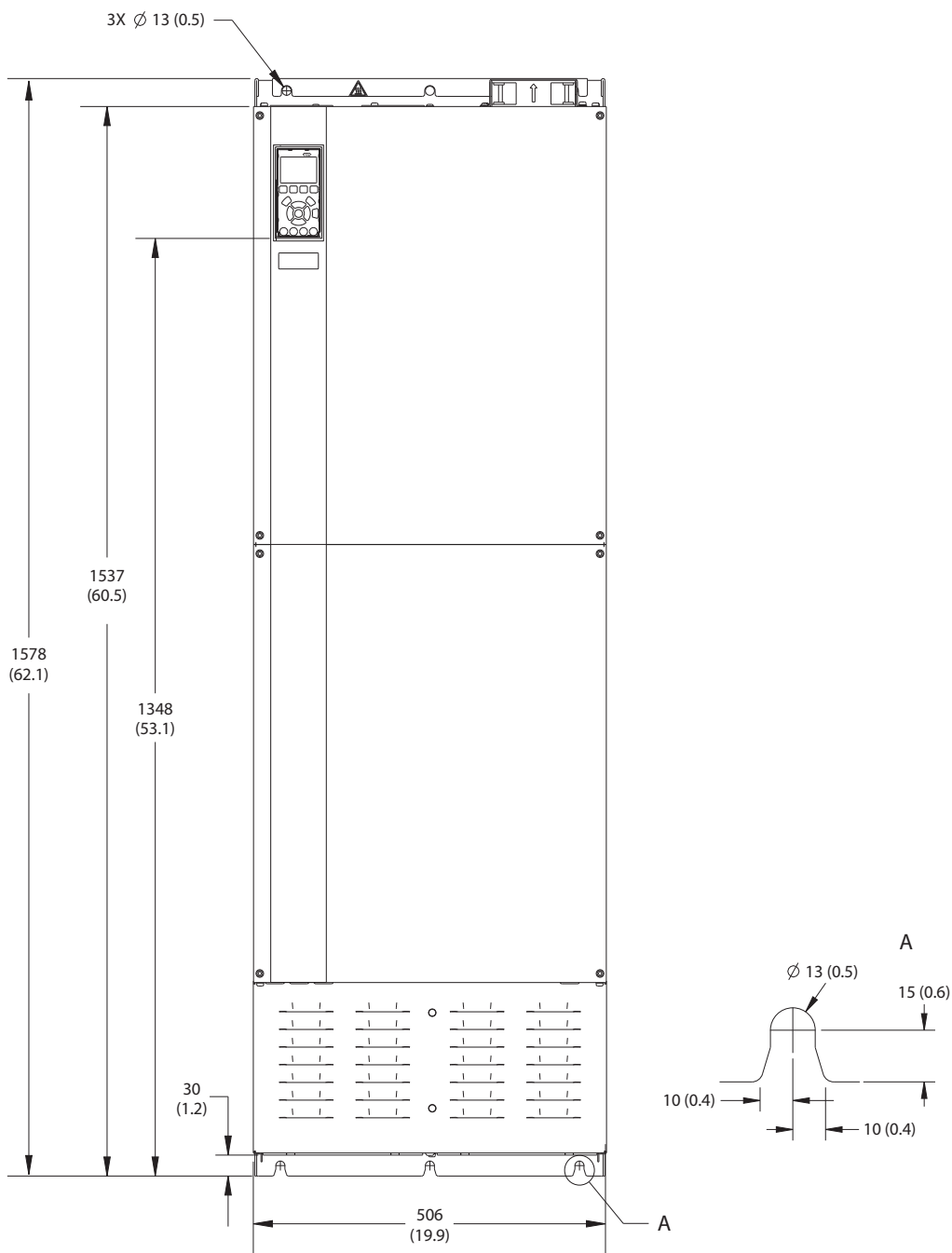


Рисунок 8.12 Размеры клемм E2h (вид сбоку)

### 8.3 Внешние размеры и размеры клемм корпуса E3

#### 8.3.1 Внешние размеры E3h



130BF656.10

Рисунок 8.13 Вид спереди E3h

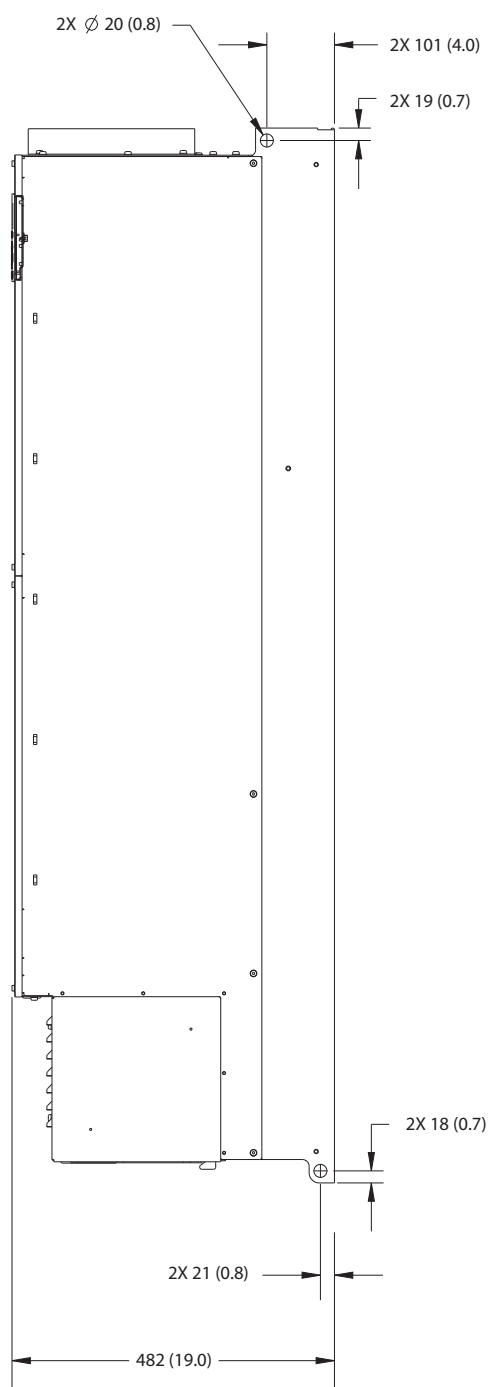
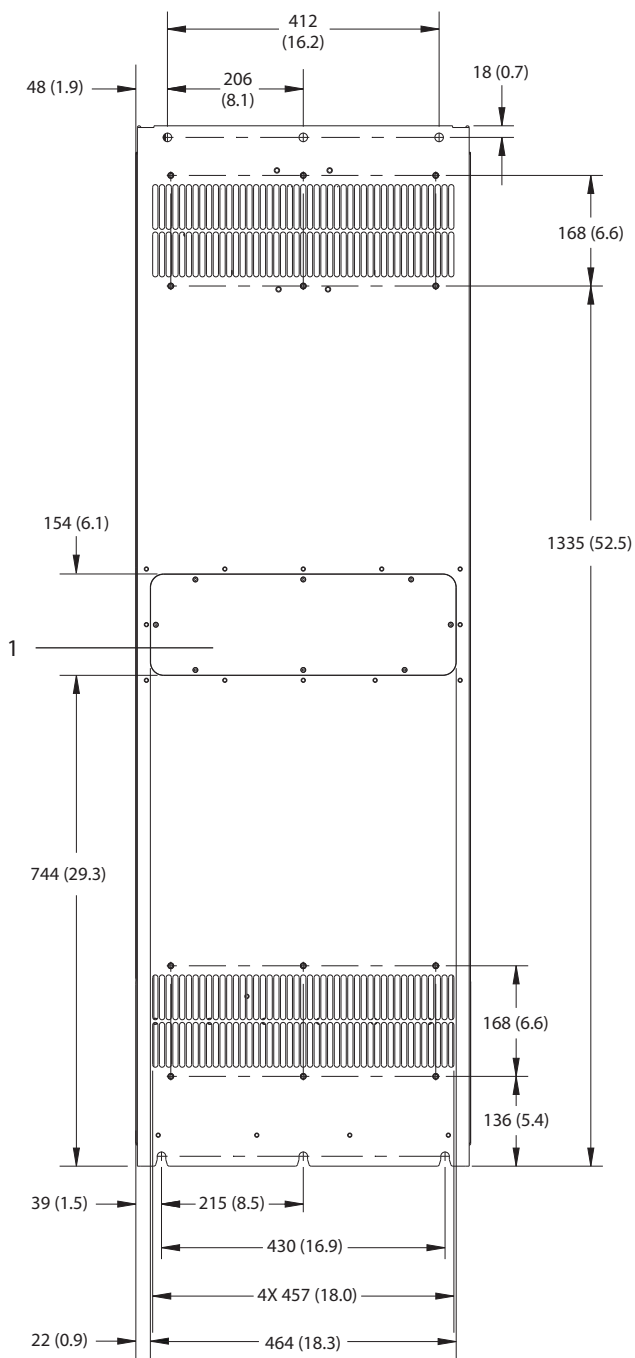
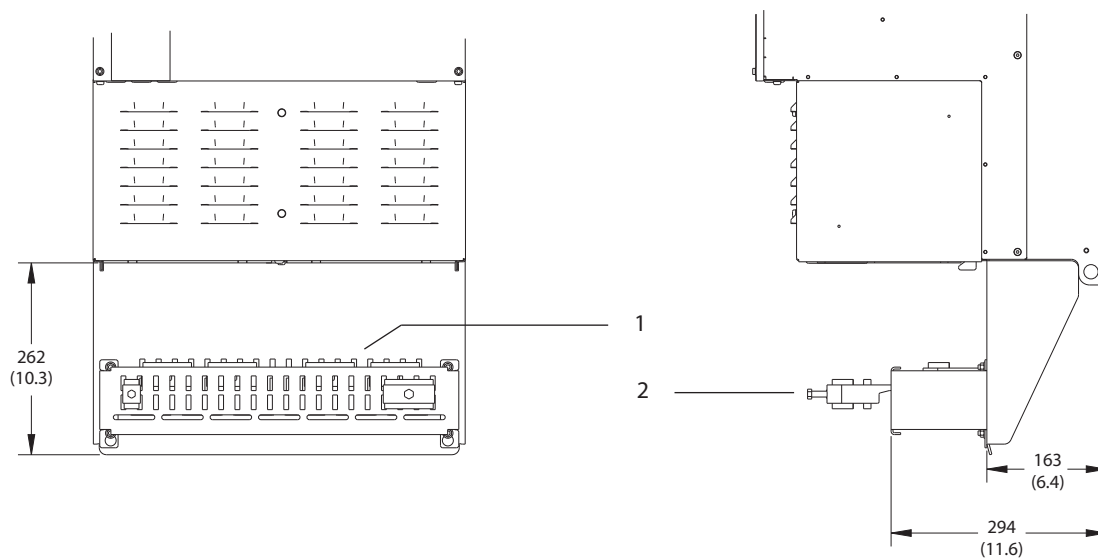


Рисунок 8.14 Вид сбоку E3h

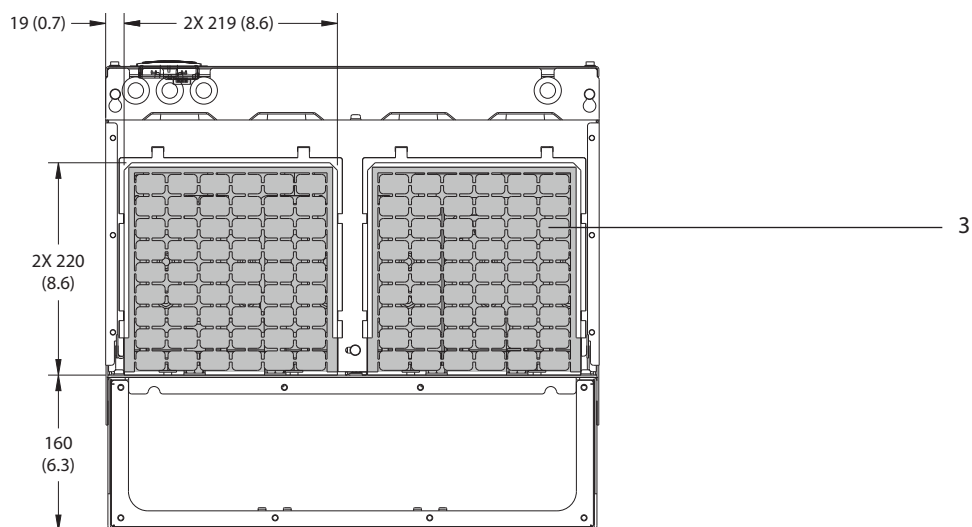


1	Панель доступа к радиатору (опция)
---	------------------------------------

Рисунок 8.15 Вид сзади E3h



8

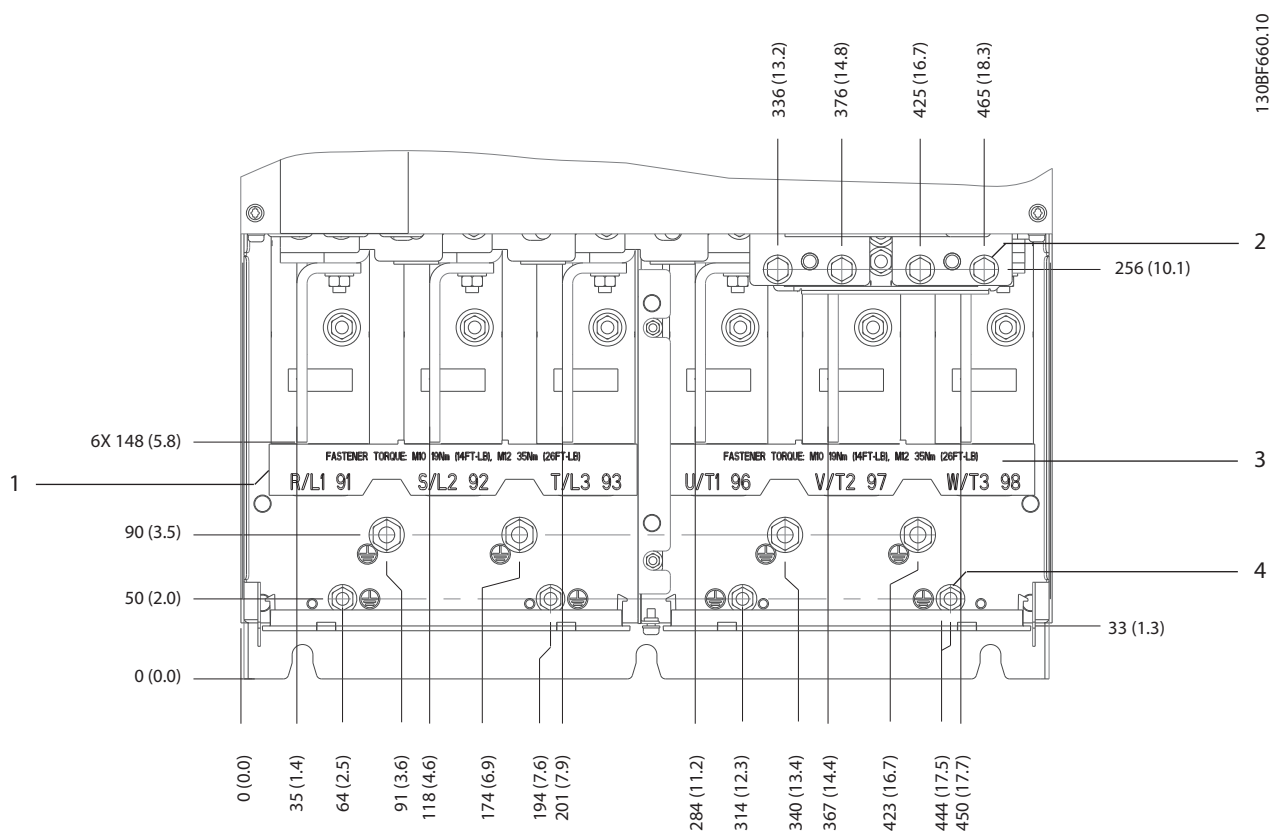


1	Клеммы для заделки экранов ВЧ-помех (входят в стандартную комплектацию при заказе дополнительного устройства защиты от ВЧ-помех)
2	Кабельный зажим, соответствующий требованиям ЭМС
3	Панель уплотнений

Рисунок 8.16 Клеммы для заделки экранов ВЧ-помех и размеры панели уплотнений для E3h

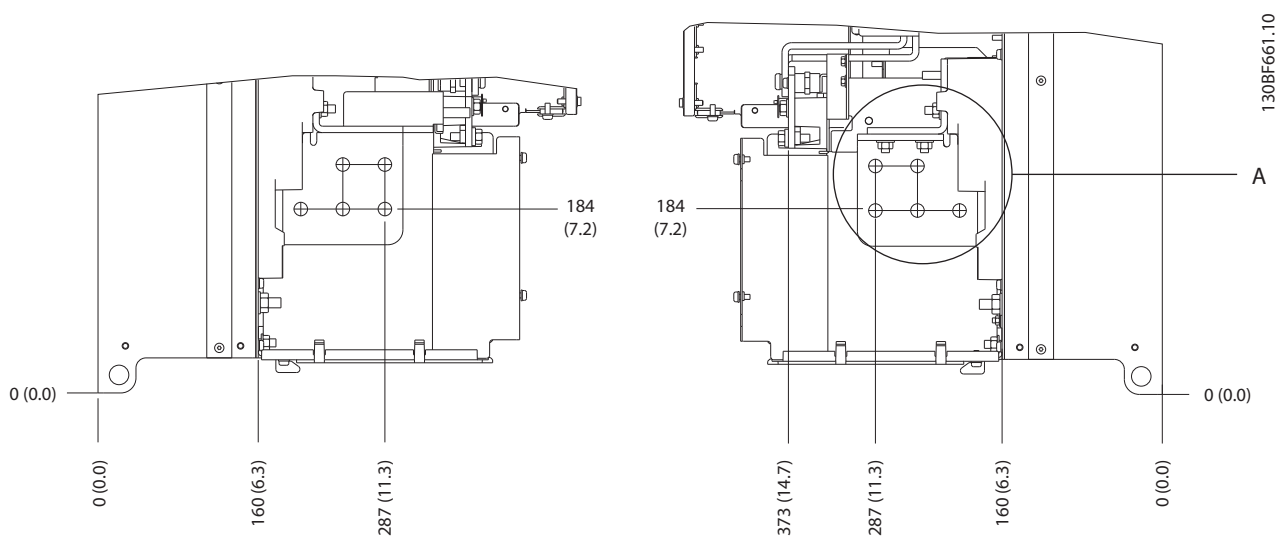


8.3.2 Размеры клемм корпуса E3h



1	Клеммы сети питания	3	Клеммы подключения электродвигателя
2	Клеммы подключения тормоза или цепи рекуперации	4	Клеммы заземления, гайки M8 и M10

Рисунок 8.17 Размеры клемм E3h (вид спереди)



8

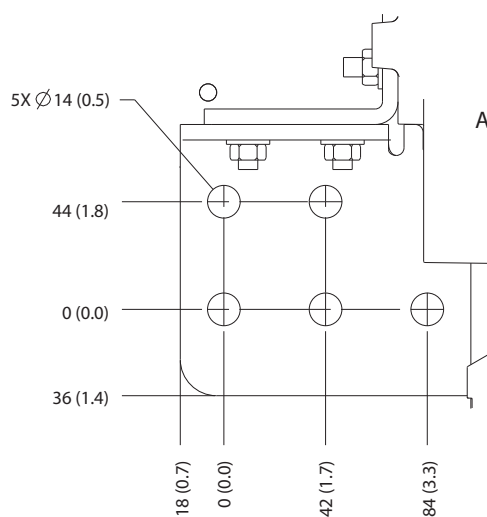
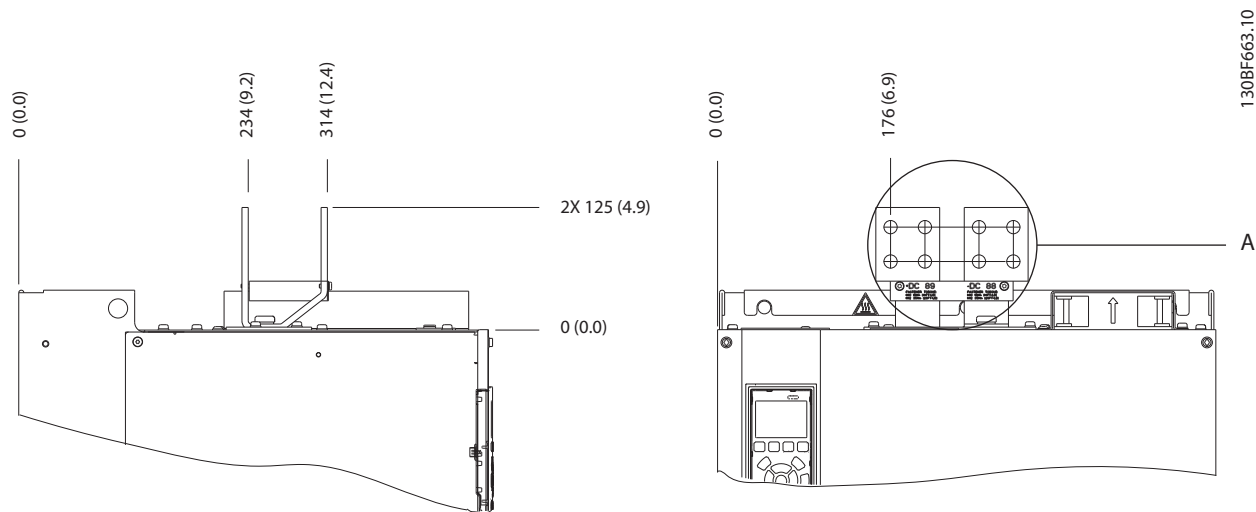


Рисунок 8.18 Размеры клемм подключения сети питания, двигателя и заземления для E3h (вид сбоку)



130BF663.10

8

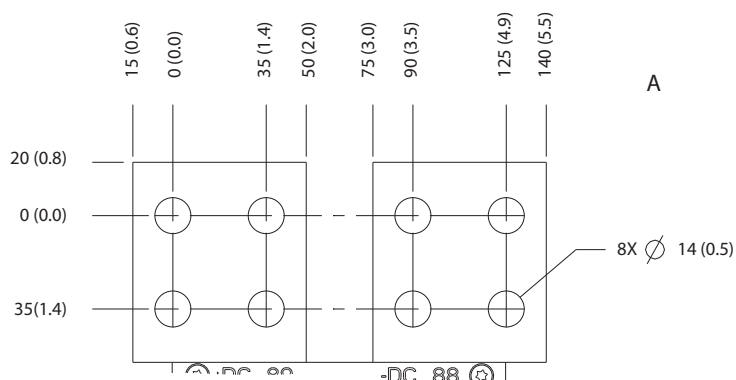


Рисунок 8.19 Размеры клемм подключения цепи разделения нагрузки/рекуперации в корпусе E3h

## 8.4 Внешние размеры и размеры клемм корпуса E4h

### 8.4.1 Внешние размеры E4h

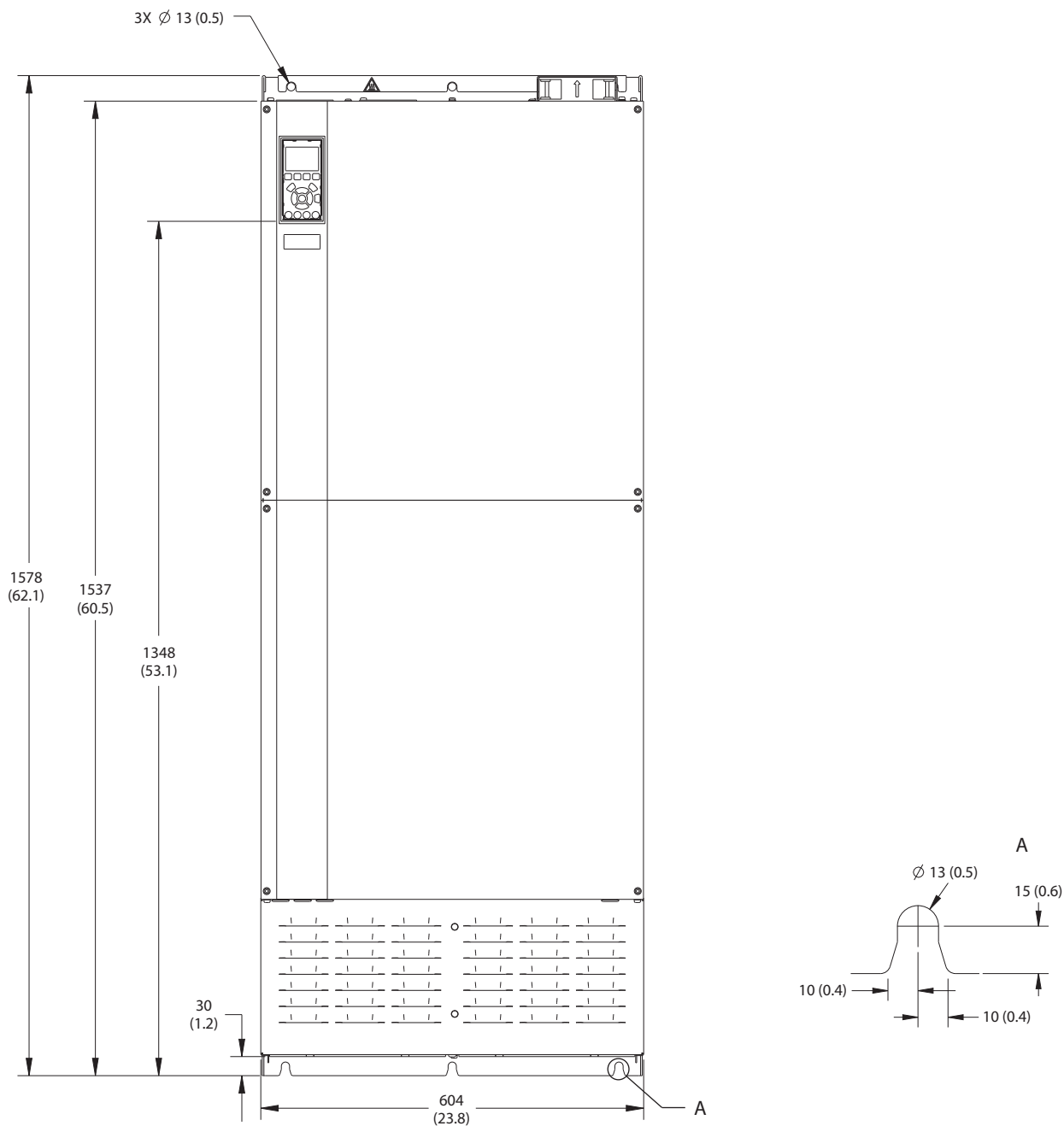


Рисунок 8.20 Вид спереди E4h

130BF666.10

8

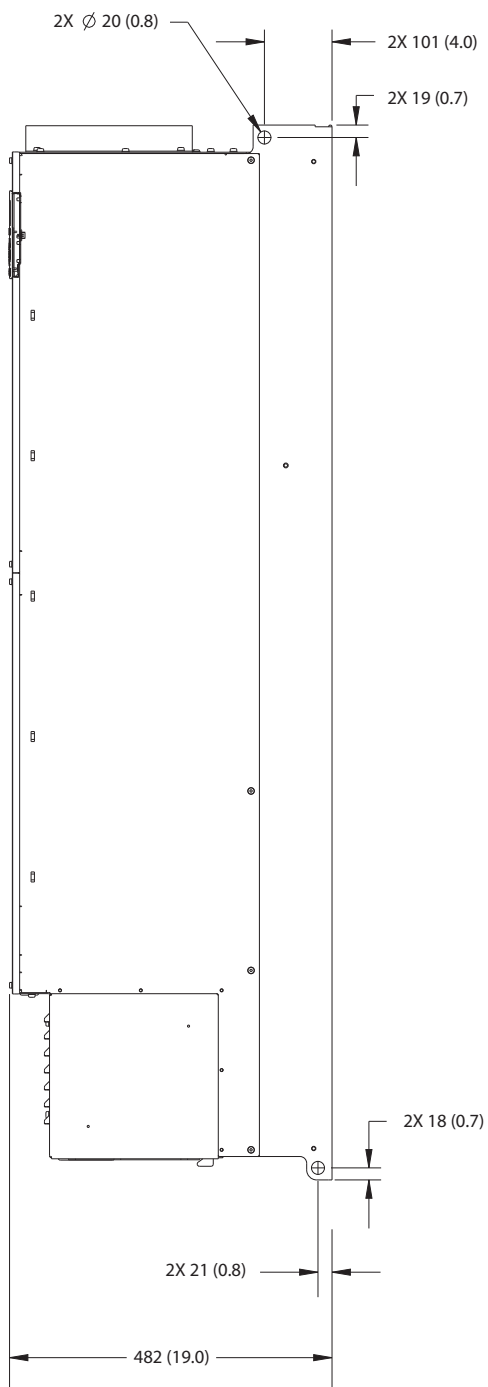
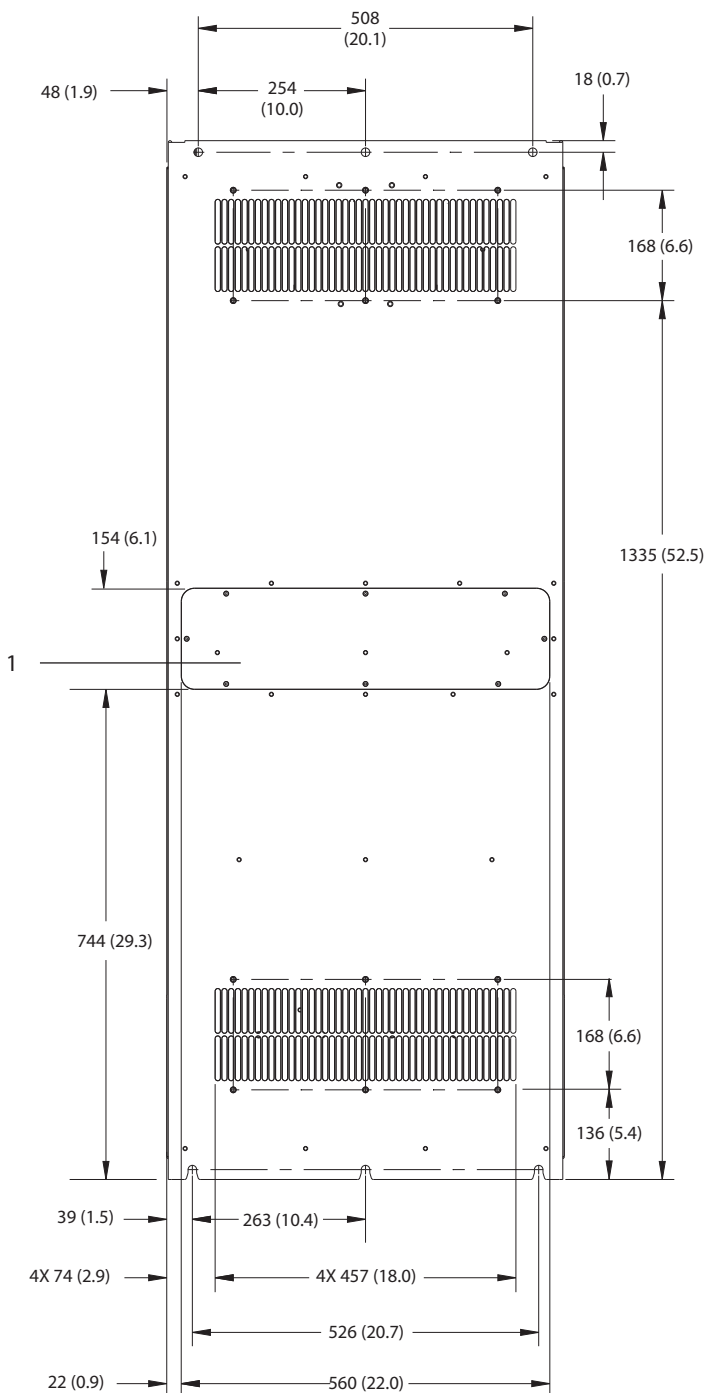


