



Руководство по проектированию VLT[®] HVAC Drive FC 102

355–800 кВт, размер корпуса E



Оглавление

1 Введение	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
2 Техника безопасности	5
2.1 Символы безопасности	5
2.2 Квалифицированный персонал	5
2.3 Меры предосторожности	5
3 Разрешения и сертификаты	7
3.1 Соответствие нормам и стандартам	7
3.2 Классы защиты корпусов	9
4 Описание изделия	11
4.1 Типоразмер корпуса по номинальной мощности	11
4.2 Обзор корпусов, 380–480 В	12
4.3 Обзор корпусов, 525–690 В	13
5 Особенности изделия	14
5.1 Автоматические рабочие функции	14
5.2 Функции для пользовательских применений	17
5.3 Специальные возможности VLT® HVAC Drive	22
5.4 Базовый каскад-контроллер	34
5.5 Описание динамического торможения	35
5.6 Описание разделения нагрузки	36
5.7 Описание функции рекуперации	37
5.8 Обзор охлаждения в тыльном канале	38
6 Дополнительные устройства и принадлежности	40
6.1 Устройства периферийной шины	40
6.2 Функциональные расширения	42
6.3 Платы управления перемещением и релейные платы	42
6.4 Тормозные резисторы	43
6.5 Синусоидные фильтры	43
6.6 Фильтры dU/dt	43
6.7 Фильтры синфазных помех	43
6.8 Фильтры гармоник	43
6.9 Комплекты большой мощности	43

7 Технические характеристики	44
7.1 Электрические характеристики, 380–480 В	44
7.2 Электрические характеристики, 525–690 В	46
7.3 Питание от сети	48
7.4 Выходная мощность и другие характеристики двигателя	48
7.5 Условия окружающей среды	48
7.6 Технические характеристики кабелей	49
7.7 Вход/выход и характеристики цепи управления	49
8 Внешние размеры и размеры клемм	53
8.1 Внешние размеры и размеры клемм корпуса E1h	53
8.2 Внешние размеры и размеры клемм корпуса E2h	59
8.3 Внешние размеры и размеры клемм корпуса E3h	65
8.4 Внешние размеры и размеры клемм корпуса E4h	72
9 Вопросы механического монтажа	79
9.1 Хранение	79
9.2 Поднятие устройства	79
9.3 Рабочая среда	79
9.4 Конфигурации монтажа	81
9.5 Охлаждение	81
9.6 Снижение номинальных характеристик	82
10 Вопросы электрического монтажа	85
10.1 Инструкции по технике безопасности	85
10.2 Схема проводки в E1h–E4h	86
10.3 Подключения	87
10.4 Проводка и клеммы элементов управления	88
10.5 Предохранители и автоматические выключатели	91
10.6 Двигатель	92
10.7 Торможение	95
10.8 Датчики остаточного тока (RCD) и контроль сопротивления изоляции (IRM)	98
10.9 Ток утечки	98
10.10 Сеть IT	99
10.11 КПД	100
10.12 Акустический шум	100
10.13 Условия du/dt	101
10.14 Обзор требований электромагнитной совместимости (ЭМС)	103
10.15 Монтаж с учетом требований ЭМС	108
10.16 Общие сведения о гармониках	111

11 Основные принципы работы преобразователя частоты	114
11.1 Описание работы	114
11.2 Средства управления преобразователем частоты	114
12 Примеры применения	124
12.1 Конфигурации проводки для автоматической адаптации двигателя (ААД)	124
12.2 Конфигурация проводки для аналогового задания скорости	124
12.3 Конфигурация проводки для пуска/останова	125
12.4 Конфигурация проводки для внешнего сброса аварийной сигнализации	126
12.5 Конфигурация проводки для задания скорости с помощью ручного потенциометра	127
12.6 Конфигурация проводки для повышения/понижения скорости	127
12.7 Конфигурация проводки для подключения сети RS485	127
12.8 Конфигурация проводки для термистора двигателя	128
12.9 Конфигурация проводки для каскад-контролера	129
12.10 Конфигурация проводки для настройки реле с помощью интеллектуального логического управления	130
12.11 Конфигурация проводки для насосов с фиксированной и переменной скоростью	130
12.12 Конфигурация проводки для чередования ведущего насоса	131
13 Заказ преобразователя частоты	132
13.1 Конфигуратор привода	132
13.2 Номера для заказа дополнительных устройств и принадлежностей	134
13.3 Номера для заказа фильтров и тормозных резисторов	136
13.4 Запасные части	136
14 Приложение	137
14.1 Сокращения и символы	137
14.2 Определения	138
Алфавитный указатель	140

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 функции VLT® Safe Torque Off* описан порядок эксплуатации преобразователей частоты Danfoss в применениях, требующих обеспечения функциональной безопасности. Это руководство поставляется с преобразователем частоты, если функция STO присутствует.
- В *Руководстве по проектированию тормозного резистора VLT® MCE 101* описано, как выбрать оптимальный тормозной резистор.
- Некоторая информация в этих публикациях может отличаться в зависимости от подключенного дополнительного оборудования. 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/.

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
MG16Z1xx	Первый выпуск	4.44

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.

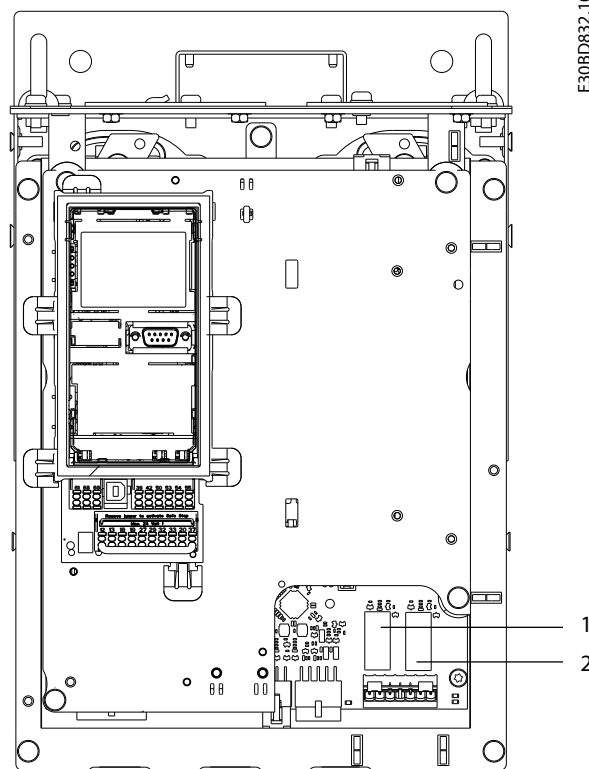
УВЕДОМЛЕНИЕ**ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ СРЕДСТВО ЭКРАНИРОВАНИЯ ПОДКЛЮЧЕНИЙ СЕТЕВОГО ПИТАНИЯ**

Для корпусов со степенью защиты IP21/IP 54 (Туре 1/ Туре 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 ¹⁾	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 предназначению.

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 предназначению. 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® HVAC Drive 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, легко съемных 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 ¹⁾	л. с. ¹⁾	Корпуса в наличии
355	500	E1h/E3h
400	600	E1h/E3h
450	600	E1h/E3h
500	650	E2h/E4h
560	750	E2h/E4h

Таблица 4.1 Номинальная мощность корпусов, 380–480 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 ¹⁾	л. с. ¹⁾	Корпуса в наличии
450	450	E1h/E3h
500	500	E1h/E3h
560	600	E1h/E3h
630	650	E1h/E3h
710	750	E2h/E4h
800	950	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, 380–480 В

4

Размер корпуса	E1h	E2h	E3h	E4h
Номинальная мощность ¹⁾				
Выходная мощность при 400 В (кВт)	355–460	500–560	355–460	500–560
Выходная мощность при 460 В (л. с.)	500–600	650–750	500–600	650–750
Класс защиты				
IP	IP21/54	IP21/54	IP20 ²⁾	IP20 ²⁾
Тип UL	Тип 1/12	Тип 1/12	Шасси	Шасси
Аппаратные опции³⁾				
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)	-	-	-	-
Размеры				
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, 380–480 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

Размер корпуса	E1h	E2h	E3h	E4h
Номинальная мощность ¹⁾				
Выходная мощность при 690 В (кВт)	450–630	710–800	450–630	710–800
Выходная мощность при 575 В (л. с.)	450–650	750–950	450–650	750–950
Класс защиты				
IP	IP21/54	IP21/54	IP20 ²⁾	IP20 ²⁾
Тип UL	Тип 1/12	Тип 1/12	Шасси	Шасси
Аппаратные опции³⁾				
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)	–	–	–	–
Размеры				
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 это, 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⁺ и регулирования магнитного потока в разомкнутом или замкнутом контуре (Flux OL и Flux CL).

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⁺ 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 380–480 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 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 к ЭМС для преобразователей частоты, изложенных в стандарте 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 Klíxon) 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.

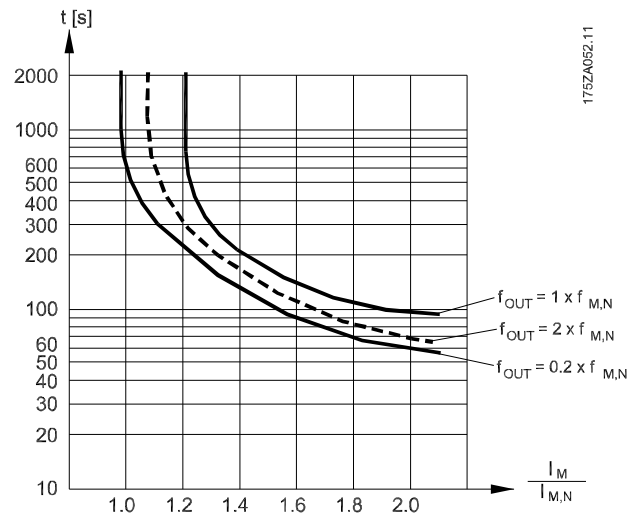


Рисунок 5.1 Характеристики ЭТР

По оси X показано соотношение между $I_{двиг.}$ и номинальным значением $I_{двиг.}$. 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-е, используемых в зонах АТЕХ, имеется специальная версия ЭТР. Эта функция позволяет задать определенную кривую для защиты двигателя Ex-е. Инструкции по настройке см. в *руководстве по проектированию*.

5.2.4 Тепловая защита для двигателей Ex-е

Для работы с двигателями Ex-е 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-е 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-е

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

УВЕДОМЛЕНИЕ

Установите преобразователь частоты за пределами опасной зоны.

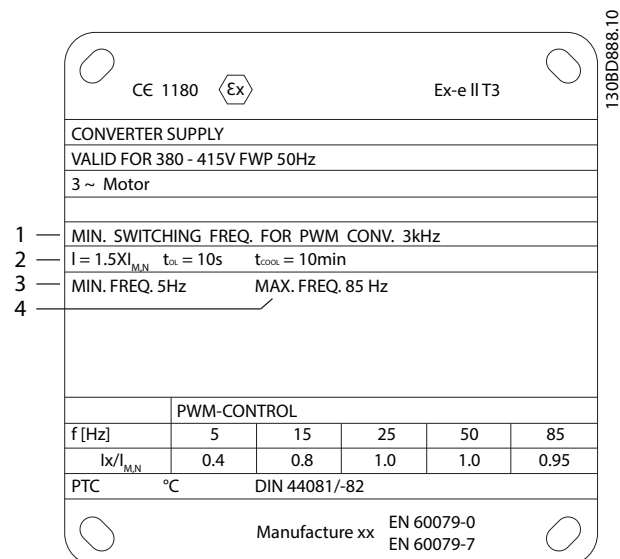
- Убедитесь, что двигатель Ex-е оснащен сертифицированным по АТЕХ устройством защиты двигателя от перегрузки. Это устройство контролирует температуру в обмотках двигателя. При наличии критического уровня температуры или в случае неисправности устройство отключает двигатель.
 - Плата VLT® PTC Thermistor MCB 112 обеспечивает контроль температуры двигателя в соответствии с требованиями АТЕХ. 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 АТЕХ.
- 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 обозначением 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. Типичное 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

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*.

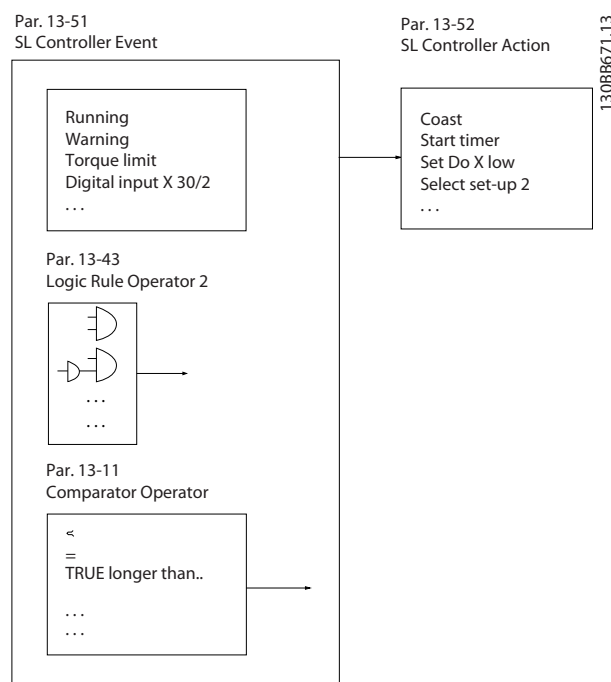


Рисунок 5.3 Событие и действие SLC

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.

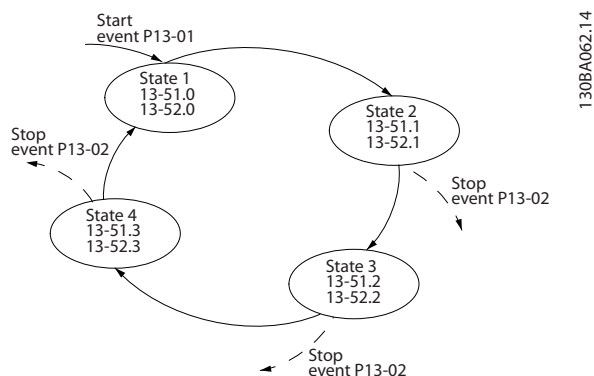


Рисунок 5.4 Порядок выполнения, если запрограммировано 4 события/действия

1308A062.14

5.2.12 Safe Torque Off

Функция Safe Torque Off (STO) может использоваться для аварийного останова преобразователя частоты. Функция STO может использоваться преобразователем частоты 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 документе *Руководство 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.

Компараторы

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

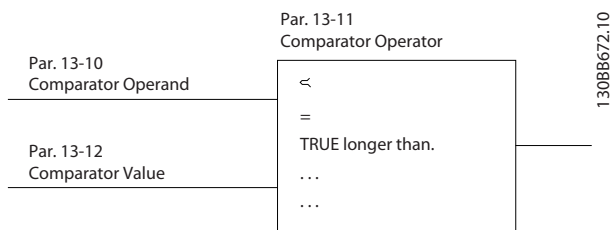


Рисунок 5.5 Компараторы

1308B672.10

5.3 Специальные возможности VLT® HVAC Drive

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.

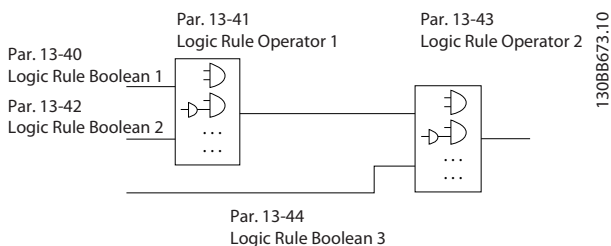


Рисунок 5.6 Логические соотношения

1308B673.10

Преимущество использования преобразователя частоты заключается в том, что центробежные вентиляторы и насосы регулируются с учетом законов пропорциональности. Для получения более подробной информации см. *глава 5.3.1 Использование преобразователя частоты для энергосбережения*.

5.3.1 Использование преобразователя частоты для энергосбережения

Явное преимущество использования преобразователей частоты для управления скоростью вентиляторов или насосов заключается в достигаемом сбережении электроэнергии. По сравнению с другими системами и технологиями управления, преобразователь частоты является энергетически оптимальной системой управления вентиляторами и насосами.

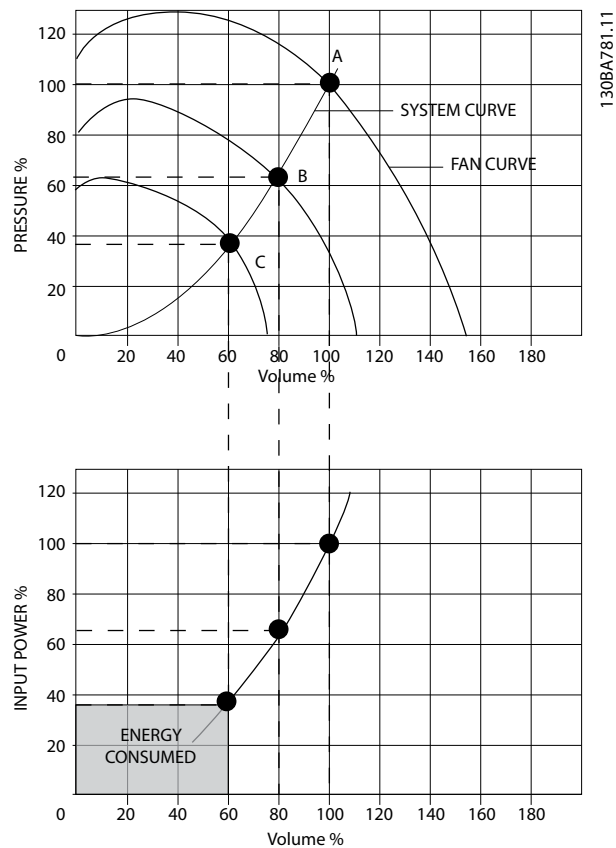


Рисунок 5.7 Экономия электроэнергии при пониженной мощности вентилятора

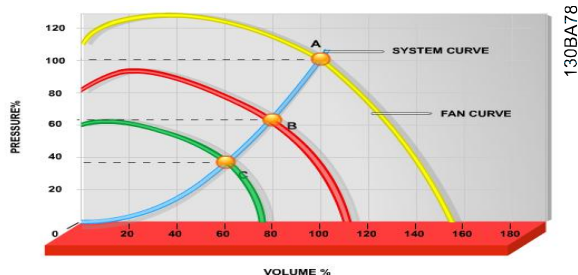


Рисунок 5.8 Кривые вентиляторов в случае их уменьшенной производительности.

Пример энергосбережения

Как следует из Рисунок 5.9, расход регулируется путем изменения числа оборотов.. При уменьшении скорости расход уменьшается также на 20 %. Расход прямо пропорционален числу оборотов. В то же время, потребление электроэнергии снижается на 50 %.

Если система работает при 100%-ом расходе лишь в течение нескольких дней в году, а в остальное время

расход составляет менее 80 %, количество сэкономленной электроэнергии даже превышает 50 %.

На Рисунок 5.9 показана зависимость расхода, давления и энергопотребления от числа оборотов.

Q = расход	P = мощность
Q ₁ = номинальный расход	P ₁ = номинальная мощность
Q ₂ = пониженный расход	P ₂ = пониженная мощность
H = давление	n = регулирование скорости
H ₁ = номинальное давление	n ₁ = номинальная скорость вращения
H ₂ = пониженное давление	n ₂ = пониженная скорость вращения

Таблица 5.1 Законы пропорциональности

Расход: $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}$
 Давление: $\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2$
 Мощность: $\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$

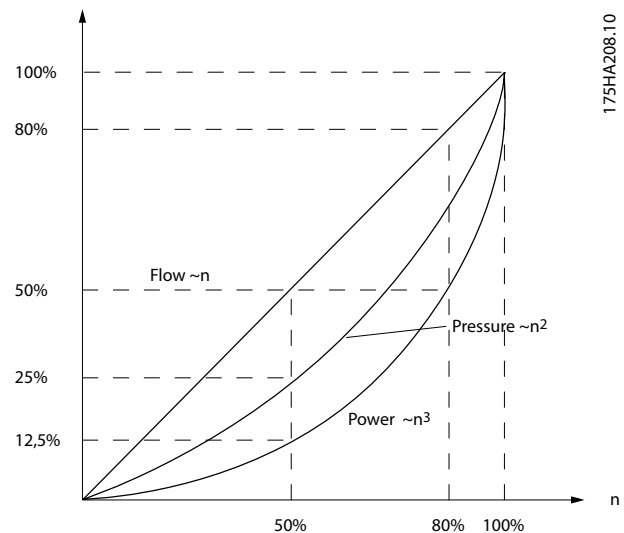
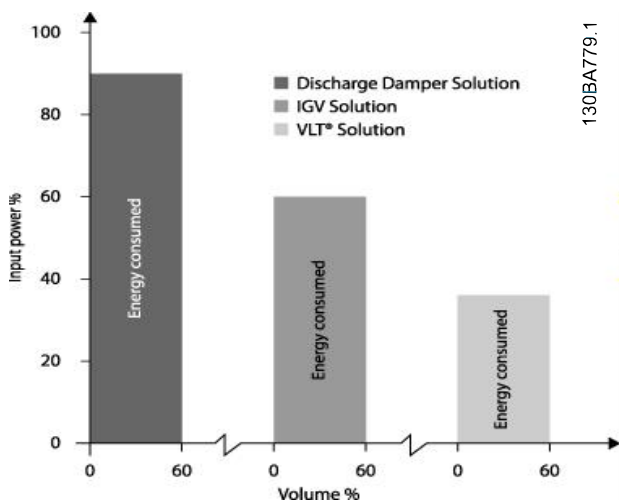


Рисунок 5.9 Законы пропорциональности

Сравнение показателей энергосбережения

Решение с использованием преобразователей частоты от компании Danfoss обеспечивает существенное энергосбережение по сравнению с традиционными решениями по энергосбережению. Преобразователь частоты способен управлять скоростью вентилятора в зависимости от термической нагрузки на систему и функционирует в качестве системы управления зданием (BMS).

На схеме (Рисунок 5.10) показаны типичные показатели энергосбережения, которых можно достичь с помощью трех широко известных решений; рассматривается случай, когда нагрузка на вентилятор уменьшается до 60 %. Как показано на графике, в типичных условиях применения можно достичь более 50 % энергосбережения.

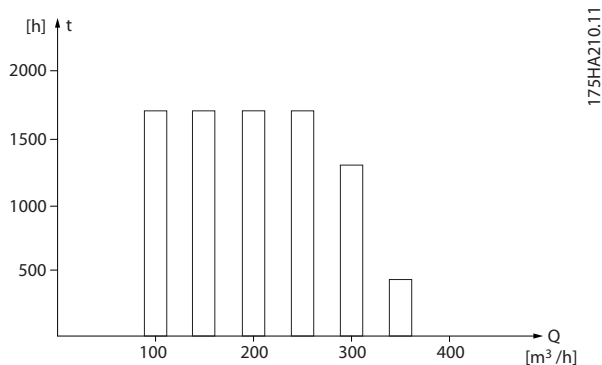


Выходные заслонки уменьшают потребление электроэнергии. Входные лопатки обеспечивают сокращение потребления электроэнергии на 40 %, но их установка стоит дорого. Решение с использованием преобразователей частоты от компании Danfoss позволяет сократить потребление электроэнергии более чем на 50 %. К тому же его легко устанавливать.

Пример расхода, изменяющегося в течение 1 года

Графики на Рисунок 5.11 построены на основании характеристик насоса, полученных из листа технических данных насоса. Полученные кривые показывают, что при данном распределении расхода годовая экономия превышает 50 %. Срок окупаемости зависит от стоимости одного киловатт-часа и стоимости преобразователя частоты. В этом примере срок окупаемости составляет менее года, если сравнивать с вариантом, использующим клапаны и постоянную скорость.