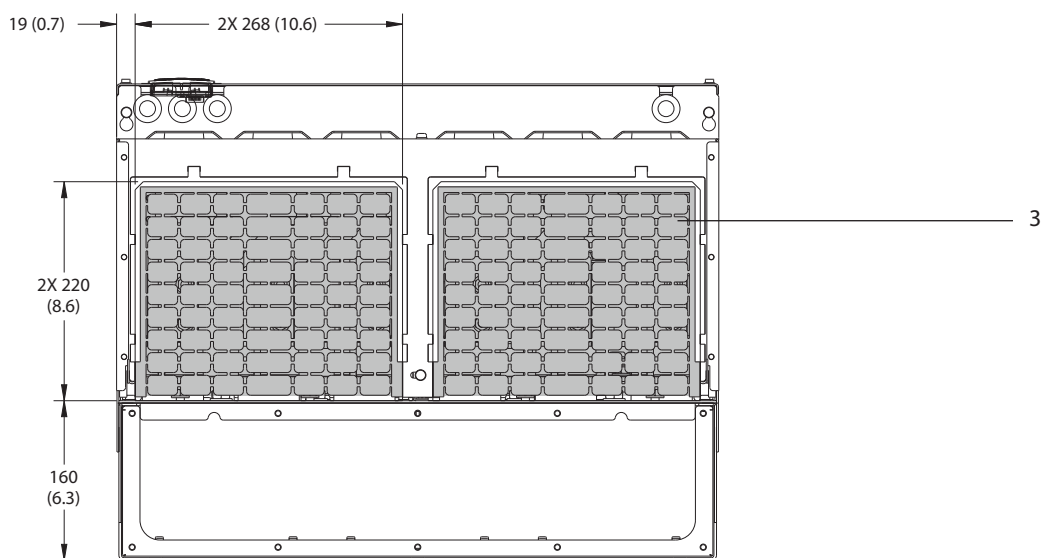
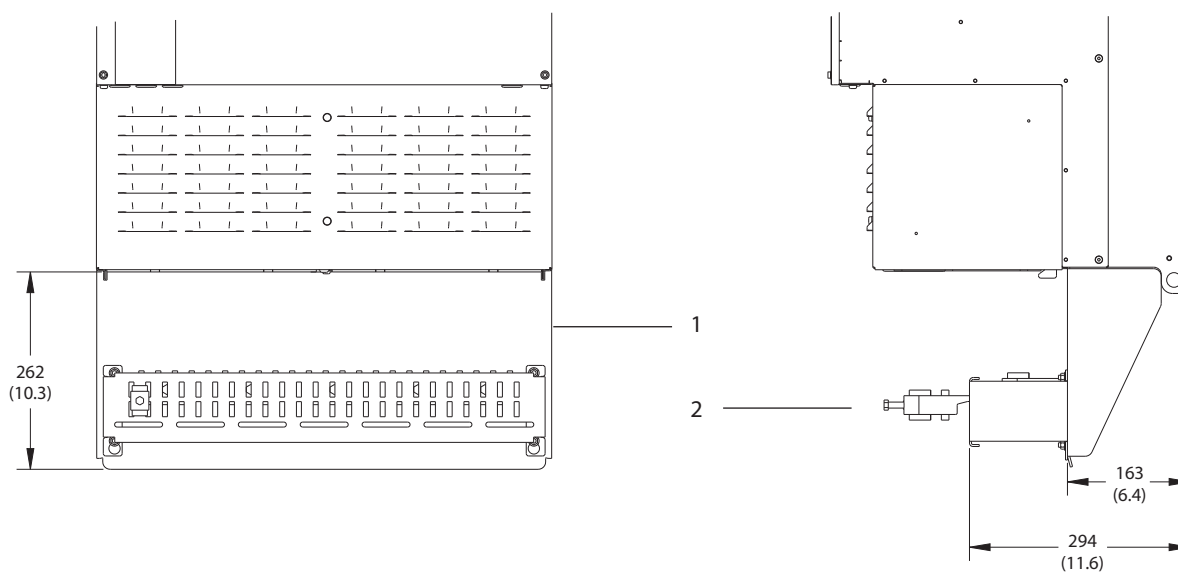
Рисунок 8.21 Вид сбоку E4h

8



1	Панель доступа к радиатору (опция)
---	------------------------------------

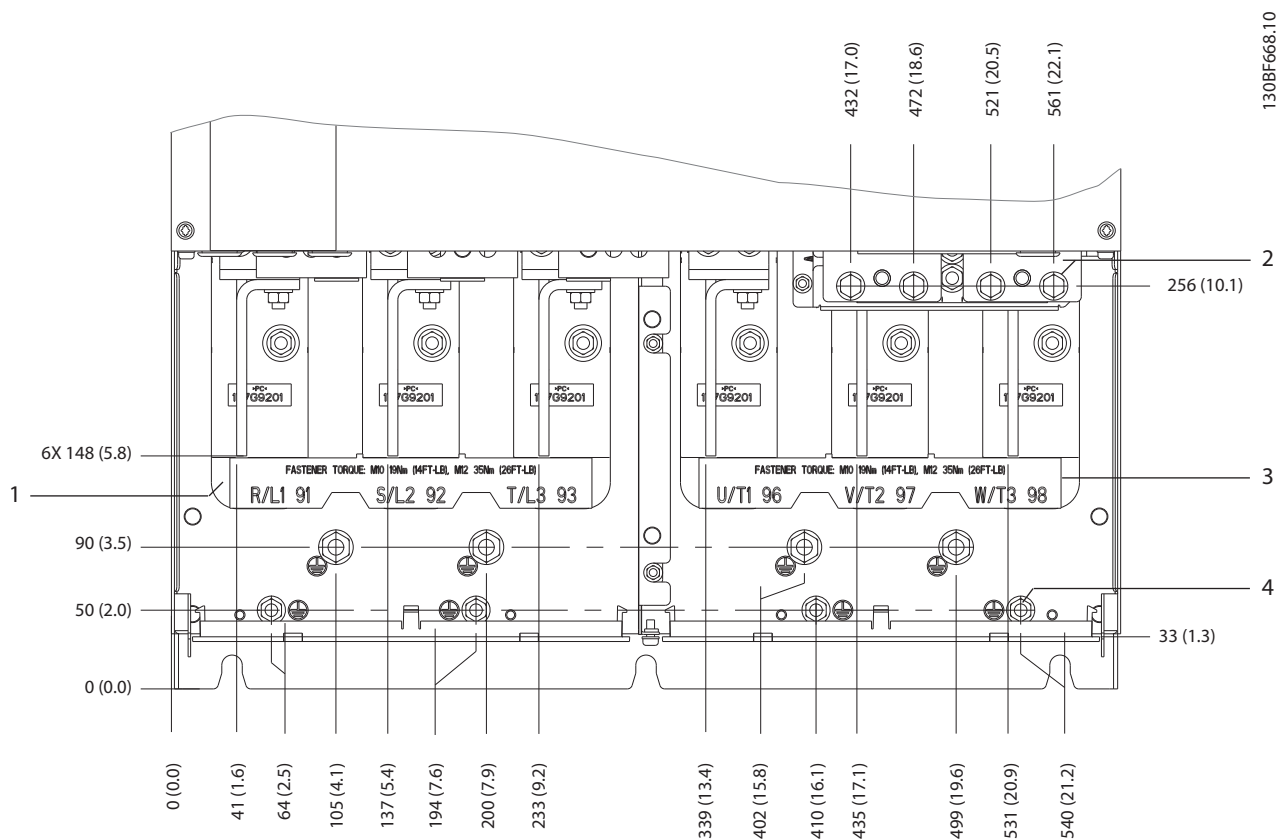
Рисунок 8.22 Вид сзади E4h



1	Клеммы для заделки экранов ВЧ-помех (входят в стандартную комплектацию при заказе дополнительного устройства защиты от ВЧ-помех)
2	Кабельный зажим, соответствующий требованиям ЭМС
3	Панель уплотнений

Рисунок 8.23 Клеммы для заделки экранов ВЧ-помех и размеры панели уплотнений для E4h

## 8.4.2 Размеры клемм E4h



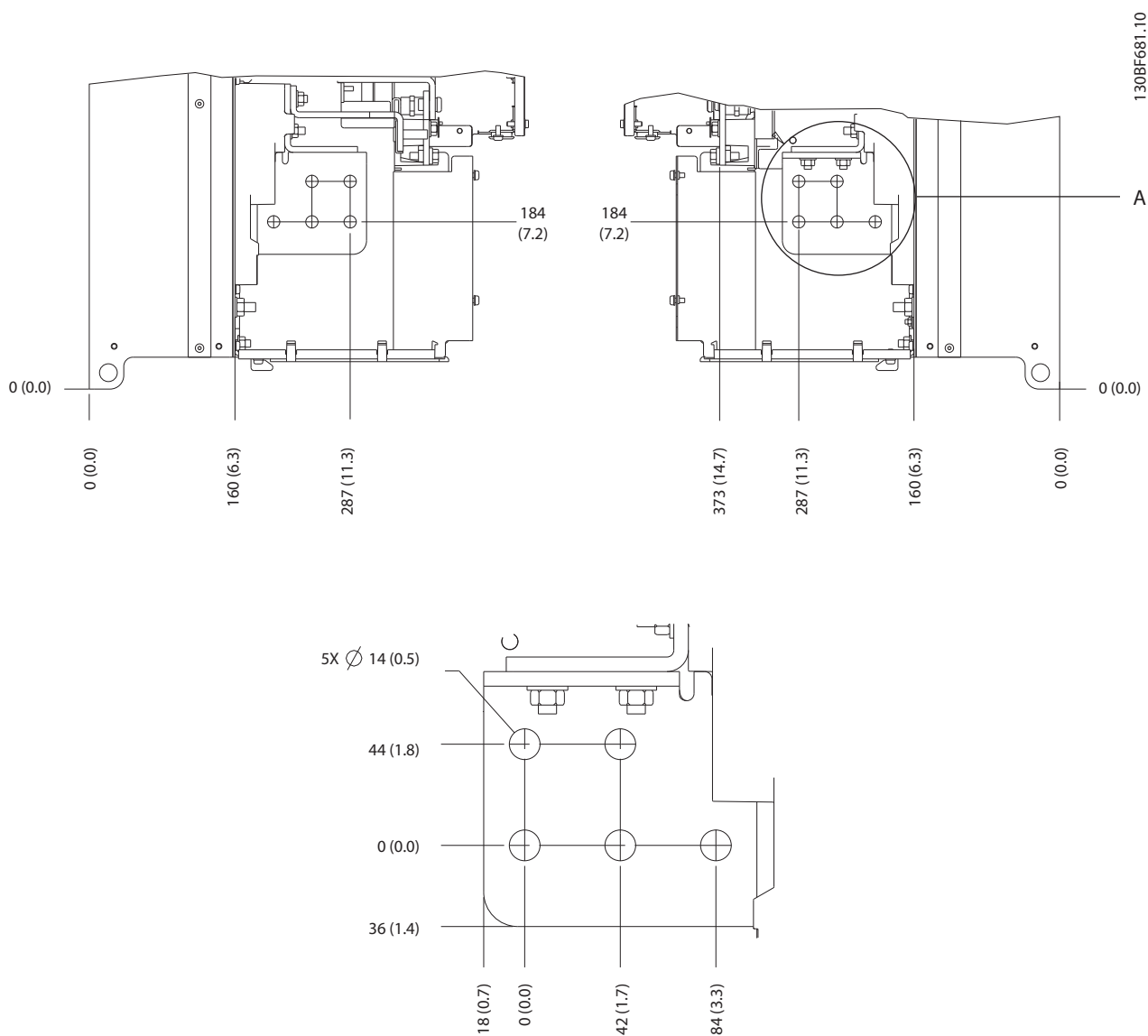
130BF668.10

8

1	Клеммы сети питания	3	Клеммы подключения электродвигателя
2	Клеммы подключения тормоза или цепи рекуперации	4	Клеммы заземления, гайки M8 и M10

Рисунок 8.24 Размеры клемм E4h (вид спереди)





8

Рисунок 8.25 Размеры клемм подключения сети питания, двигателя и заземления в корпусе E4h (вид сбоку)

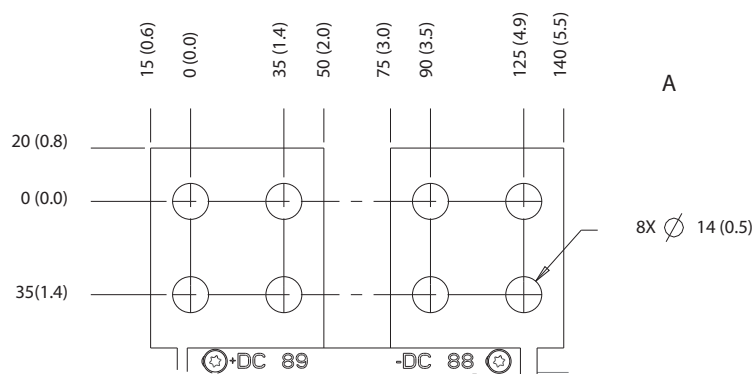
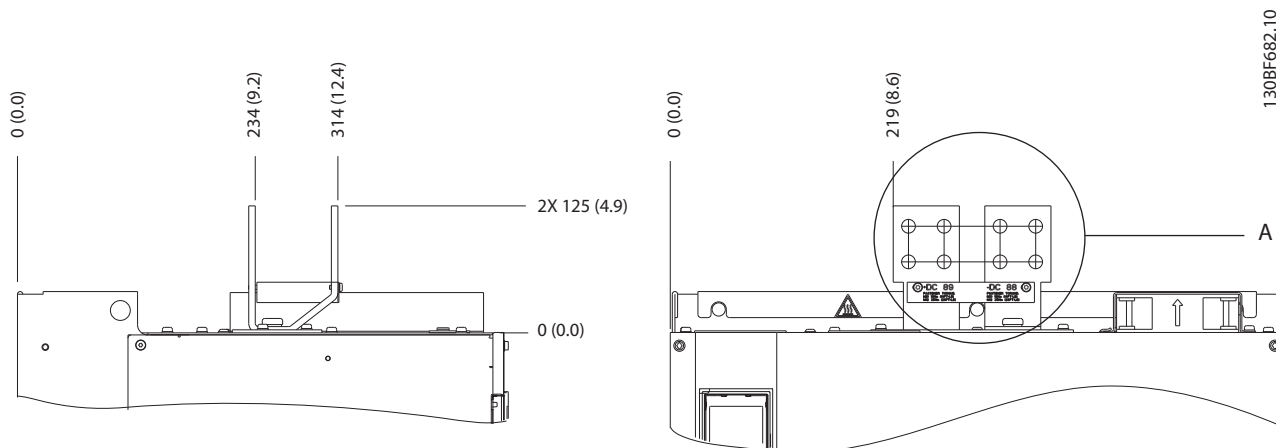


Рисунок 8.26 Размеры клемм подключения цепи разделения нагрузки/рекуперации в корпусе E4h

## 9 Вопросы механического монтажа

### 9.1 Хранение

Храните преобразователь частоты в сухом месте. До момента установки храните оборудование в запечатанной упаковке. Рекомендуемые температуры окружающей среды см. в *глава 7.5 Условия окружающей среды*.

Периодическая формовка (зарядка конденсаторов) в ходе хранения не требуется, если срок хранения не превышает 12 месяцев.

### 9.2 Поднятие устройства

Преобразователь частоты можно поднимать только за предназначенные для этого проушины. Чтобы избежать изгиба подъемных петель, используйте металлический стержень.

#### **ВНИМАНИЕ!**

#### **РИСК ЛЕТАЛЬНОГО ИСХОДА И СЕРЬЕЗНЫХ ТРАВМ**

При подъеме тяжелых грузов следуйте местным нормам по технике безопасности. Невыполнение рекомендаций и местных правил техники безопасности может привести к летальному исходу или серьезным травмам.

- Убедитесь, что подъемное оборудование находится в надлежащем рабочем состоянии.
- Вес различных размеров корпуса см. в *глава 4 Описание изделия*.
- Максимальный диаметр траверсы: 20 мм (0,8 дюйма).
- Угол между верхней частью преобразователя и подъемным тросом должен составлять 60° или больше.

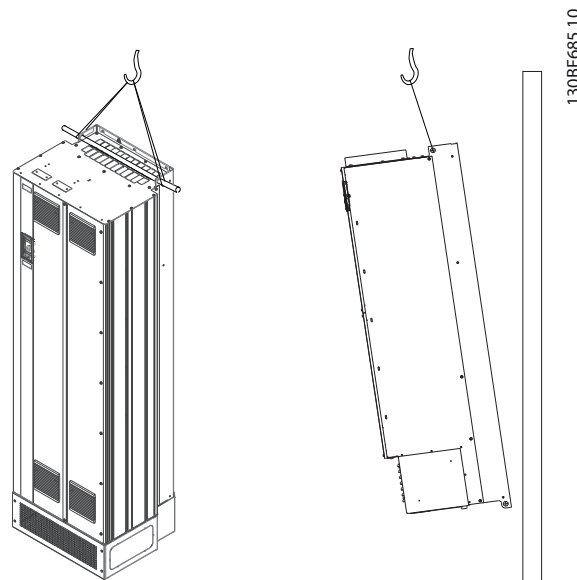


Рисунок 9.1 Рекомендуемый способ подъема

### 9.3 Рабочая среда

В случае установки преобразователя частоты в местах, где в воздухе содержатся капли жидкости, твердые частицы или вызывающие коррозию газы, убедитесь, что номинал IP/тип устройства соответствуют окружающим условиям. Характеристики окружающей среды см. в *глава 7.5 Условия окружающей среды*.

#### **УВЕДОМЛЕНИЕ**

#### **КОНДЕНСАЦИЯ**

Влага может конденсироваться на электронных компонентах и вызывать короткие замыкания. Не производите установку в местах, где возможна отрицательная температура. Если температура преобразователя меньше, чем температура окружающей среды, рекомендуется установить в шкаф обогреватель. Работа в режиме ожидания снижает риск конденсации до тех пор, пока рассеиваемая мощность поддерживает отсутствие влаги в электрической схеме.

**УВЕДОМЛЕНИЕ****ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Высокие и низкие температуры отрицательно влияют на рабочие характеристики и срок службы оборудования.

- Запрещается использовать оборудование в средах с температурой окружающего воздуха выше 55 °C (131 °F).
- Преобразователь частоты может работать при температурах от -10 °C (14 °F). Однако правильная работа при номинальной нагрузке гарантируется только при температуре 0 °C (32 °F) или выше.
- Если температура окружающего воздуха выходит за допустимые пределы, требуется установка дополнительного кондиционирующего оборудования для шкафа или площадки, на которой установлено оборудование.

**9.3.1 Газы**

Агрессивные газы, такие как сероводород, хлор или аммиак, могут повредить электрические и механические компоненты. Для снижения негативного воздействия агрессивных газов в устройстве используются платы с конформным покрытием. Требования к классу и степени защиты конформного покрытия см. в *глава 7.5 Условия окружающей среды*.

**9.3.2 Пыль**

При установке преобразователя в запыленной среде обратите внимание на следующее:

**Периодическое техобслуживание**

Когда пыль накапливается на электронных компонентах, она действует как изоляционный слой. Этот слой снижает охлаждающую способность компонентов, и компоненты нагреваются. Высокая температура приводит к сокращению срока службы электронных компонентов.

Следите за тем, чтобы на радиаторе и вентиляторах не образовывались наросты пыли. Дополнительную информацию о техническом обслуживании и ремонте см. в руководстве по эксплуатации.

**Вентиляторы охлаждения**

Вентиляторы обеспечивают приток охлаждающего воздуха к преобразователю частоты. Когда вентиляторы работают в запыленной среде, пыль может вызвать преждевременный выход вентилятора из строя. Пыль также может накапливаться на лопастях вентиляторов,

вызывая дисбаланс, из-за которого вентиляторы не смогут надлежащим образом охлаждать устройство.

**9.3.3 Потенциально взрывоопасные среды****▲ВНИМАНИЕ!****ВЗРЫВООПАСНАЯ АТМОСФЕРА**

Не устанавливайте преобразователь частоты в потенциально взрывоопасной атмосфере.

Преобразователь частоты следует устанавливать в шкафу за пределами этой зоны. Несоблюдение этой рекомендации повышает риск летального исхода или получения серьезных травм.

Системы, работающие в потенциально взрывоопасных средах, должны соответствовать особым требованиям. Директива Евросоюза 94/9/EC (ATEX 95) описывает работу электронных устройств в потенциально взрывоопасных атмосферах.

- Класс защиты d предполагает, что в случае появления искр они не выйдут за пределы защищенной области.
- В классе e запрещено любое возникновение искр.

**Двигатели с защитой класса d**

Не требует одобрения. Требуется особая проводка и защитные оболочки.

**Двигатели с защитой класса e**

В сочетании с имеющим сертификацию ATEX устройством контроля температуры PTC, таким как плата VLT® PTC Thermistor Card MCB 112, для установки не требуется отдельного разрешения уполномоченной организации.

**Двигатели с защитой класса d/e**

Сам двигатель относится к классу e защиты от искрообразования, а проводка двигателя и соединительное оборудование соответствует требованиям класса d. Для ослабления пикового напряжения используйте синусоидный фильтр на выходе преобразователя частоты.

**При использовании преобразователя в потенциально взрывоопасной атмосфере используйте следующее оборудование:**

- Двигатели с защитой от искрообразования класса d или e.
- Датчик температуры PTC для отслеживания температуры двигателя.
- Короткие кабели электродвигателя.
- Выходные синусоидные фильтры, если экранированные кабели двигателя не используются.

**УВЕДОМЛЕНИЕ****МОНИТОРИНГ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ТЕРМИСТОРНОГО ДАТЧИКА ДВИГАТЕЛЯ**

Устройства VLT® AutomationDrive с дополнительной платой VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 сертифицированы в соответствии со стандартами РТВ для использования в потенциально взрывоопасных средах.

**9.4 Конфигурации монтажа**

В Таблица 9.1 перечислены доступные конфигурации монтажа для каждого корпуса. Конкретные инструкции по установке на стене или подставке см. в руководстве по эксплуатации. См. также глава 8 Внешние размеры и размеры клемм.

**УВЕДОМЛЕНИЕ**

Ошибка монтажа может привести к перегреву и снижению уровня производительности.

Монтаж	E1h	E2h	E3h	E4h
Подставка	X	X	-	-
Стена	-	-	X	X

Таблица 9.1 Конфигурации монтажа для корпусов E1h–E4h

**Что следует учесть при установке:**

- Установите устройство как можно ближе к двигателю. Максимальные длины кабелей двигателей см. в глава 7.6 Технические характеристики кабелей.
- Обеспечьте устойчивость устройства, смонтировав его на твердой поверхности.
- Корпуса E3h и E4h могут монтироваться:
  - Вертикально, на задней пластине панели (типичный вариант монтажа).
  - Вертикально, вверх ногами на задней пластине панели.<sup>1)</sup>
  - Горизонтально на задней поверхности, на задней пластине панели.<sup>1)</sup>
  - Горизонтально, на боковой поверхности, монтаж на нижней пластине панели.<sup>1)</sup>
- Убедитесь, что место, подготовленное для монтажа, выдержит массу устройства.
- Убедитесь, что вокруг устройства достаточно пространства для надлежащего охлаждения. См. глава 5.7 Обзор охлаждения в тыльном канале.
- Убедитесь, что имеется возможность открывания дверцы.

- Устройте ввод кабелей снизу.

1) При нетиповых вариантах монтажа обращайтесь к производителю.

**9.5 Охлаждение****УВЕДОМЛЕНИЕ**

Ошибка монтажа может привести к перегреву и снижению уровня производительности. Для правильной установки следуйте указаниям в глава 9.4.1 Конфигурации монтажа.

- В верхней и нижней части преобразователя следует оставить зазор для доступа воздуха для охлаждения. Требования к зазорам: 225 мм (9 дюймов).
- Обеспечьте достаточную скорость подачи воздуха. См. Таблица 9.2.
- Следует принять во внимание снижение номинальных характеристик при температурах начиная с 45 °C (113 °F) до 50 °C (122 °F) и высотах начиная с 1 000 м (3 300 футов) над уровнем моря. Подробные сведения о снижении номинальных характеристик см. в глава 9.6 Снижение номинальных характеристик.

Для охлаждения преобразователя частоты используется тыльный канал, по которому отводится охлаждающий воздух от радиатора. Через тыльный канал уходит примерно 90 % охлаждающего воздуха радиатора. Чтобы перенаправить воздух тыльного канала от панели или из помещения, используйте следующее оборудование:

- **Охлаждение с помощью вентиляционного канала**  
Для случаев, когда преобразователь частоты IP20/шасси установлен в корпусе Rittal, предусмотрены комплекты охлаждения через тыльный канал, которые позволяют направлять охлаждающий воздух радиатора за пределы панели. Использование этих комплектов уменьшает нагрев панели и позволяет устанавливать меньшие дверные вентиляторы.
- **Охлаждение через заднюю стенку**  
Установка на устройство верхней крышки и крышки основания позволяет при использовании тыльного канала выбрасывать охлаждающий воздух за пределы комнаты.

**УВЕДОМЛЕНИЕ**

Для корпусов E3h и E4h (IP20/шасси) в корпусе необходим по меньшей мере один дверной вентилятор для отвода тепла, не отводимого в тыльный канал преобразователя частоты. Они позволят также удалять любые дополнительные теплотери от других компонентов внутри преобразователя частоты. Чтобы выбрать соответствующий размер вентилятора, рассчитайте суммарный требуемый поток воздуха.

Обеспечьте необходимый поток воздуха для радиатора.

Типоразмер	Дверной/верхний вентилятор [м <sup>3</sup> /ч (куб. см в мин)]	Вентилятор радиатора [м <sup>3</sup> /ч (куб. см в мин)]
E1h	510 (300)	994 (585)
E2h	552 (325)	1053–1206 (620–710)
E3h	595 (350)	994 (585)
E4h	629 (370)	1053–1206 (620–710)

Таблица 9.2 Интенсивность циркуляции воздуха

## 9.6 Снижение номинальных характеристик

Снижение номинальных характеристик используется в определенных ситуациях для уменьшения выходного тока, чтобы предотвратить чрезмерное тепловыделение внутри корпуса преобразователя частоты. Рассматривайте необходимость снижения номинальных характеристик в следующих условиях.

- Работа на низкой скорости.
- Низкое атмосферное давление (работа на больших высотах).
- Высокие температуры окружающего воздуха.
- Высокая частота коммутации.
- Длинные кабели электродвигателя.
- Кабели с большим сечением

Если присутствуют эти условия, Danfoss рекомендует использовать следующий более высокий типоразмер по мощности.

### 9.6.1 Снижение номинальных характеристик при работе на низких скоростях

Когда двигатель подключен к преобразователю частоты, необходимо обеспечить достаточное охлаждение двигателя. Степень нагрева зависит от нагрузки на двигатель, рабочей скорости и времени.

### Режим с постоянным крутящим моментом

В применениях с фиксированным крутящим моментом могут возникать проблемы при работе на низких оборотах. В режимах с постоянным крутящим моментом двигатель может перегреваться на малых оборотах из-за недостаточной подачи воздуха для охлаждения от встроенного вентилятора двигателя.

Если двигатель постоянно работает на оборотах, составляющих меньше половины номинального значения скорости вращения, то необходимо дополнительно подавать воздух для охлаждения двигателя. Если невозможно обеспечить дополнительное воздушное охлаждение, как альтернативу можно использовать двигатель, предназначенный для применений с низкими скоростями/постоянным крутящим моментом.

### Режимы с переменной (квадратично зависимой) величиной крутящего момента

Дополнительное охлаждение или снижение номинальных характеристик двигателя не требуется в применениях с переменным крутящим моментом, где крутящий момент пропорционален квадрату скорости, а мощность пропорциональна кубу скорости. Обычными примерами применений с переменным крутящим моментом являются центробежные насосы и вентиляторы.

### 9.6.2 Снижение номинальных характеристик с увеличением высоты

С понижением атмосферного давления охлаждающая способность воздуха уменьшается.

При высоте над уровнем моря до 1 000 м (3 281 фут) снижение номинальных параметров не требуется. При высоте более 1 000 м (3 281 фут) необходимо снижать допустимую температуру окружающей среды ( $T_{AMB}$ ) или максимальный выходной ток ( $I_{VLT,MAX}$ ). См. *Рисунок 9.2*.

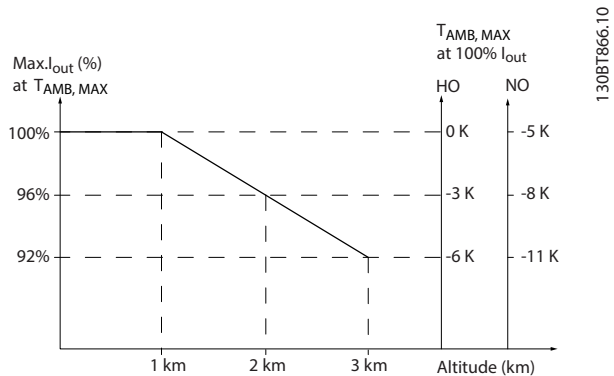


Рисунок 9.2 Снижение выходного тока в зависимости от высоты над уровнем моря при температуре окружающей среды T<sub>AMB, MAX</sub>

На Рисунок 9.2 видно, что при температуре 41,7 °C (107 °F) доступно 100 % номинального выходного тока. При температуре 45 °C (113 °F) (T<sub>AMB, MAX</sub> — 3 K) доступен 91 % номинального значения выходного тока.

### 9.6.3 Снижение номинальных характеристик для температуры окружающего воздуха и частоты коммутации.

#### **УВЕДОМЛЕНИЕ**

#### **ЗАВОДСКОЕ СНИЖЕНИЕ НОМИНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК**

Для преобразователей частоты Danfoss уже предусмотрено снижение номинальных характеристик по температуре окружающей среды ( $55\text{ °C}$  ( $131\text{ °F}$ )  $T_{AMB,MAX}$  и  $50\text{ °C}$  ( $122\text{ °F}$ )  $T_{AMB,AVG}$ ).

На графиках с Таблица 9.3 по Таблица 9.4 показано, следует ли снижать номинальный выходной ток в зависимости от частоты коммутации и окружающей температуры. На графиках  $I_{out}$  обозначает процент от номинального выходного тока, а  $f_{sw}$  обозначает частоту коммутации.

Корпус	Метод коммутации	Высокая перегрузка (HO), 150 %	Нормальная перегрузка (NO), 110 %
E1h–E4h N315–N500 380–500 В	60 AVM		
	SFAVM		

Таблица 9.3 Таблицы снижения номинальных характеристик для преобразователей частоты с номинальным напряжением 380–500 В



Корпус	Метод коммутации	Высокая перегрузка (HO), 150 %	Нормальная перегрузка (NO), 110 %
E1h-E4h N355-N710 525-690 В	60 AVM	<p>130BX489.11</p> <p>50 °C (122 °F) 55 °C (131 °F)</p>	<p>130BX490.11</p> <p>45 °C (113 °F) 50 °C (122 °F) 55 °C (131 °F)</p>
	SFAVM	<p>130BX491.11</p> <p>45 °C (113 °F) 50 °C (122 °F) 55 °C (131 °F)</p>	<p>130BX492.11</p> <p>40 °C (104 °F) 45 °C (113 °F) 50 °C (122 °F) 55 °C (131 °F)</p>

Таблица 9.4 Таблицы снижения номинальных характеристик для преобразователей частоты с номинальным напряжением 525-690 В

## 10 Вопросы электрического монтажа

### 10.1 Инструкции по технике безопасности

Общие указания по технике безопасности см. в *глава 2 Техника безопасности*.

#### **▲ВНИМАНИЕ!**

##### **ИНДУЦИРОВАННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ**

Индуктированное напряжение от выходных кабелей, идущих к двигателям от разных преобразователей частоты и проложенных рядом друг с другом, может зарядить конденсаторы оборудования даже при выключенном и заблокированном оборудовании. Несоблюдение требований к раздельной прокладке выходных кабелей двигателя или использованию экранированных кабелей может привести к летальному исходу или серьезным травмам.

- Прокладывайте выходные кабели двигателя отдельно или используйте экранированные кабели.
- Одновременно блокируйте все преобразователи частоты.

#### **▲ВНИМАНИЕ!**

##### **ОПАСНОСТЬ ПОРАЖЕНИЯ ТОКОМ**

Преобразователь частоты может вызвать появление постоянного тока в проводнике заземления, что может привести к летальному исходу или серьезным травмам.

- Там, где для защиты от поражения электрическим током используется устройство защитного отключения (RCD, датчик остаточного тока), на стороне питания разрешается устанавливать RCD только типа В.

Несоблюдение рекомендаций приведет к тому, что RCD не сможет обеспечить необходимую защиту.

##### **Защита от перегрузки по току**

- В применениях с несколькими двигателями необходимо между преобразователем частоты и двигателем использовать дополнительное защитное оборудование, такое как устройства защиты от короткого замыкания или устройства тепловой защиты двигателя.
- Для защиты от короткого замыкания и перегрузки по току должны быть установлены входные предохранители. Если предохранители отсутствуют в заводской комплектации, их должен установить специалист во время монтажа. Максимальные номиналы предохранителей см. в *глава 10.5 Предохранители и автоматические выключатели*.

##### **Тип и номиналы проводов**

- Вся проводка должна соответствовать государственным и местным нормам и правилам в отношении сечения провода и температур окружающей среды.
- Рекомендованный провод подключения питания: медный провод номиналом не ниже 75 °C (167 °F).

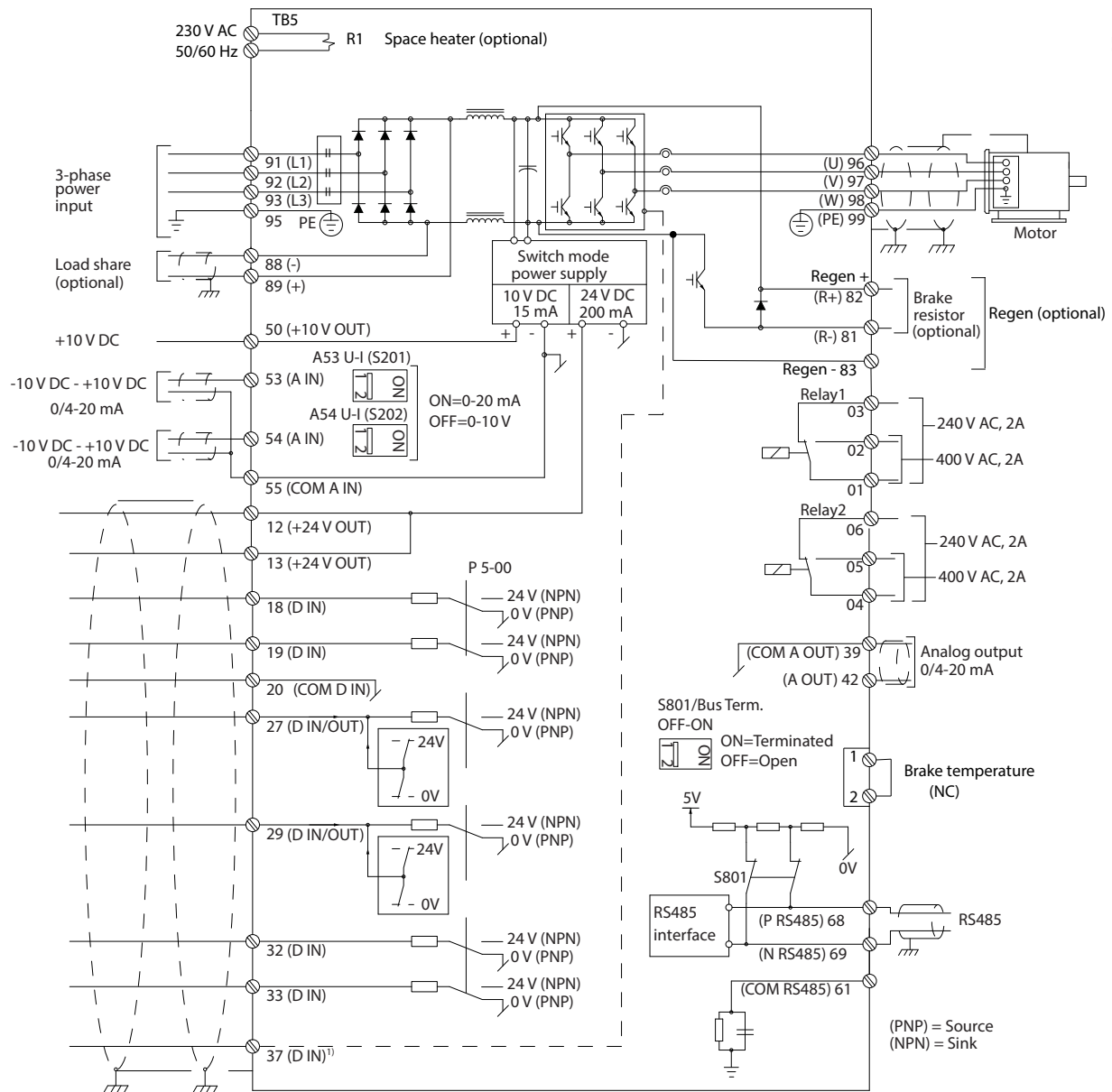
Рекомендуемые типы и размеры проводов см. в *глава 7.6 Технические характеристики кабелей*.

#### **▲ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ**

##### **ПОВРЕЖДЕНИЕ ИМУЩЕСТВА!**

Защита электродвигателя от перегрузки не включена в заводских настройках. Для добавления данной функции установите *параметр 1-90 Тепловая защита двигателя* в значение [ЭТР: отключение] или [ЭТР: предупред.]. Для рынка Северной Америки: функции защиты с помощью ЭТР обеспечивают защиту двигателя от перегрузки по классу 20 согласно требованиям NEC. Если не установить в параметре *параметр 1-90 Тепловая защита двигателя* значения [ЭТР: отключение] или [ЭТР: предупред.], защита двигателя от перегрузки будет отключена и перегрев двигателя может привести к его повреждению.

## 10.2 Схема подключений



130BFI11:11

10

Рисунок 10.1 Схема основных подключений

A = аналоговый, D = цифровой

1) Клемма 37 (опция) используется для функции Safe Torque Off. Указания по монтажу функции Safe Torque Off см. в руководстве по эксплуатации функции Safe Torque Off.

### 10.3 Подключения

#### 10.3.1 Подключение электропитания

#### **УВЕДОМЛЕНИЕ**

Вся система кабелей должна соответствовать государственным и местным нормам и правилам в отношении сечения кабелей и температуры окружающей среды. Применения UL требуют использования медных проводников, рассчитанных на 75 °C (167 °F). В применениях, не сертифицированных согласно UL, могут использоваться медные проводники, рассчитанные на 75 °C (167 °F) и 90 °C (194 °F).

Разъемы для силовых кабелей расположены как показано на *Рисунок 10.2*. Сведения об определении размеров поперечного сечения и длины кабеля двигателя см. в *глава 7 Технические характеристики*.

Если преобразователь частоты не имеет встроенных предохранителей, для его защиты следует использовать рекомендуемые плавкие предохранители. Рекомендуемые предохранители перечислены в *глава 10.5 Предохранители и автоматические выключатели*. Защита с помощью плавких предохранителей должна соответствовать местным нормам и правилам.

Подключение сети осуществляется через сетевой выключатель, если он входит в комплект поставки.

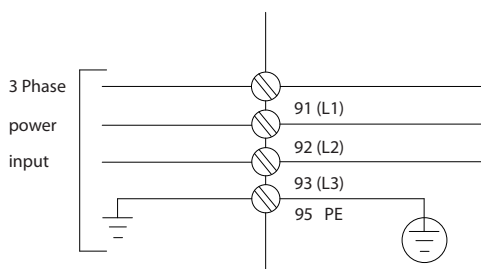


Рисунок 10.2 Подключение кабеля электропитания

#### **УВЕДОМЛЕНИЕ**

Кабель двигателя должен быть экранированным/защищенным. Если используется неэкранированный/незащищенный кабель, некоторые требования ЭМС окажутся невыполненными. Используйте экранированный/защищенный кабель двигателя, чтобы соответствовать требованиям по ограничению электромагнитного излучения. Подробнее см. *глава 10.15 Монтаж с учетом требований ЭМС*.

#### Экранирование кабелей

Избегайте монтажа с использованием скрученных концов экрана (скруток). Это снижает эффективность экранирования на высоких частотах. Если необходимо разорвать экран для монтажа разъединителя или контактора двигателя, в дальнейшем следует восстановить непрерывность экрана, обеспечивая минимально возможный импеданс высоких частот.

Присоедините экран кабеля двигателя к развязывающей панели преобразователя частоты и к металлическому корпусу двигателя.

При подключении экрана обеспечьте максимально возможную площадь контакта (с помощью кабельного зажима); используйте монтажные устройства преобразователя частоты.

#### Длина и сечение кабелей

Преобразователь частоты протестирован на ЭМС при заданной длине кабеля. Для снижения уровня шума и токов утечки кабель двигателя должен быть как можно более коротким.

#### Частота коммутации

При использовании преобразователей частоты совместно с синусоидными фильтрами, предназначенными для снижения акустического шума двигателя, частота коммутации должна устанавливаться в соответствии с указаниями в *параметр 14-01 Частота коммутации*.

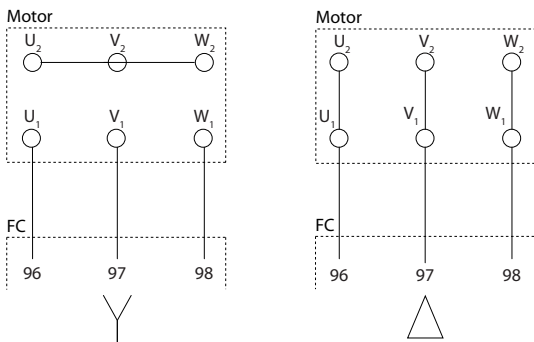
Клемма	96	97	98	99	
-	U	V	W	PE <sup>1)</sup>	Напряжение двигателя, 0–100 % напряжения сети. 3 провода от двигателя.
-	U1	V1	W1	PE <sup>1)</sup>	Соединение по схеме треугольника. 6 проводов от двигателя.
-	W2	U2	V2		
-	U1	V1	W1	PE <sup>1)</sup>	Соединение по схеме звезды: U2, V2, W2 U2, V2 и W2 соединяются отдельно.

Таблица 10.1 Подключение кабеля электродвигателя

1) Подключение защитного заземления

#### **УВЕДОМЛЕНИЕ**

При использовании двигателей без бумажной изоляции фазной обмотки или другой усиленной изоляции, пригодной для работы с источником напряжения, на выходе преобразователя частоты следует установить синусоидный фильтр.



175ZA114.11

Рисунок 10.3 Подключение кабеля электродвигателя

### 10.3.2 Подключение шины постоянного тока

Клемма шины постоянного тока используется для резервного питания постоянным током, когда цепь постоянного тока питается от внешнего источника питания.

Клемма	Функция
88, 89	Шина постоянного тока

Таблица 10.2 Клеммы шины постоянного тока

### 10.3.3 Разделение нагрузки

Разделение нагрузки позволяет соединять промежуточные цепи постоянного тока нескольких преобразователей частоты. См. описание в *глава 5.5 Описание разделения нагрузки*.

Разделение нагрузки требует дополнительного оборудования и учета вопросов безопасности. Обратитесь в Danfoss для оформления заказа и получения рекомендаций по установке.

Клемма	Функция
88, 89	Разделение нагрузки

Таблица 10.3 Клеммы разделения нагрузки

Соединительный кабель должен быть экранированным, а его длина от преобразователя частоты до шины постоянного тока не должна превышать 25 метров (82 фута).

### 10.3.4 Тормозной кабель

Соединительный кабель к тормозному резистору должен быть экранированным, а его длина от преобразователя частоты до шины постоянного тока не должна превышать 25 метров (82 фута).

- Подключите экран с помощью кабельных зажимов к проводящей задней панели преобразователя частоты и к металлическому шкафу тормозного резистора.
- Сечение тормозного кабеля должно соответствовать тормозному моменту.

Клемма	Функция
81, 82	Клеммы подключения тормозного резистора

Таблица 10.4 Клеммы подключения тормозного резистора

Подробнее см. *Руководство по проектированию VLT® Brake Resistor MCE 101*.

### УВЕДОМЛЕНИЕ

Если в тормозном IGBT возникает короткое замыкание, то рассеяние мощности в тормозном резисторе может быть предотвращено отключением преобразователя частоты от питающей сети с помощью сетевого выключателя или контактора. Контакторм может управлять только преобразователь частоты.

10

### 10.4 Проводка и клеммы элементов управления

#### 10.4.1 Прокладка кабелей управления

Закрепите стяжками и проложите все провода управления, как показано на *Рисунок 10.4*. Не забудьте правильно подключить экраны, чтобы обеспечить оптимальную устойчивость к электрическим помехам.

- Изолируйте провода подключения элементов управления от высоковольтных кабелей.
- Если преобразователь подключен к термистору, провода цепи управления данного термистора должны быть экранированы и иметь усиленную/двойную изоляцию. Рекомендуется напряжение питания 24 В пост. тока.

**Подключение периферийной шины**

Подключите проводку к соответствующим дополнительным устройствам на плате управления. Подробнее см. в соответствующей инструкции для периферийной шины. Кабель должен быть закреплен стяжками и проложен вместе с другими проводами управления внутри устройства. См. Рисунок 10.4.

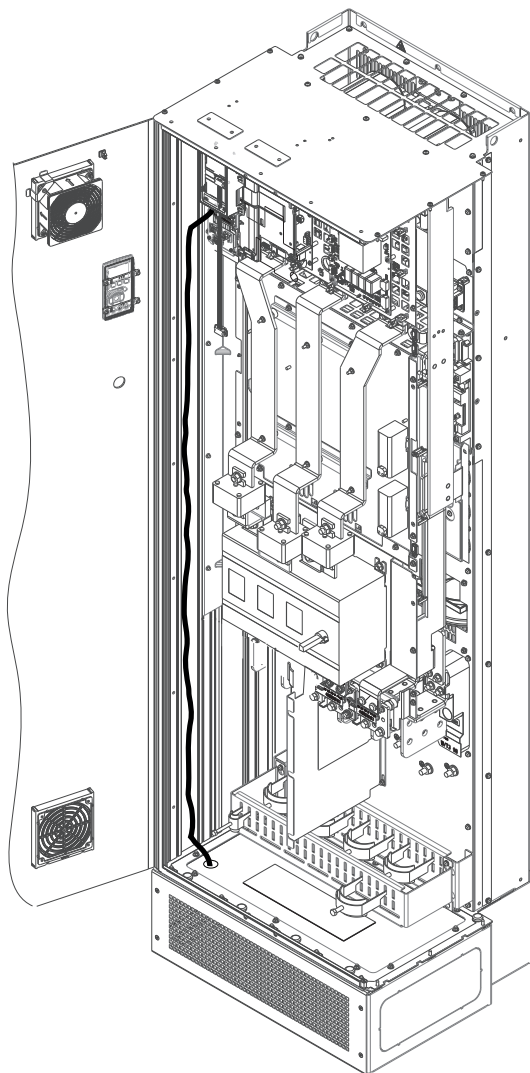


Рисунок 10.4 Маршрут прокладки проводки платы управления

**10.4.2 Клеммы управления**

На Рисунок 10.5 показаны съемные разъемы преобразователя частоты. Функции клемм и настройки по умолчанию приведены в Таблица 10.5 — Таблица 10.7.

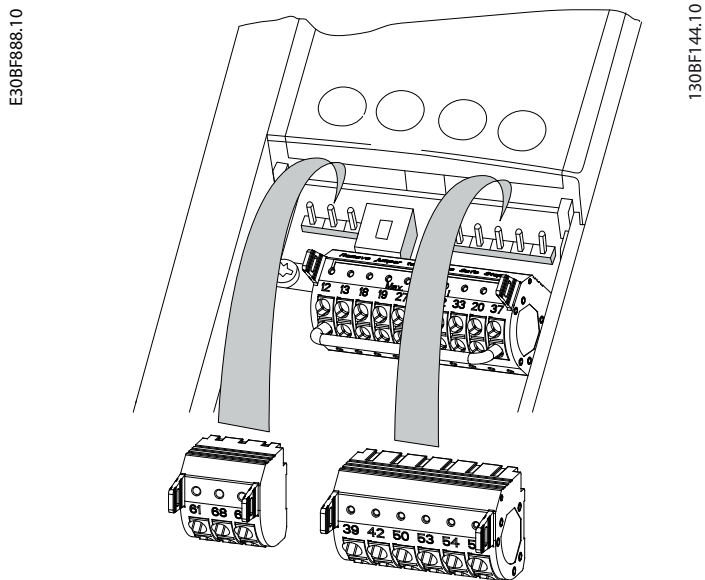
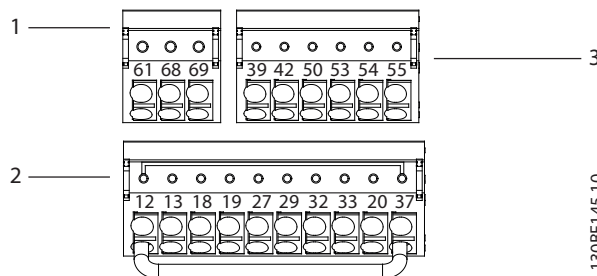


Рисунок 10.5 Расположение клемм управления



1	Клеммы последовательной связи
2	Клеммы цифровых входов/выходов
3	Клеммы аналоговых входов/выходов

Рисунок 10.6 Номера клемм на разъемах

Клеммы последовательной связи			
Клемма	Параметр	Установка по умолчанию	Описание
61	–	–	Встроенный резистивно-емкостной фильтр для экрана кабеля. Используется ТОЛЬКО для подключения экрана при наличии проблем с ЭМС.
68 (+)	Группа параметров 8-3* Настройки порта ПЧ	–	Интерфейс RS485. В качестве оконечного сопротивления шины предусмотрен переключатель на плате управления (BUS TER.). См. <i>Руководство по проектированию VLT® AutomationDrive FC 300 90–1 200 кВт.</i>
69 (-)	Группа параметров 8-3* Настройки порта ПЧ	–	
Реле			
01, 02, 03	Параметр 5-40 Реле функций [0]	[0] Не используется	Выход реле типа Form C. Для подключения напряжения переменного и постоянного тока, а также резистивных и индуктивных нагрузок.
04, 05, 06	Параметр 5-40 Реле функций [1]	[0] Не используется	

Таблица 10.5 Описание клемм последовательной связи

Клеммы цифровых входов/выходов			
Клемма	Параметр	Установка по умолчанию	Описание
12, 13	–	+24 В пост. тока	Питание 24 В пост. тока для цифровых входов и внешних датчиков. Максимальный выходной ток составляет 200 мА для всех нагрузок 24 В.

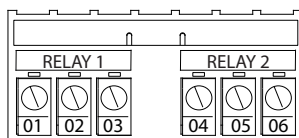
Клеммы цифровых входов/выходов			
Клемма	Параметр	Установка по умолчанию	Описание
18	Параметр 5-10 Клемма 18, цифровой вход	[8] Пуск	Цифровые входы.
19	Параметр 5-11 Клемма 19, цифровой вход	[10] Реверс	
32	Параметр 5-14 Клемма 32, цифровой вход	[0] Не используется	
33	Параметр 5-15 Клемма 33, цифровой вход	[0] Не используется	Для цифрового входа или выхода. По умолчанию настроены в качестве входов.
27	Параметр 5-12 Клемма 27, цифровой вход	[2] Выбег, инверсный	
29	Параметр 5-13 Клемма 29, цифровой вход	[14] Фикс. част.	Общая клемма для цифровых входов и потенциал 0 В для питания 24 В.
20	–	–	
37	–	STO	Если не используется поставляемая по заказу функция STO, между клеммами 12 (или 13) и 37 должна быть установлена перемычка. Такая конфигурация позволяет преобразователю частоты работать с заводскими настройками по умолчанию.

Таблица 10.6 Описания клемм цифровых входов/выходов

Клеммы аналоговых входов/выходов			
Клемма	Параметр	Установка по умолчанию	Описание
39	–	–	Клемма общего провода для аналогового выхода.
42	Параметр 6-50 Клемма 42, выход	[0] Не используется	Программируемый аналоговый выход. Аналоговый сигнал 0–20 мА или 4–20 мА при макс. 500 Ом.
50	–	+10 В пост. тока	Питание 10 В пост. тока на аналоговых входах для подключения потенциометра или термистора. Максимум 15 мА.
53	Группа параметров 6-1* Аналоговый вход 1.	Задание	Аналоговый вход. Для напряжения или тока. Переключатели A53 и A54 используются для выбора мА или В.
54	Группа параметров 6-2* Аналоговый вход 2.	Обратная связь	
55	–	–	Общий для аналогового входа.

Таблица 10.7 Описание клемм аналоговых входов/выходов

Клеммы реле:



1308F156.10

Рисунок 10.7 Клеммы реле 1 и реле 2

- Реле 1 и реле 2. Расположение выходов зависит от конфигурации преобразователя частоты. См. руководство по проектированию.
- Клеммы на встроенном дополнительном оборудовании. См. инструкции к соответствующему дополнительному оборудованию.

## 10.5 Предохранители и автоматические выключатели

Предохранители используются для того, чтобы ограничить возможные повреждения преобразователя частоты лишь его внутренними повреждениями. Чтобы обеспечить соответствие стандарту EN50178, используйте для замены рекомендованные предохранители Bussmann. См. Таблица 10.8.

### УВЕДОМЛЕНИЕ

Использование предохранителей на стороне питания является обязательным в установках, сертифицируемых по IEC 60364 (CE) и NEC 2009 (UL).

Входное напряжение [В]	Номер для заказа Bussmann
380–500	170M7309
525–690	170M7342

Таблица 10.8 Возможные предохранители

Предохранители, указанные в Таблица 10.8, могут использоваться в схеме, способной (в зависимости от номинального напряжения преобразователя частоты) выдавать симметричный эффективный ток 100 000 А. При использовании правильных предохранителей номинальный ток короткого замыкания (SCCR) в преобразователе частоты составляет 100 000 А (эфф.). Преобразователи частоты в корпусах E1h и E2h поставляются со встроенными предохранителями, обеспечивающими защиту от тока короткого замыкания (SCCR) 100 кА и соответствие требованиям к корпусным преобразователям частоты, изложенным в UL 61800-5-1. Преобразователи частоты E3h и E4h для защиты от тока SCCR, равного 100 кА, должны оснащаться предохранителями Type aR.

### УВЕДОМЛЕНИЕ

#### РАСЦЕПИТЕЛЬ

Для соблюдения требований к защите по току SCCR (100 кА) все блоки, заказанные и поставляемые с установленным на заводе расцепителем, требуют защиты параллельных цепей с помощью предохранителей Class L. Если используется автоматический выключатель, номинальный ток SCCR составляет 42 кА. Конкретный предохранитель Class L подбирается по входному напряжению и номинальной мощности преобразователя частоты. Входное напряжение и номинальная мощность указаны на паспортной табличке изделия. Подробнее о паспортных табличках см. в руководстве по эксплуатации.



Входное напряжение [В]	Номинальная мощность (кВт)	Номинальный ток короткого замыкания (А)	Требования к защите
380–500	315–400	42000	Автоматический выключатель
		100000	Предохранитель Class L, 800 А
380–500	450–500	42000	Автоматический выключатель
		100000	Предохранитель Class L, 1 200 А
525–690	355–560	40000	Автоматический выключатель
		100000	Предохранитель Class L, 800 А
525–690	630–710	42000	Автоматический выключатель
		100000	Предохранитель Class L, 1 200 А

## 10.6 Двигатель

### 10.6.1 Кабель электродвигателя

С преобразователем частоты могут использоваться стандартные трехфазные асинхронные двигатели всех типов. Двигатель должен подключаться к следующим клеммам:

- U/T1/96
- V/T2/97
- W/T3/98
- Подключите заземление к клемме 99

Заводская настройка установлена на вращение по часовой стрелке, при этом выход преобразователя частоты подключается следующим образом:

Клемма	Функция
96	Сеть U/T1
97	V/T2
98	W/T3
99	Земля

Таблица 10.9 Клеммы управления двигателем

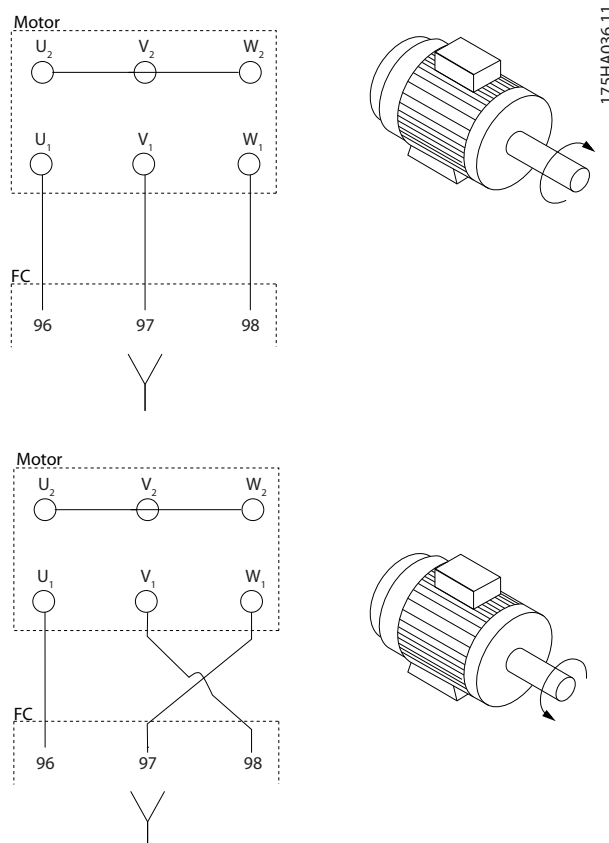


Рисунок 10.8 Изменение направления вращения двигателя

- Клемма U/T1/96 соединяется с фазой U
- Клемма V/T2/97 соединяется с фазой V
- Клемма W/T3/98 соединяется с фазой W

Направление вращения может быть изменено путем переключения двух фаз в кабеле двигателя или посредством изменения настройки в параметр 4-10 Направление вращения двигателя.

Проверку вращения можно выполнить с помощью параметра параметр 1-28 Проверка вращения двигателя и посредством конфигурации, изображенной на Рисунок 10.8.

### 10.6.2 Тепловая защита двигателя

Электронное тепловое реле преобразователя частоты имеет аттестацию UL для защиты от перегрузки одного двигателя, когда для параметр 1-90 Тепловая защита двигателя установлено значение ЭТР: отключение, а для параметр 1-24 Ток двигателя — значение номинального тока двигателя (см. паспортную табличку двигателя).

Для тепловой защиты двигателя можно также использовать дополнительную плату VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 Эта плата отвечает требованиям ATEX по защите двигателей во взрывоопасных зонах 1/21 и 2/22.

Когда для параметр 1-90 Тепловая защита двигателя установлено значение [20] ЭТР в соотв. с АTEX и используется MCB 112, двигателем Ex-e можно управлять во взрывоопасных зонах. Подробнее о настройке электродвигателей Ex-e с целью обеспечения безопасной работы см. *руководство по программированию*.

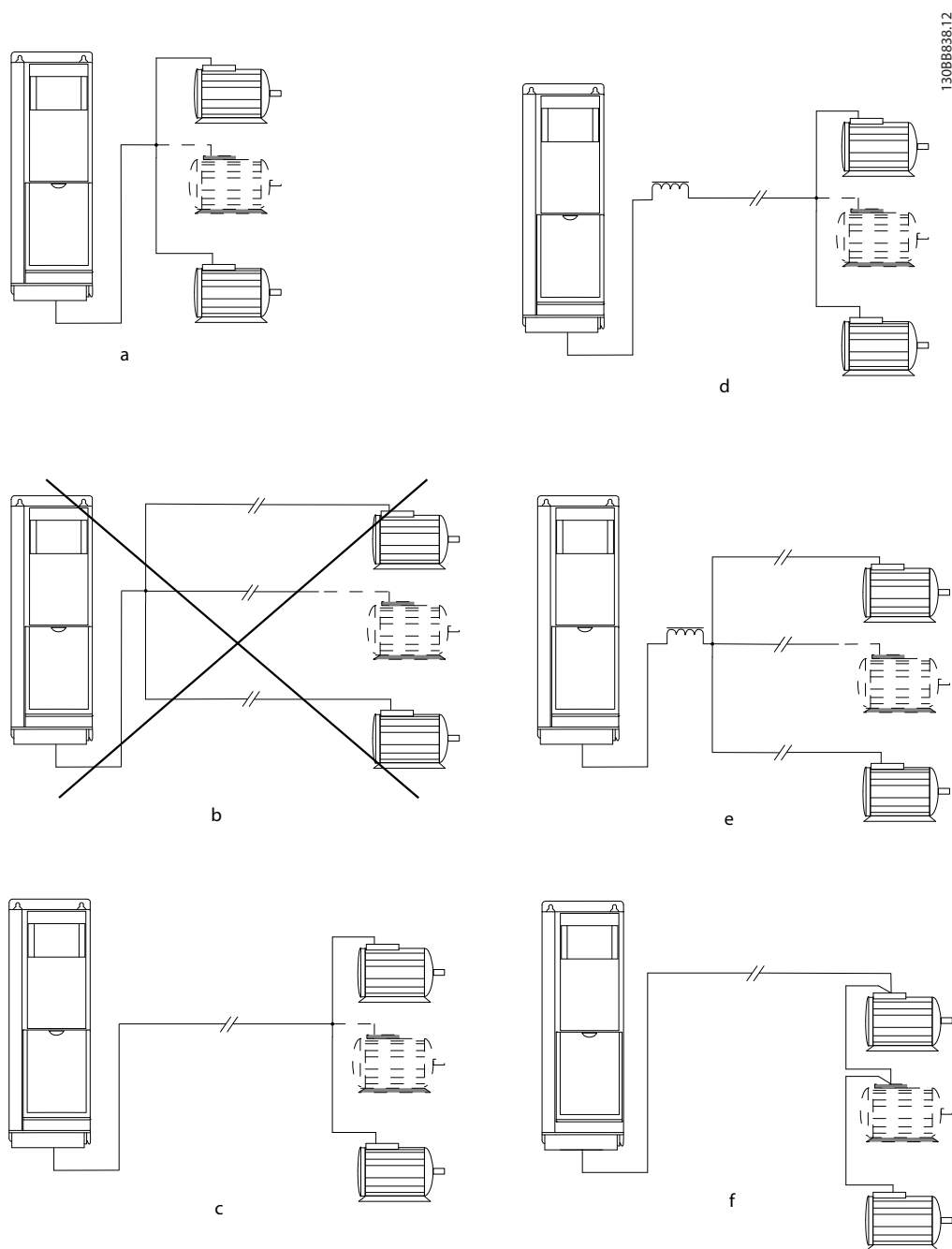
### 10.6.3 Параллельное подключение двигателей

Преобразователь частоты может управлять несколькими параллельно подключенными двигателями. Различное схемы параллельного подключения двигателей см. в *Рисунок 10.9*.

При использовании параллельного подключения двигателей следует учитывать следующие моменты:

- Применения с параллельными двигателями должны работать в режиме U/F (В/Гц)
- В некоторых системах может использоваться режим VCC<sup>+</sup>.

- Общий ток, потребляемый двигателями, не должен превышать номинального выходного тока преобразователя частоты I<sub>INV</sub>.
- Если мощности двигателей значительно различаются, то могут возникать проблемы при пуске и на малых скоростях вращения, поскольку относительно большое активное сопротивление статора маломощных двигателей требует более высокого напряжения при пуске и на малых оборотах.
- Электронное тепловое реле (ЭТР) преобразователя частоты нельзя использовать для защиты двигателей от перегрузки. Следует предусмотреть дополнительную защиту двигателей с помощью термисторов в каждой обмотке двигателя или индивидуальных термореле.
- Когда двигатели соединены параллельно, параметр *параметр 1-02 Flux- источник ОС двигателя* использоваться не может, а параметр *параметр 1-01 Принцип управления двигателем* должен иметь значение [0] U/f.