Рисунок 5.10 Три широко известных системы энергосбережения



$P_{вал}$ = выходная мощность на валу

Рисунок 5.11 Распределение расхода в течение 1 года

м³/ч	Распределение		Регулирование с помощью клапана		Управление преобразователем частоты	
	%	Часы	Мощность	Потребление	Мощность	Потребление
			A ₁ -B ₁	кВт·ч	A ₁ -C ₁	кВт·ч
350	5	438	42,5	18615	42,5	18615
300	15	1314	38,5	50589	29,0	38106
250	20	1752	35,0	61320	18,5	32412
200	20	1752	31,5	55188	11,5	20148
150	20	1752	28,0	49056	6,5	11388
100	20	1752	23,0	40296	3,5	6132
Σ	100	8760	-	275064	-	26801

Таблица 5.2 Расчет показателей энергосбережения

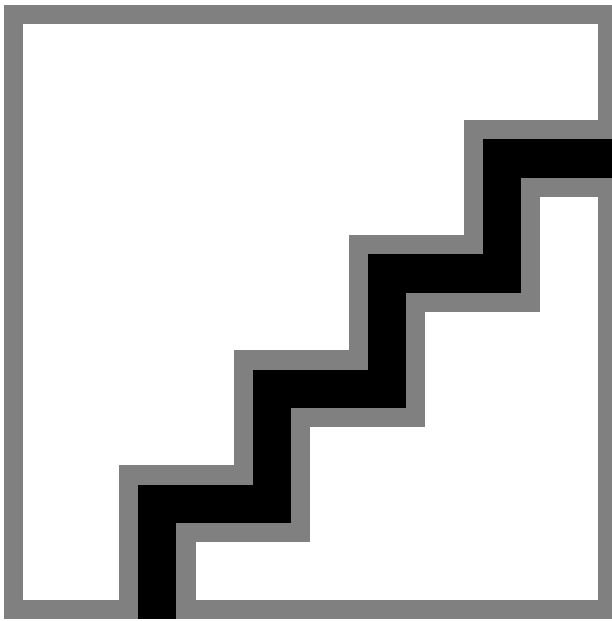
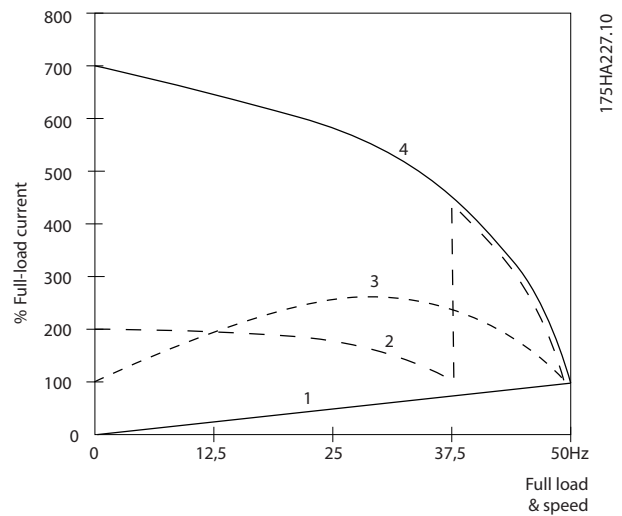


Рисунок 5.12 Энергосбережение в насосных системах



1 = VLT® HVAC Drive
2 = пускатель типа «звезда/треугольник»
3 = устройство плавного пуска
4 = пуск непосредственно от сети

Рисунок 5.13 Потребление тока преобразователем частоты

5.3.2 Использование преобразователя частоты для улучшения управления

Если для регулирования расхода или давления в системе используется преобразователь частоты, достигается более высокое качество управления. Преобразователь частоты может изменять скорость вращения вентилятора или насоса, обеспечивая плавное регулирование расхода и давления посредством встроенного ПИД-регулятора. Кроме того, преобразователь частоты способен быстро адаптировать скорость вращения вентилятора или насоса к новым значениям расхода или давления в системе.

Компенсация $\cos \phi$

Обычно VLT® HVAC Drive имеет $\cos \phi$, равный 1, и обеспечивает компенсацию коэффициента мощности для $\cos \phi$ двигателя, и поэтому при определении коэффициента коррекции мощности нет необходимости делать поправку на $\cos \phi$ двигателя.

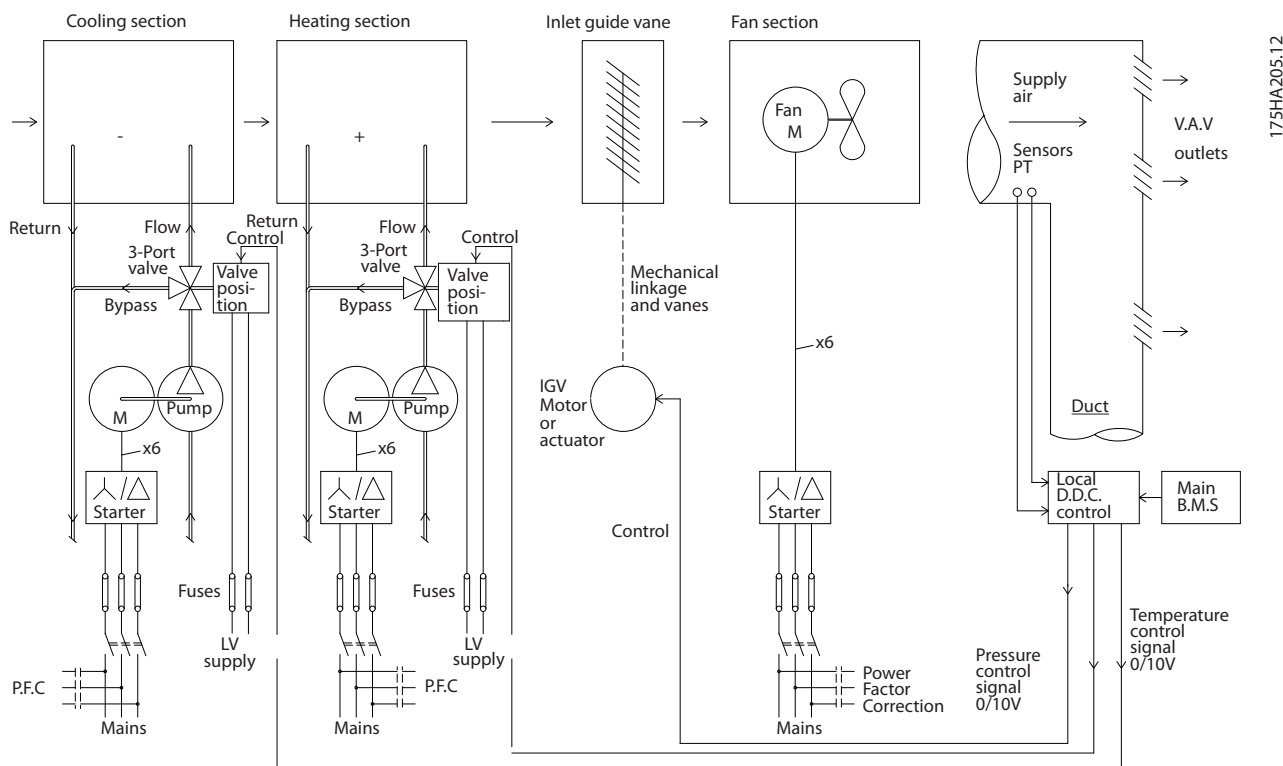
Пускатель типа «звезда/треугольник» или устройство плавного пуска не требуется

Для пуска мощных двигателей во многих странах используются устройства ограничения пускового тока. В более традиционных системах пускатели с переключением обмоток двигателя со звезды на треугольник или устройства плавного пуска широко используются. При наличии преобразователя частоты такие пускатели не требуются. Как показано на Рисунок 5.13, преобразователь частоты не потребляет ток, превышающий номинальный.

5.3.3 Использование преобразователя частоты помогает сэкономить деньги

При использовании преобразователя частоты становится ненужным большое количество оборудования. Обе системы, показанные на *Рисунок 5.14* и *Рисунок 5.15*, имеют приблизительно одинаковую стоимость.

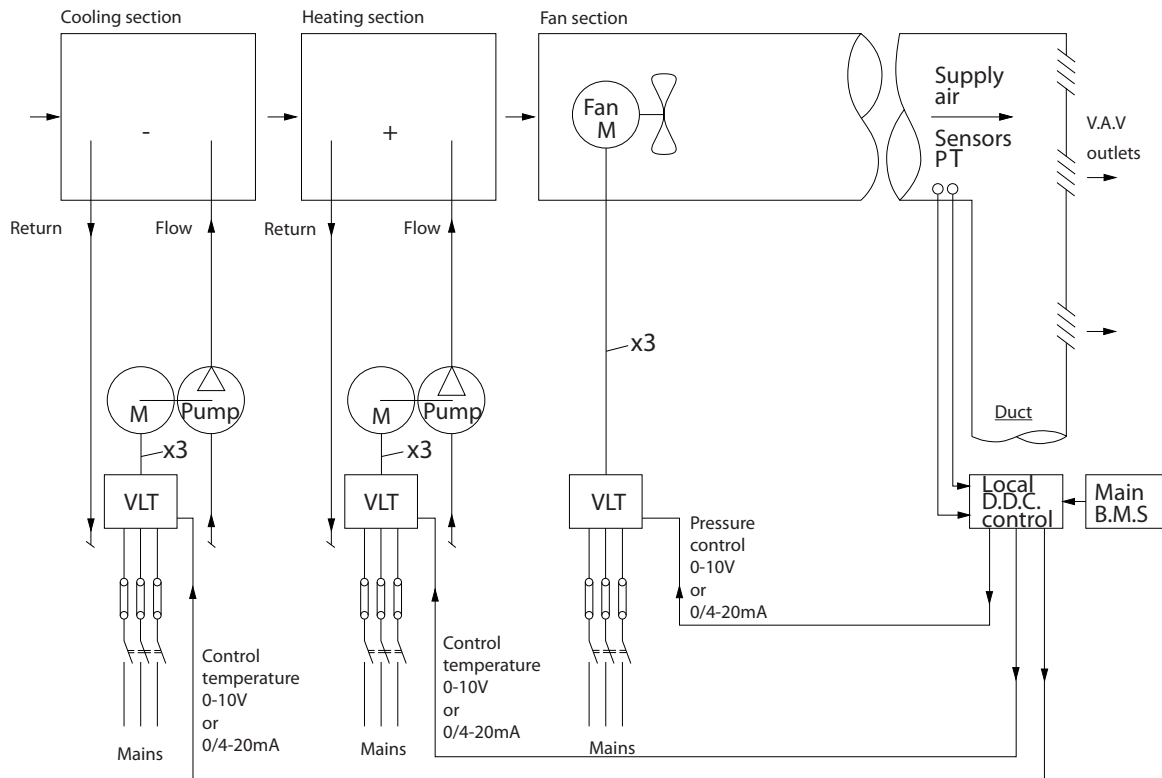
Стоимость без преобразователя частоты



DDC	Прямое цифровое управление
VAV	Переменный объем воздуха
Датчик P	Давление
EMS	Система управления потреблением энергии
Датчик T	Температура

Рисунок 5.14 Традиционная система вентиляции

Стоимость с преобразователем частоты



175HA206.11

5

DDC	Прямое цифровое управление
VAV	Переменный объем воздуха
BMS	Система управления зданием

Рисунок 5.15 Система вентиляторов, управляемая преобразователями частоты

5.3.4 Решения HVAC VLT®

5.3.4.1 Переменный объем воздуха

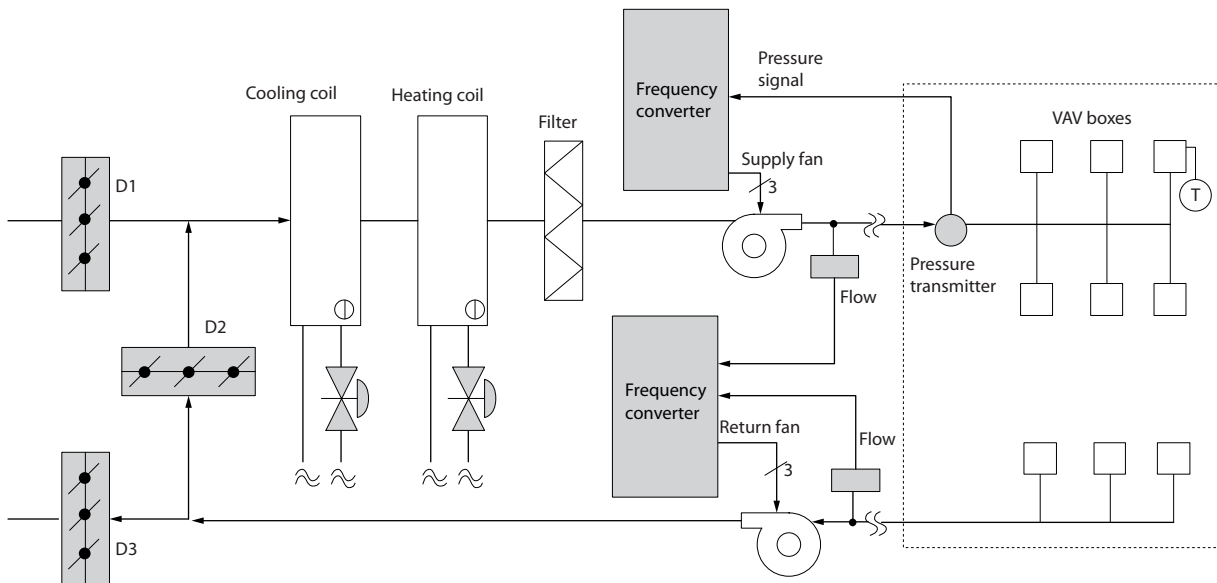
Системы VAV (системы с переменным объемом воздуха) используются как для управления вентиляцией, так и для регулирования температуры в соответствии с потребностями здания. Централизованные системы VAV считаются наиболее энергоэффективными системами кондиционирования воздуха зданий. Централизованные системы более эффективны, чем распределенные.

Эффективность достигается за счет использования более мощных вентиляторов и охладителей, которые имеют более высокий КПД, чем маломощные электродвигатели и распределенные охладители с воздушным охлаждением. Снижение требований к техническому обслуживанию также способствует экономии.

Решение VLT®

Хотя заслонки и входные направляющие устройства (IGV) поддерживают постоянное давление в системе воздуховодов, применение преобразователя частоты экономит гораздо больше энергии и упрощает всю установку. Вместо того, чтобы создавать искусственное падение давления или снижать КПД вентилятора, для обеспечения необходимого расхода и давления в системе преобразователь частоты уменьшает скорость вращения вентилятора. При снижении скорости вращения центробежных устройств, таких как вентиляторы, создаваемые ими давление и расход уменьшаются. Это существенно уменьшает их энергопотребление.

Вытяжной вентилятор часто управляется таким образом, чтобы поддерживать постоянную разность поступающего и рециркуляционного потоков воздуха. Для исключения потребности в дополнительных регуляторах можно использовать усовершенствованный ПИД-регулятор преобразователя частоты HVAC.



130BB455.10

Рисунок 5.16 Использование преобразователей в системах с переменным объемом воздуха

Запросите у поставщика оборудования Danfoss документ *Переменный объем воздуха: усовершенствование систем вентиляции с переменным объемом воздуха (VAV)*, примечание по применению.

5.3.4.2 Постоянный объем воздуха

Системы с постоянным объемом воздуха (CAV) — это централизованные системы вентиляции, используемые для подачи в большие общие зоны минимального количества свежего кондиционированного воздуха. Они предшествовали системам VAV и встречаются в более старых многозонных коммерческих зданиях. Эти системы подогревают свежий воздух с помощью блоков очистки воздуха (AHU), имеющих контуры подогрева. Многие из них применяются также в кондиционировании зданий и имеют контуры охлаждения. Чтобы обеспечить выполнение требований по обогреву и охлаждению в отдельных зонах, часто дополнительно используются вентиляторные доводчики.

Решение VLT®

При установке преобразователя частоты можно получить значительную экономию энергии путем обеспечения надлежащего регулирования параметров воздуха в здании. Для подачи сигналов обратной связи в преобразователи частоты могут использоваться датчики температуры и датчики CO₂. Независимо от того, что контролируется — температура, качество воздуха или оба этих параметра, — работой системы CAV можно управлять исходя из фактических условий в здании. С уменьшением количества людей в контролируемой зоне потребность в свежем воздухе снижается. Датчик CO₂ обнаруживает понижение уровня углекислого газа и уменьшает скорость вращения приточных вентиляторов. Вытяжной вентилятор обеспечивает поддержание статического давления на уровне уставки или постоянство разности между поступающим и уходящим потоками воздуха.

Для управления температурой требуется учитывать внешнюю температуру и количество людей в управляемой зоне. Когда температура падает ниже установленного значения, приточный вентилятор может уменьшить свою скорость вращения. Вытяжной вентилятор обеспечивает поддержание статического давления на уровне уставки. При уменьшении расхода воздуха уменьшается и энергия, используемая для подогрева или охлаждения свежего воздуха, что также способствует энергосбережению.

Благодаря некоторым особенностям специализированного преобразователя частоты Danfoss HVAC можно улучшить эксплуатационные характеристики системы CAV. Одной из проблем при управлении системой вентиляции является низкое качество воздуха. Можно запрограммировать минимальную частоту таким образом, чтобы сохранять минимальное количество подаваемого воздуха вне зависимости от сигнала обратной связи или сигнала задания. Преобразователь частоты также содержит 3-зонный ПИД-регулятор с 3 уставками, позволяющий контролировать и температуру, и качество воздуха. Даже если требования по температуре удовлетворяются, преобразователь частоты будет подавать достаточно воздуха для удовлетворения требований, определяемых датчиком качества воздуха.

Регулятор способен контролировать и сравнивать два сигнала обратной связи, чтобы управлять вытяжным вентилятором путем поддержания постоянной разности потоков воздуха в приточном и вытяжном воздуховодах.

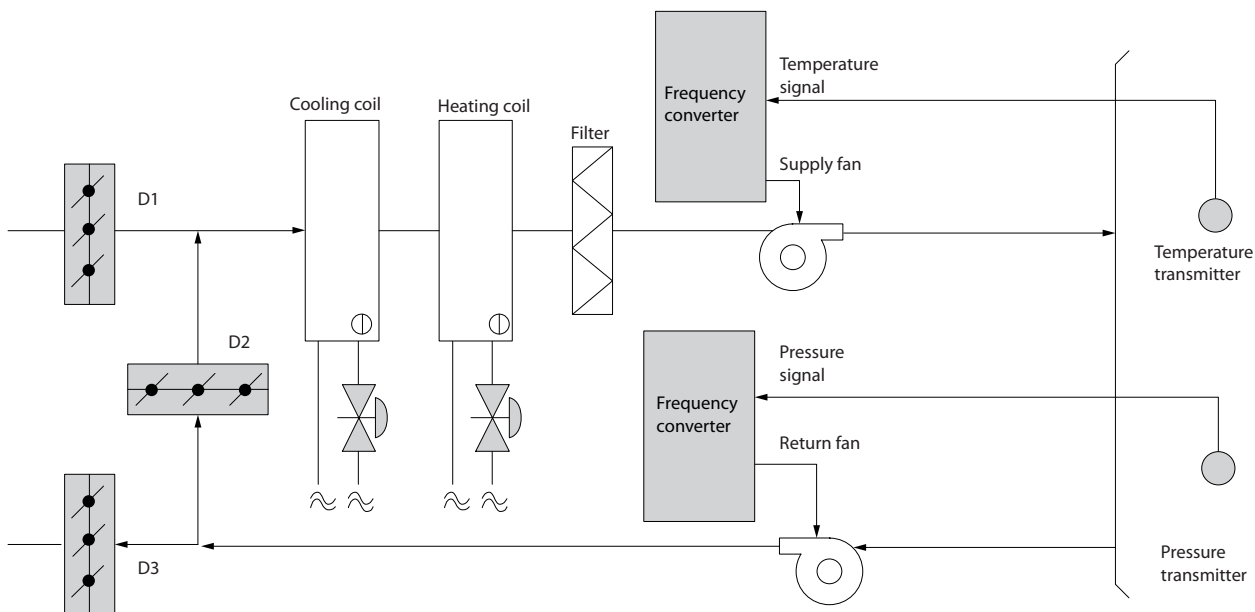


Рисунок 5.17 Использование преобразователя частоты в системе с постоянным объемом воздуха

Запросите у поставщика оборудования Danfoss документ *Постоянный объем воздуха: усовершенствование систем вентиляции с постоянным объемом воздуха (CAV)*, примечание по применению.

5.3.4.3 Вентилятор градирни

Для охлаждения конденсаторной воды в охлаждающих системах с водяным охлаждением могут использоваться вентиляторы градирни. Охлаждающие системы с водяным охлаждением — это наиболее эффективные средства для получения охлажденной воды. Они на 20 % эффективнее охлаждающих систем с воздушным охлаждением. В зависимости от климата, градирни часто оказываются наиболее экономичным средством охлаждения конденсаторной воды, поступающей из охлаждающих систем.

В градирнях конденсаторная вода охлаждается за счет испарения. Конденсаторная вода разбрызгивается в градирне на ее наполнитель, что увеличивает площадь поверхности испарения. Вентилятор градирни продувает воздух через наполнитель и разбрызгиваемую воду, способствуя испарению. Испарение отбирает энергию из воды, понижая ее температуру. Охлажденная вода собирается в резервуаре градирни, откуда снова перекачивается в конденсаторы охлаждающих систем, и цикл повторяется.

Решение VLT®

С помощью преобразователя частоты можно регулировать скорость вращения вентиляторов градирни для поддержания температуры охлаждающей воды в конденсаторе. Преобразователи частоты можно также использовать для включения и выключения вентилятора по мере необходимости. При использовании Danfoss VLT® AQUA Drive падение скорости вращения вентиляторов градирни ниже определенного предела приводит к падению эффективности охлаждения. При использовании с преобразователем частоты вентилятора, снабженного коробкой скоростей, может потребоваться указать минимальную скорость на уровне 40–50 %. Даже если обратная связь или задание скорости требуют более низких скоростей, заказчик может запрограммировать минимальную частоту, ниже уровня которой опуститься нельзя.

Преобразователь частоты может быть запрограммирован на переход в режим ожидания или останов вентилятора до того момента, когда потребуется более высокая скорость. Иногда вентиляторы градирни имеют нежелательные частоты, на которых возможна вибрация. Эти частоты легко исключаются путем программирования в преобразователе частоты пропускаемых диапазонов частот.

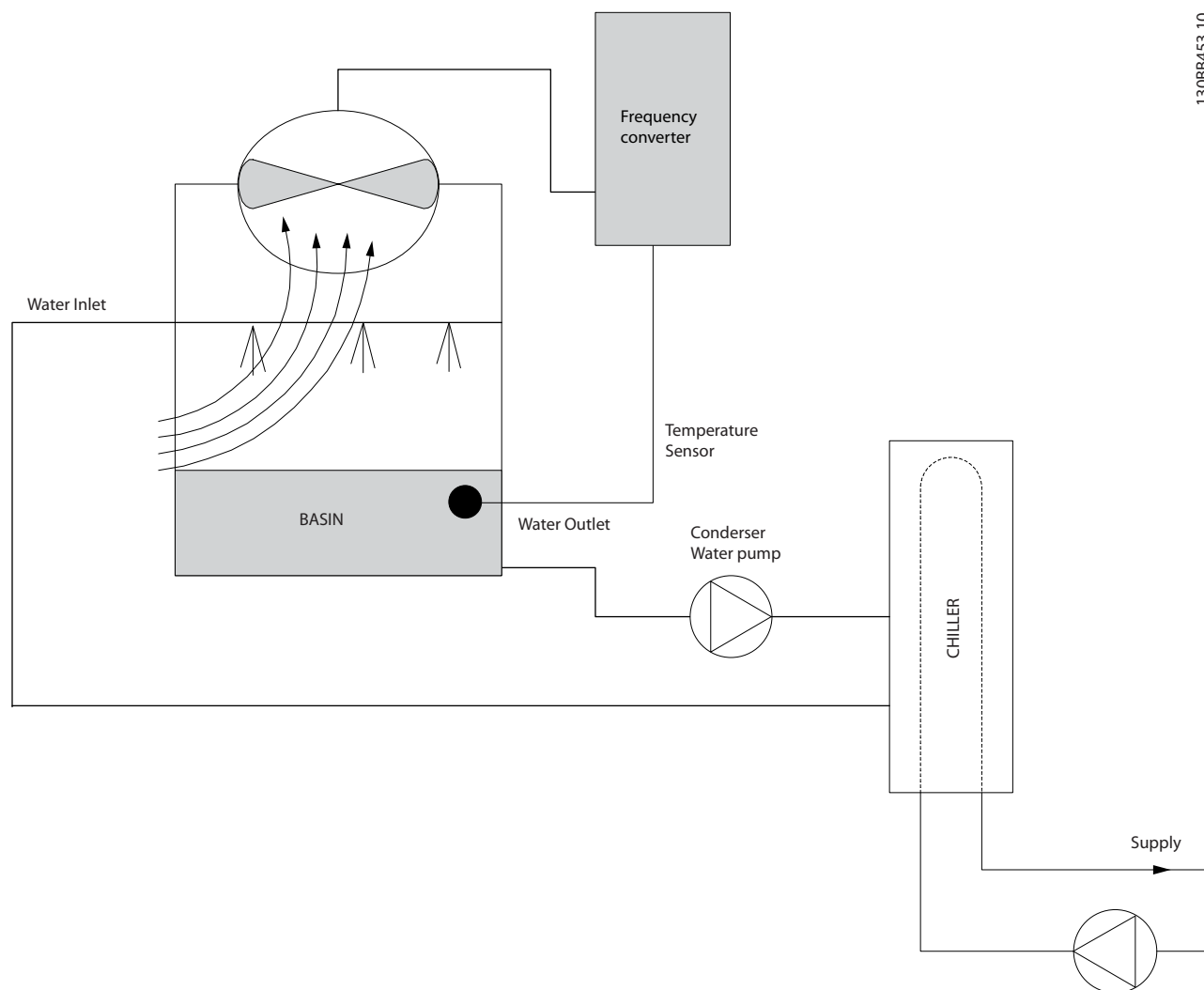


Рисунок 5.18 Использование преобразователя частоты с вентилятором градирни

Запросите у поставщика оборудования Danfoss документ *Вентилятор градирни: усовершенствование управления вентиляторами на градирнях*, примечание по применению.

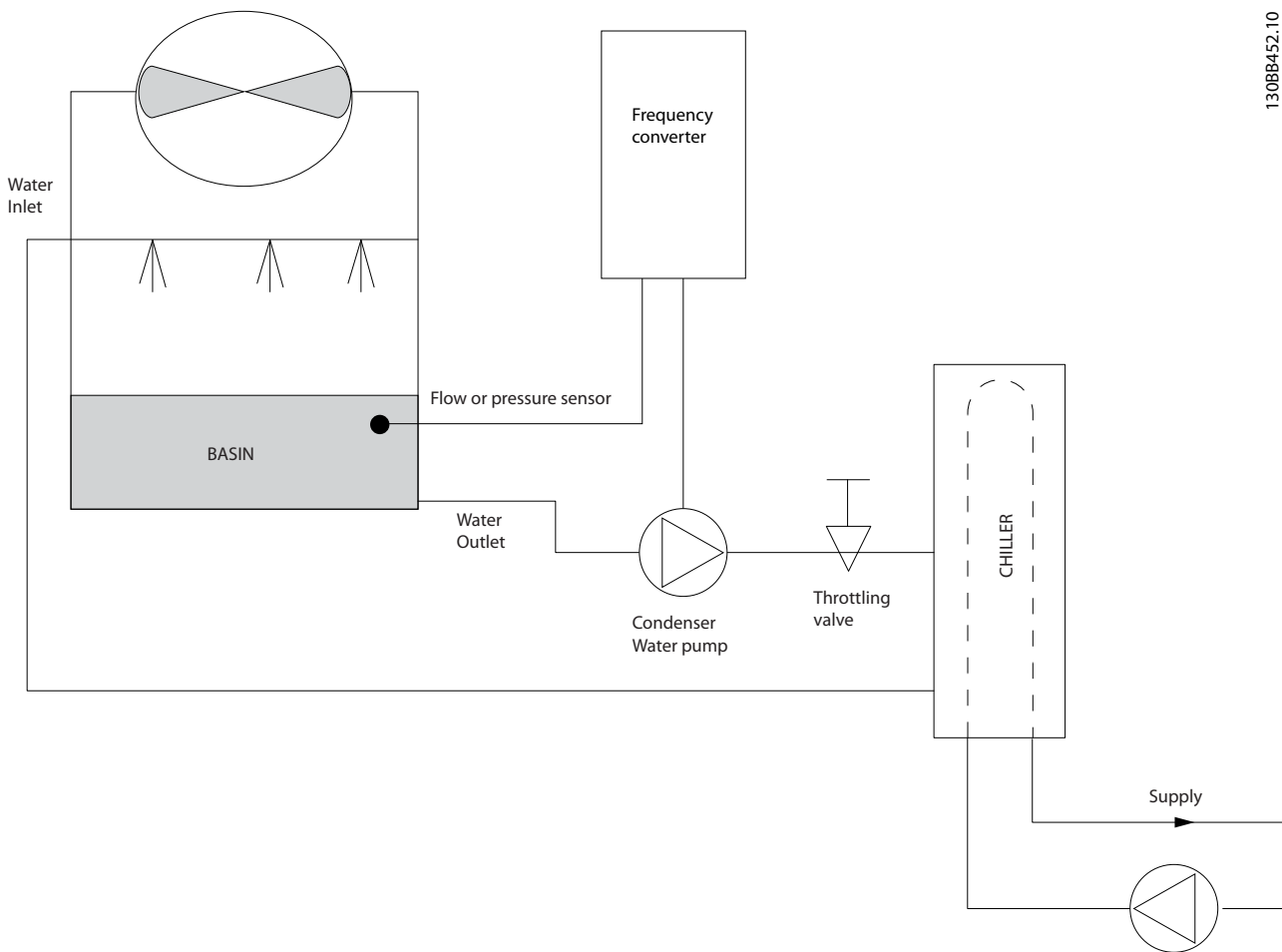
5.3.4.4 Насосы конденсаторов

Насосы конденсаторной воды используются главным образом для обеспечения циркуляции воды через конденсаторную секцию охладителей с водяным охлаждением и связанную с ними градирню. Конденсаторная вода отбирает тепло из конденсаторной секции и выпускает его в атмосферу в градирне. Такие системы — это наиболее эффективные средства для получения охлажденной воды. Они на 20 % эффективнее охлаждающих систем с воздушным охлаждением.

Решение VLT®

Преобразователи частоты можно использовать с насосами конденсаторной воды; это позволит избежать необходимости балансировки насосов с помощью дроссельного клапана или подгонки крыльчатки насоса.

Использование преобразователя частоты вместо дроссельного клапана по существу экономит энергию, которая была бы поглощена клапаном. Эта экономия может достигать 15–20 % и более. Подгонка крыльчатки насоса необратима. Если условия изменяются и требуется более высокий расход, крыльчатку приходится менять.



130BB452.10

5

Рисунок 5.19 Использование преобразователя частоты с насосом конденсатора

Запросите у поставщика оборудования Danfoss документ *Насосы конденсаторов: усовершенствование насосных контуров конденсаторной воды*, примечание по применению.

5.3.4.5 Первичные насосы

В первично-вторичных насосных системах первичные насосы могут поддерживать постоянный поток через устройства, на эксплуатацию и управление которыми неблагоприятно влияет переменный расход. Метод первичной/вторичной перекачки отделяет первичный, технологический контур от вторичного, распределительного контура. Такое отделение позволяет таким устройствам, как охладители, иметь постоянный расчетный расход и нормально работать при изменении потока в остальной части системы. Когда скорость потока (расход) в испарителе охладителя снижается, вода начинает переохлаждаться. По мере переохлаждения охладитель стремится уменьшить охлаждающую способность. Если расход падает достаточно сильно или слишком быстро, охладитель не может в полной мере сбросить свою нагрузку, и защита от низкой температуры испарителя отключает охладитель, при этом требуется ручной сброс. Такая ситуация обычна для больших установок, не имеющих первично-вторичных насосных систем, особенно если установки содержат 2 и более охладителя, работающих параллельно.

Решение VLT®

В первичную систему можно добавить преобразователь частоты, чтобы заменить использование дроссельного клапана и/или подгонку крыльчаток и сократить эксплуатационные расходы. Распространены два способа управления:

- Расходомер, установленный на выходе каждого охладителя, позволит управлять насосом напрямую, поскольку требуемый расход известен и постоянен. При использовании ПИД-регулятора преобразователь частоты будет всегда поддерживать надлежащий расход, даже компенсируя при необходимости

изменяющееся сопротивление первичного трубопроводного контура, когда охладители и их насосы включаются и выключаются.

- Оператор может локально менять скорость, уменьшая выходную частоту до достижения расчетного расхода. Использование преобразователя частоты для уменьшения скорости насоса похоже по действию на подгонку крыльчатки насоса, но является более эффективным. Балансировочный контактор просто уменьшает скорость насоса до тех пор, пока не будет достигнут надлежащий расход, после чего скорость остается неизменной. Насос работает на этой скорости при каждом включении охладителя. Поскольку первичный контур не имеет управляющих клапанов или иных устройств, которые могли бы вызвать изменение характеристики системы, а рассогласование из-за включения и выключения насосов и охладителей невелико, эта фиксированная скорость остается соответствующей требованиям. Если в будущем потребуются увеличить расход, можно просто увеличить скорость вращения насоса с помощью преобразователя частоты, а не приобретать новую крыльчатку насоса.

5

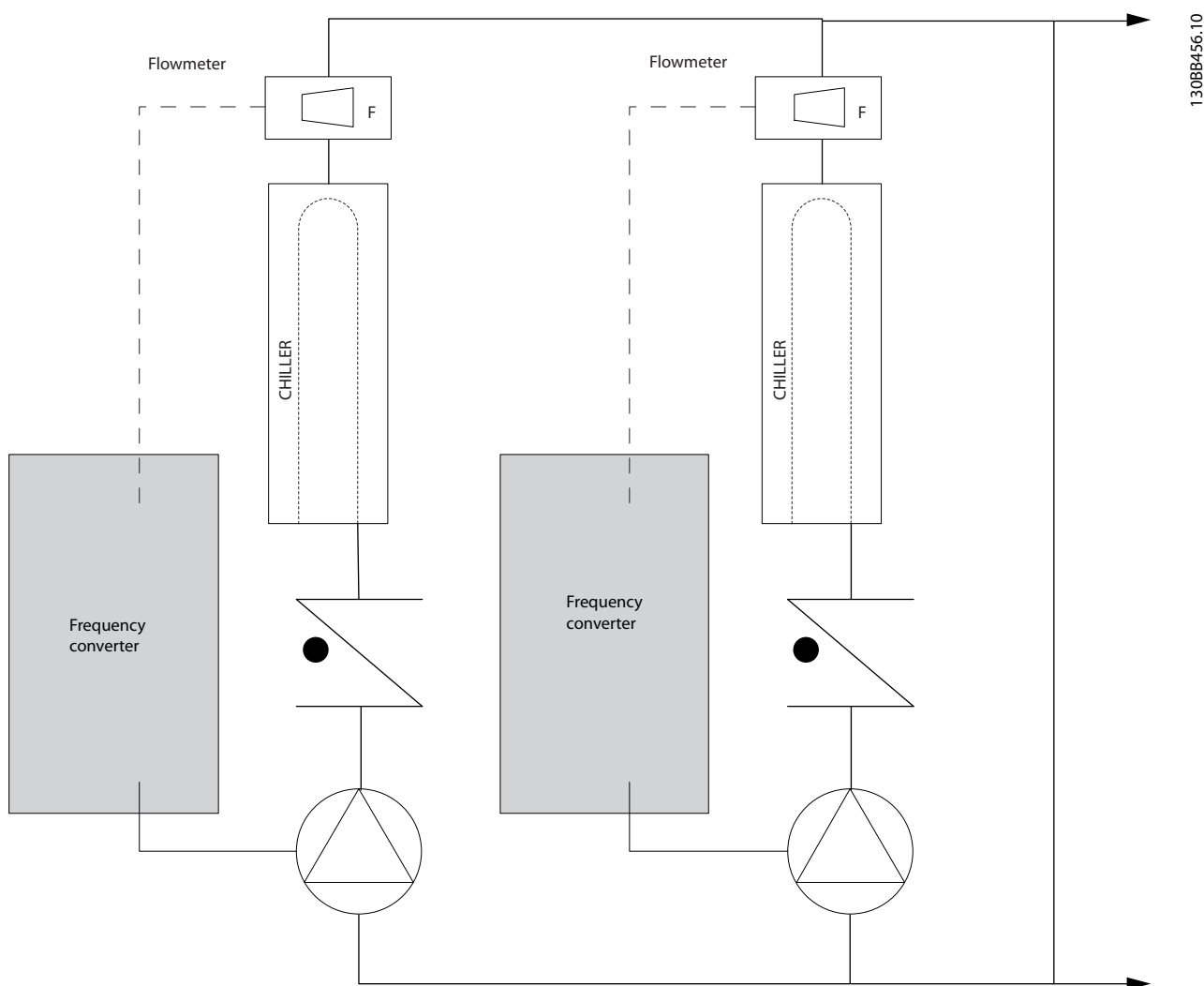


Рисунок 5.20 Использование преобразователей частоты с первичными насосами в первично-вторичных насосных системах

Запросите у поставщика оборудования Danfoss документ *Первичные насосы: усовершенствование первичной перекачки в первично-вторичных насосных системах*, примечание по применению.

5.3.4.6 Вторичные насосы

Вторичные насосы в первично-вторичной насосной системе охлажденной воды используются для распределения охлажденной воды из первичного технологического контура к нагрузкам. Первично-вторичная насосная система используется для отделения одного трубопроводного контура от другого гидравлически. В этом случае первичный насос поддерживает постоянный поток через охладители, в то время как вторичные насосы изменяют величину потока и обеспечивают лучшее управление и экономию энергии.

Если технология первичного/вторичного контуров не используется, и система имеет конструкцию с переменным объемом, то при достаточно сильном или слишком быстром уменьшении расхода охладитель не способен надлежащим образом сбросить свою нагрузку. Защита от низкой температуры испарителя отключает охладитель, после чего требуется ручной сброс. Такая ситуация обычна для больших установок, особенно если установки содержат два и более охладителей, работающих параллельно.

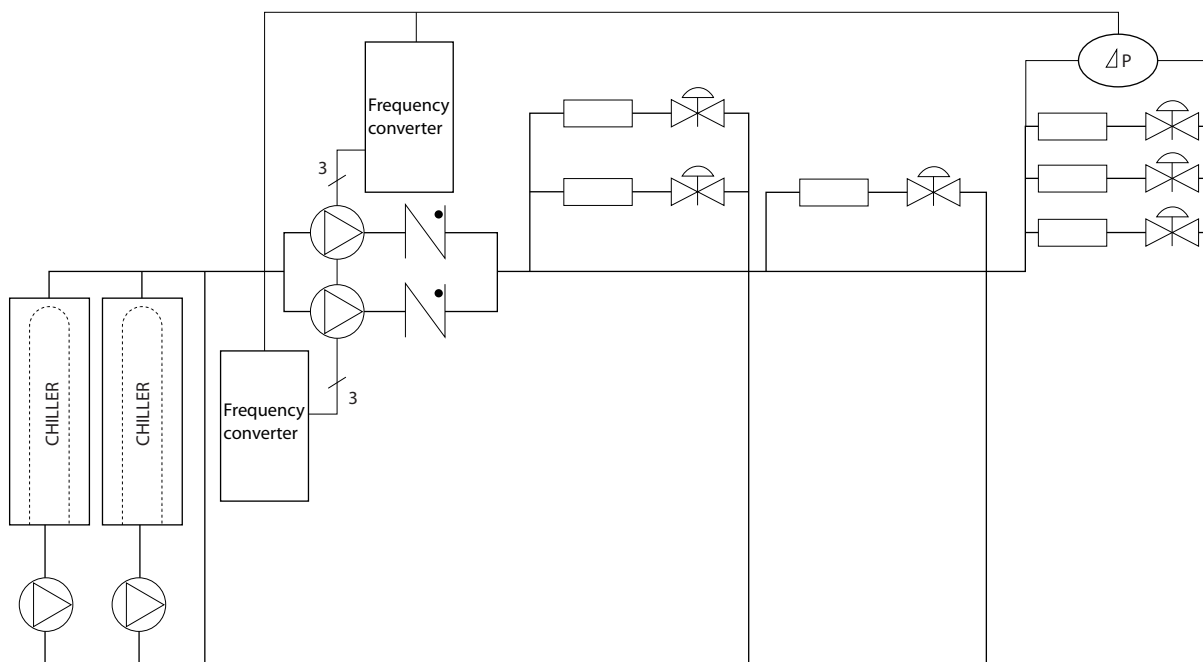
Решение VLT®

Хотя первично-вторичная система с 2-ходовыми клапанами улучшает энергосбережение и облегчает управление системой, использование преобразователей частоты еще больше увеличивает экономию энергии и улучшает возможности управления. При правильном расположении датчика добавление преобразователей частоты позволяет изменять скорость насосов таким образом, чтобы следовать характеристике системы, а не характеристике насоса. Это исключает потери энергии и устраняет большую часть избыточного давления, которому могут подвергаться 2-ходовые клапаны.

При достижении отслеживаемых нагрузок 2-ходовые клапаны закрываются, что увеличивает перепад давления, измеряемый на нагрузке и 2-ходовом клапане. Когда перепад давления начинает расти, вращение насоса замедляется, чтобы сохранить контрольный напор, называемый также уставкой. Эта уставка вычисляется путем суммирования падения давления на нагрузке и на 2-ходовом клапане в расчетных условиях.

УВЕДОМЛЕНИЕ

При параллельной работе нескольких насосов максимальное энергосбережение достигается, когда они вращаются с одинаковой скоростью, как при работе от индивидуальных преобразователей частоты, так и от одного преобразователя частоты, управляющего несколькими параллельными насосами.



130BB454.10

Рисунок 5.21 Использование преобразователей частоты с вторичными насосами в первично-вторичных насосных системах

Запросите у поставщика оборудования Danfoss документ *Вторичные насосы: усовершенствование вторичной перекачки в первично-вторичных насосных системах*, примечание по применению.

5.4 Базовый каскад-контроллер

Базовый каскад-контроллер используется в насосных установках, от которых требуется поддержание определенного давления (напора) или уровня в широком динамическом диапазоне. Работа большого насоса с переменной скоростью вращения в широком диапазоне не является идеальным решением ввиду низкого КПД на пониженной скорости. На практике, пределом является 25 % от номинальной скорости при полной нагрузке насоса.

В базовом каскадном контроллере преобразователь частоты управляет двигателем переменной скорости (ведущим) как насосом переменной скорости и может создать каскад с участием еще двух насосов постоянной скорости, включая и выключая их. Подключите дополнительные насосы с постоянной скоростью непосредственно к сети электропитания либо через устройства плавного пуска. Управление переменной скоростью всей системы производится путем изменения скорости вращения первоначального насоса. Переменная скорость позволяет сохранить постоянное давление, уменьшая тем самым механические напряжения в системе и обеспечивая плавную работу насосной системы.

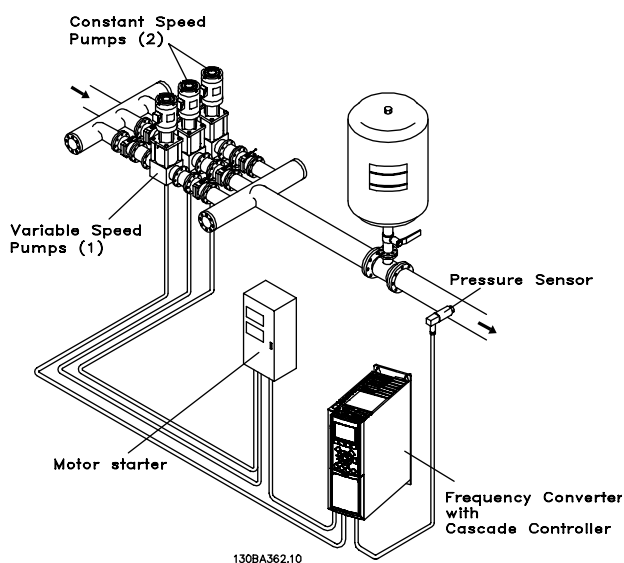


Рисунок 5.22 Базовый каскад-контроллер

Ведущий насос с постоянной скоростью

Двигатели должны быть одинакового типоразмера. Базовый каскад-контроллер позволяет преобразователю частоты управлять насосами одинакового типоразмера (в количестве до трех) с помощью двух реле, встроенных в преобразователь частоты. Если насос переменной скорости (ведущий) подключен непосредственно к преобразователю частоты, 2 других насоса управляются двумя встроенными реле. Когда включено чередование ведущего насоса, насосы

подключаются к встроенным реле и преобразователь частоты может работать с двумя насосами.

Чередование ведущего насоса

Двигатели должны быть одинакового типоразмера. Эта функция позволяет осуществлять циклическое переключение привода между насосами в системе (не более 2 насосов). В таком режиме время работы распределяется между насосами более равномерно, что сокращает техническое обслуживание и увеличивает надежность и срок службы системы. Чередование ведущего насоса может происходить по командному сигналу или при каскадировании (добавлении другого насоса).

Командой может служить ручное чередование или сигнал события чередования. Если выбирается событие чередования, чередование ведущего насоса может происходить при появлении каждого события. Доступны следующие варианты:

- по истечении времени таймера чередования;
- в заданное время суток;
- при переходе ведущего насоса в режим ожидания.

Включение определяется фактической нагрузкой системы.

Отдельный параметр ограничивает чередование только в том случае, если требуемая общая производительность превышает 50 %. Общая производительность насоса определяется как сумма производительностей ведущего насоса и насосов с фиксированной скоростью.

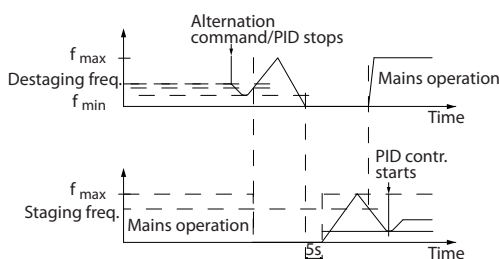
Управление полосами

В системах каскадного управления, чтобы избежать частого переключения насосов, имеющих фиксированную скорость, нужное давление системы обычно поддерживается в некоторой полосе (интервале), а не на постоянном уровне. Необходимая полоса для работы обеспечивается полосой каскадирования. Когда происходит сильное и быстрое изменение давления в системе, полоса блокирования блокирует полосу каскадирования, предотвращая немедленную реакцию на кратковременное изменение давления. Можно запрограммировать таймер полосы блокирования на предотвращение включения до тех пор, пока не стабилизируется давление в системе и не установится нормальное регулирование.

Когда каскад-контроллер включен и преобразователь частоты выдает аварийный сигнал отключения, напор в системе поддерживается путем включения и выключения насосов с фиксированной скоростью. Чтобы предотвратить частое включение и выключение и свести к минимуму колебания давления, вместо полосы включения/выключения используется более широкая полоса фиксированной скорости.

5.4.1.1 Каскадирование насосов с чередованием ведущего насоса

При разрешенном чередовании ведущего насоса осуществляется управление не более чем двумя насосами. По команде чередования ПИД-регулятор останавливается, ведущий насос разгоняется до минимальной частоты ($f_{\text{мин.}}$) и, после некоторой задержки, до максимальной частоты ($f_{\text{макс.}}$). Когда скорость ведущего насоса достигает частоты выключения, насос с фиксированной скоростью выключается (выводится из каскада). Ведущий насос продолжает разгоняться, а затем замедляется до остановки, и оба реле размыкаются.



130BA364.10

Рисунок 5.23 Чередование ведущего насоса

После некоторой задержки реле насоса с фиксированной скоростью включается, и этот насос становится ведущим. Новый ведущий насос разгоняется до максимальной скорости, а затем замедляется до минимальной скорости. При замедлении и достижении частоты каскадирования прежний ведущий насос подключается к питающей сети в качестве нового насоса с фиксированной скоростью.

Если ведущий насос уже работает при минимальной частоте ($f_{\text{мин.}}$) в течение запрограммированного промежутка времени вместе с насосом, имеющим фиксированную скорость, этот ведущий насос не оказывает большого влияния на систему. Когда запрограммированное время таймера истекает, ведущий насос выводится из каскада, что позволяет избежать проблем, связанных с нагревом воды.

5.4.1.2 Состояние и работа системы

Если ведущий насос переходит в режим ожидания, это отображается на LCP. Ведущий насос можно чередовать и в режиме ожидания.

Когда каскад-контроллер включен, рабочее состояние каждого насоса и каскад-контроллера отображается на LCP. Отображается следующая информация:

- Состояние насосов — путем считывания состояния реле, соответствующих каждому насосу. Дисплей показывает насосы, которые запрещены, отключены, работают от

преобразователя частоты или работают от сети/пускателя двигателя.

- Состояние каскада — путем считывания состояния каскад-контроллера. На дисплее отображаются следующие состояния:
 - каскад-контроллер отключен;
 - все насосы отключены;
 - все насосы аварийно остановлены;
 - все насосы работают;
 - насосы с фиксированной скоростью включены/выключены;
 - выполняется чередование ведущего насоса;
- В отсутствие потока все насосы с фиксированной скоростью выключаются по отдельности до прекращения состояния отсутствия потока.