A	Монтаж с кабелями, соединенными в общий жгут, как показано на А и В, рекомендуется только при небольшой длине кабелей.
B	Учитывайте максимальные длины кабелей двигателей, указанные в глава 7.6 Технические характеристики кабелей.
C	Требование к общей длине кабелей двигателей, упомянутое в глава 7.6 Технические характеристики кабелей, действительно лишь в случае, когда длина каждого из параллельных кабелей не превышает 10 м (32 фута).
D	Учитывайте перепад напряжений между кабелями двигателя.
E	Учитывайте перепад напряжений между кабелями двигателя.
F	Требование к общей длине кабелей двигателей, упомянутое в глава 7.6 Технические характеристики кабелей, действительно лишь в случае, когда длина каждого из параллельных кабелей не превышает 10 м (32 фута).

Рисунок 10.9 Различные схемы параллельного подключения двигателей

## 10.6.4 Изоляция двигателя

Для кабелей двигателя, длина которых меньше или равна максимальной длине кабелей двигателя, указанной в *глава 7.6 Технические характеристики кабелей*, используйте номинальные значения изоляции двигателя из *Таблица 10.10*. Если двигатель имеет низкий уровень изоляции, Danfoss рекомендует использовать фильтр du/dt или синусоидный фильтр.

Номинальное напряжение сети	Изоляция двигателя
$U_N \leq 420$ В	Станд. $U_{LL} = 1\ 300$ В
$420$ В < $U_N \leq 500$ В	Усил. $U_{LL} = 1\ 600$ В
$500$ В < $U_N \leq 600$ В	Усил. $U_{LL} = 1\ 800$ В
$600$ В < $U_N \leq 690$ В	Усил. $U_{LL} = 2\ 000$ В

Таблица 10.10 Номиналы изоляции двигателя

## 10.6.5 Подшипниковые токи двигателя

Для устранения подшипниковых токов необходимо установить изолированные подшипники на неприводном конце всех двигателей, используемых с преобразователями частоты VLT® AutomationDrive. Для минимизации токов подшипников и вала на приводном конце необходимо обеспечить надлежащее заземление преобразователя частоты, двигателя, ведомой машины и двигателя, подключенного к ведомой машине.

Стандартные компенсационные меры:

- Используйте изолированные подшипники.
- Правильно выполняйте процедуры монтажа.
  - Убедитесь, что двигатель и нагрузка соответствуют друг другу.
  - Строго соблюдайте рекомендации по установке в соответствии с ЭМС.
  - Обеспечьте усиление защитного заземления для уменьшения высокочастотного импеданса защитного заземления в сравнении с входными силовыми проводами.
  - Между преобразователем частоты и двигателем следует обеспечить хорошее высокочастотное соединение. Следует использовать экранированный кабель, который соединен с двигателем и преобразователем частоты по всей окружности (360°) поперечного сечения экрана.
  - Убедитесь в том, что импеданс от преобразователя частоты на землю

здания ниже импеданса заземления машины. Эта процедура может быть трудновыполнимой при использовании насосов.

- Устройте прямое соединение заземления между двигателем и нагрузкой.
  - Уменьшите частоту коммутации IGBT.
  - Измените форму колебаний инвертора, с 60° AVM на SFAVM и наоборот.
  - Используйте систему заземления вала или изолированную муфту.
  - Используйте токопроводящую смазку.
  - Если возможно, используйте минимальные уставки скорости.
  - Постарайтесь обеспечить баланс напряжения сети с землей. Эта процедура может быть трудновыполнимой для систем IT, TT, TN-CS или систем с заземленной ветвью.
  - Используйте фильтр dU/dt или синусоидный фильтр

## 10.7 Торможение

### 10.7.1 Выбор тормозного резистора

Тормозной резистор необходим для рассеивания повышенной мощности, выделяемой при торможении. Энергия поглощается не преобразователем частоты, а тормозным резистором. Подробнее см. *Руководство по проектированию VLT® Brake Resistor MCE 101*.

Если величина кинетической энергии, передаваемой в резистор в каждом интервале торможения, не известна, среднюю мощность можно рассчитать на основе времени цикла и времени торможения (прерывистый рабочий цикл). Прерывистый рабочий цикл резистора показывает интервал времени, в течение которого резистор включен. На *Рисунок 10.10* показан типичный цикл торможения.

Поставщики двигателей часто пользуются параметром S5, устанавливая допустимую нагрузку, которая характеризует прерывистый рабочий цикл. Прерывистый рабочий цикл для резистора рассчитывается следующим образом:

$$\text{Рабочий цикл} = t_b/T$$

T — время цикла в секундах

$t_b$  — время торможения в секундах (за время цикла)

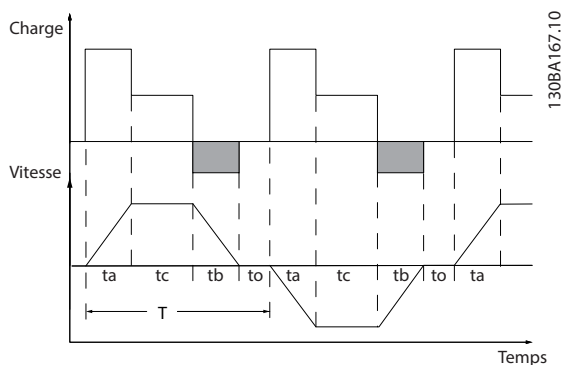


Рисунок 10.10 Типичный цикл торможения

		Типоразмер по мощности (высокая перегрузка)				
		N315	N355	N400	N450	N500
Торможение при номинальных условиях [45 °C (113 °F)]	Длительность цикла (с)	600	600	600	600	600
	Ток (%)	100	70	62	56	80
	Время торможения (с)	240	240	240	240	240
Торможение в условиях перегрузки [45 °C (113 °F)]	Длительность цикла (с)	300	300	300	300	300
	Ток (%)	136	92	81	72	107
	Время торможения (с)	30	30	30	30	30
Торможение при номинальных условиях [25 °C (77 °F)]	Длительность цикла (с)	600	600	600	600	600
	Ток (%)	100	92	81	89	80
	Время торможения (с)	240	240	240	240	240
Торможение в условиях перегрузки [25 °C (77 °F)]	Длительность цикла (с)	300	300	300	300	300
	Ток (%)	136	113	100	72	107
	Время торможения (с)	30	10	10	30	30

Таблица 10.11 Тормозная способность, 380–500 В

		Типоразмер по мощности (высокая перегрузка)					
		N355	N400	N500	N560	N630	N710
Торможение при номинальных условиях [45 °C (113 °F)]	Длительность цикла (с)	600	600	600	600	600	600
	Ток (%)	89	79	63	63	71	63
	Время торможения (с)	240	240	240	240	240	240
Торможение в условиях перегрузки [45 °C (113 °F)]	Длительность цикла (с)	300	300	300	300	300	300
	Ток (%)	113	100	80	80	94	84
	Время торможения (с)	30	30	30	30	30	30
Торможение при номинальных условиях [25 °C (77 °F)]	Длительность цикла (с)	600	600	600	600	600	60
	Ток (%)	89	79	63	63	71	63
	Время торможения (с)	240	240	240	240	240	240
Торможение в условиях перегрузки [25 °C (77 °F)]	Длительность цикла (с)	300	300	300	300	300	300
	Ток (%)	113	100	80	80	94	84
	Время торможения (с)	30	30	30	30	30	30

Таблица 10.12 Тормозная способность, 525–690 В

Компания Danfoss предлагает тормозные резисторы с рабочим циклом 5 %, 10 % и 40 %. Если используется 10 % рабочий цикл, тормозные резисторы поглощают мощность торможения в течение 10 % времени цикла. Остающиеся 90 % времени цикла используются для рассеяния избыточного тепла.

### УВЕДОМЛЕНИЕ

Убедитесь, что резистор подходит для обработки требуемого времени торможения.

Максимально допустимая нагрузка на тормозном резисторе определяется как пиковая мощность при заданном прерывистом рабочем цикле. Сопротивление тормозного резистора вычисляется по формуле:

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

где

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

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

Размер	Тормоз активен	Предупреждение перед отключением	Отключение (аварийное отключение)
380–500 В <sup>1)</sup>	810 В	828 В	855 В
525–690 В	1 084 В	1 109 В	1 130 В

Таблица 10.13 Пределы торможения FC 302

1) \* Зависит от типоразмера по мощности

### УВЕДОМЛЕНИЕ

Убедитесь, что тормозной резистор способен выдержать напряжение 410 В, 820 В, 850 В, 975 В или 1 130 В. Тормозные резисторы Danfoss доступны в номиналах, подходящих для использования во всех преобразователях частоты Danfoss.

Компания Danfoss рекомендует использовать сопротивление торможения  $R_{\text{рек}}$ . Этот расчет гарантирует способность преобразователя частоты к торможению с максимально высоким тормозным моментом ( $M_{\text{торм.}}(\%)$ ), равным 150 %. Формула имеет следующий вид:

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

Типичное значение  $\eta_{\text{двиг.}}$  равно 0,90

Типичное значение  $\eta_{\text{VLT}}$  равно 0,98

Для преобразователей частоты 200 В, 480 А, 500 А и 600 В  $R_{\text{рек}}$  при тормозном моменте 160 % записывается как:

$$200В : R_{\text{рек}} = \frac{107780}{P_{\text{двиг.}}} [Ом]$$

$$500В : R_{\text{рек}} = \frac{464923}{P_{\text{двиг.}}} [Ом]$$

$$600В : R_{\text{рек}} = \frac{630137}{P_{\text{двиг.}}} [Ом]$$

$$690В : R_{\text{рек}} = \frac{832664}{P_{\text{двиг.}}} [Ом]$$

### УВЕДОМЛЕНИЕ

Сопротивление цепи выбранного тормозного резистора не должно превышать значения, рекомендуемого Danfoss. Корпуса E1h–E4h оснащаются одним тормозным прерывателем.

### УВЕДОМЛЕНИЕ

Если в тормозном транзисторе происходит короткое замыкание, рассеяние мощности в тормозном резисторе может быть предотвращено только отключением преобразователя частоты или контакта в цепи торможения от питающей сети с помощью сетевого выключателя или контактора. Беспрепятственное рассеяние мощности в тормозном резисторе может вызвать перегрев, повреждение или пожар.

### ВНИМАНИЕ!

#### ОПАСНОСТЬ ПОЖАРА

Тормозные резисторы сильно нагреваются во время/ после торможения, поэтому необходимо обеспечить пожаробезопасность среды, в которой они установлены.

## 10.7.2 Управление с помощью функции торможения

Для защиты тормозного резистора от перегрузки в случае неисправности в преобразователе частоты может использоваться реле/цифровой сигнал. При перегрузке или перегреве тормозного IGBT реле/цифровой сигнал от тормоза на преобразователь частоты отключает тормозной IGBT. Это реле/цифровой сигнал не защищает от короткого замыкания в тормозном IGBT. Danfoss рекомендует отключить тормоз, если в тормозном IGBT происходит короткое замыкание.

Кроме того, тормоз обеспечивает возможность считывания значений мгновенной и средней мощности за последние 120 с. Тормоз может также контролировать возбуждение мощности торможения и обеспечивать, чтобы она не превышала предела, установленного в параметре *параметр 2-12 Предельная мощность торможения (кВт)*. В параметре *Параметр 2-13 Контроль мощности торможения* выбирается функция, которая будет выполняться, когда мощность, передаваемая на тормозной резистор, превысит предел, установленный в параметре *параметр 2-12 Предельная мощность торможения (кВт)*.

### УВЕДОМЛЕНИЕ

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

Вместо функции торможения можно с помощью параметра *параметр 2-17 Контроль перенапряжения* включить функцию *контроля перенапряжения (OVC)*. Эта функция активна для всех устройств. Если напряжение цепи постоянного тока увеличивается, эта функция позволяет избежать отключения путем увеличения выходной частоты для ограничения напряжения, поступающего из цепи постоянного тока.

**УВЕДОМЛЕНИЕ**

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

**10.8 Датчики остаточного тока (RCD) и контроль сопротивления изоляции (IRM)**

Для дополнительной защиты используйте, при условии соблюдения местных норм и правил техники безопасности, реле RCD или многократное защитное заземление или заземление.

В случае замыкания на землю постоянный ток может превратиться в ток короткого замыкания. При использовании реле RCD должны соблюдаться местные нормы и правила. Реле должны быть рассчитаны на защиту трехфазного оборудования с мостовым выпрямителем и на кратковременный разряд при включении питания. Подробнее см. в *глава 10.9 Ток утечки*.

**10.9 Ток утечки**

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

Технология преобразователей частоты предполагает использование высокочастотной коммутации при высокой мощности. Высокочастотная коммутация создает ток утечки на проводнике заземления.

Ток утечки на землю создается несколькими источниками и зависит от конфигурации системы; нужно учитывать следующие факторы:

- Фильтры ВЧ
- Длина кабеля двигателя
- Экранирование кабеля двигателя
- Мощность преобразователя частоты

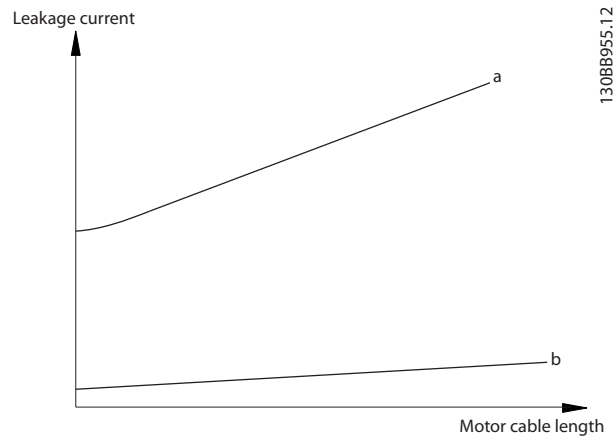


Рисунок 10.11 Влияние длины кабеля двигателя и типоразмера по мощности на ток утечки. Типоразмер по мощности a > типоразмера по мощности b

Ток утечки зависит также от линейных искажений.

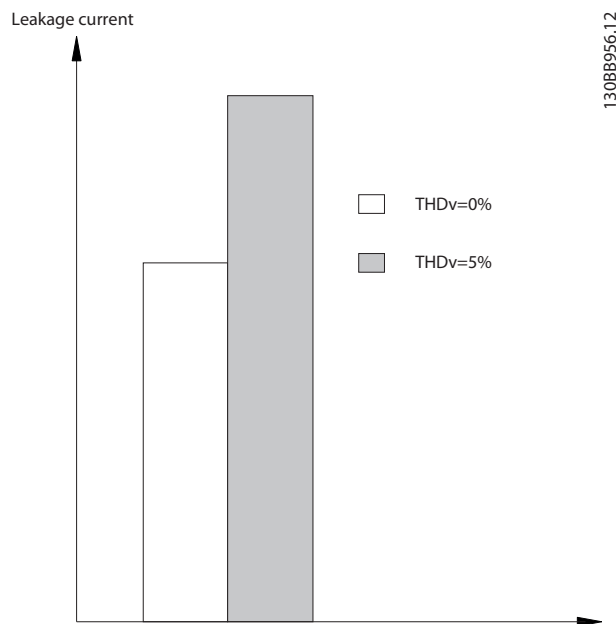


Рисунок 10.12 Влияние искажения в цепи на ток утечки

Если ток утечки превышает 3,5 мА, требуется соблюдать стандарт EN/IEC61800-5-1с особой осторожностью.

Следует усилить заземление согласно следующим требованиям к подключению защитного заземления.

- Сечение провода заземления (клемма 95) должно быть не менее 10 мм<sup>2</sup> (8 AWG).
- Используйте два отдельных провода заземления соответствующих нормативам размеров.

Дополнительную информацию см. в стандартах EN/IEC61800-5-1 и EN 50178.

**Использование датчиков остаточного тока**

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

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

Ток утечки включает несколько частот, происходящих как от частоты сетевого питания, так и от частоты коммутации. Обнаружение частоты коммутации зависит от типа используемого датчика RCD.

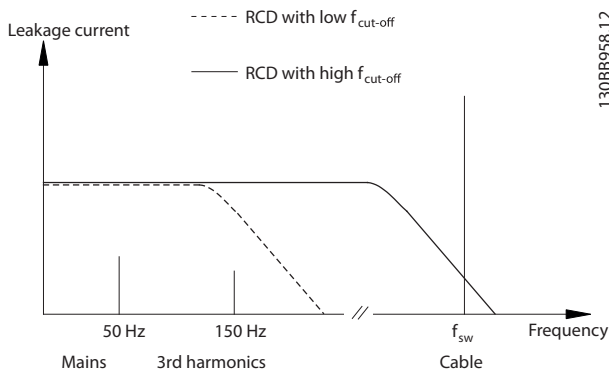


Рисунок 10.13 Основные источники тока утечки

Величина тока утечки, обнаруживаемого RCD, зависит от частоты среза в датчике RCD.

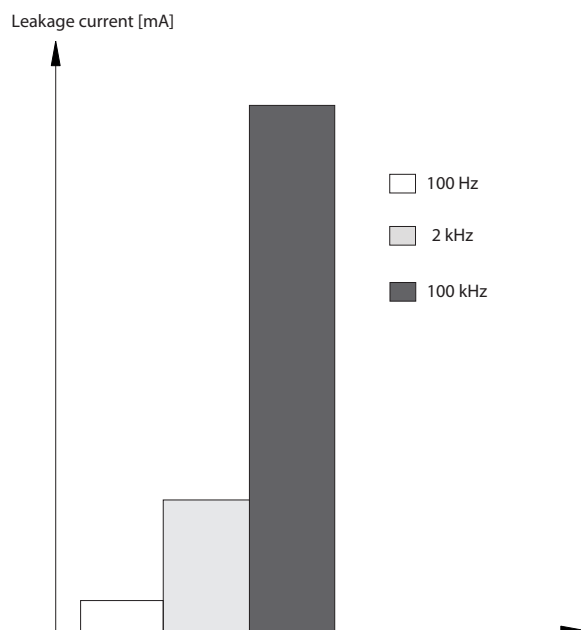


Рисунок 10.14 Влияние предельной частоты датчиков остаточного тока (RCD) на ток утечки

10.10 Сеть IT

**Питание от сети, изолированной от земли**

Если преобразователь частоты питается от сети, изолированной от земли (сеть IT, незаземленный треугольник или заземленный треугольник), или от сети TT/TN-S с заземленным плечом, выключатель фильтра ВЧ-помех рекомендуется перевести в положение OFF (Выкл.) с помощью параметр 14-50 Фильтр ВЧ-помех на преобразователе частоты и параметр 14-50 Фильтр ВЧ-помех на фильтре. Для получения дополнительной информации см. стандарт IEC 364-3. В выключенном режиме конденсаторы фильтра, подключенные между шасси и цепью постоянного тока, отключаются, чтобы избежать повреждения цепи постоянного тока и уменьшить емкостные токи на землю (в соответствии с IEC 61800-3).

Если требуются оптимальные характеристики ЭМС, в случае подключенных параллельных двигателей или при длине кабеля двигателя более 25 м (82 фута), Danfoss рекомендует установить для параметр 14-50 Фильтр ВЧ-помех значение [Включена]. См. также Примечание к VLT в сети IT, MN50P. Необходимо использовать датчики контроля изоляции, предназначенные для применения с силовой электроникой (IEC 61557-8).

Danfoss не рекомендует использовать выходной контактор для преобразователей частоты 525–690 В, подключенных к сети IT.



## 10.11 КПД

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

Нагрузка преобразователя частоты мало влияет на его КПД. Обычно КПД остается одним и тем же при номинальной частоте двигателя  $f_{M,N}$  независимо от того, составляет ли момент на валу двигателя 100 % от номинального или только 75 % в случае работы двигателя при неполной нагрузке.

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 5 кГц. КПД также немного уменьшается при напряжении питающей сети 480 В и при длине кабеля свыше 30 м (98 футов).

### Расчет КПД преобразователя частоты

При определении КПД преобразователя частоты для различных скоростей и нагрузок используйте *Рисунок 10.15*. Коэффициент на этой диаграмме нужно умножить на коэффициент эффективности, который приведен в таблицах технических характеристик в разделах *глава 7.1 Электрические характеристики, 380–500 В* и *глава 7.2 Электрические характеристики, 525–690 В*.

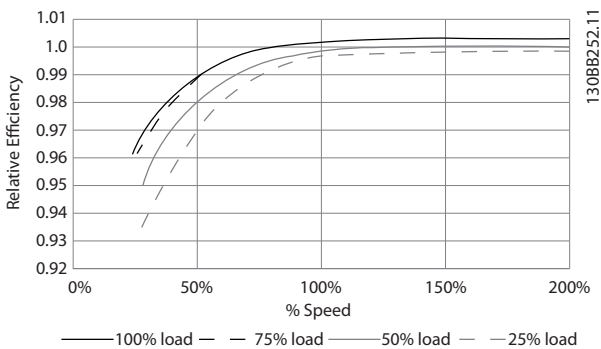


Рисунок 10.15 Типичные кривые КПД

Пример. Предположим наличие преобразователя частоты со следующими характеристиками: 160 кВт, 380–480 В переменного тока, нагрузка 25 %, скорость 50 %. На *Рисунок 10.15* показано 0,97 — номинальный КПД для преобразователя частоты с мощностью 160 кВт составляет 0,98. Фактический КПД равен:  $0,97 \times 0,98 = 0,95$ .

### 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 (14,75 л. с.) и выше имеются существенные преимущества.

Как правило, частота коммутации на КПД маломощных двигателей не влияет. Для двигателей мощностью 11 кВт (14,75 л. с.) и выше КПД увеличивается (на 1–2 %) поскольку 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 ( $\eta_{двиг.}$ ):

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

## 10.12 Акустический шум

Акустический шум преобразователя частоты создается тремя источниками:

- Дроссели постоянного тока промежуточной цепи.
- Внутренние вентиляторы.
- Дроссель фильтра ВЧ-помех.

Типовые значения акустического шума, измеренные на расстоянии 1 м (9 футов) от блока, показаны в *Таблица 10.14*.

Размер корпуса	Шум при полной скорости вентилятора [дБА]
E1h–E4h	80

Таблица 10.14 Акустический шум

Результаты испытаний на интенсивность акустического шума в контролируемой среде, выполненных в соответствии с ISO 3744. Тон шума был количественно определен для регистрации аппаратных характеристик в соответствии с ISO 1996-2, Приложение D.

Новый алгоритм управления вентилятором для корпусов размера E1h–E4h помогает улучшить характеристики акустического шума, благодаря тому, что оператор может выбирать различные режимы работы вентилятора исходя из конкретных условий. Подробнее см. *параметр 30-50 Heat Sink Fan Mode*.

## 10.13 Условия du/dt

### **УВЕДОМЛЕНИЕ**

Во избежание преждевременного износа двигателей, конструкционно не предназначенных для работы с преобразователями частоты (таких, например, как двигатели, не имеющие бумажной изоляции фазной обмотки или другой усиленной изоляции), компания Danfoss с такими двигателями настоятельно рекомендует использовать фильтр dU/dt или синусоидный фильтр, установленный на выходе преобразователя частоты. Подробнее о фильтрах dU/dt и синусоидных фильтрах см. в *Руководстве по проектированию выходных фильтров*.

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 индукция вызывает скачок напряжения  $U_{пик}$  на двигателе, после чего оно стабилизируется на уровне, зависящим от напряжения в промежуточной цепи. Время нарастания и пиковое напряжение  $U_{пик}$  влияют на срок службы двигателя. В частности, этому подвержены двигатели без изоляции фазных обмоток, если пиковое напряжение очень велико. Длина кабеля двигателя влияет на время нарастания и пиковое напряжение. Например, при малой длине кабеля (несколько метров) время нарастания и пиковое напряжение оказываются более низкими. Если кабель двигателя имеет большую длину (100 м (328 футов)), время нарастания и пиковое напряжение будут больше.

Пиковое напряжение на клеммах двигателя вызывается переключением транзисторов IGBT. Преобразователь частоты соответствует требованиям IEC 60034-25 в части, касающейся двигателей, сконструированных для управления посредством преобразователей частоты. Преобразователь частоты соответствует также IEC 60034-17 в части, касающейся обычных двигателей, управляемых преобразователями частоты.

#### **Диапазон высокой мощности**

Типоразмеры, перечисленные в следующих таблицах, при соответствующих напряжениях сети удовлетворяют требованиям IEC 60034-17 в части, касающейся обычных двигателей, управляемых преобразователями частоты, IEC 60034-25 в части, касающейся двигателей, сконструированных под управление посредством преобразователей частоты, и NEMA MG 1-1998, часть 31.4.4.2 в части, касающейся двигателей с питанием от инвертора. Типоразмеры, перечисленные в следующих

таблицах, не соответствуют требованиям, предъявляемым к двигателям общего назначения в NEMA MG 1-1998, часть 30.2.2.8.

**380–500 В**

Мощность [кВт (л. с.)]	Длина кабеля [м (фут)]	Напряжение сети [В]	Время нарастания [мкс]	Пиковое напряжение [В]	dU/dt [В/мкс]
315–400 (450–550)	5 (16)	460	0,23	1038	2372
	30 (98)	460	0,72	1061	644
	150 (492)	460	0,46	1142	1160
	300 (984)	460	1,84	1244	283
450–500 (600–650)	5 (16)	460	0,42	1042	1295
	30 (98)	460	0,57	1200	820
	150 (492)	460	0,63	1110	844
	300 (984)	460	2,21	1175	239

Таблица 10.15 Результат испытания dU/dt по стандарту NEMA для корпусов E1h–E4h с неэкранированными кабелями и без использования выходного фильтра, 380–500 В

Мощность [кВт (л. с.)]	Длина кабеля [м (фут)]	Напряжение сети [В]	Время нарастания [мкс]	Пиковое напряжение [В]	dU/dt [В/мкс]
315–400 (450–550)	5 (16)	460	0,33	1038	2556
	30 (98)	460	1,27	1061	668
	150 (492)	460	0,84	1142	1094
	300 (984)	460	2,25	1244	443
450–500 (600–650)	5 (16)	460	0,53	1042	1569
	30 (98)	460	1,22	1200	1436
	150 (492)	460	0,90	1110	993
	300 (984)	460	2,29	1175	411

**10**

Таблица 10.16 Результат испытания dU/dt по стандарту NEMA для корпусов E1h–E4h с неэкранированными кабелями и без использования выходного фильтра, 380–500 В

Мощность [кВт (л. с.)]	Длина кабеля [м (фут)]	Напряжение сети [В]	Время нарастания [мкс]	Пиковое напряжение [В]	dU/dt [В/мкс]
315–400 (450–550)	5 (16)	460	0,17	1017	3176
	30 (98)	460	–	–	–
	150 (492)	460	0,41	1268	1311
450–500 (600–650)	5 (16)	460	0,17	1042	3126
	30 (98)	460	–	–	–
	150 (492)	460	0,22	1233	2356

Таблица 10.17 Результат испытания dU/dt по стандарту NEMA для корпусов E1h–E4h с экранированными кабелями и без использования выходного фильтра, 380–500 В

Мощность [кВт (л. с.)]	Длина кабеля [м (фут)]	Напряжение сети [В]	Время нарастания [мкс]	Пиковое напряжение [В]	dU/dt [В/мкс]
315–400 (450–550)	5 (16)	460	0,26	1017	3128
	30 (98)	460	–	–	–
	150 (492)	460	0,70	1268	1448
450–500 (600–650)	5 (16)	460	0,27	1042	3132
	30 (98)	460	–	–	–
	150 (492)	460	0,52	1233	1897

Таблица 10.18 Результат испытания dU/dt по стандарту IEC для корпусов E1h–E4h с экранированными кабелями и без использования выходного фильтра, 380–500 В

**525–690 В**

Мощность [кВт (л. с.)]	Длина кабеля [м (фут)]	Напряжение сети [В]	Время нарастания [мкс]	Пиковое напряжение [В]	dU/dt [В/мкс]
355–560 (400–600)	30 (98)	690	0,37	1625	3494
	50 (164)	690	0,86	2030	1895
630–710 (650–750)	5 (16)	690	0,25	1212	3850
	20 (65)	690	0,33	1525	3712
	50 (164)	690	0,82	2040	1996

Таблица 10.19 Результат испытания dU/dt по стандарту IEC для корпусов E1h–E4h с неэкранированными кабелями и без использования выходного фильтра, 525–690 В

Мощность [кВт (л. с.)]	Длина кабеля [м (фут)]	Напряжение сети [В]	Время нарастания [мкс]	Пиковое напряжение [В]	dU/dt [В/мкс]
355–560 (400–600)	5 (16)	690	0,23	1450	5217
	48 (157)	690	0,38	1637	3400
	150 (492)	690	0,94	1762	1502
630–710 (650–750)	5 (16)	690	0,26	1262	3894
	48 (157)	690	0,46	1625	2826
	150 (492)	690	0,94	1710	1455

Таблица 10.20 Результат испытания dU/dt по стандарту IEC для корпусов E1h–E4h с экранированными кабелями и без использования выходного фильтра, 525–690 В

**УВЕДОМЛЕНИЕ**
**РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ**

Результаты по dU/dt для 690 В в соответствии NEMA отсутствуют.

## 10.14 Обзор требований электромагнитной совместимости (ЭМС)

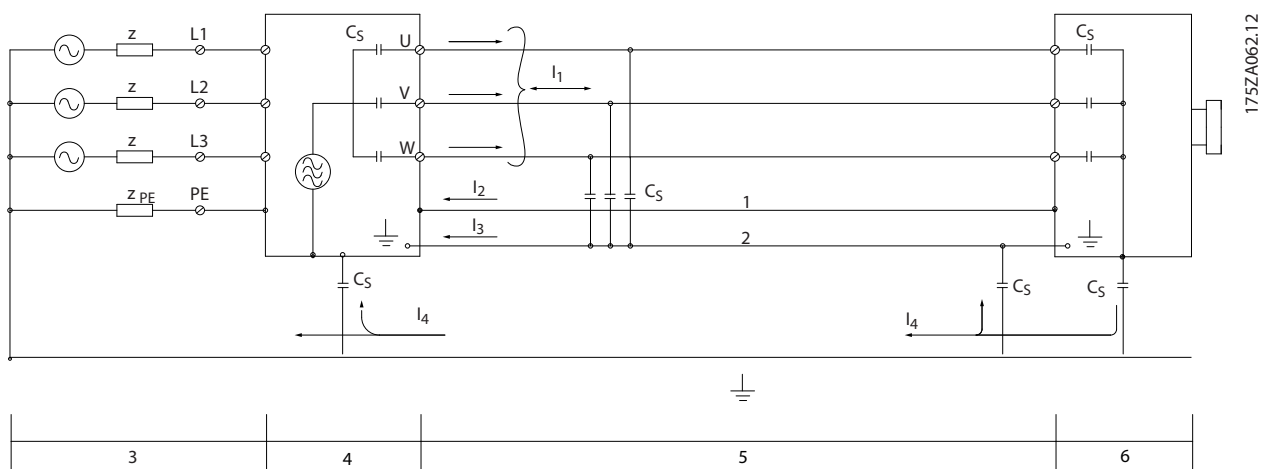
Электрические устройства и формируют помехи, и сами подвергаются воздействию помех, возникших в других источниках. Электромагнитная совместимость (ЭМС) таких эффектов зависит от мощности и гармонических характеристик этих устройств.

Неуправляемое взаимодействие между электрическими устройствами в системе может ухудшить совместимость и помешать надежной работе. Помехи могут принимать форму:

- электростатических разрядов,
- быстрых изменений напряжения,
- высокочастотных помех.

Электрические помехи чаще всего распространяются в диапазоне частот от 150 кГц до 30 МГц. Воздушные помехи из системы привода 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. См. Рисунок 10.16. Экранированные кабели двигателя имеют более высокую емкость между фазовыми проводами и экраном и между экраном и землей. Эта дополнительная емкость кабеля вместе с другой паразитной емкостью и индуктивностью двигателя изменяет уровень электромагнитного излучения, создаваемого устройством. Изменение уровня происходит главным образом в электромагнитном излучении на частотах менее 5 МГц. Поскольку ток утечки ( $I_1$ ) возвращается в устройство через защитное заземление ( $I_3$ ), то экранированный кабель двигателя создает только небольшое электромагнитное поле ( $I_4$ ). Экран ограничивает излучаемые помехи, но увеличивает низкочастотные помехи в сети.