5.5 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

5.6 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

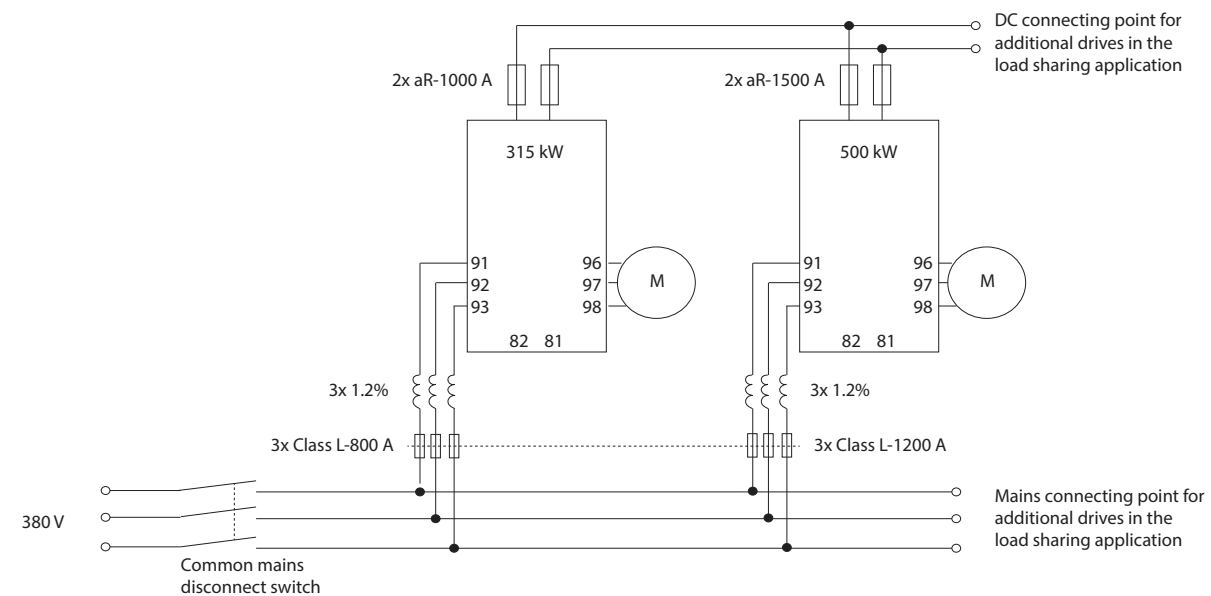
В случае сбоя в сети все связанные преобразователи частоты могут питаться через цепь постоянного тока из резервного источника питания. Система может продолжать работать или выполнить контролируемый останов.

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® HVAC Drive могут использоваться с другими преобразователями частоты VLT® HVAC Drive.
- 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 5.24*.



130BF758.10

5

Рисунок 5.24 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.

5.7 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:

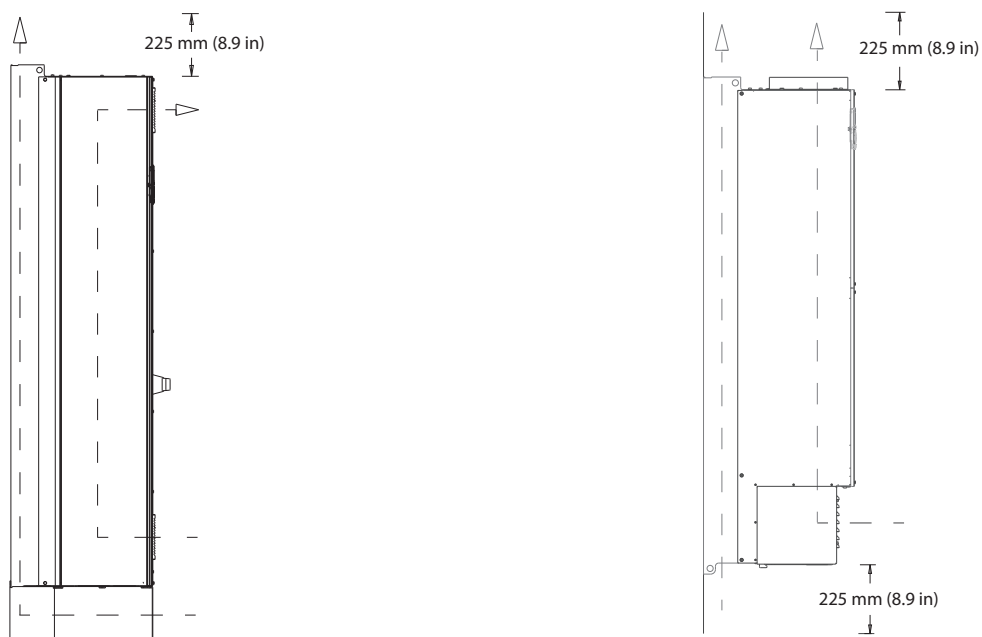
- Тормозной прерыватель рассеивает избыточную энергию в виде тепла внутри катушек тормозного резистора.
- Клеммы рекуперации позволяют подключить к преобразователю частоты рекуперативное устройство стороннего производителя, позволяя вернуть избыточную энергию в электросеть.

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

5.8 Обзор охлаждения в тыльном канале

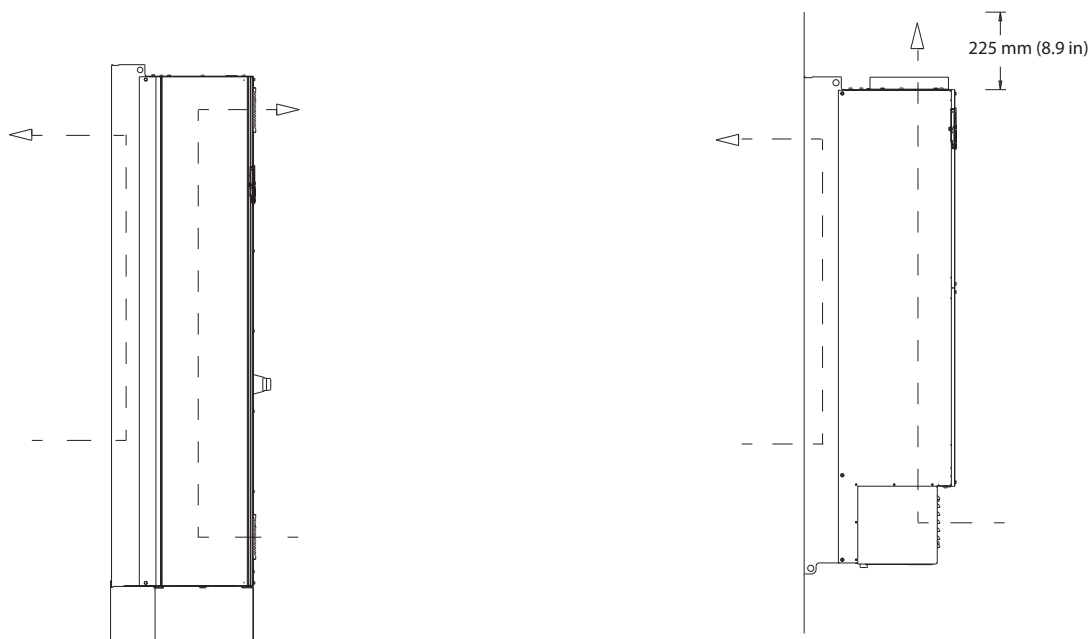
Уникальная конструкция с тыльным каналом направляет охлаждающий воздух через радиаторы, а через область электронных компонентов проходит лишь минимальный поток воздуха. Между тыльным каналом охлаждения и областью электроники преобразователя частоты VLT® имеется уплотнение IP54/тип 12. Тыльный канал охлаждения 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 5.25* 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 5.26* показаны 2 варианта конфигурации воздушного потока для преобразователей частоты E1h–E4h.



1308F699.10

Рисунок 5.25 Стандартная конфигурация воздушной циркуляции для E1h/E2h (слева) и E3h/E4h (справа)



130BF700.10

5

Рисунок 5.26 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® HVAC Drive. 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® LonWorks MCA 108

LonWorks представляет собой систему связи на сетевых шинах для автоматизации зданий. Она позволяет реализовать связь между отдельными узлами в единой системе (одноранговая сеть), обеспечивая децентрализацию управления.

- Отсутствие необходимости в большой главной станции (ведущий-ведомый).
- Прямой прием сигналов узлами.
- Поддержка интерфейса со свободной топологией Echelon (гибкая прокладка кабельной сети и гибкая установка).
- Поддержка встроенных и дополнительных входов/выходов (легкая реализация децентрализованных входов/выходов).
- Простая передача сигналов датчиков на другой контроллер по магистральным шинам.
- Сертификация на соответствие техническим условиям LonMark вер. 3.4.

6.1.4 VLT® BACnet MCA 109

Открытый протокол обмена данными для использования в автоматике зданий по всему миру. BACnet представляет собой международный протокол, который обеспечивает эффективную интеграцию всех частей оборудования автоматизации зданий от уровня исполнительных механизмов до системы управления зданием.

- BACnet — это мировой стандарт для автоматизации зданий.
- Международный стандарт ISO 16484-5.
- Протокол можно использовать в системах автоматизации инженерных сетей зданий любого размера без лицензионной платы.
- Дополнительное устройство BACnet позволяет преобразователю частоты взаимодействовать с системами управления зданием, в которых используется протокол BACnet.
- BACnet обычно используется для управления оборудованием отопления, вентиляции, охлаждения и климатического контроля.
- Протокол BACnet легко интегрируется в имеющиеся сети аппаратуры управления.

6.1.5 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).

6.1.6 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.

6.1.7 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.

6.1.8 VLT® BACnet/IP MCA 125

Дополнительная плата VLT® BACnet/IP MCA 125 позволяет быстро и легко интегрировать преобразователь частоты в систему управления зданием (BMS) с использованием протокола BACnet/IP или BACnet on Ethernet. Эта плата может считывать точки данных и предоставлять доступ к ним, а также передавать фактические и запрашиваемые значения между системами.

Плата MCA 125 имеет 2 разъема Ethernet, что обеспечивает возможность последовательного подключения без необходимости использования внешних коммутаторов. Встроенный 3-портовый управляемый коммутатор платы VLT® BACnet/IP MCA 125 содержит 2 внешних и 1 внутренний Ethernet-порт. Этот коммутатор позволяет использовать линейную структуру подключения кабелей Ethernet. Эта плата позволяет параллельно управлять несколькими высокоэффективными двигателями с постоянными магнитами и контролировать точки типичных приложений HVAC. Помимо стандартных функций, плата MCA 125 обладает следующими возможностями:

- изменение значения (COV);
- множественный запрос чтения/записи свойств;
- аварийные/предупреждающие уведомления;
- возможность изменения имен объектов BACnet для удобства пользователя;
- объект BACnet Loop;
- сегментированное перемещение данных;
- определение трендов на основе времени или событий.

6.2 Функциональные расширения

В этом разделе описаны платы функциональных расширений, доступные для преобразователей частоты серии VLT® HVAC Drive. Номера для заказа см. в *глава 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® Relay Card MCB 105

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

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

Макс. частота коммутации (номинальная/минимальная нагрузка)

6 мин.⁻¹/20 с⁻¹

Макс. нагрузка на клеммах

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

6.2.3 Дополнительная плата ввода/вывода VLT® Analog I/O Option MCB 109

Дополнительная плата VLT® Analog I/O Option MCB 109 легко устанавливается в преобразователь частоты, позволяя обеспечить улучшенные рабочие характеристики и расширить возможности управления благодаря дополнительным входам/выходам. Эта дополнительная плата также добавляет к преобразователю частоты резервный батарейный источник питания для часов, встроенных в преобразователь частоты. Этот резервный аккумулятор обеспечивает стабильное выполнение преобразователем частоты всех действий по времени.

- 3 аналоговых входа, каждый из которых выполнен с возможностью настройки в качестве входа напряжения и температуры.
- Подключение аналоговых сигналов 0–10 В, а также входов температуры PT1000 и NI1000.
- 3 аналоговых выхода, каждый с возможностью настройки в качестве выхода 0–10 В.

6.2.4 VLT® PTC Thermistor Card MCB 112

VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 улучшает контроль состояния двигателя по сравнению со встроенной функцией ЭТР и клеммой термистора.

- Защищает электродвигатель от перегрева.
- Имеет сертификат ATEX для работы с двигателями с классом взрывозащиты Ex-d.
- Использует функцию Safe Torque Off, которая одобрена в соответствии с SIL 2 IEC 61508.

6.2.5 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.

6.3 Платы управления перемещением и релейные платы

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

6.3.1 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 ($U_{\text{пик}}$) 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, 380–480 В

VLT® HVAC Drive FC 102	N355	N400	N560
Нормальная перегрузка (NO) (Нормальная перегрузка (NO) = 110-процентный ток в течение 60 с)	NO	NO	NO
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 400 В	355	400	450
Типичная выходная мощность на валу [л. с.] при 460 В	500	600	600
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 480 В	400	500	530
Размер корпуса	E1h/E3h	E1h/E3h	E1h/E3h
Выходной ток (3 фазы)			
Непрерывный (при 400 В) [А]	658	745	800
Прерывистый (перегрузка 60 с) (при 400 В) [А]	724	820	880
Непрерывный (при 460/480 В) [А]	590	678	730
Прерывистый (перегрузка 60 с) (при 460/480 В) [А]	649	746	803
Непрерывный, мощность (при 400 В) [кВА]	456	516	554
Непрерывный, мощность (при 460 В) [кВА]	470	540	582
Непрерывный, мощность (при 480 В) [кВА]	511	587	632
Макс. входной ток			
Непрерывный (при 400 В) [А]	634	718	771
Непрерывный (при 460/480 В) [А]	569	653	704
Макс. число и размер кабелей на фазу (E1h)			
– Сеть и двигатель, без тормоза [мм ² (AWG)] ¹⁾	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 ² (AWG)] ¹⁾	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 ² (AWG)] ¹⁾	2 x 185 (2 x 350 mcm)	2 x 185 (2 x 350 mcm)	2 x 185 (2 x 350 mcm)
Макс. число и размер кабелей на фазу (E3h)			
– Сеть и двигатель [мм ² (AWG)] ¹⁾	6 x 240 (6 x 500 mcm)	6 x 240 (6 x 500 mcm)	6 x 240 (6 x 500 mcm)
– Тормоз [мм ² (AWG)] ¹⁾	2 x 185 (2 x 350 mcm)	2 x 185 (2 x 350 mcm)	2 x 185 (2 x 350 mcm)
– Разделение нагрузки и рекуперация [мм ² (AWG)] ¹⁾	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] ²⁾	800	800	800
Расчетные потери мощности при 400 В [Вт] ^{3) 4)}	6928	8036	8783
Расчетные потери мощности при 460 В [Вт] ³⁾⁴⁾	5910	6933	7969
КПД ⁴⁾	0,98	0,98	0,98
Выходная частота	0–590 Гц	0–590 Гц	0–590 Гц
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 активной защиты от бросков тока [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)	85 (185)

Таблица 7.1 Технические характеристики, питание от сети 3 x 380–480 В пер. тока

VLT® HVAC Drive FC 102	N500	N560
Нормальная перегрузка (NO) (Нормальная перегрузка (NO) = 110-процентный ток в течение 60 с)	NO	NO
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 400 В	500	560
Типичная выходная мощность на валу [л. с.] при 460 В	650	750
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 480 В	560	630
Размер корпуса	E2h/E4h	E2h/E4h
Выходной ток (3 фазы)		
Непрерывный (при 400 В) [А]	880	990
Прерывистый (перегрузка 60 с) (при 400 В) [А]	968	1089
Непрерывный (при 460/480 В) [А]	780	890
Прерывистый (перегрузка 60 с) (при 460/480 В) [А]	858	979
Непрерывный, мощность (при 400 В) [кВА]	610	686
Непрерывный, мощность (при 460 В) [кВА]	621	709
Непрерывный, мощность (при 480 В) [кВА]	675	771
Макс. входной ток		
Непрерывный (при 400 В) [А]	848	954
Непрерывный (при 460/480 В) [А]	752	848
Макс. число и размер кабелей на фазу (E2h)		
– Сеть и двигатель, без тормоза [мм ² (AWG)] ¹⁾	6 x 240 (6 x 500 mcm)	6 x 240 (6 x 500 mcm)
– Сеть и двигатель, с тормозом [мм ² (AWG)] ¹⁾	5 x 240 (5 x 500 mcm)	5 x 240 (5 x 500 mcm)
– Тормоз или рекуперация [мм ² (AWG)] ¹⁾	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 ² (AWG)] ¹⁾	6 x 240 (6 x 500 mcm)	6 x 240 (6 x 500 mcm)
– Тормоз [мм ² (AWG)] ¹⁾	2 x 185 (2 x 350 mcm)	2 x 185 (2 x 350 mcm)
– Разделение нагрузки и рекуперация [мм ² (AWG)] ¹⁾	4 x 185 (4 x 350 mcm)	4 x 185 (4 x 350 mcm)
Макс. внешние сетевые предохранители [А] ²⁾	1200	1200
Расчетные потери мощности при 400 В [Вт] ^{3) 4)}	9473	11102
Расчетные потери мощности при 460 В [Вт] ³⁾⁴⁾	7809	9236
КПД ⁴⁾	0,98	0,98
Выходная частота	0–590 Гц	0–590 Гц
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 Технические характеристики, питание от сети 3 x 380–480 В пер. тока

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. 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 сайте www.danfoss.com/vltenergyefficiency.

7.2 Электрические характеристики, 525–690 В

VLT® HVAC Drive FC 102	N450	N500	N560	N630
Нормальная перегрузка (NO) (Нормальная перегрузка (NO) = 110-процентный ток в течение 60 с)	NO	NO	NO	NO
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 550 В	355	400	450	500
Типичная выходная мощность на валу [л. с.] при 575 В	450	500	600	650
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 690 В	450	500	560	630
Размер корпуса	E1h/E3h	E1h/E3h	E1h/E3h	E1h/E3h
Выходной ток (3 фазы)				
Непрерывный (при 550 В) [А]	470	523	596	630
Прерывистый (перегрузка в течение 60 с при 550 В) [А]	517	575	656	693
Непрерывный (при 575/690 В) [А]	450	500	570	630
Прерывистый (перегрузка в течение 60 с при 575/690 В) [А]	495	550	627	693
Непрерывный, мощность (при 550 В) [кВА]	448	498	568	600
Непрерывный, мощность (при 575 В) [кВА]	448	498	568	627
Непрерывный, мощность (при 690 В) [кВА]	538	598	681	753
Макс. входной ток				
Непрерывный (при 550 В) [А]	453	504	574	607
Непрерывный (при 575 В) [А]	434	482	549	607
Непрерывный (при 690 В) [А]	434	482	549	607
Макс. число и размер кабелей на фазу (E1h)				
– Сеть и двигатель, без тормоза [мм ² (AWG)] ¹⁾	5 x 240 (5 x 500 mcm)	5 x 240 (5 x 500 mcm)	5 x 240 (5 x 500 mcm)	6 x 240 (6 x 500 mcm)
– Сеть и двигатель, с тормозом [мм ² (AWG)] ¹⁾	4 x 240 (4 x 500 mcm)	4 x 240 (4 x 500 mcm)	4 x 240 (4 x 500 mcm)	5 x 240 (5 x 500 mcm)
– Тормоз или рекуперация [мм ² (AWG)] ¹⁾	2 x 185 (2 x 350 mcm)	2 x 185 (2 x 350 mcm)	2 x 185 (2 x 350 mcm)	2 x 185 (2 x 350 mcm)
Макс. число и размер кабелей на фазу (E3h)				
– Сеть и двигатель [мм ² (AWG)] ¹⁾	6 x 240 (6 x 500 mcm)	6 x 240 (6 x 500 mcm)	6 x 240 (6 x 500 mcm)	6 x 240 (6 x 500 mcm)
– Тормоз [мм ² (AWG)] ¹⁾	2 x 185 (2 x 350 mcm)	2 x 185 (2 x 350 mcm)	2 x 185 (2 x 350 mcm)	2 x 185 (2 x 350 mcm)
– Разделение нагрузки и рекуперация [мм ² (AWG)] ¹⁾	4 x 185 (4 x 350 mcm)	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] ²⁾	800	800	800	800
Расчетные потери мощности при 600 В [Вт] ³⁾⁴⁾	6062	6879	8076	9208
Расчетные потери мощности при 690 В [Вт] ³⁾⁴⁾	5939	6715	7852	8921
КПД ⁴⁾	0,98	0,98	0,98	0,98
Выходная частота [Гц]	0–590	0–590	0–590	0–590
Отключение при перегреве радиатора [°C (°F)]	110 (230)	110 (230)	110 (230)	110 (230)
Отключение при перегреве платы управления [°C (°F)]	80 (176)	80 (176)	80 (176)	80 (176)
Отключение при перегреве силовой платы питания [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)	85 (185)	85 (185)
Отключение при перегреве платы питания вентиляторов [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)	85 (185)	85 (185)

Отключение при перегреве платы активной защиты от бросков тока [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)	85 (185)	85 (185)
--	----------	----------	----------	----------

Таблица 7.3 Технические характеристики, питание от сети 3 x 525–690 В пер. тока

VLT® HVAC Drive FC 102	N710	N800
Нормальная перегрузка (NO) (Нормальная перегрузка (NO) = 110-процентный ток в течение 60 с)	NO	NO
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 550 В	560	670
Типичная выходная мощность на валу [л. с.] при 575 В	750	950
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 690 В	710	800
Размер корпуса	E2h/E4h	E2h/E4h
Выходной ток (3 фазы)		
Непрерывный (при 550 В) [А]	763	889
Прерывистый (перегрузка в течение 60 с при 550 В) [А]	839	978
Непрерывный (при 575/690 В) [А]	730	850
Прерывистый (перегрузка в течение 60 с при 575/690 В) [А]	803	935
Непрерывный, мощность (при 550 В) [кВА]	727	847
Непрерывный, мощность (при 575 В) [кВА]	727	847
Непрерывный, мощность (при 690 В) [кВА]	872	1016
Макс. входной ток		
Непрерывный (при 550 В) [А]	735	857
Непрерывный (при 575 В) [А]	704	819
Непрерывный (при 690 В) [А]	704	819
Макс. число и размер кабелей на фазу (E2h)		
– Сеть и двигатель, без тормоза [мм ² (AWG)] ¹⁾	6 x 240 (6 x 500 mcm)	6 x 240 (6 x 500 mcm)
– Сеть и двигатель, с тормозом [мм ² (AWG)] ¹⁾	5 x 240 (5 x 500 mcm)	5 x 240 (5 x 500 mcm)
– Тормоз или рекуперация [мм ² (AWG)] ¹⁾	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 ² (AWG)] ¹⁾	6 x 240 (6 x 500 mcm)	6 x 240 (6 x 500 mcm)
– Тормоз [мм ² (AWG)] ¹⁾	2 x 185 (2 x 350 mcm)	2 x 185 (2 x 350 mcm)
– Разделение нагрузки и рекуперация [мм ² (AWG)] ¹⁾	4 x 185 (4 x 350 mcm)	4 x 185 (4 x 350 mcm)
Макс. внешние сетевые предохранители [А] ²⁾	1200	1200
Расчетные потери мощности при 600 В [Вт] ³⁾⁴⁾	10346	12723
Расчетные потери мощности при 690 В [Вт] ³⁾⁴⁾	10066	12321
КПД ⁴⁾	0,98	0,98
Выходная частота [Гц]	0–590	0–590
Отключение при перегреве радиатора [°C (°F)]	110 (230)	110 (230)
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 7.4 Технические характеристики, питание от сети 3 x 525–690 В пер. тока

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. 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 сайте www.danfoss.com/vlteneryefficiency.

7.3 Питание от сети

Питание от сети (L1, L2, L3)

Напряжение питания 380–480 В ±10 %, 525–690 В ±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 останов; 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 ±5 %

Макс. кратковременная асимметрия фаз сети питания 3,0 % от номинального напряжения питающей сети¹⁾

Коэффициент активной мощности (λ) $\geq 0,9$ 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 Гц¹⁾

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 с¹⁾²⁾

Перегрузка по крутящему моменту (постоянный крутящий момент) Максимум 150 % на протяжении 60 с¹⁾²⁾

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)¹⁾

– при полной выходной мощности, типовые двигатели EFF2 (до 90 % выходного тока) максимум 50 °C (122 °F)¹⁾

– при полном непрерывном выходном токе ПЧ Максимум 45 °C (113 °F)¹⁾

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 ¹⁾	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 управления¹⁾

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 ² /16 AWG (2 x 0,75 мм ²)
Макс. сечение проводов, подключаемых к клеммам управления при монтаже гибким кабелем	1 мм ² /18 AWG
Макс. сечение проводов, подключаемых к клеммам управления при монтаже кабелем с центральной жилой	0,5 мм ² /20 AWG
Мин. сечение проводов, подключаемых к клеммам управления	0,25 мм ² /23 AWG

1) Данные о кабелях питания см. в глава 7.1 Электрические характеристики, 380–480 В и глава 7.2 Электрические характеристики, 525–690 В.

7.7 Вход/выход и характеристики цепи управления

Цифровые входы

Программируемые цифровые входы	4 (6)
Номер клеммы	18, 19, 27 ¹⁾ , 29 ¹⁾ , 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	± 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.