1	Провод заземления	$C_s$	Возможные шунтирующие пути паразитной емкости (меняются в зависимости от установки)
2	Экран	$I_1$	Синфазный ток утечки
3	Питание от сети перем. тока	$I_2$	Экранированный кабель двигателя
4	Преобразователь частоты	$I_3$	Защитное заземление (четвертый провод в кабелях подключения двигателя)
5	Экранированный кабель двигателя	$I_4$	Нежелательный синфазный ток
6	Двигатель	–	–

Рисунок 10.16 Электрическая модель с возможными токами утечки

### 10.14.1 Результаты испытаний ЭМС

Следующие результаты испытаний 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	Стандарты и требования	Кондуктивные помехи			Излучаемые помехи	
		Класс В Жилищно-коммунальные объекты, предприятия торговли и легкой промышленности	Класс А, группа 1 Промышленные условия	Класс А, группа 2 Промышленные условия	Класс В Жилищно-коммунальные объекты, предприятия торговли и легкой промышленности	Класс А, группа 1 Промышленные условия
	EN 55011					
	EN/IEC 61800-3	Категория С1 Условия эксплуатации 1 (жилище и офис)	Категория С2 Условия эксплуатации 1 (жилище и офис)	Категория С3 Условия эксплуатации 2 (промышленные)	Категория С1 Условия эксплуатации 1 (жилище и офис)	Категория С2 Условия эксплуатации 1 (жилище и офис)
<b>H2</b>						
FC 302	90–800 кВт 380–500 В	Нет	Нет	150 м (492 фута)	Нет	Нет
	90–1 200 кВт 525–690 В	Нет	Нет	150 м (492 фута)	Нет	Нет
<b>H4</b>						
FC 302	90–800 кВт 380–500 В	Нет	150 м (492 фута)	150 м (492 фута)	Нет	Да
	90–315 кВт 525–690 В	Нет	30 м (98 футов)	150 м (492 фута)	Нет	Нет

Таблица 10.21 Результаты испытаний на ЭМС (излучение помех и помехоустойчивость)

#### **⚠️ ВНИМАНИЕ!**

Этот тип системы силового привода не предназначен для использования в низковольтной сети общего пользования, которая обеспечивает электроснабжение жилых помещений. В подобной сети всегда есть риск возникновения высокочастотных помех, и этом в случае может потребоваться принятие соответствующих мер защиты.

## 10.14.2 Требования по излучению

Согласно промышленному стандарту на ЭМС для преобразователей частоты с регулируемой скоростью (EN/IEC 61800-3:2004) требования по ЭМС зависят от среды, в которой устанавливается преобразователь частоты. Эти среды, а также соответствующие требования к напряжению сети питания описаны в *Таблица 10.22*.

Преобразователи частоты соответствуют описанным в IEC/EN 61800-3 (2004)+AM1 (2011), категория С3, требованиям к ЭМС для оборудования, потребляющего ток более 100 А на фазу и установленного во вторых условиях эксплуатации. Проверка соответствия выполнена с использованием экранированного кабеля двигателя длиной 150 м (492 фута).

Категория (EN 61800-3)	Определение	Кондуктивные помехи (EN 55011)
C1	Преобразователи частоты с напряжением питания ниже 1 000 В для работы в первых условиях эксплуатации (в жилых помещениях и в офисах).	Класс В
C2	Преобразователи частоты с напряжением питания ниже 1 000 В для работы в первых условиях эксплуатации (в жилых помещениях и в офисах), не являющиеся ни передвижными, ни съемными, предназначенные для монтажа и ввода в эксплуатацию профессионалом.	Класс А, группа 1
C3	Преобразователи частоты с напряжением питания ниже 1 000 В для работы во вторых условиях эксплуатации (производственная среда)	Класс А, группа 2
C4	Вторые условия эксплуатации со следующими характеристиками: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Напряжение питания, равное или превышающее 1 000 В</li> <li>• Номинальный ток, равный или превышающий 400 А</li> <li>• Предназначенные для использования в сложных системах</li> </ul>	Ограничительный предел отсутствует. Требуется планирование соответствия требованиям ЭМС.

Таблица 10.22 Требования по излучению

Если используются базовые стандарты на излучение, преобразователи частоты должны соответствовать *Таблица 10.23*.

Окружающая среда	Базовый стандарт	Требования к кондуктивному излучению согласно предельным значениям, указанным в EN55011
Первые условия эксплуатации (жилые помещения и офисы)	Стандарт на излучение EN/IEC 61000-6-3 для жилищно-коммунальных объектов, предприятий торговли и легкой промышленности.	Класс В
Вторые условия эксплуатации (производственная среда)	Стандарт на излучение EN/IEC 61000-6-4 для производственной среды.	Класс А, группа 1

Таблица 10.23 Пределы согласно базовым стандартам на излучение

### 10.14.3 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 для работы как в производственной среде, так и в жилых помещениях и офисах. Для подтверждения устойчивости к влиянию переходных процессов были проведены следующие испытания преобразователя частоты (с дополнительными устройствами, если они существенны), с использованием экранированного кабеля управления, блока управления с потенциометром, кабеля двигателя и двигателя. Испытания проводились в соответствии со следующими базовыми стандартами. Подробнее см.

Таблица 10.24.

- **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 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.

10

Базовый стандарт	Импульсы IEC 61000-4-4	Броски напряжения IEC 61000-4-5	Эл.-статич. разряды IEC 61000-4-2	Радиочастотное 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 (эфф.)
Двигатель	4 кВ СМ	4 кВт/2 Ом <sup>1)</sup>	–	–	10 В (эфф.)
Тормоз	4 кВ СМ	4 кВт/2 Ом <sup>1)</sup>	–	–	10 В (эфф.)
Разделение нагрузки	4 кВ СМ	4 кВт/2 Ом <sup>1)</sup>	–	–	10 В (эфф.)
Цепи управления	2 кВ СМ	2 кВ/2 Ом <sup>1)</sup>	–	–	10 В (эфф.)
Стандартная шина	2 кВ СМ	2 кВ/2 Ом <sup>1)</sup>	–	–	10 В (эфф.)
Провода реле	2 кВ СМ	2 кВ/2 Ом <sup>1)</sup>	–	–	10 В (эфф.)
Дополнительные устройства для системы и периферийной шины	2 кВ СМ	2 кВ/2 Ом <sup>1)</sup>	–	–	10 В (эфф.)
Кабель для LCP	2 кВ СМ	2 кВ/2 Ом <sup>1)</sup>	–	–	10 В (эфф.)
Внешнее питание 24 В пост. тока	2 В СМ	0,5 кВ/2 Ом DM 1 кВ/12 Ом СМ	–	–	10 В (эфф.)
Корпус	–	–	8 кВ AD 6 кВ CD	10 В/м	–

Таблица 10.24 Форма соответствия требованиям ЭМС по помехозащищенности, диапазон напряжения: 380–500 В, 525–600 В, 525–690 В

1) Наводка на экран кабеля

AD: электростатический разряд через воздух; CD: электростатический разряд при контакте; СМ: синфазный режим; DM: дифференциальный режим.



#### 10.14.4 Совместимость в соответствии с требованиями ЭМС

### УВЕДОМЛЕНИЕ

#### ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ОПЕРАТОРА

В соответствии со стандартом EN 61800-3 для систем привода с переменной скоростью, оператор отвечает за соблюдение требований к ЭМС. Производители могут предлагать решения, соответствующие стандарту. Операторы отвечают за применение этих решений и несут соответствующие расходы.

Есть два варианта обеспечения электромагнитной совместимости.

- Устранение или сведение к минимуму помех в источнике излучения помех.
- Улучшение устойчивости к помехам устройств, подвергающихся таким помехам.

#### Фильтры ВЧ-помех

Цель использования фильтров ВЧ-помех — получить систему, стабильно работающую без радиочастотных помех между компонентами. Чтобы достичь высокого уровня помехоустойчивости, рекомендуется использовать преобразователи частоты с высококачественными фильтрами ВЧ-помех.

### УВЕДОМЛЕНИЕ

#### РАДИОЧАСТОТНЫЕ ПОМЕХИ

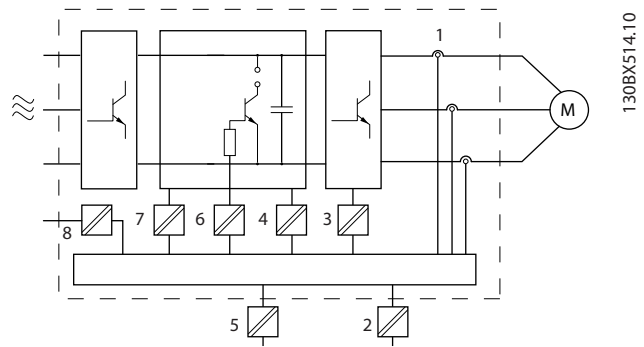
В бытовых условиях описываемые изделия могут стать причиной радиопомех, и этом в случае от пользователя может потребоваться принять соответствующие меры защиты.

#### Соответствие требованиям PELV и гальванической развязки

Все клеммы управления и выводы реле преобразователей частоты E1h–E4h соответствуют требованиям PELV (за исключением заземленной ветви треугольника с напряжением 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 описаны в стандарте EN 61800-5-1.

Электрическая изоляция обеспечивается, как показано (см. Рисунок 10.17). Описанные компоненты соответствуют требованиям PELV и гальванической развязки.



130BX514.10

1	Преобразователи тока
2	Гальваническая развязка для стандартного интерфейса шины RS485.
3	Плата драйверов для IGBT
4	Источник питания (SMPS) с изоляцией сигнала напряжения пост. тока и указанием напряжения в промежуточной цепи
5	Гальваническая развязка для дополнительной платы резервного питания 24 В
6	Оптопара, модуль торможения
7	Внутренние цепи защиты от бросков тока, фильтры ВЧ-помех и устройства для измерения температуры.
8	Реле, предоставляемые заказчиком

Рисунок 10.17 Гальваническая развязка

10

#### 10.15 Монтаж с учетом требований ЭМС

Чтобы выполнить монтаж в соответствии с требованиями по ЭМС, следуйте указаниям, изложенным в *руководстве по эксплуатации*. Пример правильной установки в соответствии с требованиями ЭМС см. на Рисунок 10.18.

### УВЕДОМЛЕНИЕ

#### СКРУЧЕННЫЕ КОНЦЫ ЭКРАНОВ (СКРУТКИ)

Скрученные концы увеличивают сопротивление экрана на высоких частотах, что снижает эффект экранирования и увеличивает ток утечки. Избегайте применения скрученных концов экранов, используйте интегрируемые зажимы экрана.

- В кабелях подключения реле, кабелей управления, а также в кабелях сигнальных интерфейсов, периферийной шины и тормоза экран должен присоединяться к корпусу на обоих концах. Если контур заземления имеет высокое сопротивление, на нем присутствуют шумы или по нему протекает ток, разорвите подключение экрана на контакте 1, чтобы исключить протекание тока через контур заземления.
- Возвращайте токи назад на устройство через металлическую монтажную плату. Следует обеспечить хороший электрический контакт

монтажной платы с шасси преобразователя частоты через крепёжные винты.

- Используйте экранированные выходные кабели двигателя. Вместо этого также можно применять неэкранированные кабели двигателя в металлических кабелепроводах.

### **УВЕДОМЛЕНИЕ**

#### **ЭКРАНИРОВАННЫЕ КАБЕЛИ**

Без использования экранированных кабелей либо металлических кабелепроводов устройство и установка не будут соответствовать нормативным требованиям по уровню мощности излучения радиочастот.

- Используйте как можно более короткие кабели двигателя и тормоза, чтобы уменьшить уровень помех, создаваемых всей системой.
- Не прокладывайте сигнальные кабели чувствительных устройств вдоль кабелей двигателя и тормоза.
- Для линий обмена данными, а также линий команд/управления следуйте требованиям соответствующих стандартов на протоколы связи. Например, для USB использование экранированных кабелей обязательно, а для RS485/Ethernet может использоваться как экранированная, так и неэкранированная витая пара.
- Убедитесь, что все подключения клемм управления гальванически изолированы от напряжения питания (PELV).

### **УВЕДОМЛЕНИЕ**

#### **ПОМЕХИ ЭМС**

В качестве кабелей двигателя и проводки управления используйте экранированные кабели и прокладывайте кабели сетевого питания, двигателя и управления отдельно. Несоблюдение требований к изоляции силовых кабелей, кабелей двигателя и кабелей цепи управления может привести к непредусмотренным ситуациям и снижению эффективности работы оборудования. Минимальное расстояние между кабелями питания, кабелями двигателя и кабелями управления должно составлять 200 мм (7,9 дюйма).

### **УВЕДОМЛЕНИЕ**

#### **УСТАНОВКА НА БОЛЬШОЙ ВЫСОТЕ НА Д УРОВНЕМ МОРЯ**

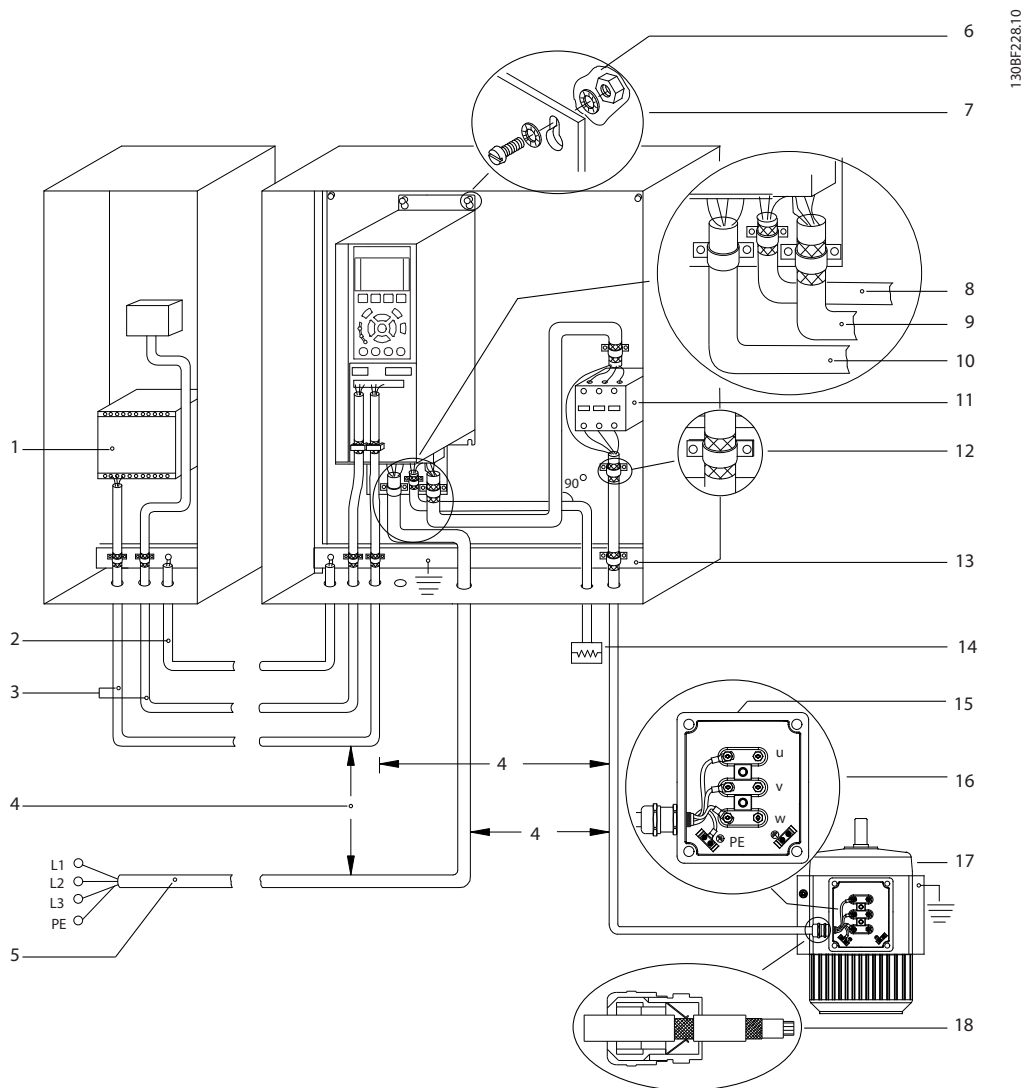
Существует риск превышения напряжения. Изоляция между компонентами и важнейшими деталями может быть недостаточной и не соответствовать требованиям PELV. Сократите риск превышения напряжения с помощью внешних защитных устройств или гальванической развязки.

При установке на большой (выше 2 000 м (6 500 футов)) высоте над уровнем моря обратитесь в Danfoss относительно требований PELV.

**УВЕДОМЛЕНИЕ**

**СООТВЕТСТВИЕ PELV**

Обеспечьте защиту от поражения электрическим током, используя систему электропитания с защитным сверхнизким напряжением (PELV), соответствующую местным и государственным нормативам по PELV.



10

1	PLC	10	Кабель сети питания (неэкранированный)
2	Уравнивающий кабель сечением минимум 16 мм² (6 AWG)	11	Выходной контактор и т. п.
3	Кабели управления	12	Кабельная изоляция защищена
4	Минимальное расстояние между кабелями управления, кабелями электродвигателя и кабелями сети питания составляет 200 мм (7,9 дюйма).	13	Шина общего заземления. Соблюдайте местные и государственные требования к заземлению шкафов.
5	Питание от сети	14	Тормозной резистор
6	Оголенная (неокрашенная) поверхность	15	Металлическая коробка
7	Звездобразные шайбы	16	Подключение к двигателю
8	Кабель тормоза (экранированный)	17	Двигатель
9	Кабель двигателя (экранированный)	18	Кабельное уплотнение, соответствующее требованиям ЭМС

Рисунок 10.18 Пример правильной установки в соответствии с требованиями ЭМС

## 10.16 Общие сведения о гармониках

Нелинейные нагрузки, встречающиеся при использовании преобразователей частоты, потребляют ток от линии электропередачи неравномерно. Этот несинусоидальный ток имеет компоненты, являющиеся гармоническими составляющими основной частоты тока. Эти компоненты называются гармониками. Необходимо контролировать общее гармоническое искажение тока в питающей сети. Хотя гармонические токи непосредственно не влияют на потребление электроэнергии, они вызывают нагрев проводки и трансформаторов, что может повлиять на другие устройства, подключенные к той же линии питания.

### 10.16.1 Анализ гармоник

Поскольку гармоники увеличивают тепловые потери, важно при проектировании систем учитывать гармоники для предотвращения перегрузки трансформатора, индукторов и проводки.

При необходимости проведите анализ гармоник системы, чтобы определить воздействие на нее оборудования.

Несинусоидальный ток можно с помощью анализа Фурье преобразовать и разложить на токи синусоидальной формы различных частот, то есть токи гармоник  $I_n$  с частотой основной гармоники 50 или 60 Гц.

Сокращение	Описание
$f_1$	Основная частота (50 Гц или 60 Гц)
$I_1$	Ток при основной частоте
$U_1$	Напряжение при основной частоте
$I_n$	Ток при частоте n-ной гармоники
$U_n$	Напряжение при частоте n-ной гармоники
n	Порядок гармоники

Таблица 10.25 Сокращения, относящиеся к гармоникам

Ток	Основной ток ( $I_1$ )	Ток гармоник ( $I_n$ )			
		$I_5$	$I_7$	$I_{11}$	
Ток	$I_1$	$I_5$	$I_7$	$I_{11}$	
Частота [Гц]	50	250	350	550	

Таблица 10.26 Основной ток и токи гармоник

Ток	Ток гармоник				
	$I_{эфф.}$	$I_1$	$I_5$	$I_7$	$I_{11-49}$
Входной ток	1,0	0,9	0,5	0,2	< 0,1

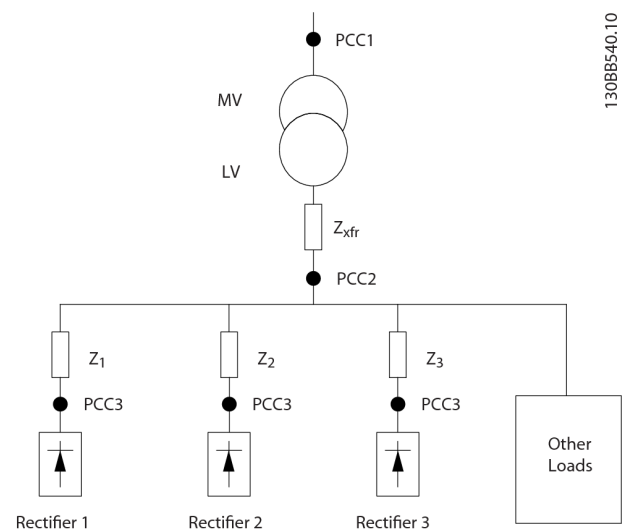
Таблица 10.27 Токи гармоник в сравнении с эффективным значением входного тока

Искажение напряжения питающей сети зависит от величины токов гармоник, которые должны умножаться на импеданс сети для рассматриваемой частоты. Общее гармоническое искажение напряжения (THDi) рассчитывается на основе отдельных гармоник напряжения по следующей формуле:

$$THDi = \frac{\sqrt{U_{25}^2 + U_{27}^2 + \dots + U_{2n}^2}}{U}$$

### 10.16.2 Влияние гармоник в системе распределения мощности

На Рисунок 10.19 первичная обмотка трансформатора подключена к общей точке нескольких присоединений PCC1, используется источник среднего напряжения. Трансформатор имеет импеданс  $Z_{xfr}$  и питает несколько нагрузок. PCC2 — точка соединения всех нагрузок. Каждая нагрузка подключена посредством кабелей, которые имеют импеданс  $Z_1, Z_2, Z_3$ .



PCC	Общая точка нескольких присоединений
MV	Среднее напряжение
LV	Низкое напряжение
$Z_{xfr}$	Импеданс трансформатора
$Z\#$	Моделирование сопротивления и индуктивности проводки

Рисунок 10.19 Малая система распределения

Токи гармоник нелинейных нагрузок вызывают искажение напряжения из-за перепада напряжений на импедансах системы распределения. Чем больше импедансы, тем выше уровни искажения напряжения.

Искажение тока связано с характеристиками аппаратуры и отдельными нагрузками. Искажение напряжения связано с характеристиками системы. Зная только гармоническую характеристику нагрузки, невозможно предсказать искажение напряжения в РСС. Чтобы предсказать искажение в РСС, необходимо знать конфигурацию системы распределения и соответствующие импедансы.

Для описания импеданса сети используется распространенный термин «коэффициент короткого замыкания»,  $R_{sce}$ . Это отношение между кажущейся мощностью короткого замыкания источника питания в точке РСС ( $S_{к.з.}$ ) и номинальной кажущейся мощностью

$$\text{нагрузки } (S_{оборуд.}). R_{sce} = \frac{S_{к.з.}}{S_{оборуд.}}$$

$$\text{где } S_{к.з.} = \frac{U^2}{Z_{питания}} \text{ и } S_{оборуд.} = U \times I_{оборуд.}$$

#### Отрицательное влияние гармоник

- Токи гармоник вносят свой вклад в системные потери мощности (в кабелях и трансформаторе).
- Гармоническое искажение напряжения вызывает возмущения в других нагрузках и увеличивает потери в других нагрузках.

### 10.16.3 Стандарты ИЕС в отношении гармоник

В большей части Европы объективная оценка качества питания в электросети производится согласно Акту по электромагнитной совместимости устройств (EMVG). Соответствие требованиям этого нормативного акта гарантирует, что все устройства и сети, подключенные к системе распределения электроэнергии, будут выполнять свое предназначение без создания проблем.

Стандартный	Определение
EN 61000-2-2, EN 61000-2-4, EN 50160	Определяет пределы по напряжению питания в электросети, которые должны соблюдаться в коммунальных и промышленных сетях электропитания.
EN 61000-3-2, 61000-3-12	Регулирует помехи в питающей сети с невысокими токами, создаваемые подключенными устройствами.
EN 50178	Определяет порядок использования электронного оборудования в силовых установках.

10

Таблица 10.28 Стандарты проектирования EN по качеству питания в электросети

Есть 2 европейских стандарта, которые касаются гармоник в диапазоне частот от 0 Гц до 9 кГц.

#### EN 61000-2-2 (Уровни совместимости для низкочастотных кондуктивных возмущений и передачи сигналов в коммунальных низковольтных системах электроснабжения)

Стандарт EN 61000-2-2 устанавливает требования к уровням совместимости для точек общего присоединения (РСС) в низковольтных системах переменного тока коммунальных сетей электроснабжения. Предельные значения указываются только для гармонического напряжения и общего гармонического искажения напряжения. Стандарт EN 61000-2-2 не определяет предельные значения для гармонического тока. В ситуациях, когда общее гармоническое искажение  $THD(V) = 8\%$ , предельные значения для РСС идентичны пределам, указанным в разделе EN 61000-2-4 для класса 2.

#### EN 61000-2-4 (Уровни совместимости для низкочастотных кондуктивных возмущений и передачи сигналов для промышленных предприятий)

Стандарт EN 61000-2-4 устанавливает требования к уровням совместимости в промышленных и частных сетях. Кроме того, стандарт определяет следующие 3 класса электромагнитных сред:

- Класс 1 соответствует уровням совместимости меньшим, чем в сетях коммунального электроснабжения, и влияющим на оборудование, чувствительное к помехам (лабораторное оборудование, некоторые средства автоматизации, определенные устройства защиты).
- Класс 2 соответствует уровням совместимости, подходящим для сетей коммунального электроснабжения. Этот класс применяется к точкам общего присоединения (РСС) в сети коммунального электроснабжения и точкам внутрипроизводственного присоединения (IPC) в промышленных и частных сетях. В этот класс включается любое оборудование, предназначенное для работы в сети коммунального электроснабжения.

- Класс 3 соответствует уровням совместимости большим, чем в сетях коммунального электроснабжения. Этот класс относится только к точкам внутрипроизводственного присоединения (IPC) в промышленных сетях. Этот класс применим там, где имеется следующее оборудование:
  - Большие приводы.
  - Сварочные машины
  - Большие двигатели, часто запускаемые
  - Быстро изменяющиеся нагрузки.

Как правило, класс не может быть определен заранее, без учета назначения оборудования и процессов, которые будут использоваться в среде. Преобразователи частоты высокой мощности VLT® соответствуют пределам для класса 3 в условиях типичной системы электроснабжения ( $R_{к.з.} > 10$  или  $V_{клинии} < 10\%$ ).

Порядок гармоники (h)	Класс 1 (V <sub>h</sub> %)	Класс 2 (V <sub>h</sub> %)	Класс 3 (V <sub>h</sub> %)
5	3	6	8
7	3	5	7
11	3	3,5	5
13	3	3	4,5
17	2	2	4
$17 < h \leq 49$	$2,27 \times (17/h) - 0,27$	$2,27 \times (17/h) - 0,27$	$4,5 \times (17/h) - 0,5$

Таблица 10.29 Уровни совместимости для гармоник

	Класс 1	Класс 2	Класс 3
THDv	5%	8%	10%

Таблица 10.30 Уровни совместимости для общего гармонического искажения напряжения THDv

**10**

### 10.16.4 Соответствие требованиям к гармоническим искажениям

Преобразователи частоты Danfoss соответствуют требованиям следующих стандартов:

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

### 10.16.5 Подавление гармоник

В случаях, когда требуются дополнительные меры по подавлению гармоник, Danfoss предлагает использовать следующее оборудование подавления:

- VLT® 12-pulse drives
- VLT® AHF filters
- VLT® Low Harmonic Drives
- VLT® Active Filters

Выбор решения зависит от нескольких факторов.

- Сеть (фоновые искажения, асимметрия сети, резонанс, тип источника питания (трансформатор/генератор)).
- Применение (профиль нагрузки, количество и размеры нагрузок).
- Местные/национальные требования/правила (IEEE519, IEC, G5/4).
- Общая стоимость владения (начальная стоимость, рентабельность, обслуживание).

### 10.16.6 Расчет гармоник

Используйте бесплатное ПО Danfoss MCT 31 для расчета степени засорения питающего напряжения и определения необходимых мер предосторожности. ПО *VLT® Harmonic Calculation MCT 31* доступно для загрузки на сайте [www.danfoss.com](http://www.danfoss.com).

# 11 Основные принципы работы преобразователя частоты

В этой главе представлены общие сведения об основных узлах и контурах преобразователя частоты Danfoss. В ней описываются внутренние электрические функции и функции обработки сигналов. Приводится также описание внутренней структуры управления.

## 11.1 Описание работы

Преобразователь частоты — это электронный регулятор, который обеспечивает подачу регулируемого количества переменного тока на трехфазный асинхронный двигатель. Посредством подачи регулируемой частоты и напряжения преобразователь частоты регулирует частоту вращения двигателя или поддерживает ее постоянной по мере изменения нагрузки на двигатель. Преобразователь частоты может также останавливать и запускать электродвигатель без механического напряжения, возникающего при пуске от сети.

Преобразователь частоты функционально можно разделить на следующие четыре основные области:

### Выпрямитель

Выпрямитель состоит из тиристоров SCR или диодов, которые преобразуют трехфазное переменное напряжение в импульсное постоянное напряжение.

### Цепь постоянного тока (шина пост. тока)

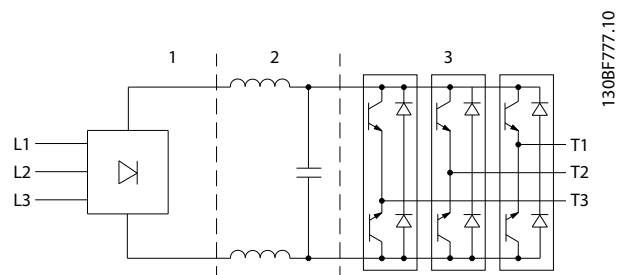
Цепь постоянного тока состоит из катушек индуктивности и конденсаторных батарей, которые стабилизируют импульсное постоянное напряжение.

### Инвертор

Инвертор использует IGBT для преобразования постоянного напряжения в переменное напряжение и переменный ток с изменяющейся частотой.

### Управление

Область управления состоит из программного обеспечения, которое управляет оборудованием для получения переменного напряжения; переменное напряжение осуществляет контроль и регулировку двигателя переменного тока.



1	Выпрямитель (SCR/диоды)
2	Цепь постоянного тока (шина пост. тока)
3	Инвертор (IGBT)

Рисунок 11.1 Внутренняя обработка

## 11.2 Средства управления преобразователем частоты

Для контроля и регулирования двигателя используются следующие процессы:

- Пользовательский ввод/задание.
- Формирование обратной связи.
- Определяемая пользователем структура управления.
  - Режим разомкнутого/замкнутого контура.
  - Управление двигателем (скорость, крутящий момент или процесс).
- Алгоритмы управления (VVC<sup>+</sup>, контроль магнитного потока без датчика, контроль магнитного потока с обратной связью от двигателя и внутренний контроль тока VVC<sup>+</sup>).

### 11.2.1 Пользовательский ввод/задания

Для контроля и регулирования двигателя преобразователь частоты использует источник входного сигнала (также называемый заданием). Преобразователь частоты получает этот входной сигнал, который генерируется одним из двух способов:

- Вручную с LCP. Этот способ называется локальным ([Hand On] (Ручной режим)).
- Дистанционно через аналоговые/цифровые входы и различные последовательные интерфейсы (RS485, USB или периферийная шина). Этот метод называется дистанционным



[Auto On] (Автоматический режим) и используется по умолчанию.

**Активное задание**

Термин «активное задание» относится к активному источнику входного сигнала. Активное задание настраивается в параметр 3-13 Место задания. См. Рисунок 11.2 и Таблица 11.1.

Подробнее см. руководство по программированию.

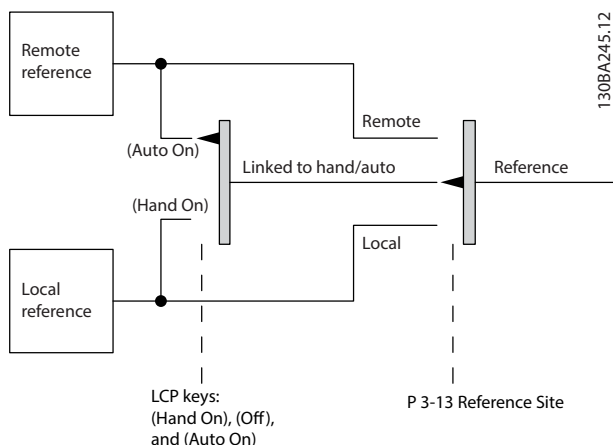


Рисунок 11.2 Выбор активного задания

Кнопки LCP	Параметр 3-13 Место задания	Активное задание
[Hand On] (Ручной режим)	Связанное ручное/автоматическое	Местное
[Hand On] (Ручн. режим)⇒[Off (Выкл.)]	Связанное ручное/автоматическое	Местное
[Auto On] (Автоматический режим)	Связанное ручное/автоматическое	Дистанционное управление
[Auto On] (Автом. режим)⇒[Off (Выкл.)]	Связанное ручное/автоматическое	Дистанционное управление

Кнопки LCP	Параметр 3-13 Место задания	Активное задание
Все кнопки	Местное	Местное
Все кнопки	Дистанционное управление	Дистанционное управление

Таблица 11.1 Конфигурации с местным и дистанционным заданием

**11.2.2 Дистанционное формирование заданий**

Дистанционное формирование задания имеет место как при управлении в режиме разомкнутого контура, так и в режиме замкнутого контура. См. Рисунок 11.3.

В преобразователе частоты может программироваться до 8 предустановленных заданий. Активное внутреннее предустановленное задание можно выбрать извне с помощью цифровых входов или по шине последовательной связи.

Также на преобразователь может подаваться внешнее задание, чаще всего через аналоговый управляющий вход. Результирующее внешнее задание образуется суммированием всех источников задания и задания по шине. В качестве активного задания может быть выбрано следующее:

- Внешнее задание
- Предустановленное задание
- Уставка
- Сумма внешнего задания, предустановленного задания и уставки

Активное задание можно масштабировать. Масштабированное задание вычисляется следующим образом:

$$\text{Задание} = X + X \times \left(\frac{Y}{100}\right)$$

где X — внешнее задание, предустановленное задание или сумма этих заданий, а Y — параметр 3-14 Предустановл.относительное задание в [%].

Если значение Y, параметр 3-14 Предустановл.относительное задание, установлено равным 0 %, функция масштабирования на задание действовать не будет.

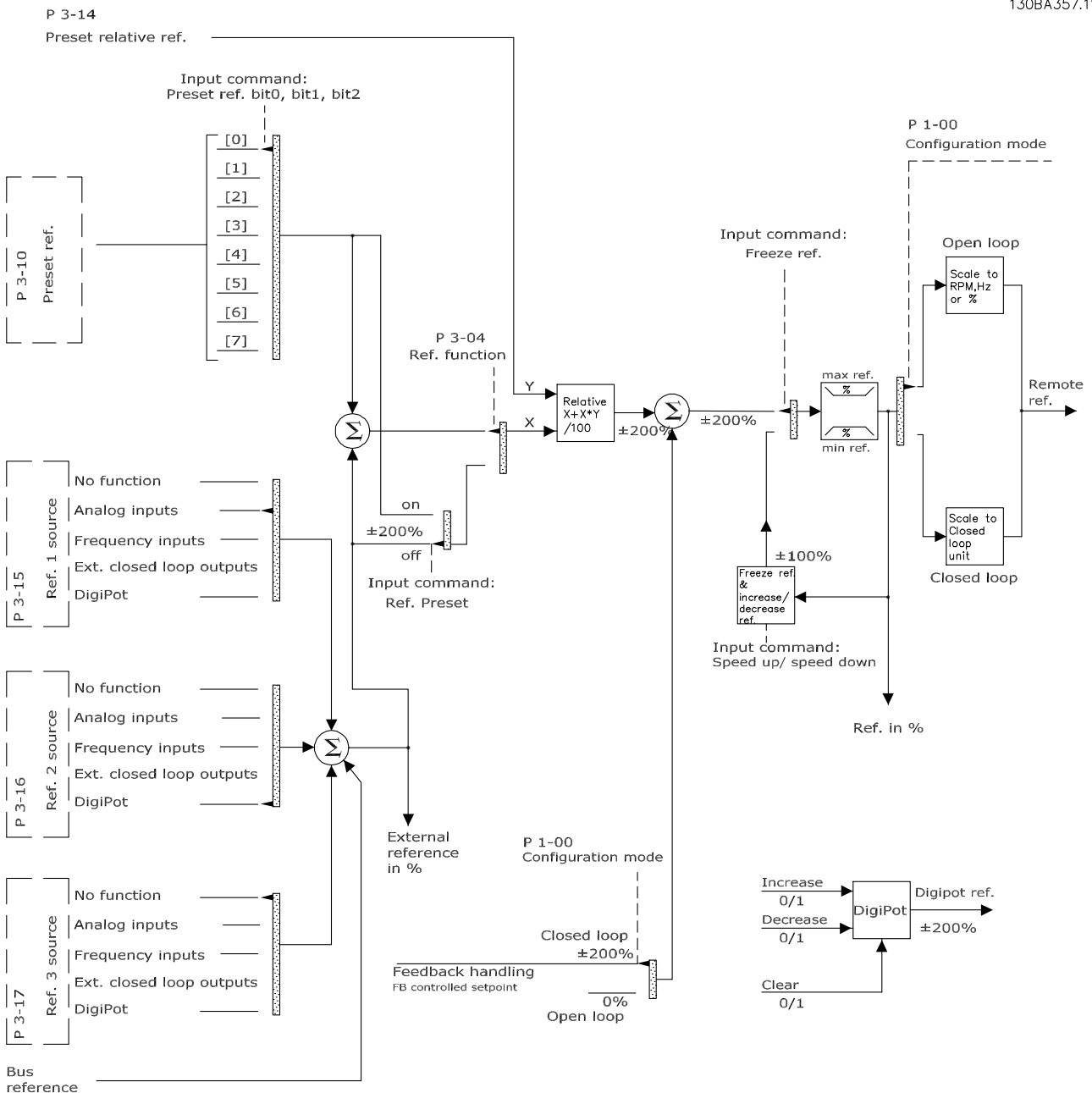


Рисунок 11.3 Дистанционное формирование задания

11

### 11.2.3 Формирование обратной связи

Функцию формирования сигнала обратной связи можно конфигурировать таким образом, чтобы она действовала с приложениями, требующими усовершенствованного регулирования, например с несколькими уставками и несколькими типами обратной связи. См. Рисунок 11.4. Обычно используются три типа управления:

#### Одна зона (одна уставка)

Этот тип управления является базовым при конфигурации обратной связи. Уставка 1 прибавляется к любому другому заданию (если оно имеется) и выбирается сигнал обратной связи.

#### Несколько зон (одна уставка)

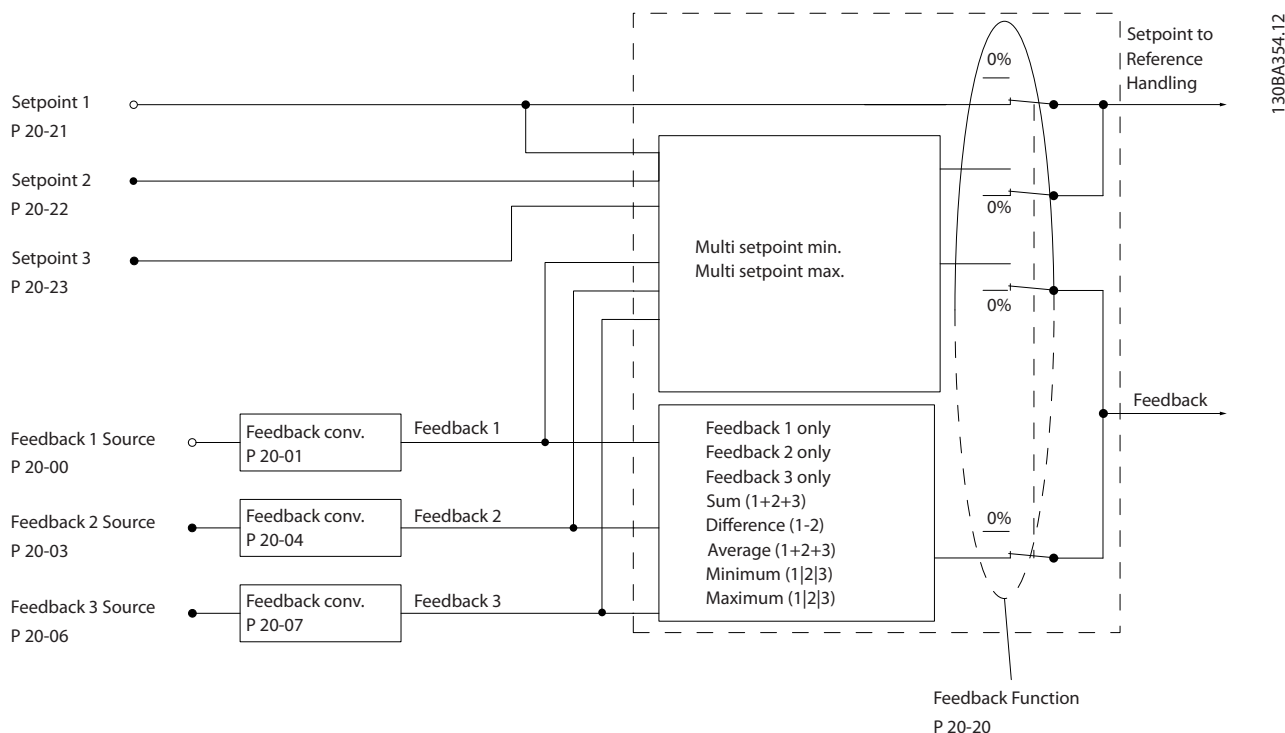
При этом типе управления используется 2 или 3 датчика обратной связи, но только одна уставка. Сигналы обратной связи могут складываться, вычитаться или усредняться. Кроме того, может использоваться максимальное или минимальное значение. В этой конфигурации используется только уставка 1.

#### Несколько зон (уставка/обратная связь)

Скоростью преобразователя частоты управляет пара «уставка/сигнал обратной связи» с наибольшей разностью. Максимальное значение стремится поддерживать все зоны на уровне или ниже соответствующих уставок, а минимальное значение — на уровне или выше соответствующих уставок.

#### Пример

Применение с 2 зонами, 2 уставками. Уставка зоны 1 равна 15 бар, а сигнал обратной связи равен 5,5 бар. Уставка зоны 2 равна 4,4 бар, а сигнал обратной связи эквивалентен 4,6 бар. Если выбран максимум, на ПИД-регуляторе устанавливаются уставка и сигнал обратной связи зоны 2, поскольку она имеет меньшую разность (сигнал обратной связи больше уставки, т. е. разность отрицательная). Если выбран минимум, на ПИД-регуляторе устанавливаются уставка и сигнал обратной связи зоны 1, поскольку она имеет большую разность (сигнал обратной связи меньше уставки, т. е. разность положительная).

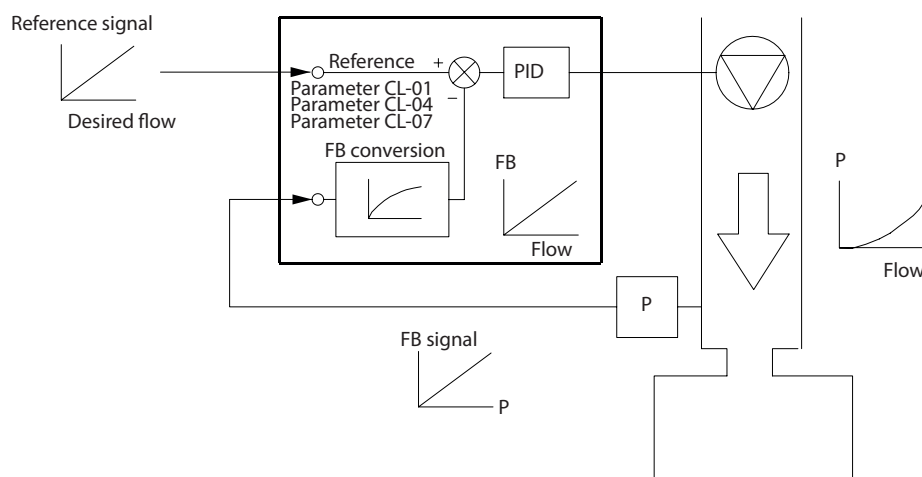


130BA354.12

Рисунок 11.4 Блок-схема обработки сигнала обратной связи

### Преобразование обратной связи

В некоторых применениях полезно использовать преобразование сигнала обратной связи. Один из примеров — использование сигнала давления для формирования сигнала обратной связи по расходу. Поскольку квадратный корень из давления пропорционален расходу, квадратный корень из сигнала давления дает величину, пропорциональную расходу, см. *Рисунок 11.5*.



130BF834.10

Рисунок 11.5 Преобразование обратной связи

## 11.2.4 Описание структуры управления

Структура управления представляет собой программный процесс, который управляет двигателем, исходя из заданных пользователем значений (например, об/мин), а также из наличия или отсутствия обратной связи (замкнутый или разомкнутый контур). Оператор определяет параметры управления в *параметр 1-00 Режим конфигурирования*.

Возможно использование следующих структур управления:

### Структура управления с разомкнутым контуром

- Скорость вращения (об/мин)
- Крутящий момент (Н·м)

### Структура управления с замкнутым контуром

- Скорость вращения (об/мин)
- Крутящий момент (Н·м)
- Процесс (определяемые пользователем единицы измерения, например, футы, линии в минуту, фунты на кв. дюйм, %, бары)

## 11.2.5 Структура управления с разомкнутым контуром

В режиме разомкнутого контура преобразователь частоты для управления скоростью или крутящим моментом двигателя использует одно или несколько заданий (локальных или дистанционных). Существует 2 типа управления с использованием разомкнутого контура:

- Регулирование скорости. Обратная связь от двигателя отсутствует.
- Регулирование крутящего момента. Используется в режиме VVC<sup>+</sup>. Эта функция используется в механически устойчивых применениях, но имеет ограниченную точность. Функция крутящего момента с разомкнутым контуром работает только в одном направлении вращения. Крутящий момент рассчитывается на основе измерения тока преобразователя частоты. См. *глава 12 Примеры применения*.

В конфигурации, показанной на *Рисунок 11.6*, преобразователь частоты работает в режиме с разомкнутым контуром. Он принимает входные сигналы как от LCP (ручной режим), так и сигналы от удаленного источника (автоматический режим). Сигнал (задание скорости) получен и изменен в соответствии со следующими образом параметрами:

- Запрограммированные минимальный и максимальный пределы скорости (в об/мин и Гц).
- Время разгона и замедления.
- Направление вращения двигателя.

Затем задание передается далее для управления двигателем.

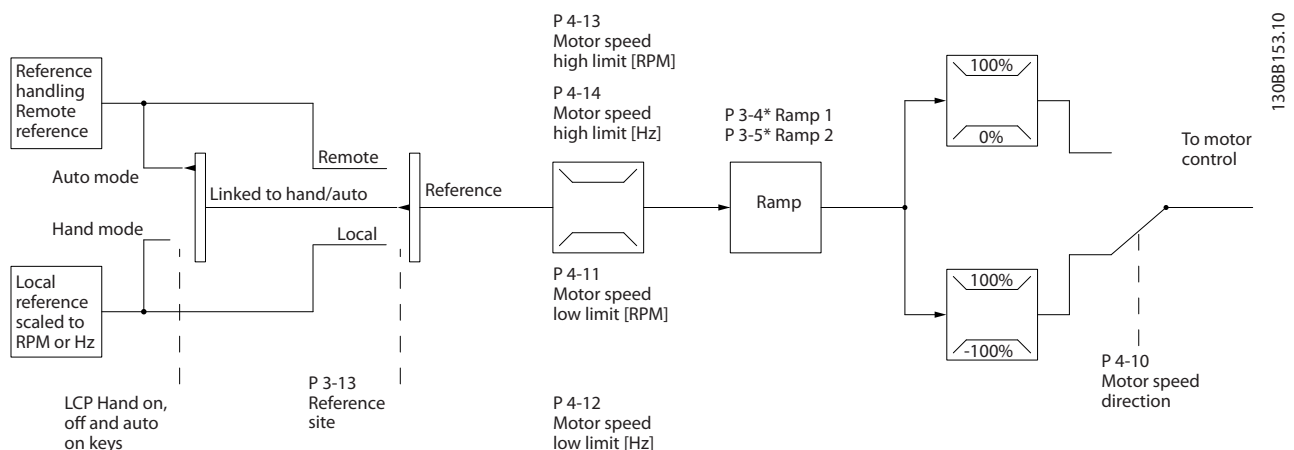


Рисунок 11.6 Блок-схема структуры управления с разомкнутым контуром

## 11.2.6 Структура управления с замкнутым контуром

В режиме замкнутого контура преобразователь частоты для управления двигателем использует одно или несколько заданий (локальных или дистанционных) и датчики обратной связи. Преобразователь получает сигнал обратной связи от датчика, установленного в системе. Затем он сравнивает сигнал обратной связи с величиной задания уставки и определяет, имеется ли рассогласование между этими двумя сигналами. После этого преобразователь частоты изменяет скорость двигателя, чтобы устранить это рассогласование.

Рассмотрим, например, насосную систему, в которой скорость насоса регулируется таким образом, чтобы статическое давление в трубопроводе оставалось постоянным (см. Рисунок 11.7). Преобразователь получает сигнал обратной связи от датчика, установленного в системе. Затем он сравнивает сигнал обратной связи с величиной задания уставки и определяет рассогласование между этими сигналами, если оно есть. После этого преобразователь частоты изменяет скорость двигателя, чтобы устранить это рассогласование.

Уставка статического давления является сигналом задания для преобразователя частоты. Датчик давления измеряет текущее статическое давление в трубопроводе и подает измеренное значение на преобразователь частоты в качестве сигнала обратной связи. Если сигнал обратной связи больше задания уставки, преобразователь частоты замедляет вращение, снижая давление. Аналогично, если давление в трубопроводе ниже задания уставки, преобразователь частоты увеличивает скорость, увеличивая давление, создаваемое насосом.

Существует 3 типа управления с использованием замкнутого контура:

- Регулирование скорости. Этот тип управления требует подачи на вход сигнала обратной связи по скорости от ПИД-регулятора. Правильно оптимизированное регулирование с обратной связью по скорости обеспечивает более высокую точность, чем регулирование скорости без обратной связи. Регулятор скорости выбирает, какой вход следует использовать в качестве обратной связи ПИД-регулятора скорости в параметре *параметр 7-00 Ист.сигн.ОС ПИД-рег.скор.*
- Регулирование крутящего момента. Этот тип управления используется в режиме магнитного потока с обратной связью от энкодера и обеспечивает превосходные характеристики во всех четырех квадрантах и на всех скоростях двигателя.
 

Функция регулирования крутящего момента используется в применениях, где крутящий момент на выходном валу двигателя управляет применением за счет контроля напряжений. Регулирование момента можно выбрать в *параметр 1-00 Режим конфигурирования* — либо [4] *Мом. без обр. св.*, либо [2] *Момент затяжки*. Настройка крутящего момента выполняется посредством настройки аналогового или цифрового задания, или задания по шине. Коэффициент ограничения максимальной скорости устанавливается в *параметр 4-21 Источник предельн.коэф.скорости*. Для использования функции регулирования крутящего момента рекомендуется провести процедуру полной ААД, поскольку правильные данные двигателя чрезвычайно важны для оптимальной работы.
- Управление технологическим процессом. Используется для регулирования параметров применения, измеряемых различными датчиками (например, датчиком давления, температуры, расхода) и корректируемых подключенным двигателем с помощью насоса или вентилятора.

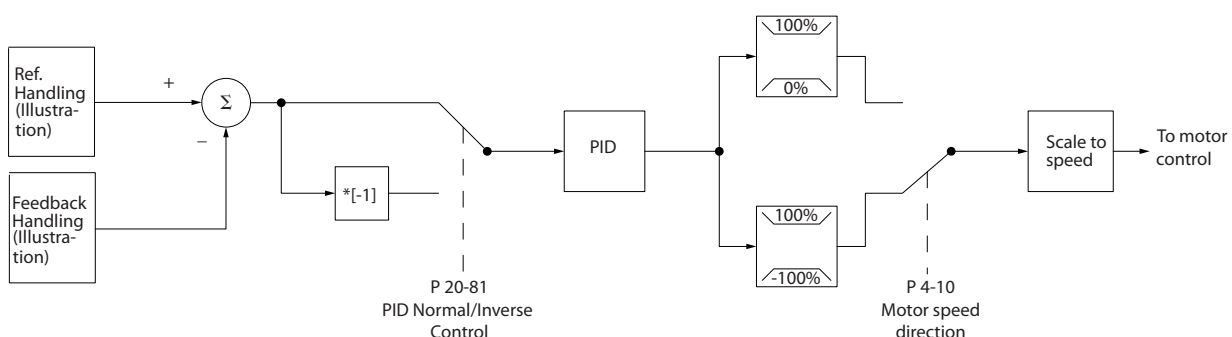


Рисунок 11.7 Блок-схема регулятора с замкнутым контуром

130BA359.12

### Программируемые функции

Хотя значения по умолчанию для преобразователя частоты в замкнутом контуре обычно обеспечивают удовлетворительные рабочие характеристики, управление системой часто удается оптимизировать настройкой некоторых параметров ПИД-управления. Для выполнения этой оптимизации используется функция *автоматической настройки*.

- Инверсное регулирование — скорость двигателя повышается при высоком сигнале обратной связи.
- Пусковая частота позволяет системе быстро достичь рабочего состояния, прежде чем управление будет передано ПИД-регулятору.
- Встроенный фильтр нижних частот — снижает помехи в сигнале обратной связи.

## 11.2.7 Обработка сигналов управления

См. раздел *Активные/неактивные параметры в различных режимах управления преобразователя частоты в руководстве по программированию* для получения сведений о доступных конфигурациях управления в зависимости от того, какой двигатель выбран — двигатель переменного тока или неявнополюсный двигатель с постоянными магнитами.

### 11.2.7.1 Структура управления в VVC<sup>+</sup>

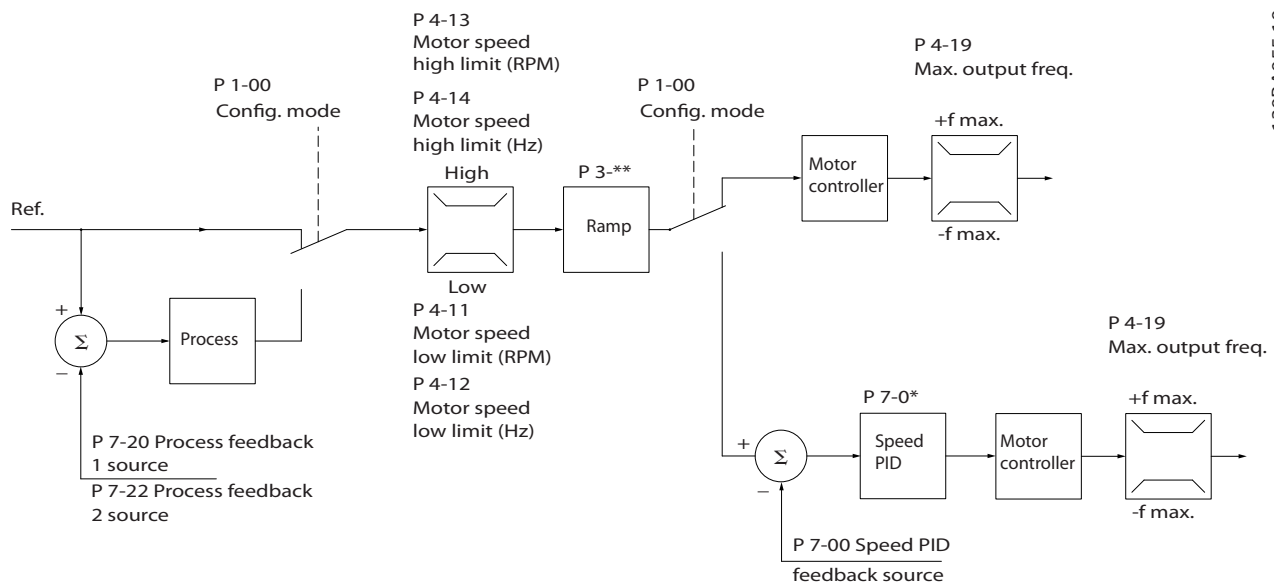


Рисунок 11.8 Структура управления в режиме VVC<sup>+</sup> для конфигураций с разомкнутым и замкнутым контуром

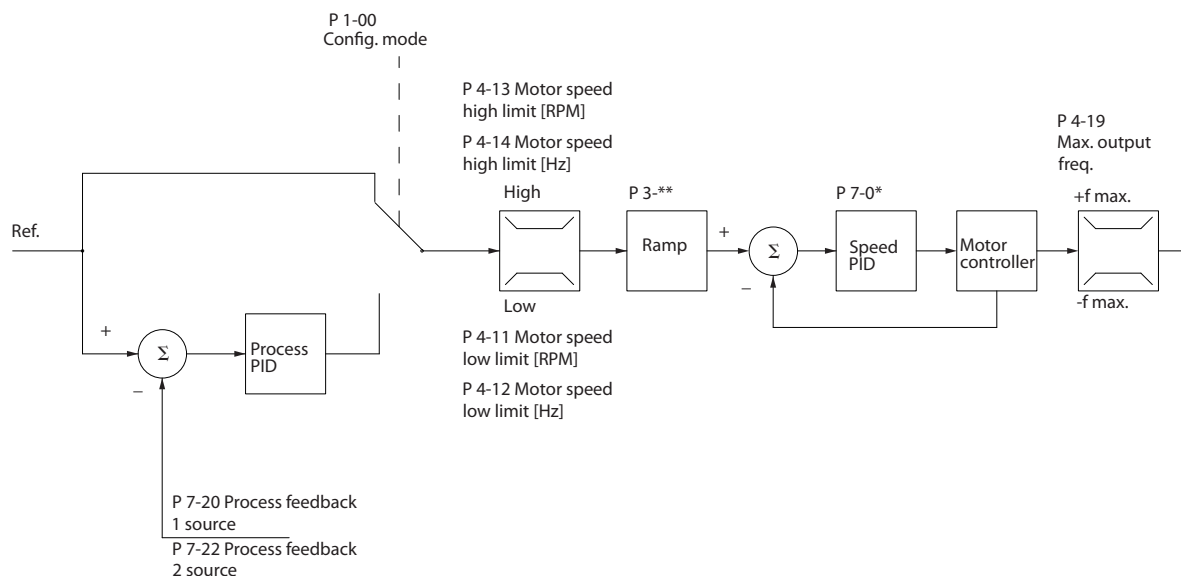
На *Рисунок 11.8* результирующее задание от системы формирования задания принимается и передается через схемы ограничения изменения скорости и ограничения скорости и только после этого используется для управления двигателем. Затем выходной сигнал системы управления двигателем ограничивается максимальным частотным пределом.

Для *Параметр 1-01 Принцип управления двигателем* установлено значение [1] VVC<sup>+</sup>, а для *параметр 1-00 Режим конфигурирования* — значение [0] Ск-сть, без обр. св. Если параметр *параметр 1-00 Режим конфигурирования* имеет значение [1] Ск-сть, замкн.конт., результирующее задание передается от схем ограничения изменения скорости и ограничения скорости на ПИД-регулятор 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 предельной частоте.

Чтобы использовать ПИД-регулятор процесса для регулирования в замкнутом контуре, например, скорости или давления в управляемой системе, выберите [3] *Процесс* в параметре *параметр 1-00 Режим конфигурирования*.

Параметры ПИД-регулятора процесса находятся в *группах параметров 7-2\* ОС д/управл. проц.)* и *7-3\* Упр.ПИД-рег.проц.*

### 11.2.7.2 Структура управления в режиме регулирования магнитного потока без датчика



130BA053.11

Рисунок 11.9 Структура управления в режиме регулирования магнитного потока без датчика для конфигураций с разомкнутым и замкнутым контуром

На *Рисунок 11.9* результирующее задание от системы формирования задания подается через схему ограничения изменения скорости и ограничения скорости в соответствии с указанными установками параметров.

Параметр *Параметр 1-01 Принцип управления двигателем* имеет значение *[2] Flux без датчика*, а параметр *1-00 Режим конфигурирования* — значение *[0] Ск-сть, без обр. св.* Расчетный сигнал обратной связи по скорости формируется для ПИД-регулятора скорости с целью управления выходной частотой. Для ПИД-регулятора скорости необходимо задать параметры П, И и Д (*группа параметров 7-0\* ПИД-регулят.скор.*).

Выберите *[3] Процесс* в параметре *параметр 1-00 Режим конфигурирования*, чтобы использовать ПИД-регулятор процесса для регулирования с замкнутым контуром, 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.*



### 11.2.7.3 Структура управления по магнитному потоку с обратной связью от двигателя

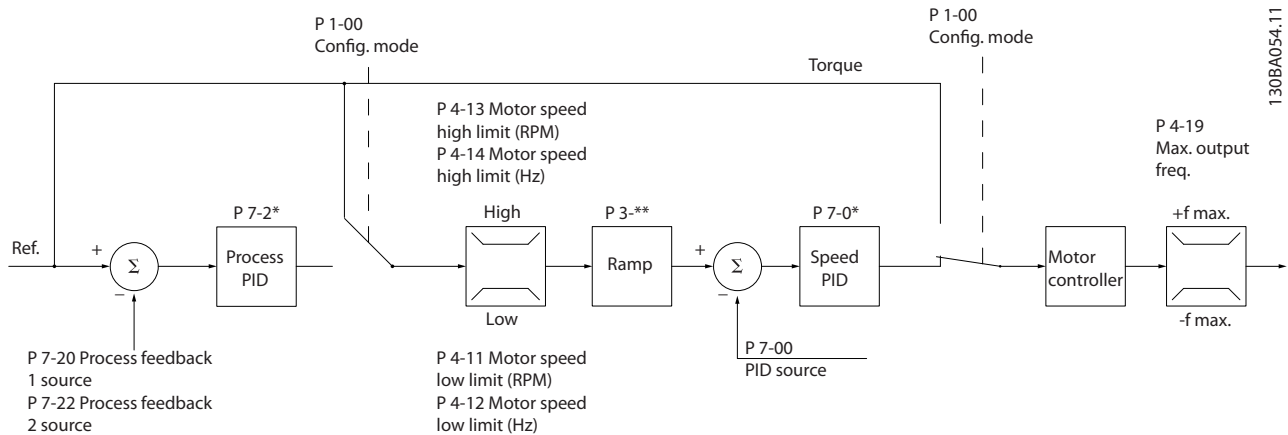


Рисунок 11.10 Конфигурация структуры управления по магнитному потоку с обратной связью от двигателя

В конфигурации на Рисунок 11.10 управление двигателем осуществляется по сигналу обратной связи от энкодера или резолвера, установленного непосредственно на валу двигателя (настраивается в пар. параметр 1-02 Flux- источник ОС двигателя). Результирующее задание может использоваться в качестве входного сигнала для ПИД-регулятора скорости или непосредственно как задание крутящего момента.

Для Параметр 1-01 Принцип управления двигателем установлено значение [3] Flux с ОС от двигат., а для параметр 1-00 Режим конфигурирования — значение [1] Ск-сть, замкн.конт. Параметры ПИД-регулирования скорости входят в группу параметров 7-0\* ПИД-регулят.скор.

Регулирование момента можно выбрать только в конфигурации Flux с ОС от двигат. (параметр 1-01 Принцип управления двигателем). При выборе этого режима задание выражается в Н·м. Это не требует обратной связи по моменту, поскольку фактический момент рассчитывается на основе измерения тока преобразователя частоты.

ПИД-регулятор процесса может использоваться для регулирования по замкнутому контуру 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.

### 11.2.7.4 Внутреннее регулирование тока в режиме VVC<sup>+</sup>

Когда ток/крутящий момент двигателя превышает предельный крутящий момент, установленный в параметр 4-16 Двигательн.режим с огранич. момента, параметр 4-17 Генераторн.режим с огранич.момента и параметр 4-18 Предел по току, включается встроенный регулятор предельного тока.

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

## 12 Примеры применения

Примеры, приведенные в данном разделе, носят справочный характер для наиболее распространенных случаев применения.