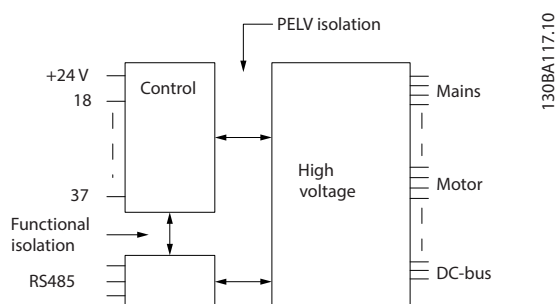


Рисунок 7.1 Изоляция PELV

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. глава 7.7.1 Цифровые входы
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 ¹⁾
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 ² (12 AWG)
Мин. поперечное сечение для клемм реле	0,2 мм ² (30 AWG)
Длина зачистки провода	8 мм (0,3 дюйма)
Номера клемм Реле 01	1–3 (размыкание), 1–2 (замыкание)

Макс. нагрузка (АС-1) ¹⁾ на клеммах 1–2 (нормально разомкнутый контакт) (резистивная нагрузка) ²⁾³⁾	400 В перем. тока, 2 А
---	------------------------

Макс. нагрузка (АС-15) ¹⁾ на клеммах 1–2 (нормально разомкнутый контакт) (индуктивная нагрузка при $\cos\phi$ 0,4)	240 В перем. тока, 0,2 А
---	--------------------------

Макс. нагрузка (DC-1) ¹⁾ на клеммах 1–2 (нормально разомкнутый контакт) (резистивная нагрузка)	80 В пост. тока, 2 А
---	----------------------

Макс. нагрузка (DC-13) ¹⁾ на клеммах 1–2 (нормально разомкнутый контакт) (индуктивная нагрузка)	24 В пост. тока, 0,1 А
--	------------------------

Макс. нагрузка (АС-1) ¹⁾ на клеммах 1–3 (нормально замкнутый контакт) (резистивная нагрузка)	240 В перем. тока, 2 А
---	------------------------

Макс. нагрузка (АС-15) ¹⁾ на клеммах 1–3 (нормально замкнутый контакт) (индуктивная нагрузка при $\cos\phi$ 0,4)	240 В перем. тока, 0,2 А
---	--------------------------

Макс. нагрузка (DC-1) ¹⁾ на клеммах 1–3 (нормально замкнутый контакт) (резистивная нагрузка)	50 В пост. тока, 2 А
---	----------------------

Макс. нагрузка (DC-13) ¹⁾ 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
Номера клемм реле 02	4–6 (размыкание), 4–5 (замыкание)

Макс. нагрузка (АС-1) ¹⁾ на клеммах 4–5 (нормально разомкнутый контакт) (резистивная нагрузка) ^{2) 3)}	400 В перем. тока, 2 А
--	------------------------

Макс. нагрузка (АС-15) ¹⁾ на клеммах 4–5 (нормально разомкнутый контакт) (индуктивная нагрузка при $\cos\phi$ 0,4)	240 В перем. тока, 0,2 А
---	--------------------------

Макс. нагрузка (DC-1) ¹⁾ на клеммах 4–5 (нормально разомкнутый контакт) (резистивная нагрузка)	80 В пост. тока, 2 А
---	----------------------

Макс. нагрузка (DC-13) ¹⁾ на клеммах 4–5 (нормально разомкнутый контакт) (индуктивная нагрузка)	24 В пост. тока, 0,1 А
--	------------------------

Макс. нагрузка (АС-1) ¹⁾ на клеммах 4–6 (нормально замкнутый контакт) (резистивная нагрузка)	240 В перем. тока, 2 А
---	------------------------

Макс. нагрузка (АС-15) ¹⁾ на клеммах 4–6 (нормально замкнутый контакт) (индуктивная нагрузка при $\cos\phi$ 0,4)	240 В перем. тока, 0,2 А
---	--------------------------

Макс. нагрузка (DC-1) ¹⁾ на клеммах 4–6 (нормально замкнутый контакт) (резистивная нагрузка)	50 В пост. тока, 2 А
---	----------------------

Макс. нагрузка (DC-13) ¹⁾ 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).

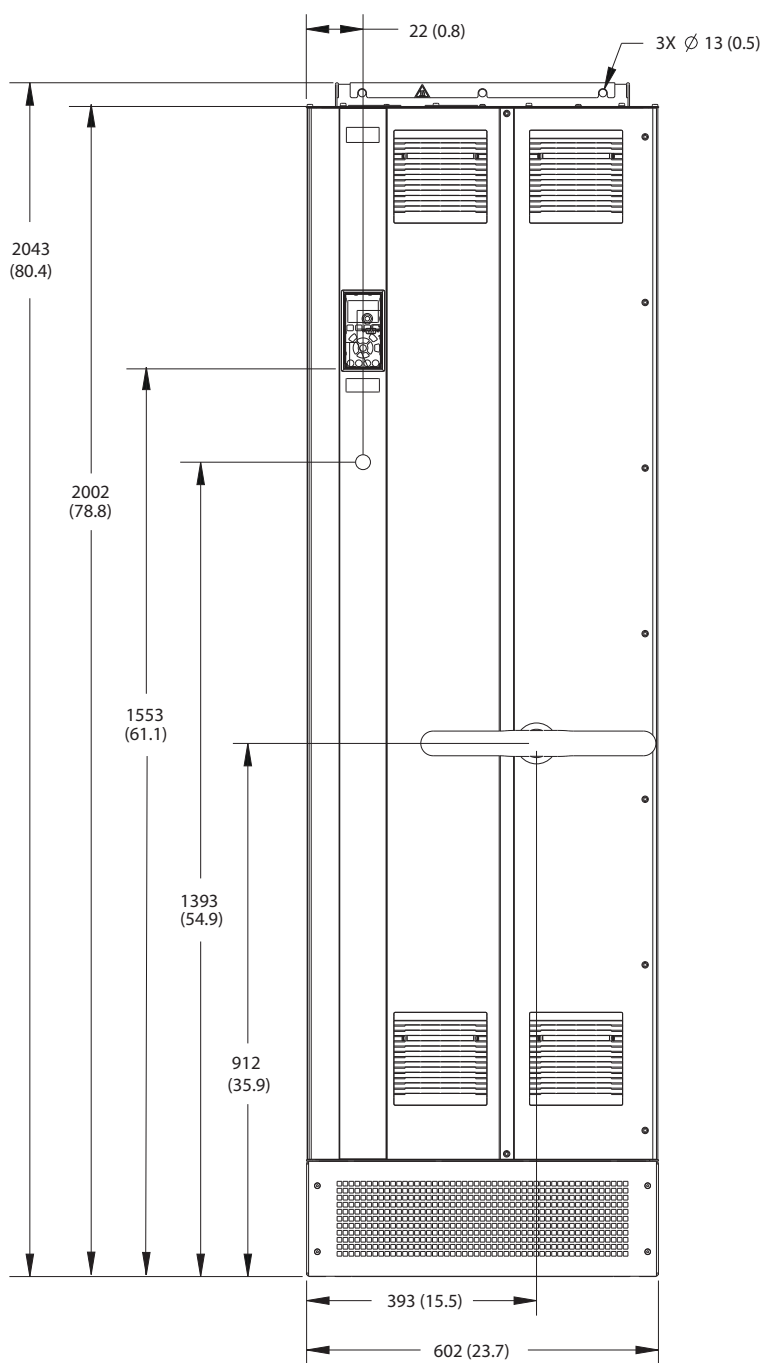
Соединение USB гальванически изолировано от напряжения питания (с защитой PELV) и других высоковольтных клемм.

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

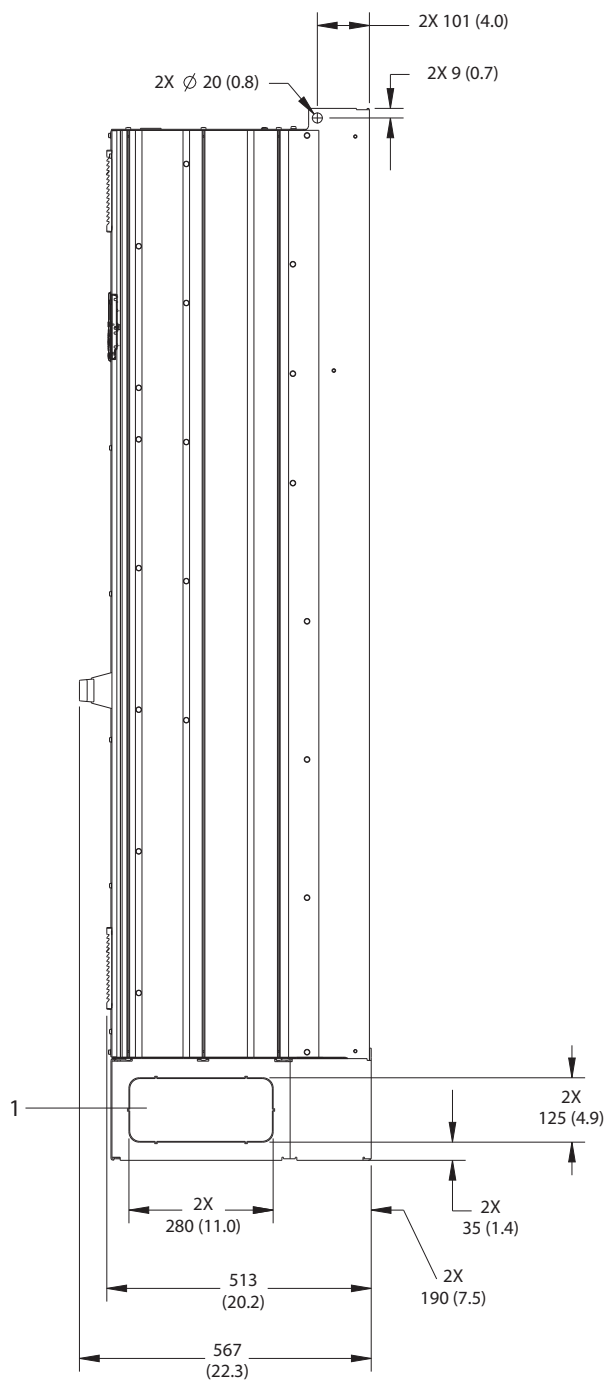


130BF648.10

8

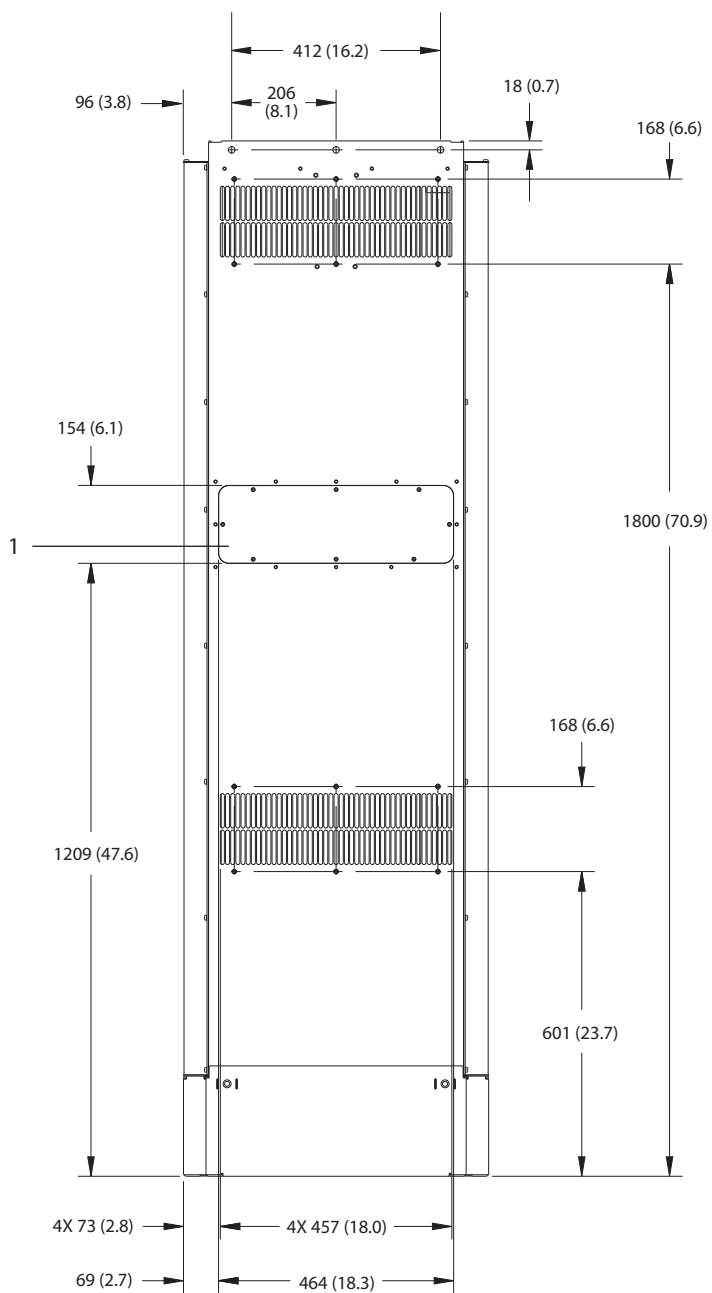
Рисунок 8.1 Вид спереди E1h

8



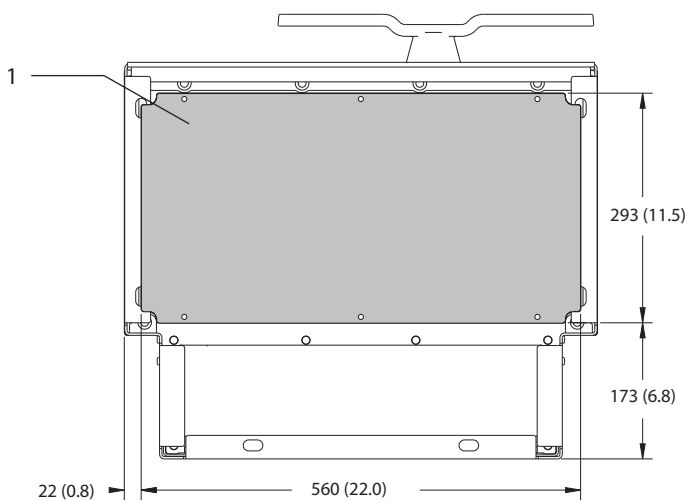
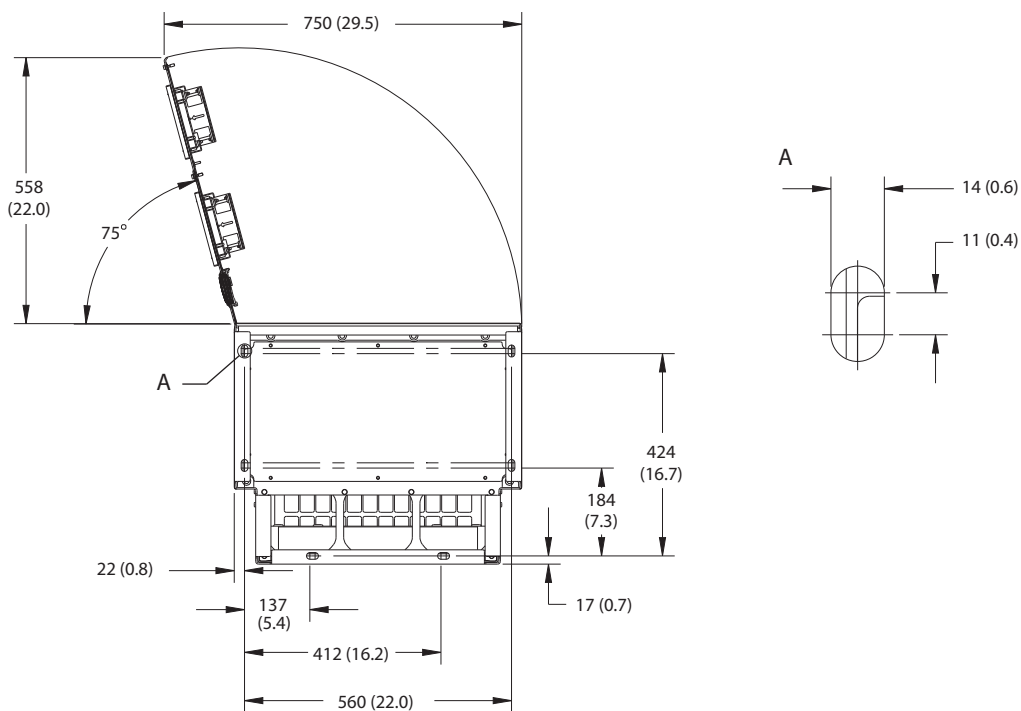
1	Панель заглушек
---	-----------------

Рисунок 8.2 Вид сбоку E1h



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

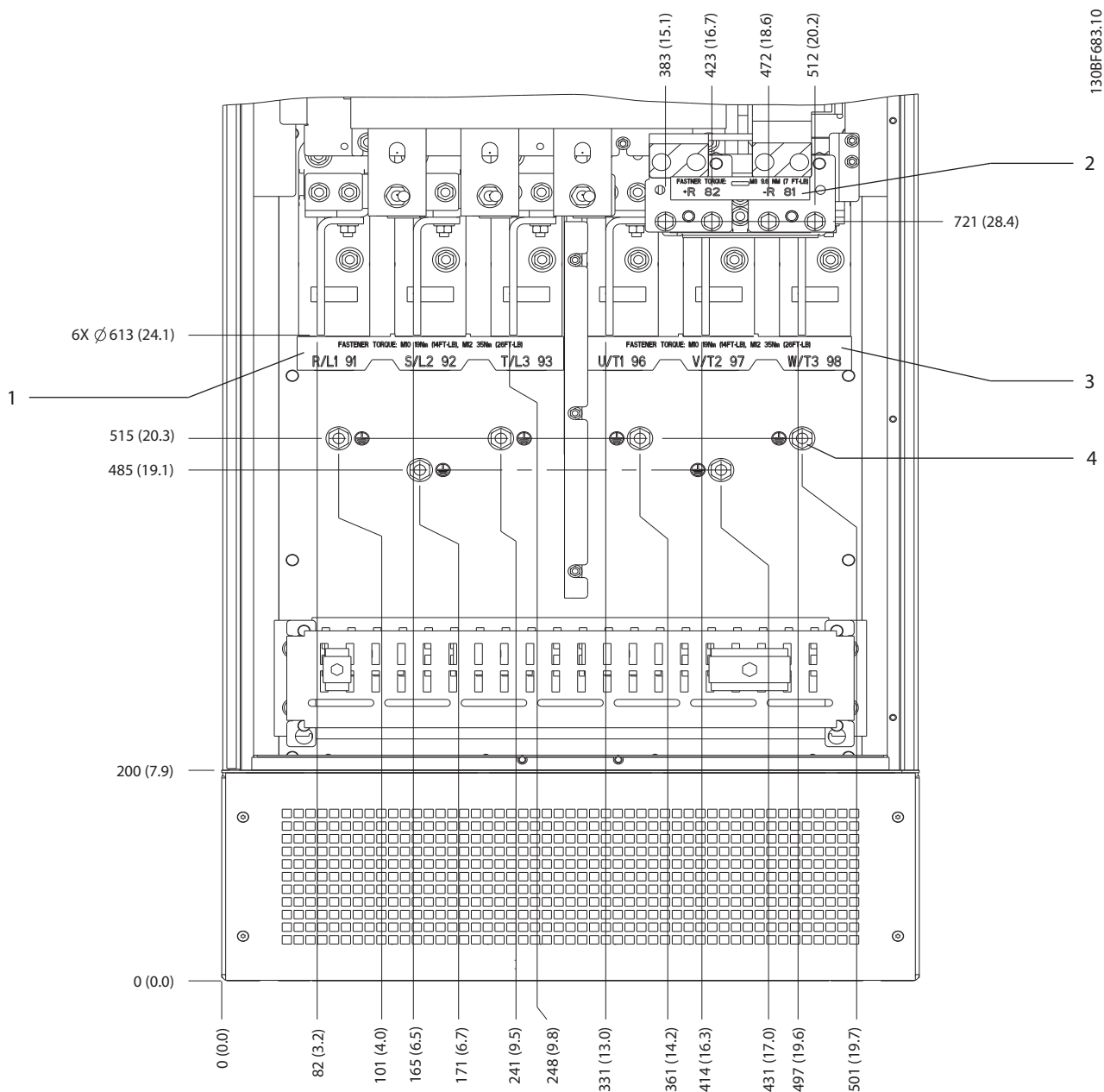
Рисунок 8.3 Вид сзади E1h



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)

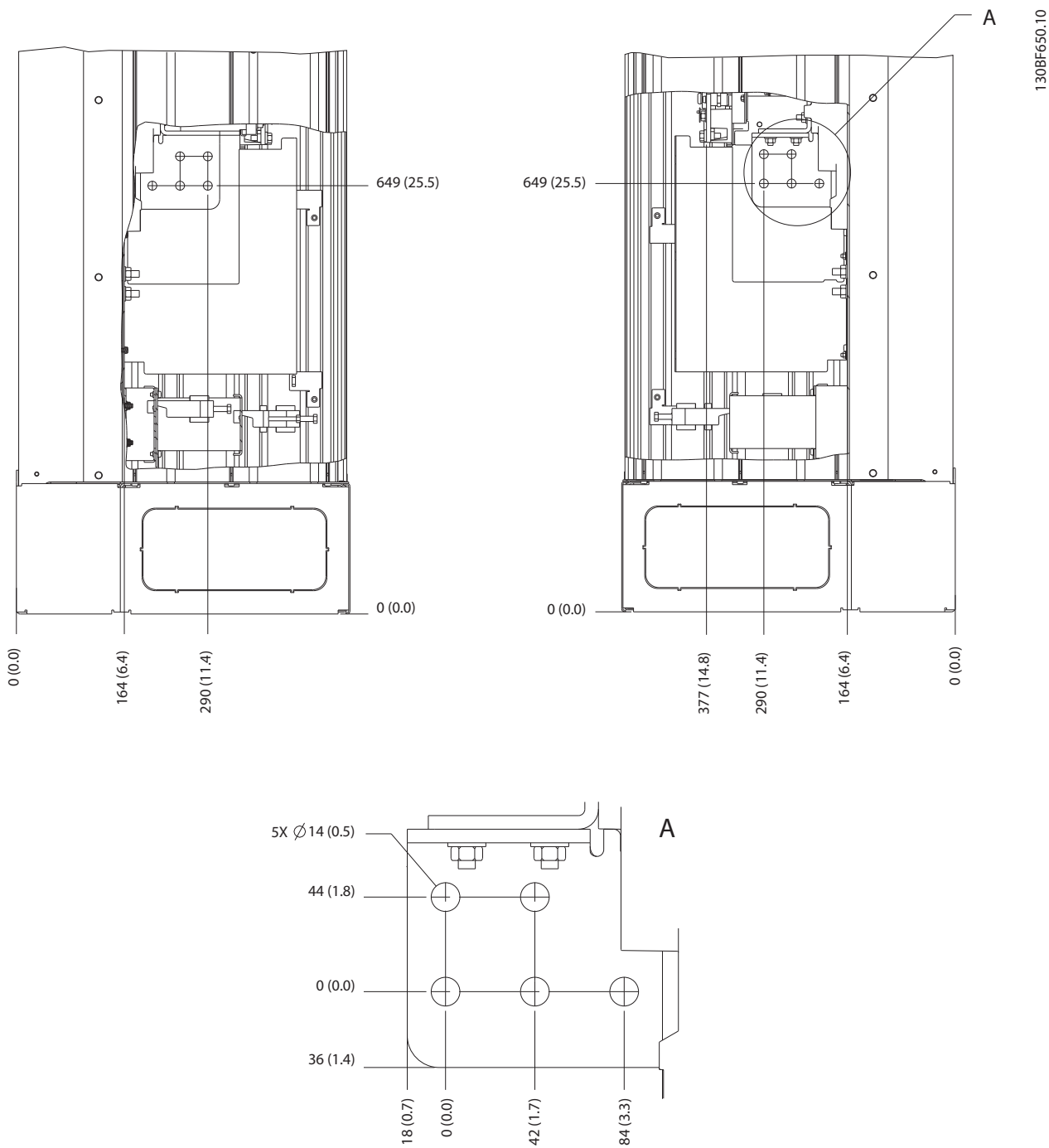
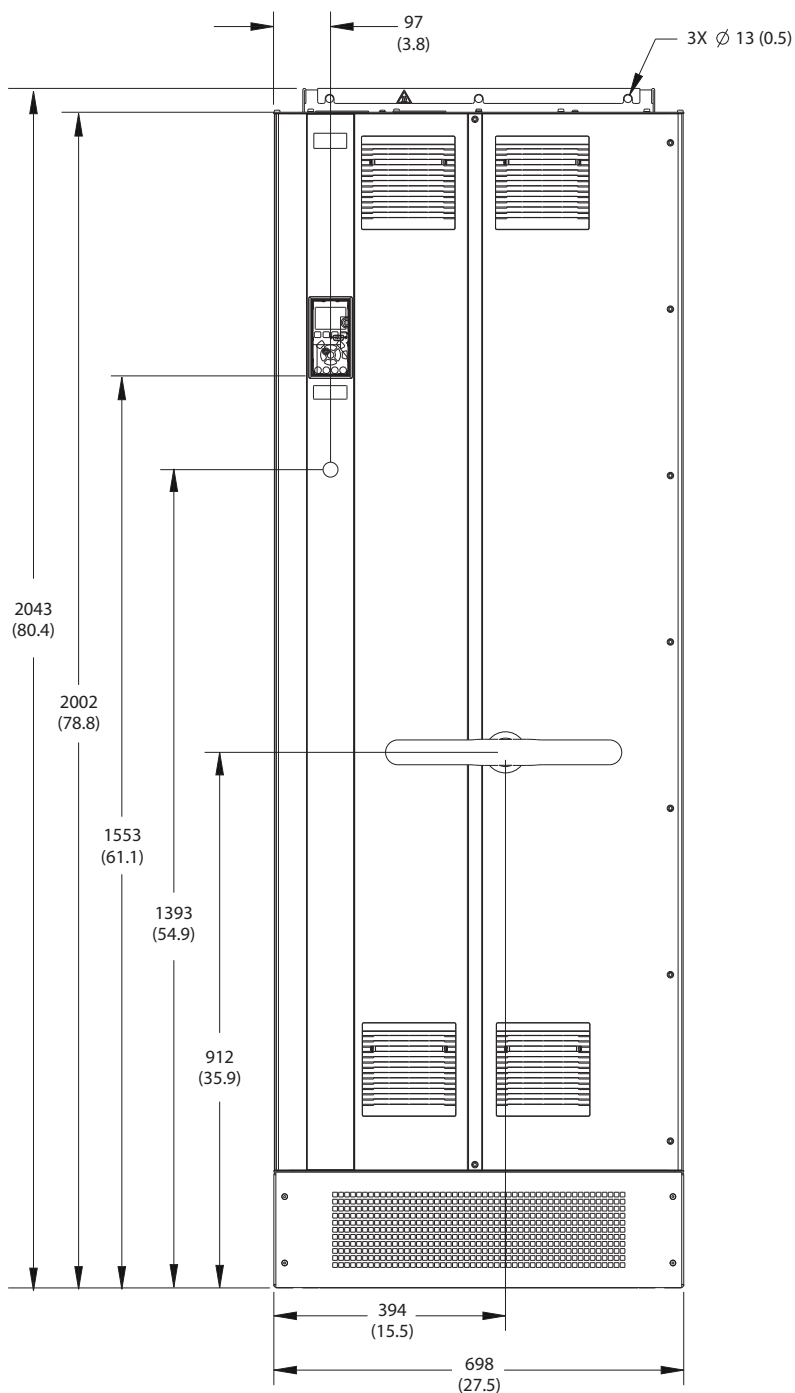