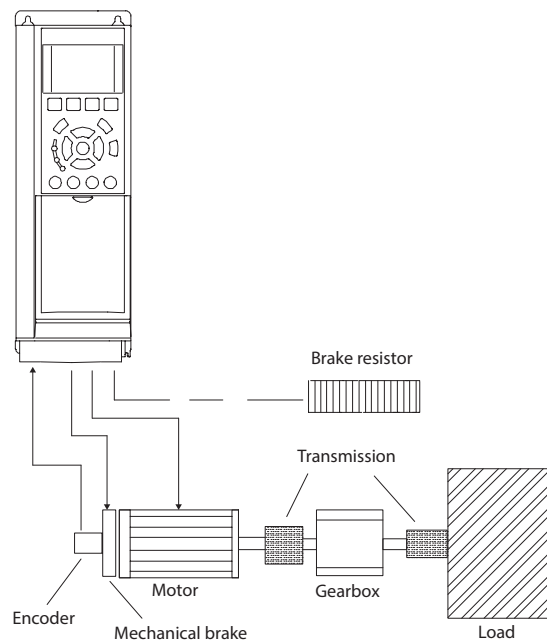
- Настройки параметров являются региональными по умолчанию, если не указано иное (выбирается в параметр 0-03 Региональные установки).
- Параметры, имеющие отношение к клеммам, а также их значения указаны рядом со схемами.
- В случаях, когда требуются установки переключателя для аналоговых клемм A53 или A54, такие установки также показаны.
- При использовании функции STO, для работы преобразователя частоты с запрограммированными значениями заводских настроек по умолчанию между клеммами 12 и 37 может понадобиться перемычка.

### 12.1 Программирование системы преобразователя частоты с замкнутым контуром

Система преобразователя частоты с замкнутым контуром обычно состоит из следующих элементов:

- Двигатель
- Преобразователь частоты
- Энкодер для системы обратной связи
- Механический тормоз
- Тормозной резистор для динамического торможения
- Силовая передача
- Редуктор
- Нагрузка

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



130BT865.10

Рисунок 12.1 Базовая настройка замкнутого контура управления скоростью для FC 302

### 12.2 Конфигурации проводки для автоматической адаптации двигателя (ААД)

FC		Параметры	
		Функция	Настройка
+24 V	12	Параметр 1-29 Авто адаптация двигателя (ААД)	[1] Включ. полной ААД
+24 V	13		
D IN	18	Параметр 5-12 Клемма 27, цифровой вход	[2]* Выбег, инверсный
D IN	19		
COM	20	* = Значение по умолчанию	
D IN	27	<b>Примечания/комментарии.</b> Настройте группу параметров 1-2* Данные двигателя в соответствии с характеристиками двигателя, взятыми с паспортной таблички.	
D IN	29		
D IN	32		
D IN	33		
D IN	37		
D IN	37		
+10 V	50		
A IN	53		
A IN	54		
COM	55		
A OUT	42		
COM	39		

Таблица 12.1 Конфигурация проводки для ААД с подключенной клеммой T27

		Параметры	
FC		Функция	Настройка
+24 V	12	Параметр 1-29 Авто адаптация двигателя (ААД)	[1] Включ. полной ААД
+24 V	13		
D IN	18		
D IN	19		
COM	20		
D IN	27		
D IN	29		
D IN	32		
D IN	33		
D IN	37		
+10 V	50	Параметр 5-12 Клемма 27, цифровой вход	[0] Не используется
A IN	53		
A IN	54		
COM	55		
A OUT	42		
COM	39		
		* = Значение по умолчанию	
		Примечания/комментарии. Настройте группу параметров 1-2* Данные двигателя в соответствии с характеристиками двигателя, взятыми с паспортной таблички.	

Таблица 12.2 Конфигурация проводки для ААД без подключенной клеммы T27

### 12.3 Конфигурация проводки для аналогового задания скорости

		Параметры	
FC		Функция	Настройка
+10 V	50	Параметр 6-10 Клемма 53, низкое напряжение	0,07 В*
A IN	53		
A IN	54	Параметр 6-11 Клемма 53, высокое напряжение	10 В*
COM	55		
A OUT	42	Параметр 6-14 Клемма 53, низкое зад./обр. связь	0 об/мин
COM	39		
		Параметр 6-15 Клемма 53, высокое зад./обр. связь	1 500 об/мин
		* = Значение по умолчанию	
		Примечания/комментарии.	

Таблица 12.3 Конфигурация проводки для аналогового задания скорости (напряжение)

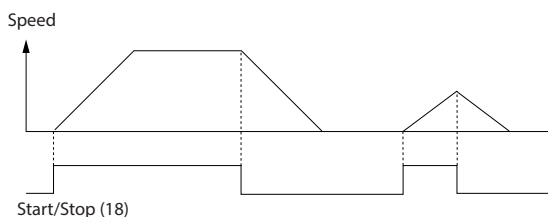
		Параметры	
FC		Функция	Настройка
+10 V	50	Параметр 6-12 Клемма 53, малый ток	4 мА*
A IN	53		
A IN	54	Параметр 6-13 Клемма 53, большой ток	20 мА*
COM	55		
A OUT	42	Параметр 6-14 Клемма 53, низкое зад./обр. связь	0 об/мин
COM	39		
		Параметр 6-15 Клемма 53, высокое зад./обр. связь	1 500 об/мин
		* = Значение по умолчанию	
		Примечания/комментарии.	

Таблица 12.4 Конфигурация проводки для аналогового задания скорости (ток)

### 12.4 Конфигурация проводки для пуска/останова

		Параметры	
FC		Функция	Настройка
+24 V	12	Параметр 5-10 Клемма 18, цифровой вход	[8] Пуск*
+24 V	13		
D IN	18	Параметр 5-12 Клемма 27, цифровой вход	[0] Не используется
D IN	19		
COM	20		
D IN	27		
D IN	29	Параметр 5-19 Клемма 37, безопасный останов	[1] Авар. сигн. Safe Torque Off
D IN	32		
D IN	33		
D IN	37		
		* = Значение по умолчанию	
		Примечания/комментарии. Если для параметр 5-12 Клемма 27, цифровой вход выбрано значение [0] Не используется, переключатель на клемму 27 не требуется.	

Таблица 12.5 Конфигурация проводки для команды пуска/останова с Safe Torque Off



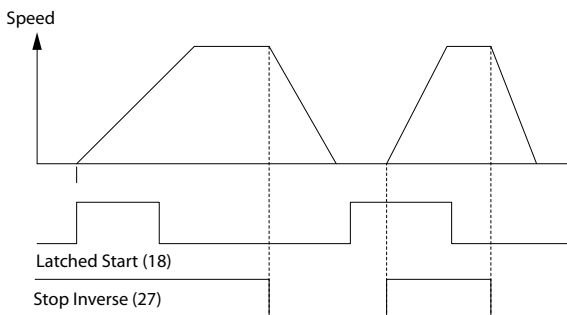
130BV805.12

Рисунок 12.2 Пуск/останов с Safe Torque Off

		Параметры	
FC		Функция	Настройка
+24 V	12	Параметр 5-10	[9]
+24 V	13	Клемма 18,	Импульсный
D IN	18	цифровой вход	запуск
D IN	19	Параметр 5-12	[6] Останов,
COM	20	Клемма 27,	инверсный
D IN	27	цифровой вход	
D IN	29	* = Значение по умолчанию	
D IN	32	<b>Примечания/комментарии.</b>	
D IN	33	Если для	
D IN	37	параметр 5-12 Клемма 27,	
+10 V	50	цифровой вход выбрано	
A IN	53	значение [0] Не используется,	
A IN	54	переключатель на клемму 27 не	
COM	55	требуется.	
A OUT	42		
COM	39		

130BV803.10

Таблица 12.6 Конфигурация проводки для импульсного пуска/останова



130BV806.10

Рисунок 12.3 Импульсный запуск/останов, инверсный

		Параметры	
FC		Функция	Настройка
+24 V	12	Параметр 5-10	[8] Пуск
+24 V	13	Клемма 18,	
D IN	18	цифровой вход	
D IN	19	Параметр 5-11	[10] Реверс
COM	20	Клемма 19,	
D IN	27	цифровой вход	
D IN	29	Параметр 5-12	[0] Не
D IN	32	Клемма 27,	используетс
D IN	33	цифровой вход	я
+10 V	50	Параметр 5-14	[16] Предуст.
A IN	53	Клемма 32,	зад., бит 0
A IN	54	цифровой вход	
COM	55	Параметр 5-15	[17] Предуст.
A OUT	42	Клемма 33,	зад., бит 1
COM	39	цифровой вход	
		Параметр 3-10	
		Предустановлен	
		ное задание	
		Предуст.	25%
		задание 0	50%
		Предуст.	75%
		задание 1	100%
		Предуст.	
		задание 2	
		Предуст.	
		задание 3	
		* = Значение по умолчанию	
		<b>Примечания/комментарии.</b>	

130BV934.11

Таблица 12.7 Конфигурация проводки для пуска/останова с реверсом и 4 предустановленными скоростями

### 12.5 Конфигурация проводки для внешнего сброса аварийной сигнализации

		Параметры	
FC		Функция	Настройка
+24 V	12	Параметр 5-11 Клемма 19, цифровой вход	[1] Сброс
+24 V	13		
D IN	18	* = Значение по умолчанию	
D IN	19		
COM	20	Примечания/комментарии.	
D IN	27		
D IN	29		
D IN	32		
D IN	33		
D IN	37		
+10 V	50		
A IN	53		
A IN	54		
COM	55		
A OUT	42		
COM	39		

Таблица 12.8 Конфигурация проводки для внешнего сброса аварийной сигнализации

### 12.6 Конфигурация проводки для задания скорости с помощью ручного потенциометра

		Параметры	
FC		Функция	Настройка
+10 V	50	Параметр 6-10 Клемма 53, низкое напряжение	0,07 В*
A IN	53		
A IN	54	Параметр 6-11 Клемма 53, высокое напряжение	10 В*
COM	55		
A OUT	42	Параметр 6-14 Клемма 53, низкое зад./обр. связь	0 об/мин
COM	39		
		* = Значение по умолчанию	Примечания/комментарии.

Таблица 12.9 Конфигурация проводки для задания скорости (с помощью ручного потенциометра)

### 12.7 Конфигурация проводки для повышения/понижения скорости

		Параметры	
FC		Функция	Настройка
+24 V	12	Параметр 5-10 Клемма 18, цифровой вход	[8] Пуск*
+24 V	13		
D IN	18	Параметр 5-12 Клемма 27, цифровой вход	[19]
D IN	19		
COM	20	Параметр 5-13 Клемма 29, цифровой вход	[21]
D IN	27		
D IN	29	Параметр 5-14 Клемма 32, цифровой вход	[22] Снижение скорости
D IN	32		
D IN	33	* = Значение по умолчанию	
D IN	37		
		Примечания/комментарии.	

Таблица 12.10 Конфигурация проводки для повышения/понижения скорости

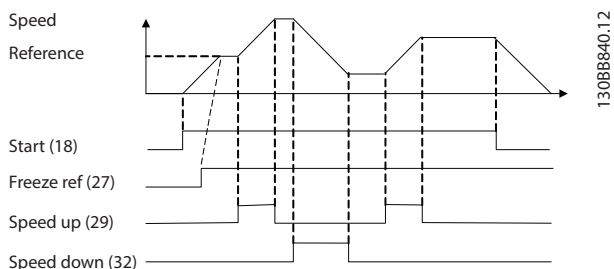


Рисунок 12.4 Повышение/понижение скорости

### 12.8 Конфигурация проводки для подключения сети RS485

FC		Параметры	
Функция	Настройка	Функция	Настройка
Параметр 8-30 Протокол	ПЧ*	Параметр 8-31 Адрес	1*
Параметр 8-32 Скорость передачи данных	9600*	* = Значение по умолчанию	
<b>Примечания/комментарии.</b> Выберите протокол, адрес и скорость передачи с помощью этих параметров.			

Таблица 12.11 Конфигурация проводки для подключения сети RS485

### 12.9 Конфигурация проводки для термистора двигателя

#### УВЕДОМЛЕНИЕ

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

VLT		Параметры	
Функция	Настройка	Функция	Настройка
Параметр 1-90 Тепловая защита двигателя	[2] Откл. по термистору	Параметр 1-93 Источник термистора	[1]
* = Значение по умолчанию			
<b>Примечания/комментарии.</b> Если требуется только предупреждение, в параметр 1-90 Тепловая защита двигателя следует выбрать [1] Предупр.по термист.			

Таблица 12.12 Конфигурация проводки для термистора двигателя

### 12.10 Конфигурация проводки для настройки реле с помощью интеллектуального логического управления

FC		Параметры	
		Функция	Настройка
+24 V	12	1308VB839.10	Параметр 4-30 [1]
+24 V	13		Функция при потере ОС двигателя
D IN	18		Параметр 4-31 Ошибка скорости ОС двигателя
D IN	19		Параметр 4-32 Тайм-аут при потере ОС двигателя
COM	20		Параметр 7-00 Ист.сигн.ОС ПИД-рег.скор.
D IN	27		Параметр 17-1 1 Разрешение (позиции/об)
D IN	29		Параметр 13-0 [1] Включена 0 Режим контроллера SL
D IN	32		Параметр 13-0 [19] 1 Событие запуска
D IN	33		Параметр 13-0 [44] Кнопка сброса 2 Событие останова
D IN	37		Параметр 13-1 [21] № 0 Операнд сравнения
+10 V	50	Параметр 13-1 [1] ≈ (равно)* 1 Оператор сравнения	
A IN	53	Параметр 13-1 90 2 Результат сравнения	
A IN	54	Параметр 13-5 [22] 1 Событие контроллера SL	
COM	55	Параметр 13-5 [32] Ус.н.ур.на цифв.вых.А 2 Действие контроллера SL	
A OUT	42		
COM	39		
RE	01		
	02		
	03		
RE	04		
	05		
	06		

	Параметры	
	Функция	Настройка
	Параметр 5-40 Реле функций	[80] Цифр. выход SL A
	* = Значение по умолчанию	
<b>Примечания/комментарии.</b>		
<p>При превышении предела для монитора обратной связи выдается предупреждение 90 Конт. энкодера. SLC отслеживает предупреждение 90, Конт. энкодера и, если предупреждение становится истинным, срабатывает реле 1. Внешнему оборудованию может потребоваться обслуживание. Если ошибка обратной связи опускается ниже предела снова в течение 5 секунд, привод продолжает работу и предупреждение исчезает. Выполните сброс реле 1 нажатием кнопки [Reset] (Сброс) на LCP.</p>		

Таблица 12.13 Конфигурация проводки для настройки реле с помощью интеллектуального логического управления

### 12.11 Конфигурация проводки для управления механическим тормозом

FC		Параметры	
		Функция	Настройка
+24 V	12	1308VB841.10	Параметр 5-40 Реле функций
+24 V	13		[32] Управл.мех.тормозом
D IN	18		Параметр 5-10 Клемма 18, цифровой вход
D IN	19		Параметр 5-11 Клемма 19, цифровой вход
COM	20		Параметр 1-71 Задержка запуска
D IN	27		Параметр 1-72 Функция запуска
D IN	29		Параметр 1-76 Пусковой ток
D IN	32		Параметр 2-20 Ток отпускания тормоза
D IN	33		Параметр 2-21 Половина скорости включения тормоза [об/мин]
D IN	37		[8] Пуск* [11] Запуск и реверс
+10 V	50		
A IN	53		
A IN	54		
COM	55		
A OUT	42		
COM	39		
RE	01		
	02		
	03		
RE	04		
	05		
	06		
* = Значение по умолчанию			
<b>Примечания/комментарии.</b>			

Таблица 12.14 Конфигурация проводки для управления механическим тормозом

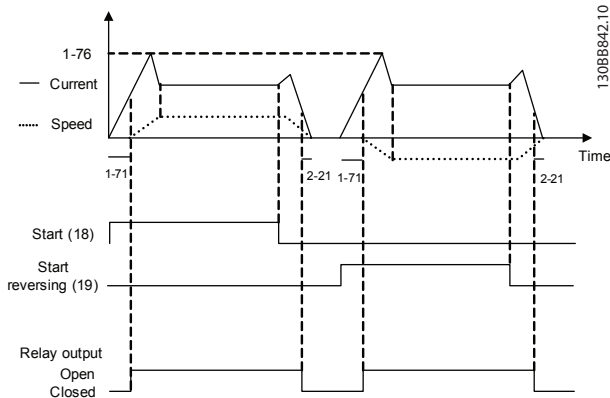


Рисунок 12.5 Управление механическим тормозом

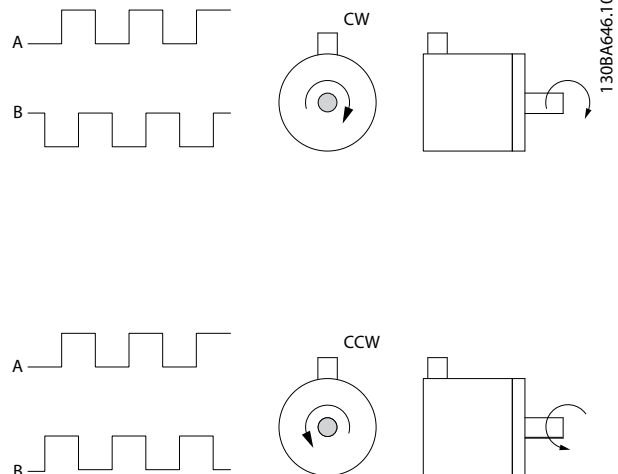


Рисунок 12.7 Инкрементальный энкодер с напряжением 24 В. Максимальная длина экранированного кабеля 5 м (16 футов).

## 12.12 Конфигурирование энкодера

Базовая конфигурация проводки для системы регулирования скорости с замкнутым контуром перед настройкой энкодера показана на Рисунок 12.7.

Направление энкодера (если смотреть на конец вала) определяется порядком импульсов, поступающих на преобразователь частоты.

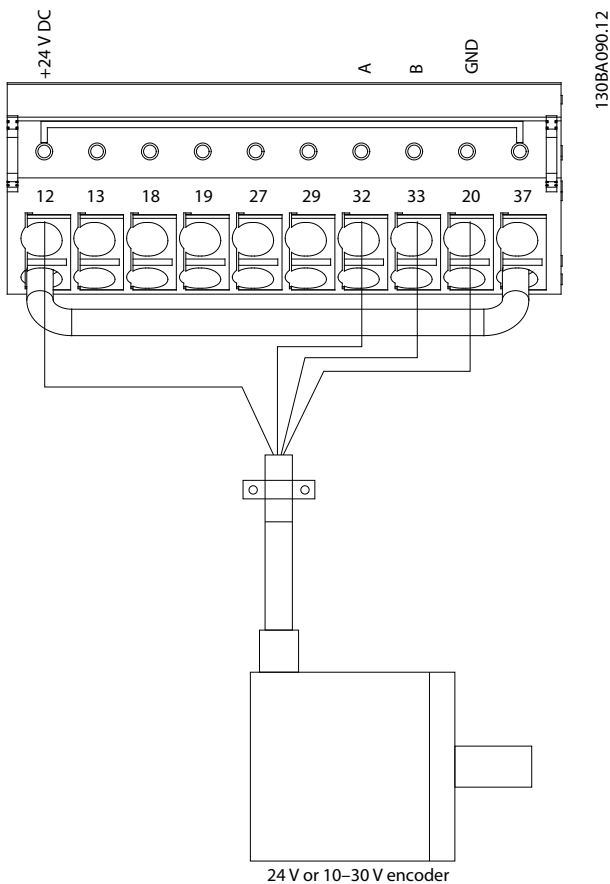


Рисунок 12.6 Подключение энкодера к преобразователю частоты

- Направление по часовой стрелке означает, что канал А опережает канал В на 90 электрических градусов.
- Направление против часовой стрелки означает, что канал В на 90 электрических градусов опережает канал А.

## 12.13 Конфигурация проводки для крутящего момента и предела останова

В применениях с внешним электромеханическим тормозом, например в подъемных механизмах, можно останавливать преобразователь частоты с помощью стандартной команды останова с одновременным включением электромеханического тормоза. На Рисунок 12.8 приводится пример программирования этих соединений преобразователя частоты.

Если через клемму 18 подается команда останова и преобразователь частоты не находится на пределе крутящего момента, скорость двигателя снижается до 0 Гц.

Если преобразователь частоты находится на пределе крутящего момента и подается команда останова, система активирует клемму выхода 29 (для которой установлено значение [27] Пред.по момен.+стоп). Сигнал на клемму 27 изменяется с логической 1 до логического 0 и двигатель начинает выбег. Благодаря этому процессу обеспечивается останов подъемного механизма, даже если сам преобразователь частоты не



способен создать необходимый крутящий момент, например из-за чрезмерной перегрузки.

Для программирования останова и предельного момента, подключите следующие клеммы:

**Пуск/останов с помощью клеммы 18**

(Параметр 5-10 Клемма 18, цифровой вход [8] Пуск).

**Быстрый останов с помощью клеммы 27**

(Параметр 5-12 Клемма 27, цифровой вход [2] Выбег, инверсный).

**Клемма 29, выход**

(Параметр 5-02 Клемма 29, режим [1] Выход параметр 5-31 Клемма 29, цифровой выход [27] Пред.по момен.+стоп).

**Выход реле [0] (реле 1)**

(Параметр 5-40 Реле функций [32]

Управл.мех.тормозом).

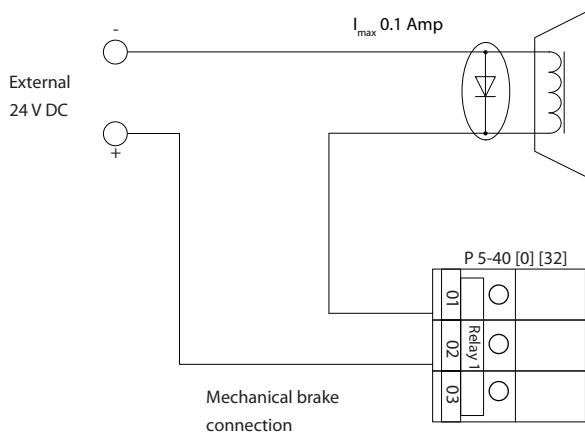
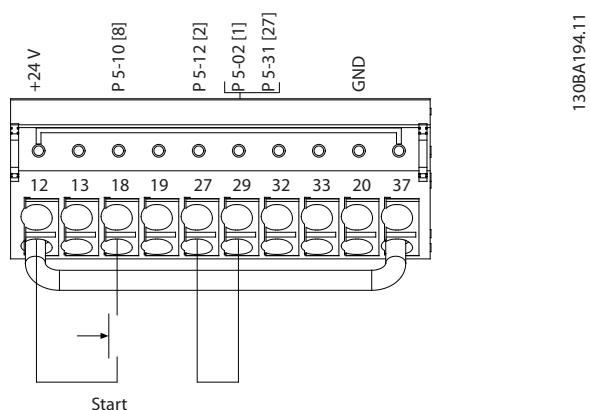


Рисунок 12.8 Конфигурация проводки для крутящего момента и предела останова

## 13 Заказ преобразователя частоты

### 13.1 Конфигуратор преобразователя частоты

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

130BC530.10

Таблица 13.1 Строка кода типа

Группы изделий	1-3	
Серия привода	4-6	
Код поколения	7	
Номинальная мощность	8-10	
Фазы	11	
Напряжение сети	12	
Корпус Тип корпуса Класс корпуса Напряжение питания цепей управления	13-15	
Аппаратная конфигурация	16-23	
Фильтр ВЧ-помех/привод с пониженными гармониками/12- импульсный	16-17	
Тормоз	18	
Дисплей (LCP)	19	
Покрытие печатной платы	20	
Доп. устройство сети	21	
Адаптация А	22	
Адаптация В	23	
Выпуск ПО	24-27	
Язык программного обеспечения	28	
Доп. устройство А	29-30	
Доп. устройства В	31-32	
Доп. устройства С0, МСО	33-34	
Доп. устройства С1	35	
Программное обеспечение доп. устройств С	36-37	
Доп. устройства D	38-39	

Таблица 13.2 Пример кода типа для заказа преобразователя частоты

Правильно скомпоновать преобразователь частоты для конкретного применения можно с помощью конфигуратора преобразователя частоты, размещенного в сети Интернет. Конфигуратор преобразователя частоты можно найти в сети Интернет по адресу [www.danfoss.com/drives](http://www.danfoss.com/drives). Конфигуратор формирует строку кода типа и 8-разрядный товарный номер, который должен быть передан в местный офис продаж. Можно также создать перечень оборудования для проекта с несколькими позициями и направить его торговому представителю Danfoss. Вот пример строки кода типа:

FC-302N355T5E20H4BGCXXXSXXXA0BXCXXXD0

Значения символов в строке см. в *Таблица 13.3*. В примере выше установлены плата PROFIBUS DP-V1 и дополнительное резервное устройство питания 24 В пост. тока.

В комплект поставки преобразователей частоты автоматически включается языковой пакет для того региона, из которого поступил заказ. Имеются четыре региональных языковых пакета с указанными ниже наборами языков.

#### Языковой пакет 1

английский, немецкий, французский, датский, испанский, итальянский и финский.

#### Языковой пакет 2

английский, немецкий, китайский, корейский, японский, тайский, традиционный китайский и бахаса (индонезийский).

#### Языковой пакет 3

английский, немецкий, словенский, болгарский, сербский, румынский, венгерский, чешский и русский.

#### Языковой пакет 4

английский, немецкий, испанский, английский (США), греческий, бразильский португальский, турецкий и польский.

Чтобы заказать приводы с другим набором языков, обратитесь в местное торговое представительство Danfoss.

Описание	Позиция	Возможные варианты
Группа изделия	1–3	FC-
Серия привода	4–6	302: FC 302
Номинальная мощность	8–10	N315: 315 кВт (450 л. с.) N355: 355 кВт (500 л. с.) N400: 400 кВт (550 л. с.) N450: 450 кВт (600 л. с.) N500: 500 кВт (650 л. с.) N560: 560 кВт (750 л. с.) N630: 630 кВт (900 л. с.) N710: 710 кВт (1000 л. с.)
Фазы	11	Три фазы (Т)
Напряжение сети	11–12	T5: 380–500 В перем. тока T7: 525–690 В перем. тока
Корпус	13–15	E00: IP00/шасси (только корпуса E3h/E4h с клеммами рекуперации/разделения нагрузки на верхней крышке) E20: IP20/шасси E21: IP21/Тип 1 E54: IP54/тип 12 E2M: IP21 / тип 1 + экран сети питания E5M: IP54 / тип 12 + экран сети питания H21: IP21/ тип 1 + обогреватель H54: IP54/ тип 12 + обогреватель C20: IP20/тип 1 + тыльный канал из нержавеющей стали C21: IP21/тип 1 + тыльный канал из нержавеющей стали C54: IP54/тип 12 + тыльный канал из нержавеющей стали C2M: IP21/тип 1 + экран сети питания + тыльный канал из нержавеющей стали C5M: IP54/тип 12 + экран сети питания + тыльный канал из нержавеющей стали C2H: IP21/тип 1 + обогреватель + тыльный канал из нержавеющей стали C5H: IP54/тип 12 + обогреватель + тыльный канал из нержавеющей стали
Фильтр ВЧ-помех	16–17	H2: фильтр ВЧ-помех, класс А2 (С3) H4: фильтр ВЧ-помех, класс А1 (С2)
Тормоз	18	X: без тормозного прерывателя B: установлен тормозной прерыватель T: Safe torque off (STO) U: тормозной прерыватель + Safe torque off R: Клеммы режима рекуперации S: тормозной прерыватель + клеммы рекуперации (только корпуса E3h/E4h)
Дисплей	19	X: Без LCP G: графическая LCP (LCP-102) J: без LCP + USB-порт с подключением через дверь L: графическая LCP + USB-порт с подключением через дверь
Покрытие печатной платы	20	C: печатная плата с покрытием R: печатная плата с покрытием 3С3 + защищенное исполнение
Доп. устройство сети	21	X: без доп. устройства сети 3: разъединитель + предохранители 7: предохранители A: предохранители + клеммы разделения нагрузки (только корпуса E3h/E4h) D: клеммы разделения нагрузки (только корпуса E3h/E4h)
Аппаратное обеспечение, адаптация А	22	X: без доп. устройств
Аппаратное обеспечение, адаптация В	23	X: без доп. устройств Q: доступ к радиатору

Описание	Позиция	Возможные варианты
Выпуск ПО	24–28	SXXX: последняя версия — стандартное программное обеспечение S067: программное обеспечение встроенного контроллера перемещения
Язык программного обеспечения	28	X: стандартный пакет языков

Таблица 13.3 Код типа для оформления заказа на корпуса E1h–E4h

Описание	Позиция	Возможные варианты
Доп. устройство A	29–30	AX: нет дополнительного устройства A A0: VLT® PROFIBUS DP V1 MCA 101 A4: VLT® DeviceNet MCA 104 A6: VLT® CANopen MCA 105 A8: VLT® EtherCAT MCA 124 AT: VLT® PROFIBUS Converter MCA 113 AU: VLT® PROFIBUS Converter MCA 114 AL: VLT® PROFINET MCA 120 AN: VLT® EtherNet/IP MCA 121 AQ: VLT® POWERLINK MCA 122 AY: VLT® Modbus TCP MCA 123
Доп. устройства B	31–32	BX: без доп. устройств B2: VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 B4: VLT® Sensor Input Option MCB 114 B6: VLT® Safety Option MCB 150 B7: VLT® Safety Option MCB 151 B8: VLT® Safety Option MCB 152 BK: VLT® General Purpose I/O Module MCB 101 BP: VLT® Relay Card MCB 105 BR: VLT® Encoder Input MCB 102 BU: VLT® Resolver Option MCB 103 BY: VLT® Extended Cascade Controller MCO101 BZ: MCB 108 Safe PLC I/O MCB 108
Дополнительные устройства C0/E0	33–34	CX: без доп. устройств C4: VLT® Motion Control Option MCO 305
Дополнительные устройства C1/переходник A/B для гнезда C	35	X: без доп. устройств R: VLT® Extended Relay Card MCB 113
Программное обеспечение доп. устройств C/ доп. устройства E1	36–37	XX: без опции программного обеспечения 10: VLT® Synchronizing Controller MCO-350 11: VLT® Position Controller MCO-351
Доп. устройства D	38–39	DX: без доп. устройств D0: VLT® 24 V DC Supply MCB-107

Таблица 13.4 Код типа для оформления заказа на опции для корпусов E1h–E4

### 13.2 Номера для заказа дополнительных устройств и принадлежностей

Тип	Описание	Номер для заказа
<b>Различные устройства</b>		
Верхний ввод PROFIBUS	Верхний ввод для корпуса со степенью защиты IP54.	176F1742
USB-порт в двери	Набор удлинителей USB для доступа к управлению преобразователем частоты через портативный компьютер без открытия корпуса преобразователя.	130B1156
Шина заземления	Дополнительные точки заземления для преобразователей частоты в корпусах E1h и E2h.	176F6609
Экран сети питания, E1h	Экран (крышка) перед силовыми клеммами для защиты от случайного контакта.	176F6619
Экран сети питания, E2h	Экран (крышка) перед силовыми клеммами для защиты от случайного контакта.	176F6620
Клеммные колодки	Винтовые клеммные колодки для замены подпружиненных выводов. (1 шт. 10-штырьковый, 1 шт. 6-штырьковый и 1 шт. 3-штырьковый разъемы)	130B1116
<b>Комплекты для охлаждения через тыльный канал</b>		
Вход снизу/выход сверху, E3h	Позволяет охлаждающему воздуху входить внутрь в основании корпуса и выходить наружу через верхнюю часть преобразователя частоты. Этот комплект используется только для корпуса E3h с пластиной основания 600 мм (21,6 дюйма).	176F6606
Вход снизу/выход сверху, E3h	Позволяет охлаждающему воздуху входить внутрь в основании корпуса и выходить наружу через верхнюю часть преобразователя частоты. Этот комплект используется только для корпуса E3h с пластиной основания 800 мм (31,5 дюйма).	176F6607
Вход снизу/выход сверху, E4h	Позволяет охлаждающему воздуху входить внутрь в основании корпуса и выходить наружу через верхнюю часть преобразователя частоты. Этот комплект используется только для корпуса E4h с пластиной основания 800 мм (31,5 дюйма).	176F6608
Вход сзади/выход сзади, E1h	Позволяет охлаждающему воздуху входить внутрь и выходить наружу через заднюю часть преобразователя частоты. Этот комплект используется только для корпусов E1h.	176F6617
Вход сзади/выход сзади, E2h	Позволяет охлаждающему воздуху входить внутрь и выходить наружу через заднюю часть преобразователя частоты. Этот комплект используется только для корпусов E2h.	176F6618
Вход сзади/выход сзади, E3h	Позволяет охлаждающему воздуху входить внутрь и выходить наружу через заднюю часть преобразователя частоты. Этот комплект используется только для корпусов E3h.	176F6610
Вход сзади/выход сзади, E4h	Позволяет охлаждающему воздуху входить внутрь и выходить наружу через заднюю часть преобразователя частоты. Этот комплект используется только для корпусов E4h.	176F6611
Вход снизу/выход сзади, E3h	Позволяет охлаждающему воздуху входить внутрь в основании корпуса и выходить наружу через заднюю часть преобразователя частоты. Этот комплект используется только для корпуса E3h с пластиной основания 600 мм (21,6 дюйма).	176F6612
Вход снизу/выход сзади, E3h	Позволяет охлаждающему воздуху входить внутрь в основании корпуса и выходить наружу через заднюю часть преобразователя частоты. Этот комплект используется только для корпуса E3h с пластиной основания 800 мм (31,5 дюйма).	176F6613
Вход снизу/выход сзади, E4h	Позволяет охлаждающему воздуху входить внутрь в основании корпуса и выходить наружу через заднюю часть преобразователя частоты. Этот комплект используется только для корпуса E4h с пластиной основания 800 мм (31,5 дюйма).	176F6614

Вход сзади/выход сверху, E3h	Позволяет охлаждающему воздуху входить внутрь в задней части корпуса и выходить наружу через верхнюю часть преобразователя частоты. Этот комплект используется только для корпусов E3h.	176F6615	
Вход сзади/выход сверху, E4h	Позволяет охлаждающему воздуху входить внутрь в задней части корпуса и выходить наружу через верхнюю часть преобразователя частоты. Этот комплект используется только для корпусов E4h.	176F6616	
<b>LCP</b>			
LCP 101	Цифровая панель местного управления (NLCP).	130B1124	
LCP 102	Графическая панель местного управления (GLCP).	130B1107	
Кабель для LCP	Отдельный кабель для LCP, 3 м (9 футов).	175Z0929	
Комплект LCP, IP21	Монтажный комплект для панели, включающий графическую LCP, крепеж, кабель (3 м (9 футов)) и прокладку.	130B1113	
Комплект LCP, IP21	Монтажный комплект для панели, включающий LCP, крепеж и прокладку.	130B1114	
Комплект LCP, IP21	Монтажный комплект для всех панелей LCP всех типов, включающий крепеж, кабель (3 м (9 футов)) и прокладку.	130B1117	
<b>Дополнительные платы для гнезда А (устройства периферийной шины)</b>		<b>Без покрытия</b>	<b>С покрытием</b>
MCA 101	Плата PROFIBUS DP V0/V1 (опция).	130B1100	130B1200
MCA 104	Плата Device Net (опция).	130B1102	130B1202
MCA 105	CANopen.	130B1103	130B1205
MCA 113	Преобразователь протокола Profibus VLT 3000	-	130B1245
MCA 114	Преобразователь протокола PROFIBUS VLT 5000	-	130B1246
MCA 120	Плата PROFINET (опция).	130B1135	130B1235
MCA 121	Плата EtherNet/IP (опция).	130B1119	130B1219
MCA 122	Плата Modbus TCP (опция).	130B1196	130B1296
MCA 123	Плата Powerlink.	130B1489	130B1490
MCA 124	Плата EtherCAT (опция).	130B5546	130B5646
<b>Дополнительные платы для гнезда В (функциональные расширения)</b>			
MCB 101	Дополнительный модуль ввода/вывода общего назначения.	130B1125	130B1212
MCB 102	Дополнительная плата энкодера.	130B1115	130B1203
MCB 103	Дополнительная плата резолвера.	130B1127	130B1227
MCB 105	Плата реле (опция).	130B1110	130B1210
MCB 108	Интерфейс Safety PLC (преобразователь постоянного тока в постоянный).	130B1120	130B1220
MCB 112	Плата термистора PTC ATEX.	-	130B1137
MCB 114	Вход датчика PT100/	130B1172	130B1272
MCB 150	Плата безопасности (энкодер TTL).	-	130B3280
MCB 151	Плата безопасности (энкодер HTL).	-	130B3290
MCB 152	Плата безопасности (функции PROFIsafe).	-	130B9860
<b>Дополнительные платы для гнезда С (управление перемещением и платы реле)</b>			
MCO 305	Программируемый контроллер перемещения.	130B1134	130B1234
MCO 350	Контроллер синхронизации.	130B1152	130B1252
MCO 351	Контроллер позиционирования/	130B1153	120B1253
MCB 113	Плата расширения релейных выходов.	130B1164	130B1264
<b>Дополнительная плата для гнезда D</b>		<b>Без покрытия</b>	<b>С покрытием</b>
MCB 107	Резервный источник 24 В пост. тока.	130B1108	130B1208
<b>Внешние дополнительные устройства</b>			
EtherNet/IP	Главное устройство Ethernet.	175N2584	

Таблица 13.5 Дополнительные устройства и принадлежности

Тип	Описание	Номер для заказа
<b>Программное обеспечение для ПК</b>		
МСТ 10	Средство конфигурирования МСТ 10 — 1 пользователь.	130B1000
МСТ 10	Средство конфигурирования МСТ 10 — 5 пользователей.	130B1001
МСТ 10	Средство конфигурирования МСТ 10 — 10 пользователей.	130B1002
МСТ 10	Средство конфигурирования МСТ 10 — 25 пользователей.	130B1003
МСТ 10	Средство конфигурирования МСТ 10 — 50 пользователей.	130B1004
МСТ 10	Средство конфигурирования МСТ 10 — 100 пользователей.	130B1005
МСТ 10	Средство конфигурирования МСТ 10 — неограниченное число пользователей.	130B1006

**Таблица 13.6** Дополнительное программное обеспечение

*Дополнительные устройства можно заказать с установкой на заводе-изготовителе. Информацию о совместимости периферийной шины и дополнительных устройств для соответствующих систем с более старыми версиями программного обеспечения можно получить у поставщика Danfoss.*

### 13.3 Номера для заказа фильтров и тормозных резисторов

См. спецификации размеров и номера заказов для фильтров и тормозных резисторов в следующих руководствах по проектированию:

- *Руководство по проектированию VLT® Brake Resistor MCE 101.*
- *Руководстве по проектированию VLT® Advanced Harmonic Filters AHF 005/AHF 010.*
- *Руководство по проектированию выходных фильтров.*

### 13.4 Запасные части

См. веб-сайт VLT shop или конфигуратор преобразователя частоты ([www.danfoss.com/drives](http://www.danfoss.com/drives)), чтобы найти необходимые запасные части для вашей системы.

## 14 Приложение

### 14.1 Сокращения и символы

60° AVM	Асинхронная векторная модуляция 60°
A	Ампер
Перем. ток	Переменный ток
AD	Электростатический разряд через воздух
АОЭ	Автоматическая оптимизация энергопотребления
AI	Аналоговый вход
AIC	Ампер тока отключения
ААД	Автоматическая адаптация двигателя
AWG	Американский сортамент проводов
°C	Градусы Цельсия
CB	Автоматический выключатель
CD	Постоянный разряд
CDM	Комплектный модуль привода: преобразователь частоты, секция питания и вспомогательные устройства
CE	Соответствие стандартам безопасности Евросоюза
CM	Синфазный режим
CT	Постоянный крутящий момент
Пост. ток	Постоянный ток
DI	Цифровой вход
DM	Дифференциальный режим
D-TYPE	В зависимости от типа привода
ЭМС	Электромагнитная совместимость
ЭДС	Электродвижущая сила
ЭТР	Электронное тепловое реле
°F	Градусы Фаренгейта
$f_{JOG}$	Частота двигателя в случае активизации функции фиксации частоты
$f_M$	Частота двигателя
$f_{MAX}$	Максимальная выходная частота, выдаваемая на выходе преобразователя частоты
$f_{MIN}$	Минимальная частота двигателя на выходе преобразователя частоты
$f_{M,N}$	Номинальная частота двигателя
FC	Преобразователь частоты (привод)
HIPERFACE®	HIPERFACE® является зарегистрированным товарным знаком компании Stegmann
НО	Повышенная перегрузка (НО)
л. с.	Мощность в лошадиных силах
HTL	Импульсы энкодера HTL (10–30 В) — высоковольтная транзистор-транзисторная логика (High-voltage Transistor Logic, HTL)
Гц	Герц
$I_{INV}$	Номинальный выходной ток инвертора
$I_{LIM}$	Предел по току
$I_{M,N}$	Номинальный ток двигателя

$I_{VLT,MAX}$	Максимальный выходной ток
$I_{VLT,N}$	Номинальный выходной ток, обеспечиваемый преобразователем частоты
кГц	Килогерц
LCP	Панель местного управления
Младший бит	Младший значащий бит
м	метр
мА	Миллиампер
МСМ	Млн круглых мил
МСТ	Служебная программа управления движением
мГ	Индуктивность в миллигенри
мм	Миллиметр
мс	Миллисекунда
Старший бит	Старший значащий бит
$\eta_{VLT}$	КПД преобразователя частоты определяется отношением выходной мощности и входной мощности
нФ	Емкость в нанофарадах
NLCP	Цифровая панель местного управления
Н·м	Ньютон-метр
NO	Нормальная перегрузка (NO)
$n_s$	Скорость синхронного двигателя
Оперативны е/ автономные параметры	Оперативные параметры вступают в действие сразу же после изменения их значений
$R_{\text{торм., длит.}}$	Номинальная мощность тормозного резистора (средняя за время длительного торможения)
PCB	Печатная плата
PCD	Технологические данные
PDS	Система силового привода: CDM и двигатель
PELV	Защитное сверхнизкое напряжение
$P_m$	Номинальная выходная мощность преобразователя частоты при высокой перегрузке (НО)
$P_{M,N}$	Номинальная мощность двигателя
Двигатель с ПМ	С двигателем с постоянными магнитами
ПИД-регулятор процесса	ПИД-регулятор (пропорционально-интегрально-дифференциальный), поддерживает необходимую скорость, давление, температуру и т. д.
$R_{\text{торм., ном.}}$	Номинальное сопротивление резистора, при котором обеспечивается мощность торможения на валу двигателя, равная 150/160 %, в течение 1 минуты.
RCD	Датчик остаточного тока
Рекуперация	Клеммы рекуперации



R <sub>мин.</sub>	Минимальное допустимое преобразователем частоты значение сопротивления тормозного резистора
эфф.	Эффективное (среднеквадратическое) значение
об/мин	Число оборотов в минуту
R <sub>рек.</sub>	Рекомендуемое сопротивление тормозных резисторов Danfoss
c	Секунда
SCCR	Номинальный ток короткого замыкания
SFAVM	Асинхронная векторная модуляция с ориентацией по магнитному потоку статора
STW	Слово состояния
SMPS	Импульсный источник электропитания
THD	Общее гармоническое искажение
T <sub>цм</sub>	Предел крутящего момента
ТТЛ	Импульсы энкодера TTL (5 В) — транзисторная логика
U <sub>м,н</sub>	Номинальное напряжение двигателя
Соответстви е UL	Underwriters Laboratories (Организация в США, занимающаяся сертификацией в области безопасности оборудования)
V	Вольты
VT	Переменный крутящий момент
VVC <sup>+</sup>	Расширенное векторное управление напряжением

Таблица 14.1 Сокращения и символы

## 14.2 Определения

### Тормозной резистор

Тормозной резистор представляет собой модуль, способный поглощать мощность торможения, выделяемую при рекуперативном торможении. Регенеративная мощность торможения повышает напряжение в звене постоянного тока, а тормозной прерыватель обеспечивает передачу этой мощности в тормозной резистор.

### Момент опрокидывания

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

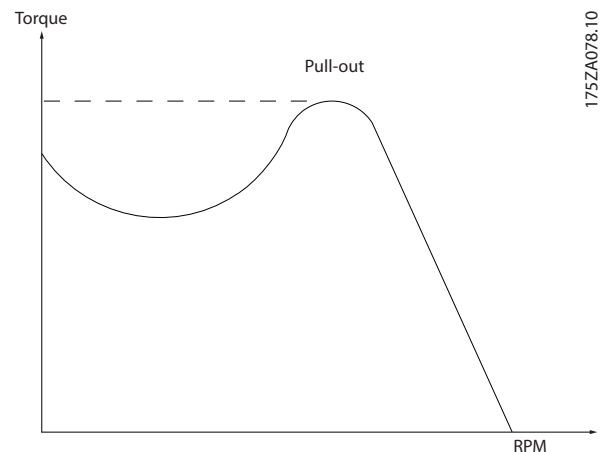


Рисунок 14.1 График момента опрокидывания

### Выбег

Вал находится в режиме свободного вращения. Крутящий момент на двигателе отсутствует.

### Характеристики СТ

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

### Инициализация

Если выполняется инициализация (параметр 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.

### Коэффициент мощности

Истинный коэффициент мощности (лямбда) учитывает все гармоники и всегда меньше, чем коэффициент мощности (cos phi), учитывающий только первые гармоники тока и напряжения.

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

Cos phi также называется коэффициентом реактивной мощности.

Как лямбда, так и cos phi для Danfoss VLT® drives указаны в глава 7.3 Питание от сети.

Коэффициент мощности показывает, в какой мере преобразователь частоты нагружает питающую сеть. Чем ниже коэффициент мощности, тем больше I<sub>эфф.</sub> при одной и той же мощности преобразователя (кВт).

Кроме того, высокий коэффициент мощности показывает, что токи гармоник малы.

Во всех преобразователях частоты Danfoss имеются реакторы цепи постоянного тока, встроенные в цепь

постоянного тока, что обеспечивает высокий коэффициент мощности и уменьшает полный коэффициент гармоник (THD) в сетевом питании.

#### **Импульсный вход/инкрементальный энкодер**

Внешний цифровой датчик, используемый для формирования сигнала обратной связи по скорости и направлению вращения двигателя. Энкодеры используются для получения высокоскоростной и точной обратной связи и в быстродействующих системах.

#### **Набор параметров**

Настройки параметров можно сохранять в виде 4 наборов. Возможен переход между 4 наборами параметров и редактирование одного набора параметров во время действия другого набора параметров.

#### **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 (SLC)**

Интеллектуальное логическое управление — это последовательность заданных пользователем действий, которые выполняются в случае, если SLC признает соответствующие, определенные пользователем события истинными. (*Группа параметров 13-\*\* Интеллектуальная логика*).

#### **Шина стандарта FC**

Представляет собой шину RS485, работающую по протоколу FC или протоколу MC. См. *параметр 8-30 Протокол*.

#### **Термистор**

Температурно-зависимый резистор, устанавливается там, где необходимо контролировать температуру (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 неполадки не будет устранена и пока состояние отключения не будет отменено. Состояние отключения отменяется:

- выполнением сброса;
- посредством программированного автоматического сброса преобразователя частоты.

Не используйте отключение для обеспечения безопасности персонала.

#### **Отключение с блокировкой**

Состояние, вводимое в аварийной ситуации, когда преобразователь частоты осуществляет защиту собственных устройств и требует физического

вмешательства. Отключение с блокировкой может быть отменено выключением сети питания, устранением причины неисправности и новым включением преобразователя частоты. Перезапуск не допускается до тех пор, пока состояние отключения не будет отменено посредством активации сброса.

#### **Характеристики переменного крутящего момента:**

Характеристики переменного крутящего момента для управления насосами и вентиляторами.

## Алфавитный указатель

## С

CANOpen..... 32

## D

DeviceNet..... 32, 132

DU/dt..... 96

## E

EtherCAT..... 33

EtherNet/IP..... 33

## M

Modbus..... 33

## O

## Отключение

Определение..... 136

Точки для преобразователей частоты 380–500 В..... 38

Точки для преобразователей частоты 525–690 В..... 40

## P

PELV..... 18, 44, 103

POWERLINK..... 33

PROFIBUS..... 32, 132

PROFINET..... 32

## R

## RS485

Клеммы..... 85

Конфигурация проводки..... 124

Схема подключений..... 81

Шина стандарта FC..... 136

## S

## Safe Torque Off

Конфигурация проводки..... 121

Краткое описание..... 23

Расположение клемм..... 85

Руководство по проектированию..... 4

Соответствие директиве о машинном оборудовании.... 7

Схема подключений..... 81

STO..... 4

см. также *Safe Torque Off*

## V

VVC+..... 117, 119

## A

## ААД

Конфигурация проводки..... 120

Автоматическая адаптация двигателя..... 18

Автоматическая модуляция частоты коммутации..... 17

Автоматическая оптимизация энергопотребления..... 17

Автоматический выключатель..... 15, 87, 94

Автоматический режим..... 110

Активное задание..... 111

Акустический шум..... 95

Анализ рядов Фурье..... 106

## Аналоговый

Конфигурация проводки для задания скорости..... 121

Описания входов/выходов и настройки по умолчанию..... 86

Спецификации входа..... 44

Спецификации выхода..... 44

Асимметрия напряжения..... 16

## B

## Вентиляторы

с управлением по температуре..... 18

Требуемая интенсивность циркуляции воздуха..... 76

Версии ПО..... 133

Взрывоопасная атмосфера..... 74

Влажность..... 73

## Внешние размеры

E1h..... 47

E2h..... 53

E3h..... 59

E4h..... 66

Время нарастания..... 96

Время разрядки..... 5

## ВЧ-помехи

Использование переключателя с сетью IT..... 94

Расположение клемм для заделки экранов E3h..... 62

Расположение клемм для заделки экранов E4h..... 69

Фильтр..... 103

Выпрямитель..... 110

Высокое напряжение..... 5

Высота над уровнем моря..... 76

## Выход

Контактор..... 94, 105

Переключатель..... 16

Технические характеристики..... 44

Вычисления  
 THDi..... 106  
 Масштабированное задание..... 111  
 Отношение короткого замыкания..... 107  
 Программное обеспечение для расчета гармоник..... 109  
 Рабочий цикл резистора..... 90  
 Тормозной момент..... 92  
 Тормозной резистор..... 91

**Г**

Газы..... 74  
 Гальваническая развязка..... 18, 44, 103  
 Гармоники  
 Краткое описание..... 106  
 Определение коэффициента мощности..... 135  
 Подавление..... 108  
 Стандарты EN..... 107  
 Стандарты IEC..... 107  
 Фильтр..... 37

**Д**

Датчик..... 85  
 Датчик остаточного тока..... 93, 94  
 Двигатель  
 Ex-e..... 20, 35  
 Вращение..... 87  
 Изоляция..... 90  
 Кабели..... 82, 87, 93  
 Класс защиты..... 74  
 Конфигурация проводки для термистора..... 124  
 Обнаружение обрыва фазы..... 16  
 Обратная связь..... 119  
 Определение момента опрокидывания..... 135  
 Ослабление подшипниковых токов..... 90  
 Параллельное подключение..... 88  
 Паспортная табличка..... 20  
 Полный крутящий момент..... 21  
 Спецификации выхода..... 42  
 Схема подключений..... 81  
 Тепловая защита..... 19, 88  
 Ток утечки..... 93  
 Директива ErP..... 8  
 Директива о машинном оборудовании..... 8  
 Дистанционное задание..... 0 , 111  
 Дополнительная плата интерфейса Safe PLC..... 34  
 Дополнительная плата резолвера..... 34  
 Дополнительный вход датчика..... 35  
 Дополнительный модуль входов/выходов общего назначения)..... 34

**Ж**

Жилые районы..... 101

**З**

Задание  
 Активное задание..... 111  
 Ввод скорости..... 121  
 Дистанционное задание..... 0 , 111  
 Дистанционное формирование..... 111  
 Заземление..... 18, 93  
 Замкнутый контур..... 114, 116, 120  
 Запасные части..... 133  
 Защита корпуса..... 10  
 Защита  
 Асимметрия напряжения питания..... 16  
 Короткое замыкание..... 15  
 Перегрузка..... 16  
 Перегрузка по току..... 80  
 Перенапряжение..... 15  
 Степень защиты корпуса..... 13  
 Тепловая двигателя..... 19  
 Функция торможения..... 16  
 Защита от перегрузки по току..... 80  
 Знак EAC..... 8  
 Знак RCM..... 8

**И**

Излучаемые помехи..... 100  
 Изоляция..... 90  
 Импульсный вход  
 Конфигурация проводки для пуска/останова..... 122  
 Спецификации входа..... 44  
 Инвертор..... 110  
 Интеллектуальное логическое управление  
 Конфигурация проводки..... 0 , 125  
 Краткое описание..... 22  
 Источник питания 24 В пост. тока..... 85

**К**

Кабели  
 двигателей..... 87  
 Отверстие..... 47  
 Подключение электропитания..... 82  
 Прокладка..... 83  
 Технические характеристики..... 38, 43  
 Типы и номиналы кабелей..... 80  
 Тормоз..... 83  
 Экранирование..... 82  
 Экранированные..... 104  
 Квалифицированный персонал..... 5  
 Кинетический резерв..... 21  
 Класс защиты корпуса NEMA..... 10  
 Класс энергоэффективности..... 43

Клеммы		Мониторинг взрывоопасных сред (ATEX).....	19, 74
RS485.....	85	Монтаж	
Аналоговый выход/выход.....	86	Квалифицированный персонал.....	5
Клемма 37.....	85	Требования.....	75
реле.....	86	Электрический.....	80
Описания элементов управления и настройки по умолчанию.....	84	Монтаж на большой высоте над уровнем моря.....	104
Последовательная связь.....	85	Мощность	
Разделение нагрузки.....	83	Коэффициент.....	135
Тормозной резистор.....	83	Номинальные значения.....	12, 38
Цифровой вход/выход.....	85	Подключения.....	82
Клеммы управления.....	84	Потери.....	38
Код типа.....	128	<b>Н</b>	
Компенсация скольжения.....	136	Низковольтная	
Комплекты.....	37	Коммунальная электросеть.....	100
Конденсация.....	73	Низковольтное оборудование	
Кондуктивные помехи.....	100	Директива.....	7
Контроллер.....	36	Номенклатура и коды для оформления заказа.....	128
Контроллер движения (опция).....	35	<b>О</b>	
Контроллер позиционирования.....	36	Обогреватель	
Контроллер синхронизации.....	36	Использование.....	73
Конфигурации монтажа.....	75	Схема подключений.....	81
Конфигурация проводки для аналогового задания скорости.....	121	Обратная связь	
Конфигурация проводки для внешнего сброса аварийной сигнализации.....	123	Обработка.....	113
Конфигурация проводки для пуска/останова.....	121, 122	Преобразование.....	114
Короткое замыкание		Сигнал.....	116
Защита от короткого замыкания.....	15	Общая точка нескольких присоединений.....	106
Номинал SCCR.....	86	Окружающая среда.....	43, 73
Определение.....	136	Опции	
Расчет коэффициента.....	107	Наличие корпуса.....	13
Торможение.....	24, 92	Номенклатура и коды для оформления заказа... ..	130, 132
КПД		Периферийная шина.....	32
Вычисление.....	95	Релейные платы.....	35
Использование ААД.....	18	Управление перемещением.....	35
Технические характеристики.....	38	Функциональные расширения.....	34
Формула КПД преобразователя частоты.....	134	Охлаждение	
Крутящий момент		Обзор охлаждения в тыльном канале.....	30
Конфигурация проводки для крутящего момента и предела останова.....	126	Предупреждение о пыли.....	74
Управление.....	116	Требования.....	75
Характеристика.....	42	Охлаждение с помощью вентиляционного канала.....	75
<b>М</b>		Охлаждение через тыльный канал.....	30, 75
Маркировка CE.....	7	<b>П</b>	
Масштабированное задание.....	111	Панель заглушек.....	48
Механический тормоз		Панель уплотнений.....	47
Использование управления с разомкнутым контуром.....	25	Перегрев.....	136
Конфигурация проводки.....	125	Перегрузка	
Управление с использованием замкнутого контура.....	26	Предельные значения.....	16
Модуляция.....	17, 134, 135	Проблемы с гармониками.....	106
Момент опрокидывания.....	135	Электронная тепловая перегрузка.....	19
		Перезапуск.....	21

Переключатели		Разделение нагрузки	
A53 и A54.....	44, 86	Защита от короткого замыкания.....	15
Расцепитель.....	86	Клеммы.....	29, 83
Перенапряжение		Краткое описание.....	28
Альтернативная функция торможения.....	93	Предупреждение.....	5
Защита.....	15	Схема подключений.....	81
Торможение.....	37	Размеры	
Периодическая формовка.....	73	Внешние E2h.....	53
Периферийная шина.....	32, 84	Внешние E3.....	59
ПИД-регулятор.....	19, 113, 117	Внешние E4h.....	66
Плата расширения релейных выходов.....	36	Внешние размеры E1h.....	47
Плата термистора PTC.....	35	Клеммы E2.....	57
Плата управления		Клеммы E3h.....	63
Технические характеристики.....	46	Клеммы E4h.....	70
Характеристики RS485.....	45	Обзор серий продукции.....	13
Подавление резонанса.....	18	клемм корпуса E1h.....	51
Подхват вращающегося двигателя.....	16, 18, 21	Размеры клемм	
Подъем.....	25, 73	E1h.....	51
см. также <i>Подъемное оборудование</i>		E2h.....	57
Подъемное оборудование.....	25, 26	E3h.....	63
Пользовательский ввод.....	110	E4h.....	70
Последовательная связь.....	85	Разомкнутый контур.....	114, 115
Потенциометр.....	86, 123	Разрешение CSA/cUL.....	8
Правила экспортного контроля.....	9	Расцепитель.....	86
Предохранители		Регулирование магнитного потока	
Для использования с силовыми подключениями.....	82	Структура управления в режиме регулирования	
Защита от перегрузки по току.....	80	магнитного потока без датчика.....	118
Рекомендованные для сетевого питания.....	15	Структура управления по магнитному потоку с	
Технические характеристики.....	86	обратной связью от двигателя.....	119
Предпусковой нагрев.....	21	Резистивное торможение.....	23
Предупреждения.....	5, 80	Рекуперация	
Преобразователь частоты		Клеммы.....	51
Габариты серий.....	13	Краткое описание.....	30
Конфигуратор.....	128	Наличие.....	13
Номинальная мощность.....	13	Реле	
Требования к зазорам.....	75	Дополнительная плата расширения релейных выходов.	
Провода.....	80	.....	36
см. также <i>Кабели</i>		Дополнительный модуль.....	34
Производственные среды.....	101	Клеммы.....	86
Пропуск частоты.....	21	Монтаж с учетом требований ADN.....	6
Пространство для открытия дверей.....	47	Плата.....	35
		Технические характеристики.....	45
<b>Р</b>		Ротор.....	17
Работа на низкой скорости.....	76	Руководство по программированию.....	4
Рабочий цикл		Руководство по эксплуатации.....	4
Вычисление.....	90	Ручной режим.....	110
Определение.....	135	<b>С</b>	
Радиатор		Сброс аварийной сигнализации.....	123
Панель доступа.....	49	Сертификат TUV.....	8
Требуемая интенсивность циркуляции воздуха.....	76	Сертификат UKrSEPRO.....	8
Чистка.....	74	Сертификация для применения на море.....	8
Радиочастотные помехи.....	18	Сеть IT.....	94

Сеть питания		Торможение	
Колебания.....	18	Динамическое торможение.....	23
Пропадание напряжения.....	21	Использование в качестве альтернативной функции торможения.....	93
Технические характеристики.....	42	Конфигурация проводки для механического тормоза.....	125
Характеристики источника питания.....	42	Механический удерживающий тормоз.....	25
Экран.....	6	Предельные значения.....	92
Синусоидный фильтр.....	37, 82	Статическое торможение.....	25
Скорость		Таблица способности.....	91
Конфигурация проводки для задания скорости.....	123	Управление с помощью функции торможения.....	92
Конфигурация проводки для повышения/понижения скорости.....	123	Электромагнитный тормоз.....	25
Обратная связь от ПИД-регулятора.....	116	Электромеханический тормоз.....	126
Управление.....	116	Торможение переменным током.....	23
Скрутки.....	103	Торможение постоянным током.....	23
Снижение номинальных характеристик.....	17, 43, 75, 76	Тормозной резистор	
Сокращения.....	135	Выбор.....	90
Соответствие		Клеммы.....	83
ADN.....	6	Краткое описание.....	37
Директивы.....	7	Номенклатура и коды для оформления заказа.....	133
Соответствие UL		Определение.....	135
Знак листинга.....	8	Руководство по проектированию.....	4
Класс защиты корпуса.....	10	Схема подключений.....	81
Спецификации входа.....	43	Формула номинальной мощности.....	134
Степень защиты IP.....	10	Трансформатор.....	106
Схема подключений.....	81	Требования к помехоустойчивости.....	102
		Требования по излучению.....	101
<b>Т</b>		<b>У</b>	
Температура.....	74, 78	Управление	
Термистор		Описание работы.....	110
Конфигурация проводки.....	124	Структуры.....	114
Определение.....	136	Типы.....	116
Прокладка кабелей.....	83	Характеристики.....	46
Расположение клемм.....	86	Управление технологическим процессом.....	116
Техника безопасности		Условия окружающей среды	
Инструкции.....	5, 80	Краткое описание.....	73
Опции.....	35	Технические характеристики.....	43
Техобслуживание.....	74	Условные обозначения.....	4
Ток		<b>Ф</b>	
Внутренний регулятор тока.....	119	Фильтр синфазных помех.....	37
Искажение.....	107	Фильтры	
Номинальный выходной ток.....	134	Номенклатура и коды для оформления заказа.....	133
Ослабление помех двигателя.....	90	Синусоидный фильтр.....	37, 82
Основной ток.....	106	Фильтр dU/dt.....	37
Переходные токи на землю.....	94	Фильтр ВЧ-помех.....	103
гармоник.....	106	Фильтр гармоник.....	37
утечки.....	93	Фильтр синфазных помех.....	37
Формула предела по току.....	134	Формула	
Ток утечки.....	6, 93	Выходной ток.....	134
		КПД преобразователя частоты.....	134
		Номинальная мощность тормозного резистора.....	134
		Предел по току.....	134

## Х

Характеристики USB.....	46
Хранение.....	73
Хранение конденсаторов.....	73

## Ц

Циркуляция воздуха	
Интенсивность.....	76
Конфигурации.....	30
Цифровой	
Описания входов/выходов и настройки по умолчанию.....	85
Спецификации входа.....	43
Спецификации выхода.....	45

## Ч

Частота коммутации	
Использование с RCD.....	94
Подключение электропитания.....	82
Синусоидный фильтр.....	37, 82
Снижение номинальных характеристик.....	17, 78

## Ш

Шина постоянного тока	
Клеммы.....	83
Описание работы.....	110

## Э

Экранирование	
Кабели.....	82
Клемма экрана ВЧ-помех.....	62
Сеть питания.....	6
Скрученные концы.....	103
Электромагнитные помехи.....	18
Электромеханический тормоз.....	126
Электронная тепловая перегрузка.....	19
Электронное тепловое реле (ЭТР).....	80
ЭМС	
Директива.....	7
Монтаж.....	105
Общие вопросы.....	99
Помехи.....	104
Результаты испытаний.....	100
Совместимость.....	103
Энкодер	
VLT® Encoder Input MCB 102.....	34
Конфигурация.....	126
Определение.....	136
Определение направления вращения энкодера.....	126

## Я

Языковые пакеты.....	128
----------------------	-----







.....  
Компания «Данфосс» не несет ответственности за возможные опечатки в каталогах, брошюрах и других видах печатных материалов. Компания «Данфосс» 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. «Данфосс» и логотип «Данфосс» являются товарными знаками компании «Данфосс A/O». Все права защищены.  
.....

Danfoss A/S  
Ulstaes 1  
DK-6300 Graasten  
vlt-drives.danfoss.com