Рисунок 8.6 Размеры клемм корпуса E1h (вид сбоку)

8.2 Внешние размеры и размеры клемм корпуса E2h

8.2.1 Внешние размеры E2h

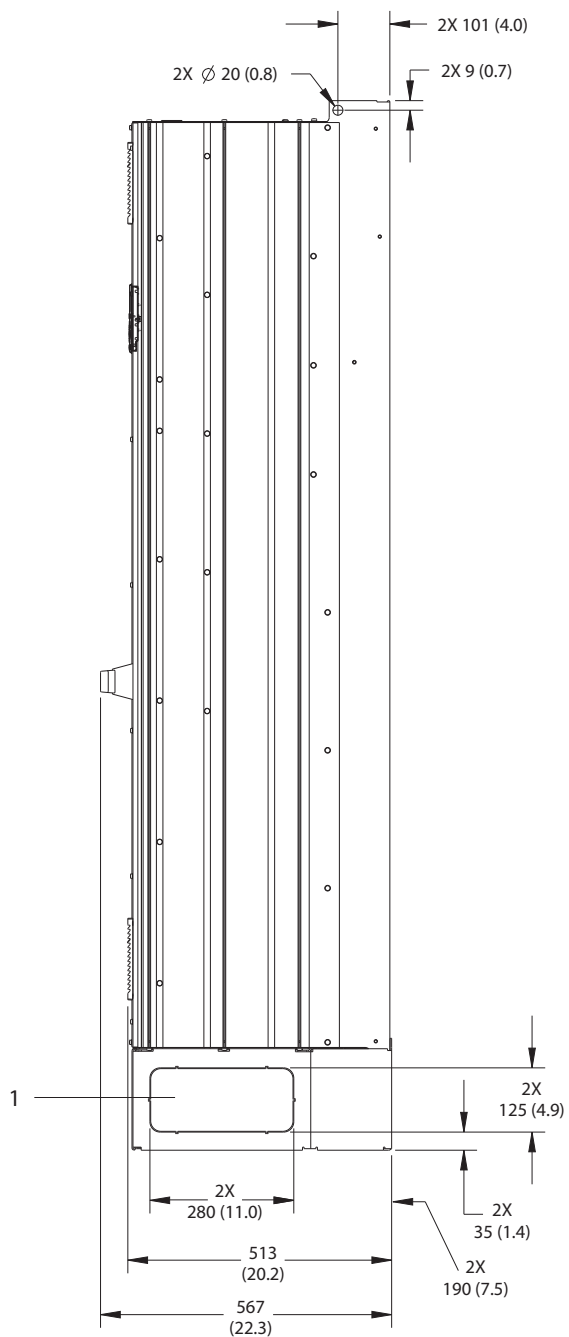


130BF654.10

8

Рисунок 8.7 Вид спереди E2h

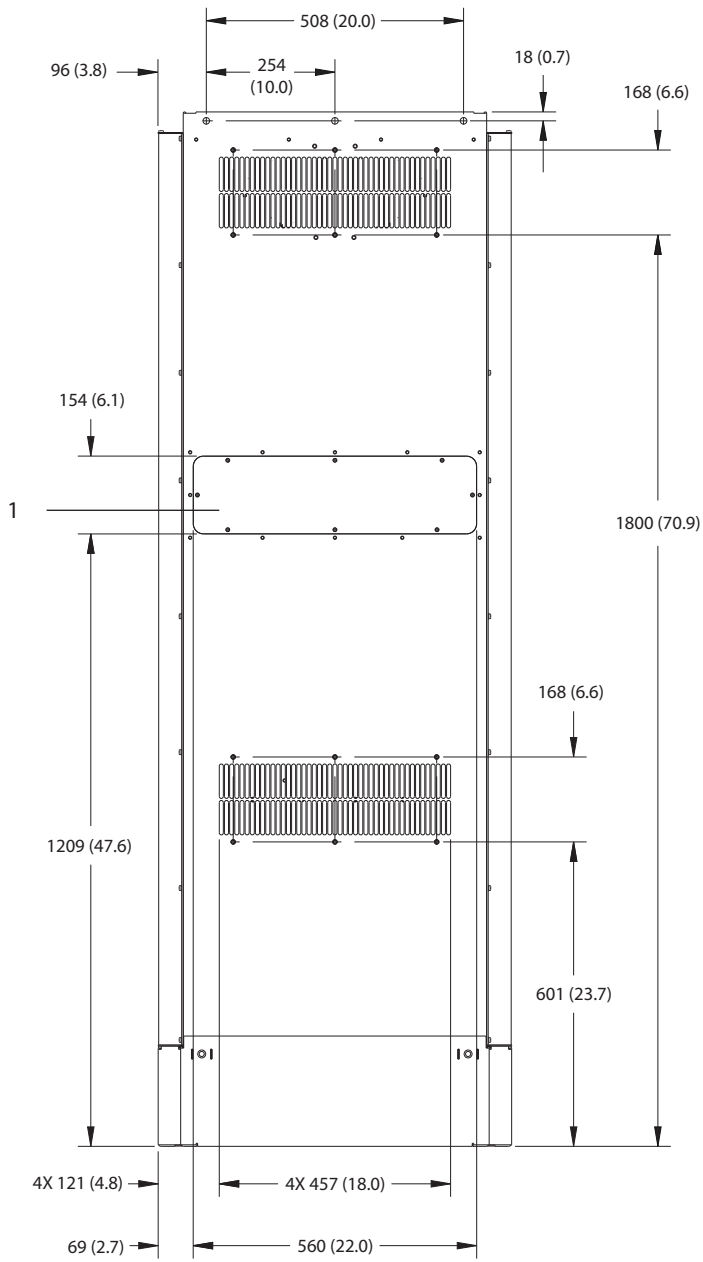
8



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

Рисунок 8.8 Вид сбоку E2

130BF655.10

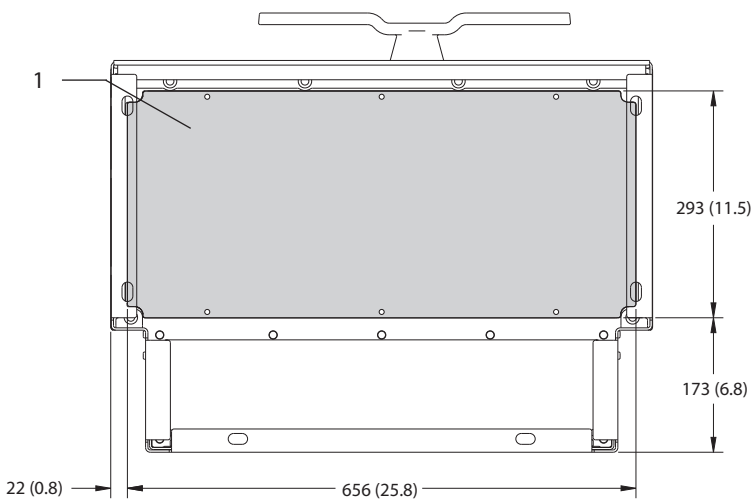
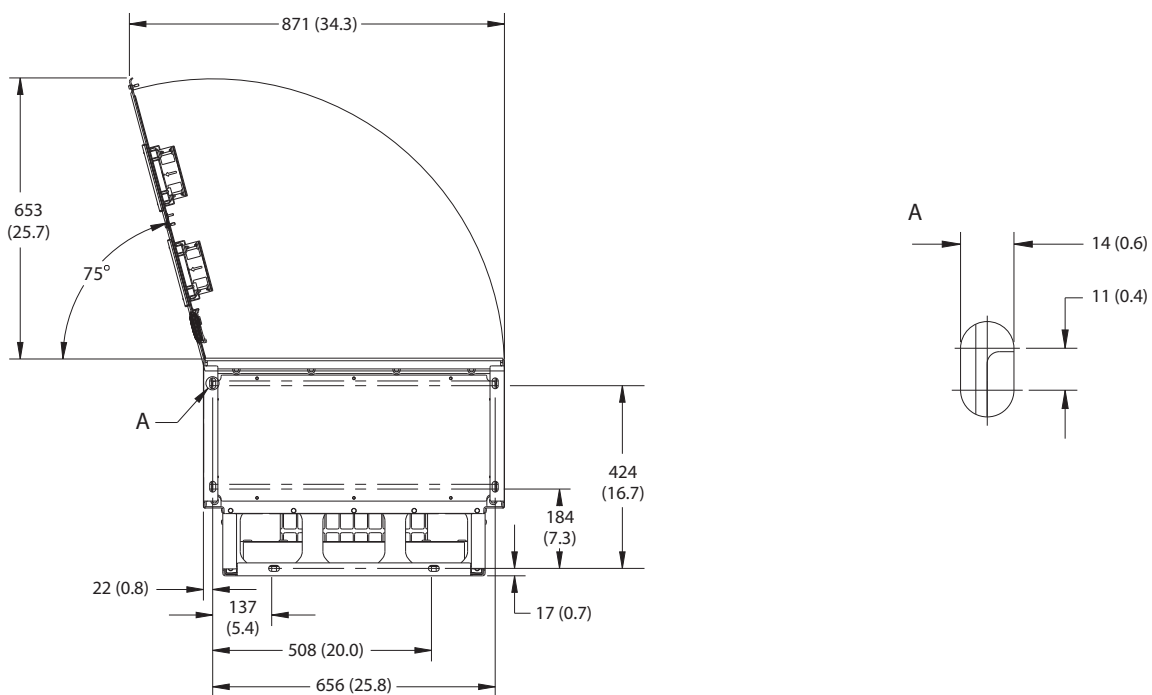


8

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

Рисунок 8.9 Вид сзади E2h

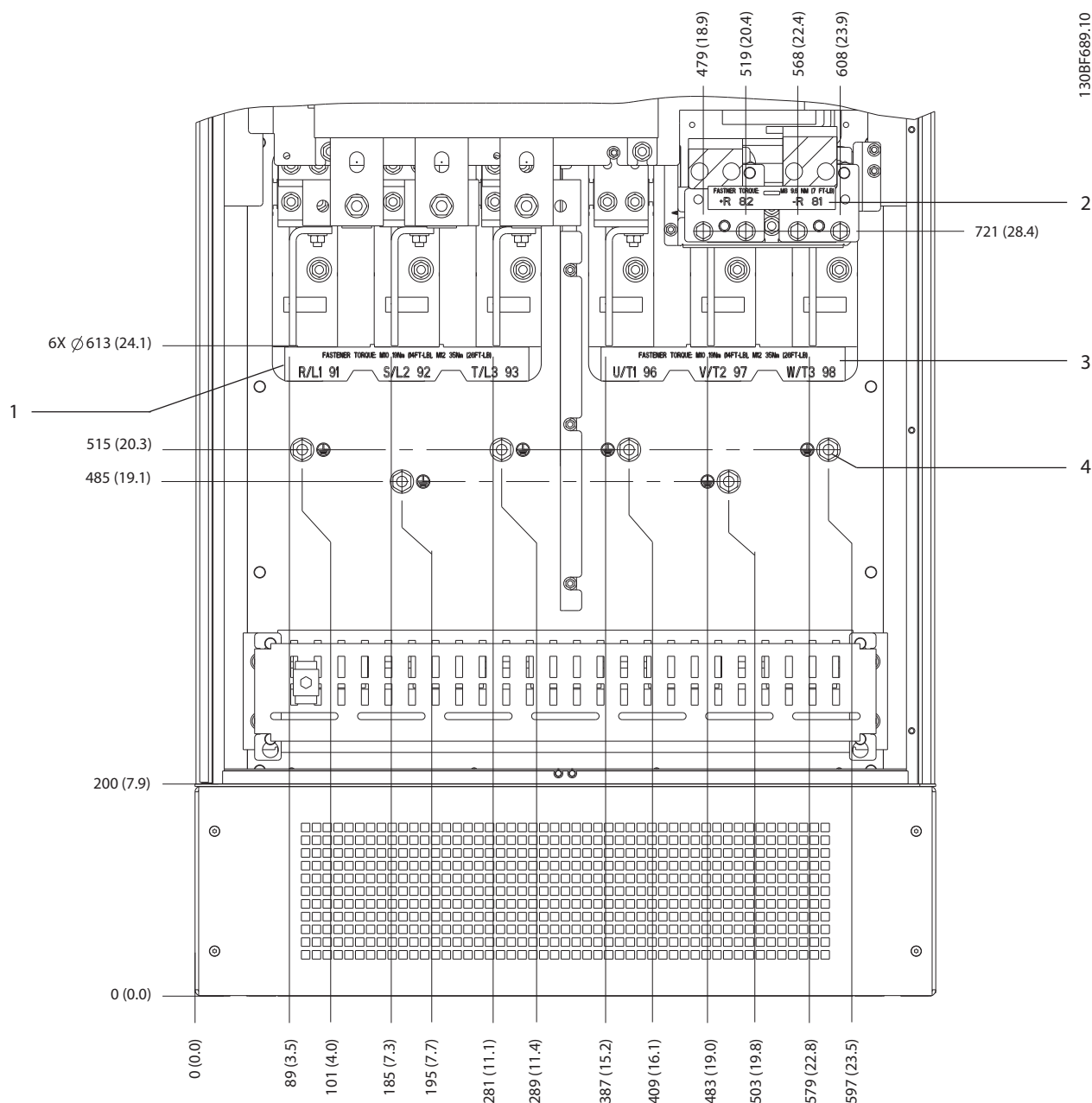
130BF652.10



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)

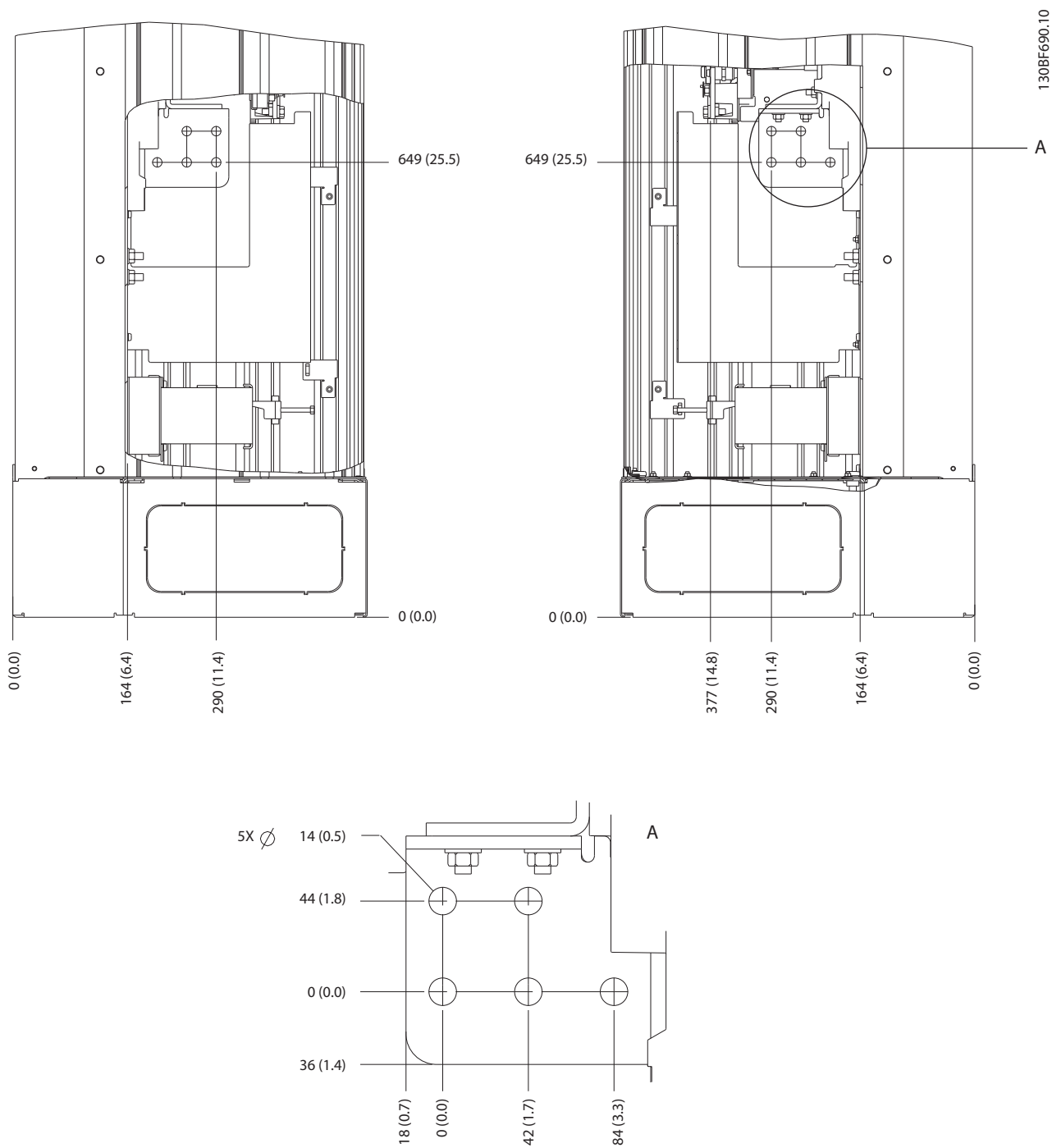
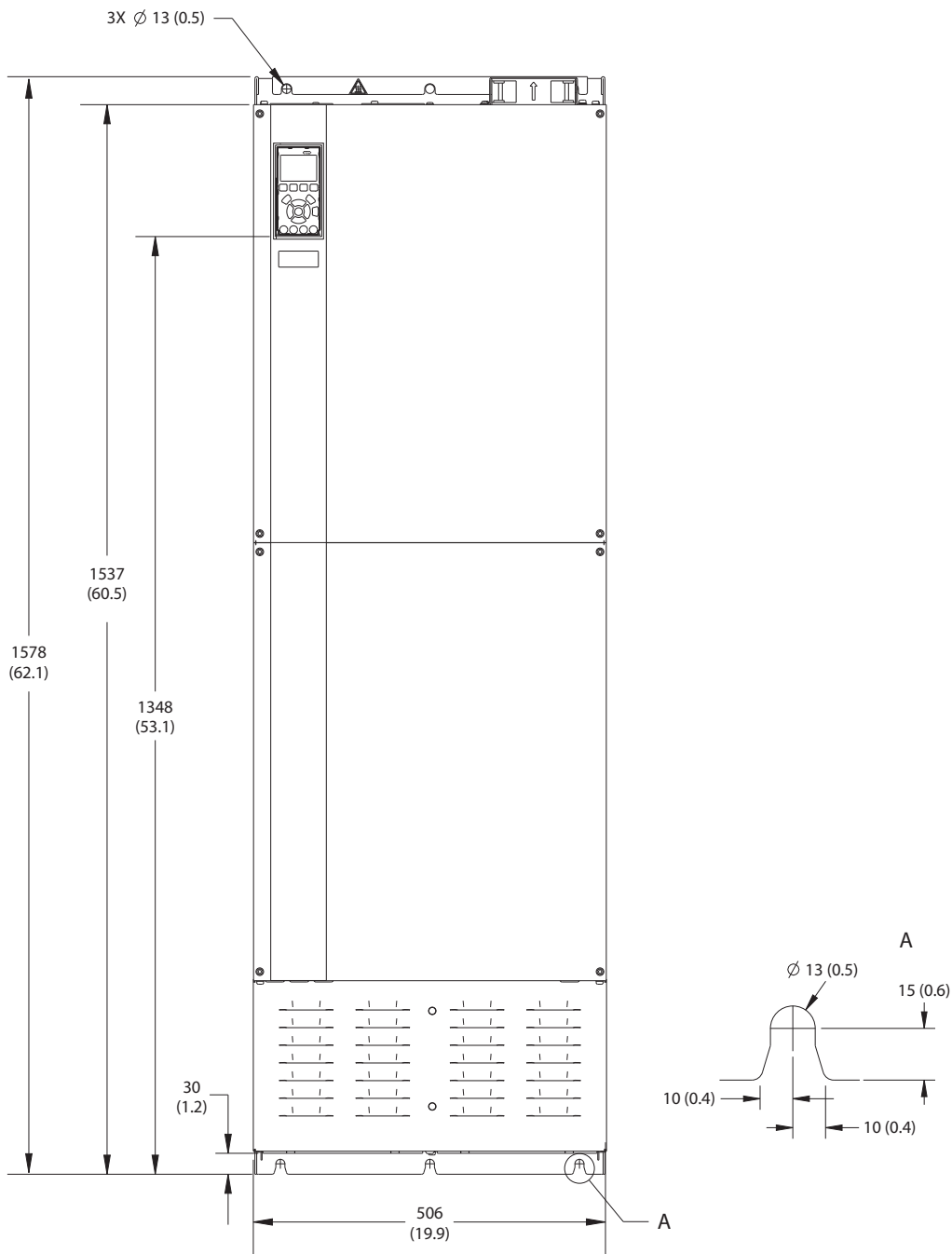


Рисунок 8.12 Размеры клемм E2h (вид сбоку)

8.3 Внешние размеры и размеры клемм корпуса E3h

8.3.1 Внешние размеры E3h



130BF656.10

Рисунок 8.13 Вид спереди E3h

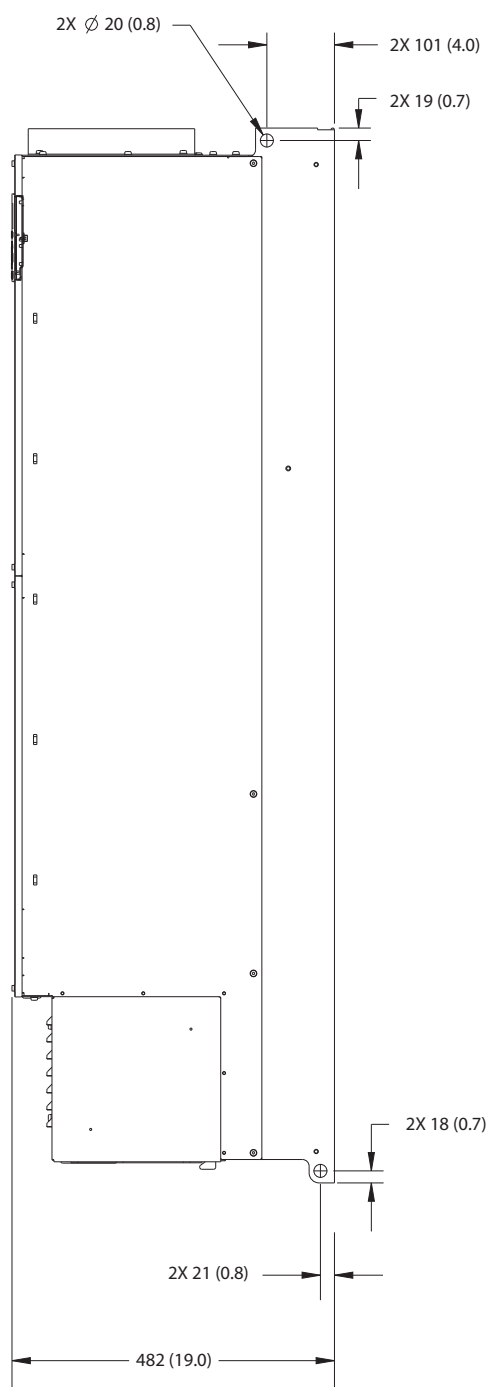
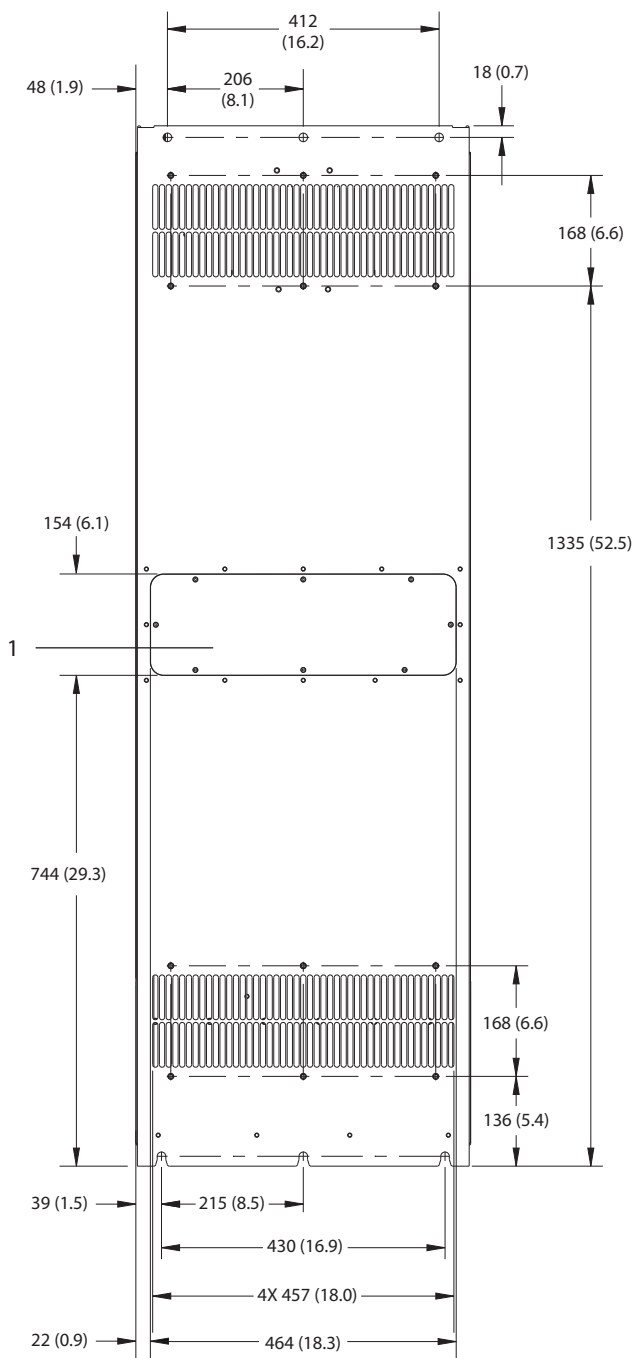
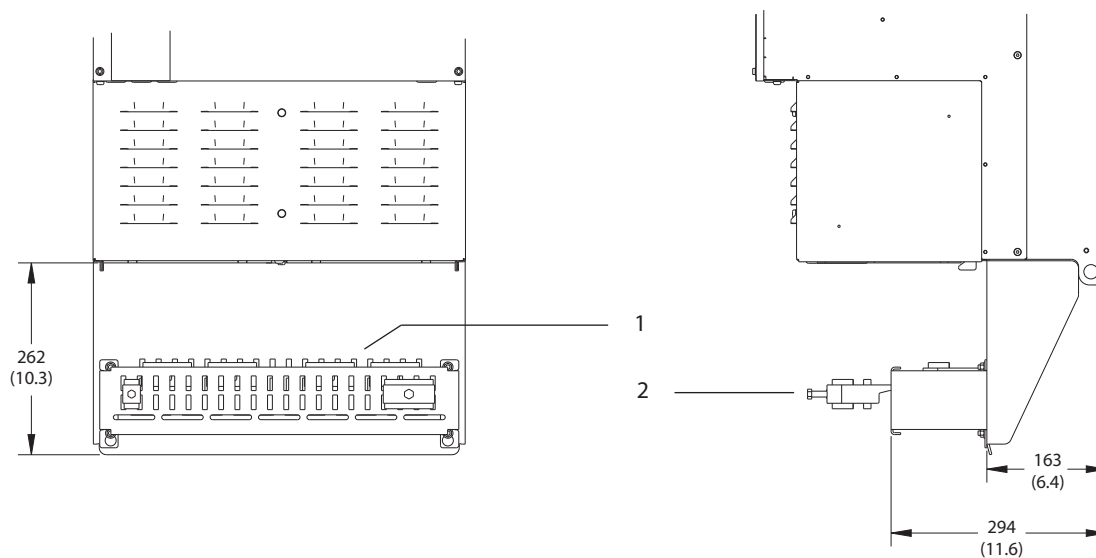


Рисунок 8.14 Вид сбоку E3h

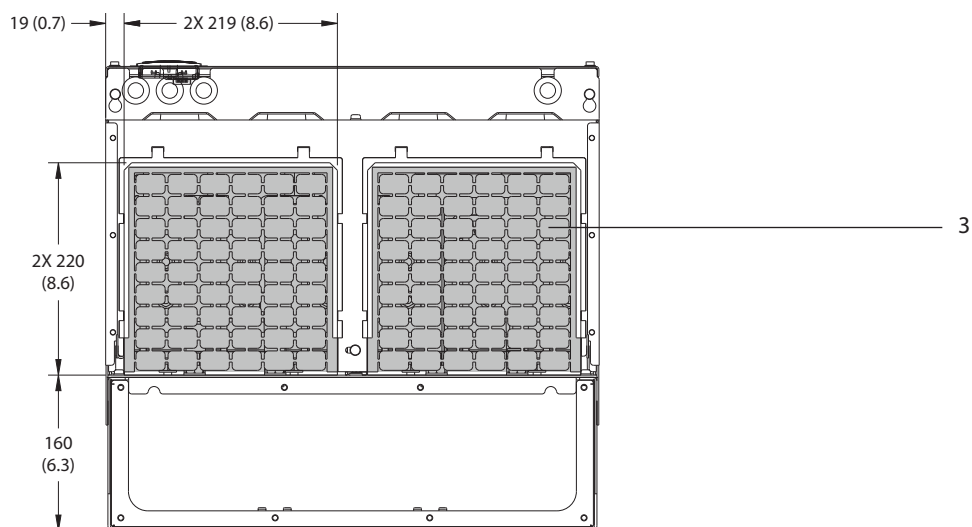


1	Панель доступа к радиатору (опция)
---	------------------------------------

Рисунок 8.15 Вид сзади E3h



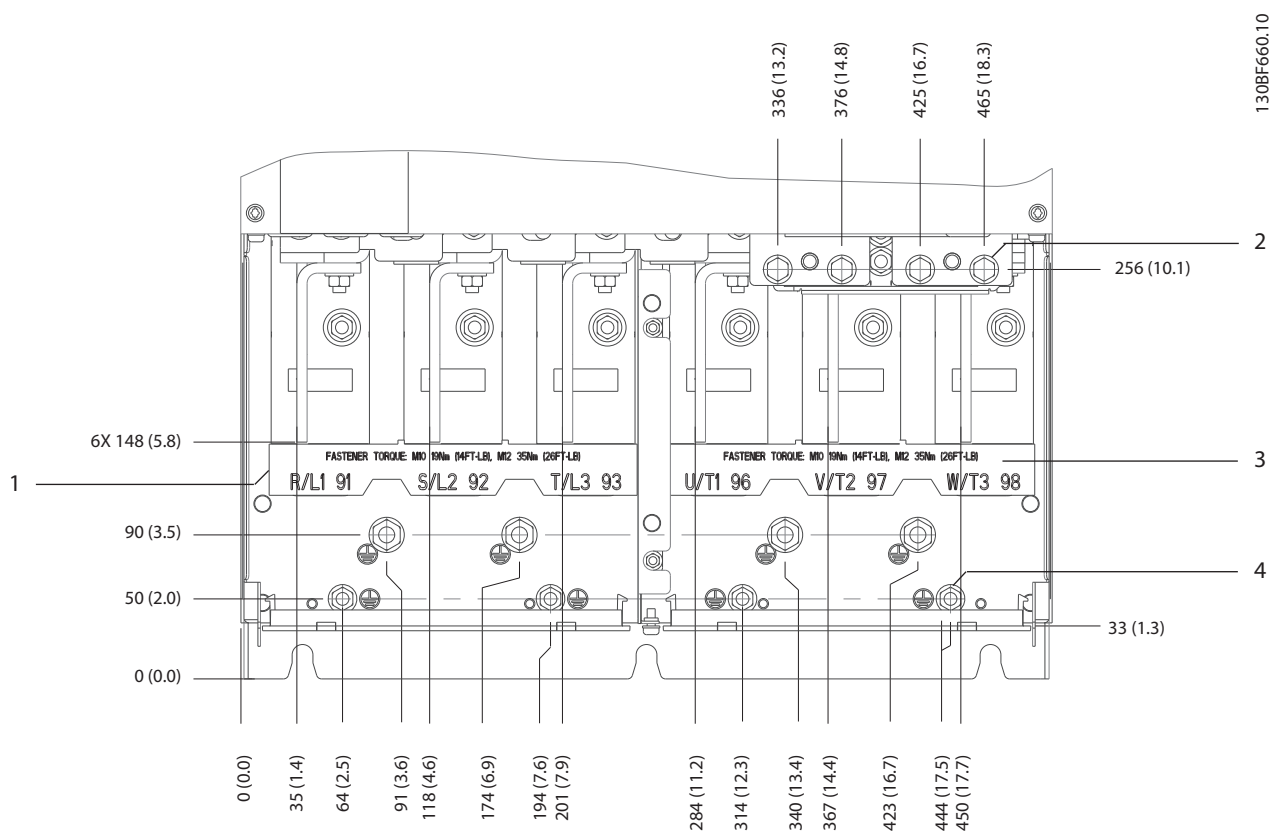
8



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

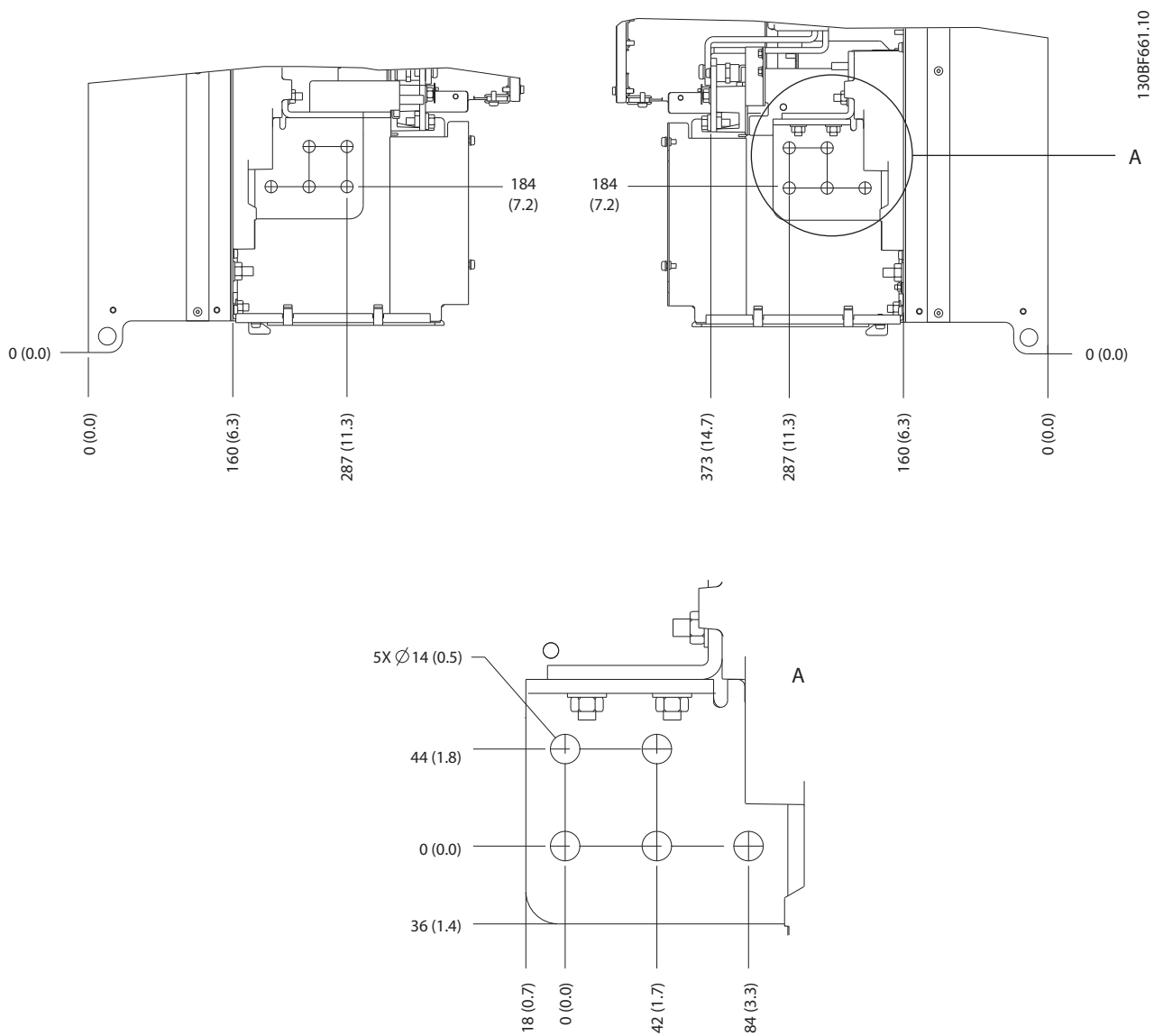
Рисунок 8.16 Клеммы для заделки экранов ВЧ-помех и размеры панели уплотнений для E3h

8.3.2 Размеры клемм корпуса E3h



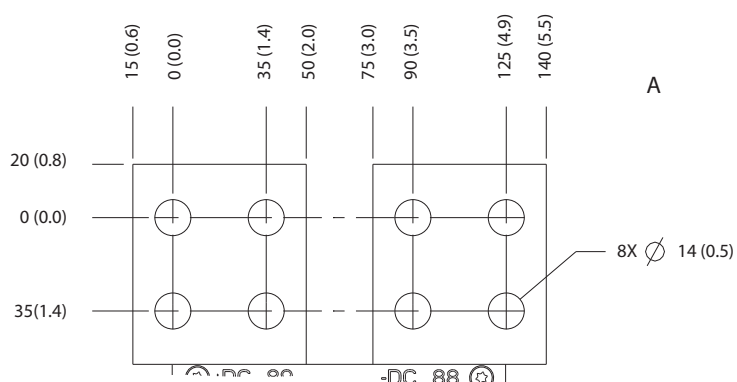
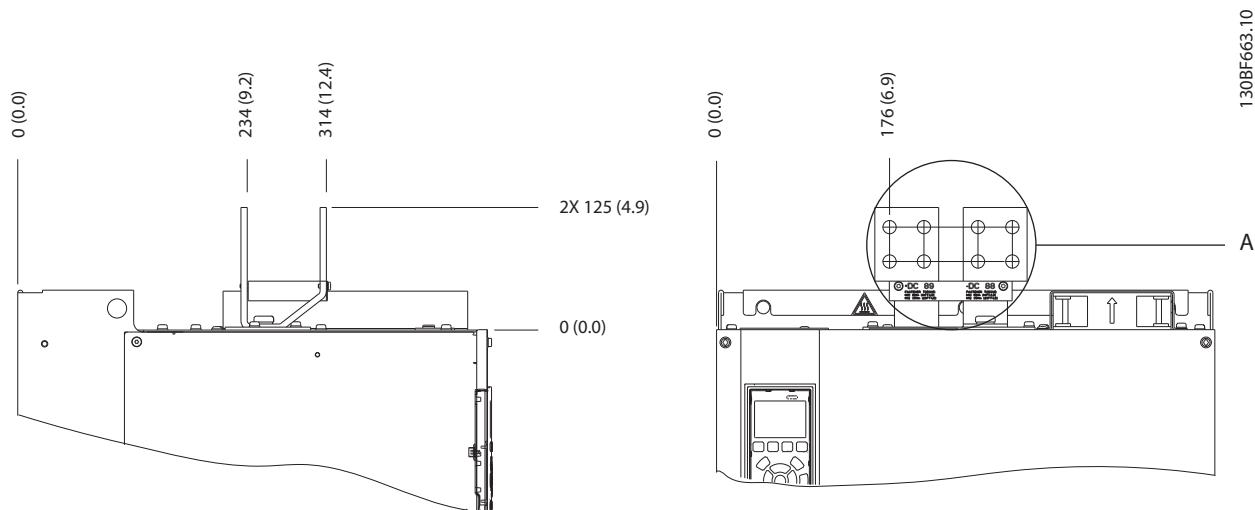
1	Клеммы сети питания	3	Клеммы подключения электродвигателя
2	Клеммы подключения тормоза или цепи рекуперации	4	Клеммы заземления, гайки M8 и M10

Рисунок 8.17 Размеры клемм E3h (вид спереди)



8

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



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

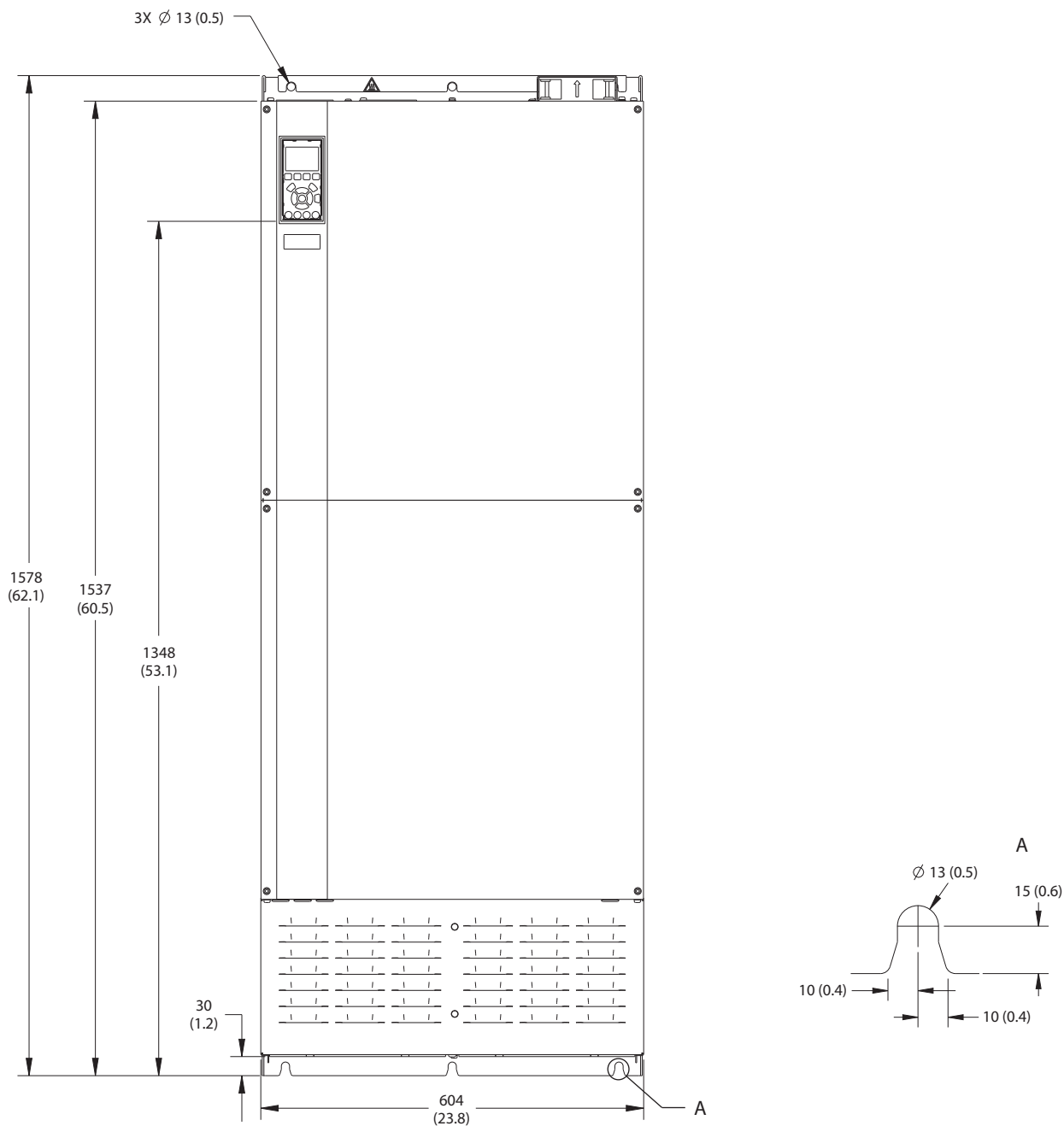


Рисунок 8.20 Вид спереди E4h

130BF666.10

8

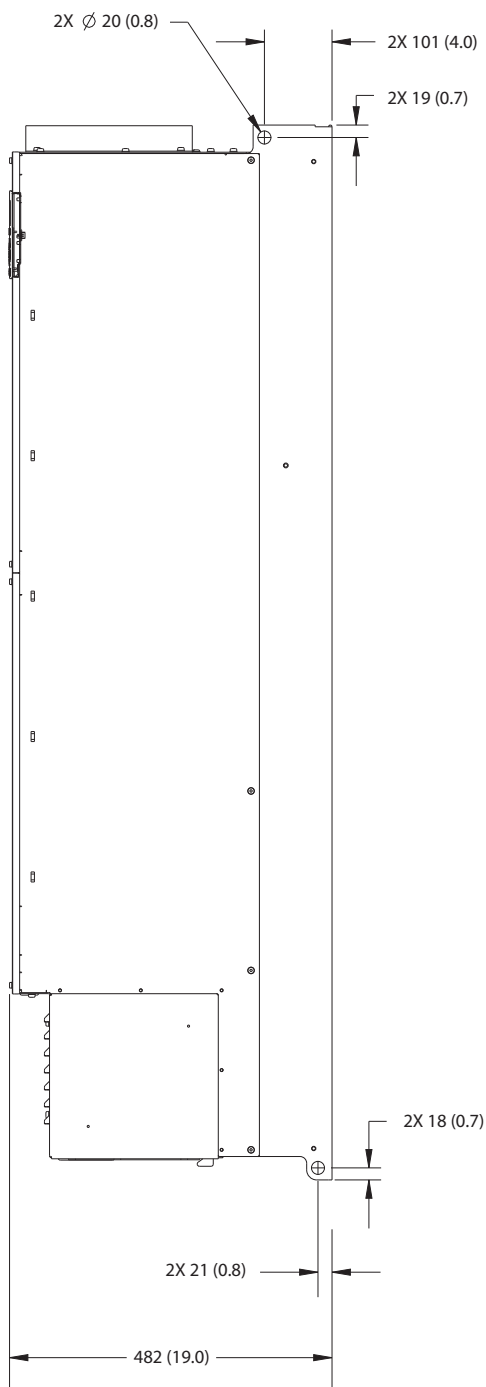
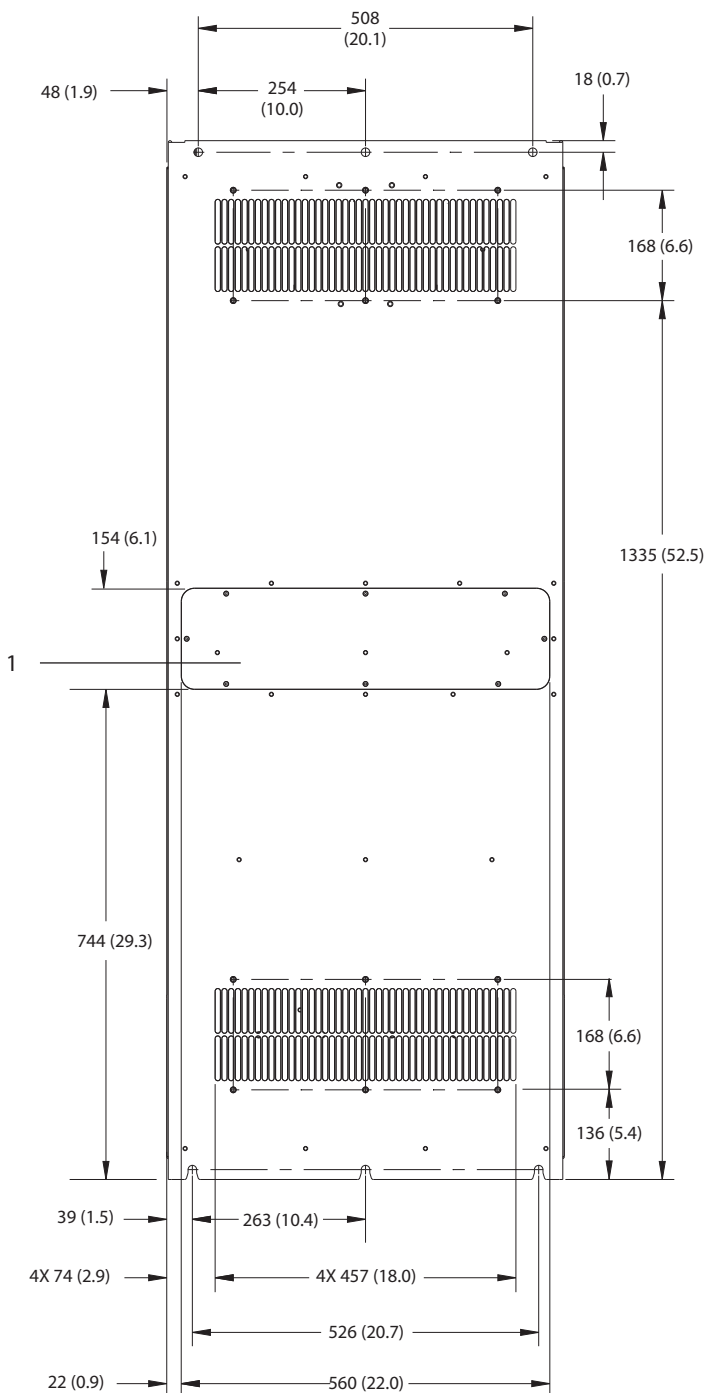


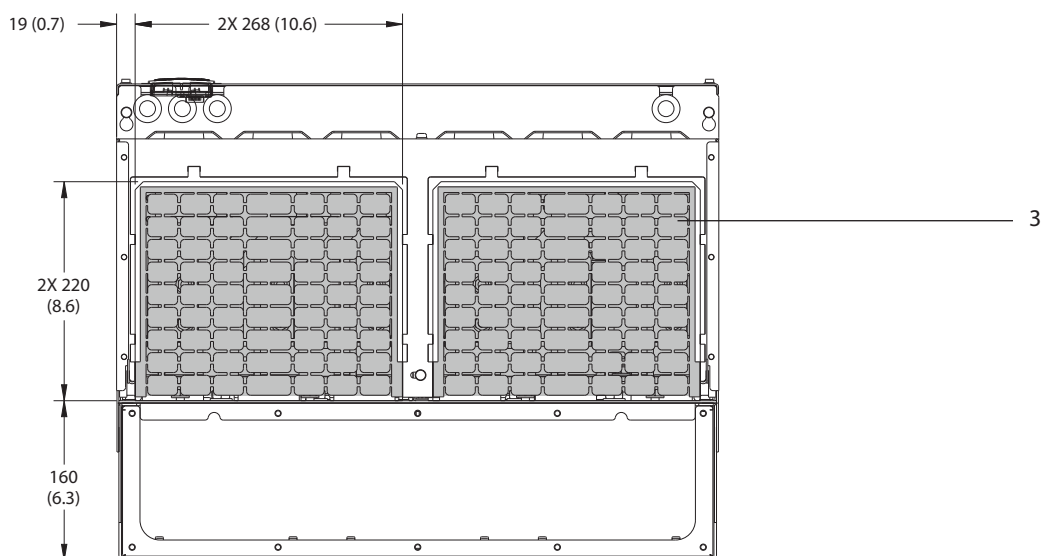
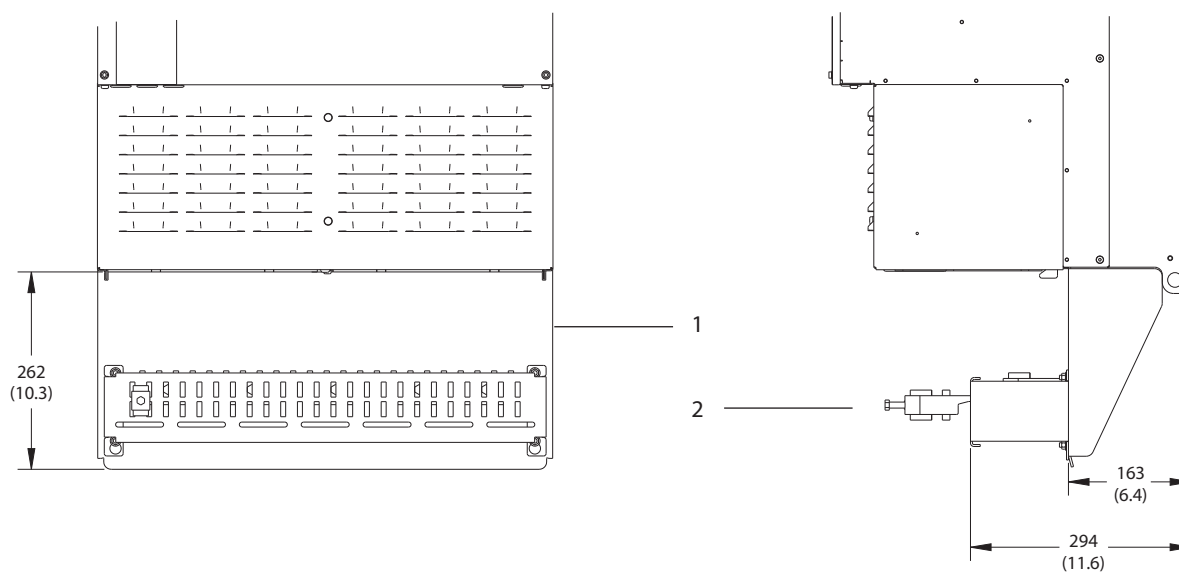
Рисунок 8.21 Вид сбоку E4h

8



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

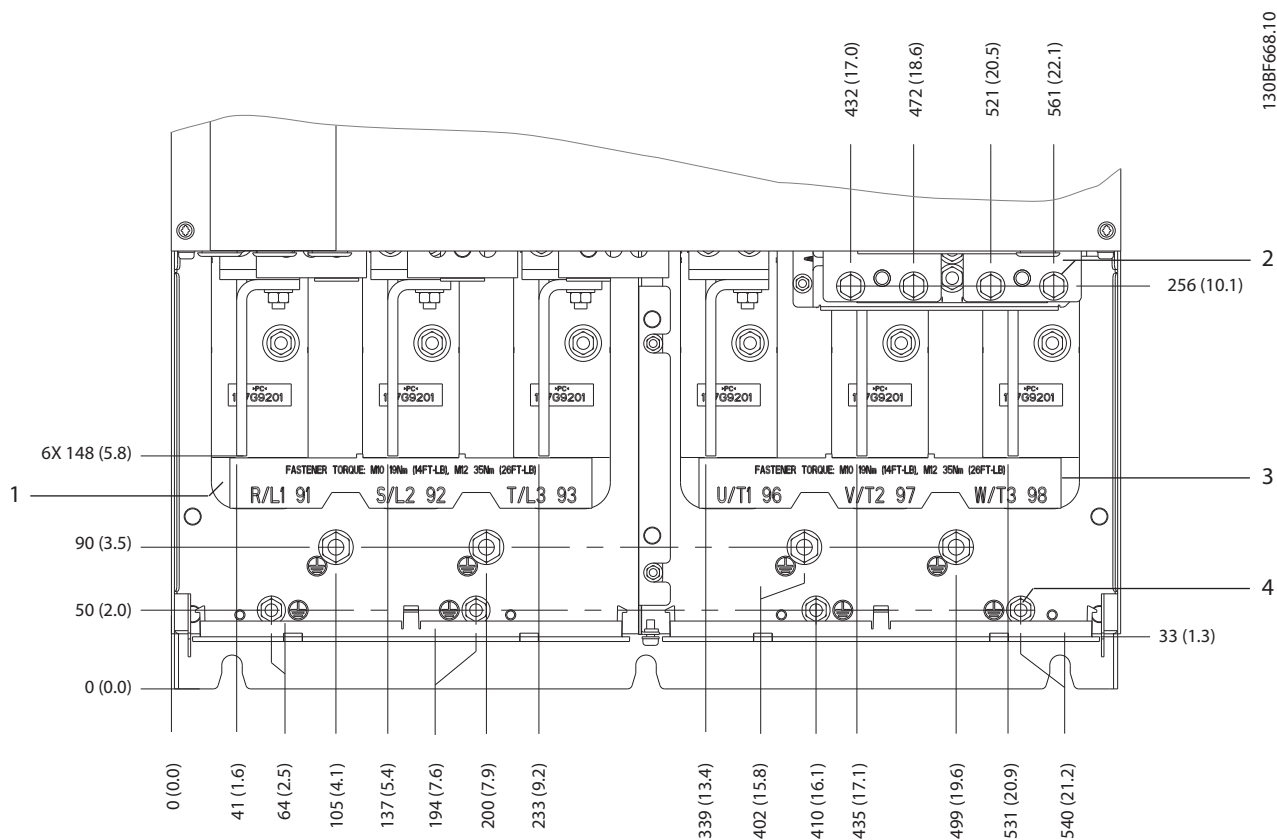
Рисунок 8.22 Вид сзади E4h



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



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)

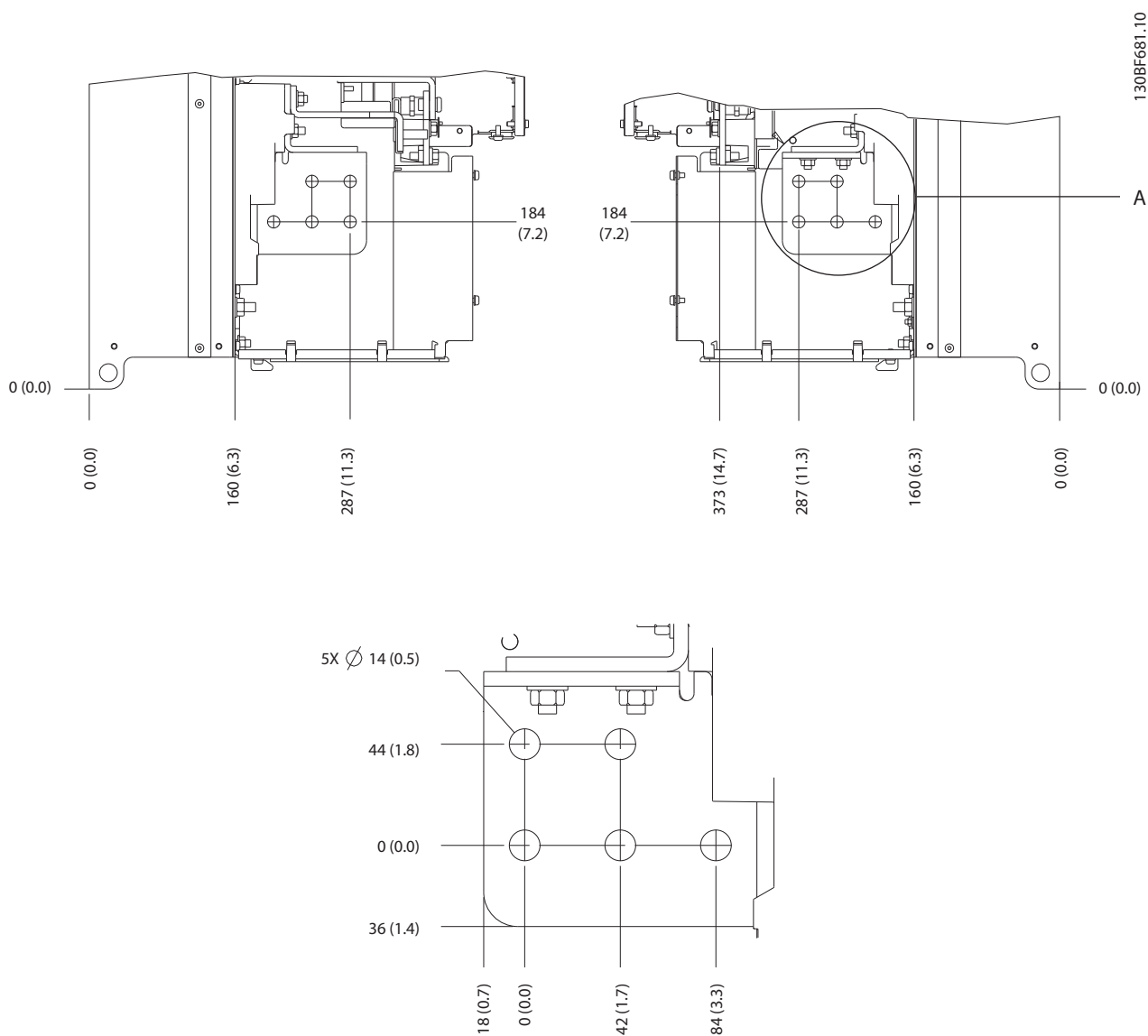
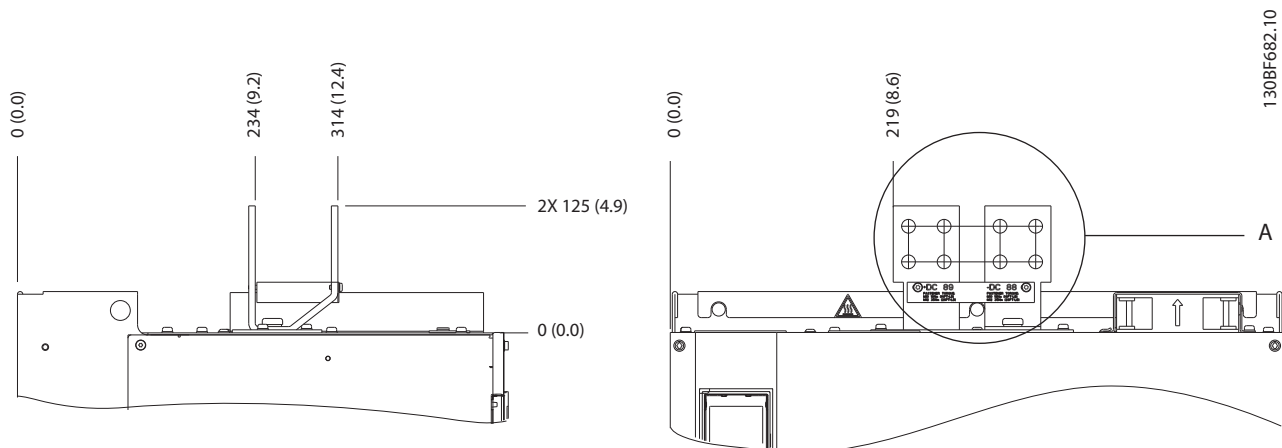


Рисунок 8.25 Размеры клемм подключения сети питания, двигателя и заземления в корпусе E4h (вид сбоку)



8

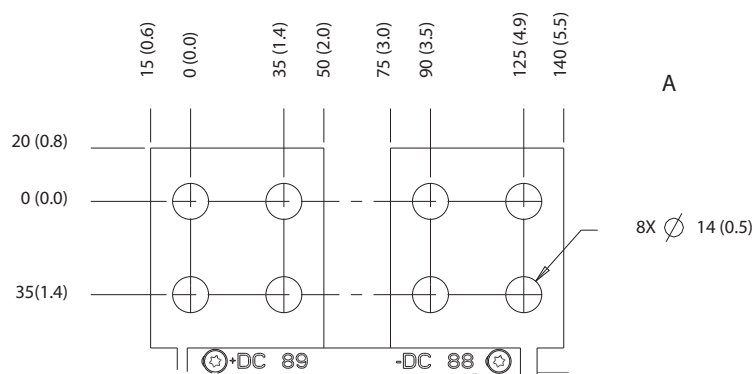


Рисунок 8.26 Размеры клемм подключения цепи разделения нагрузки/рекуперации в корпусе E4h

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.

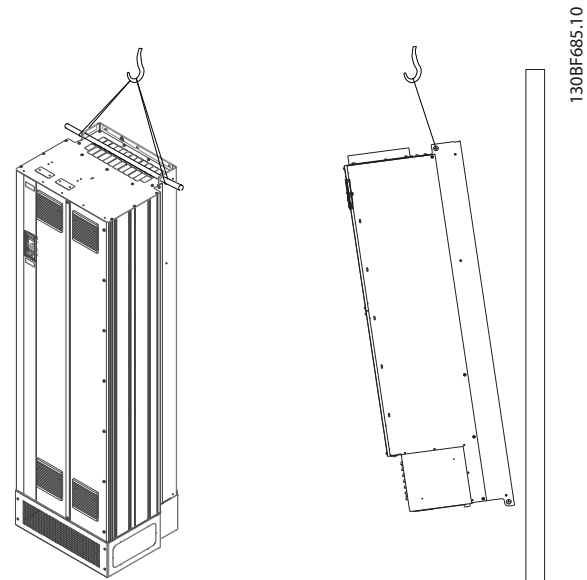


Рисунок 9.1 Рекомендуемый способ подъема

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. Требования к окружающей среде 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**

Преобразователи частоты 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.¹⁾
 - Горизонтально на задней поверхности, на задней пластине панели.¹⁾
 - Горизонтально, на боковой поверхности, монтаж на нижней пластине панели.¹⁾
- Убедитесь, что место, подготовленное для монтажа, выдержит массу устройства.
- Убедитесь, что вокруг устройства достаточно пространства для надлежащего охлаждения. См. глава 5.8 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 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 1000 м (3300 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 ³ /ч (куб. см в мин)]	Вентилятор радиатора [м ³ /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.

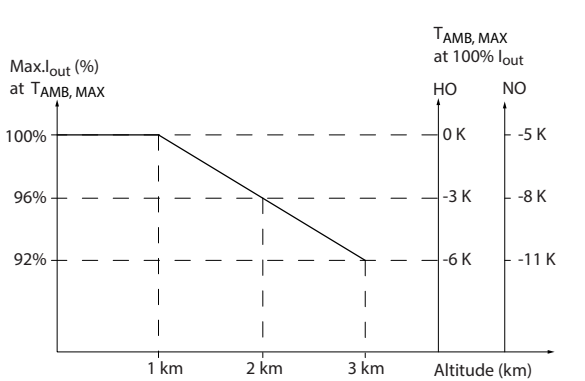


Рисунок 9.2 Снижение выходного тока в зависимости от высоты над уровнем моря при температуре окружающей среды T_{AMB,MAX}

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_{AMB,MAX} — 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 °C (131 °F) T_{AMB,MAX} и 50 °C (122 °F) T_{AMB,AVG}).

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

Корпус	Метод коммутации	Высокая перегрузка (HO), 150 %	Нормальная перегрузка (NO), 110 %
E1h-E4h N355-N560 380-480 В	60 AVM		
	SFAVM		

Таблица 9.3 Таблицы снижения номинальных характеристик для преобразователей частоты с номинальным напряжением 380-480 В

Корпус	Метод коммутации	Высокая перегрузка (HO), 150 %	Нормальная перегрузка (NO), 110 %
E1h-E4h N450-N800 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

Индукционное 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).

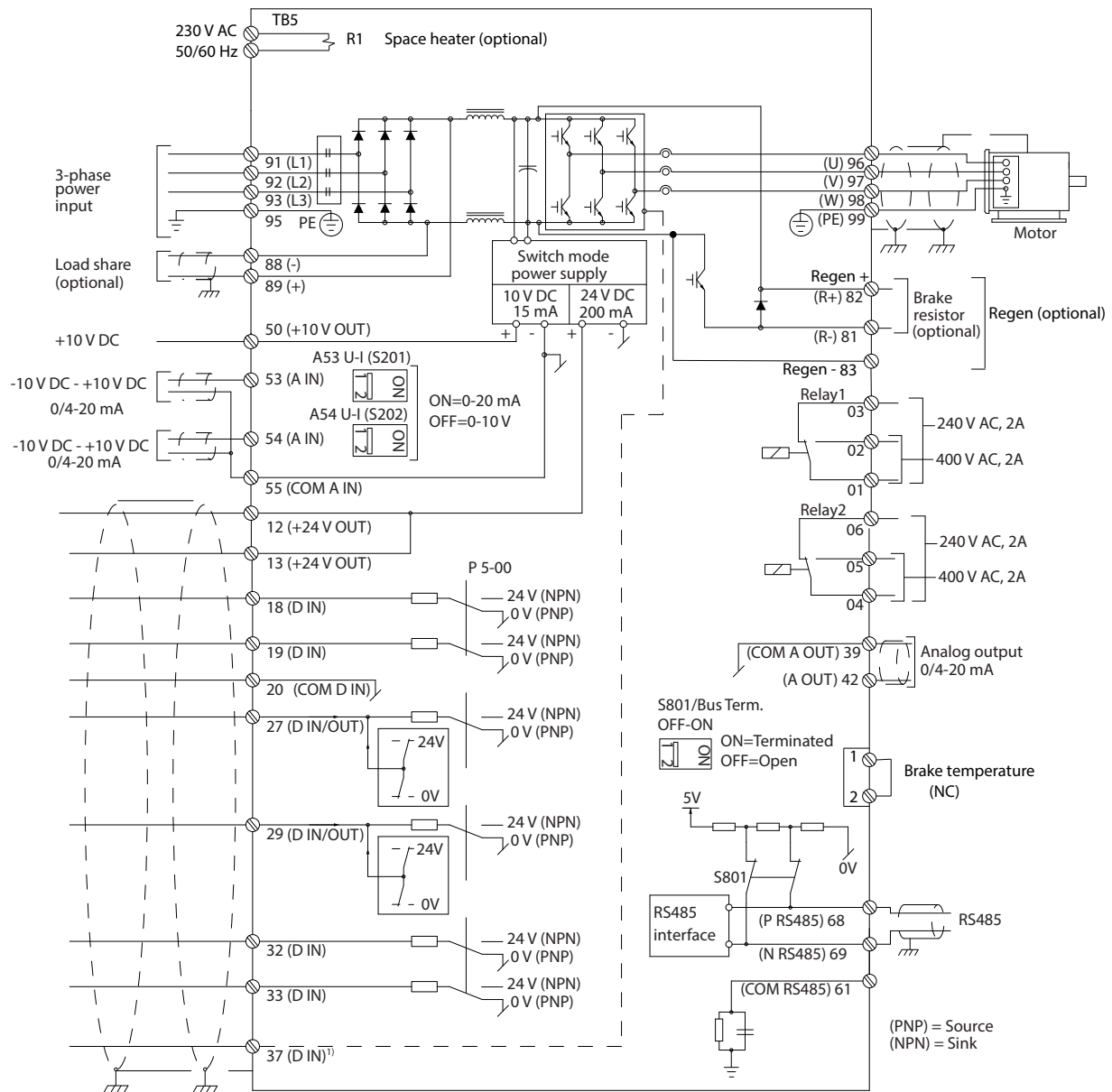
Рекомендуемые типы и размеры проводов см. в *глава 7.6 Технические характеристики кабелей*.

▲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 проводки в E1h-E4h



130BFF111.11

10

Рисунок 10.1 Схема проводки в E1h-E4h

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*. Для правильного определения поперечного сечения и длины кабеля двигателя см. *глава 7.1 Электрические характеристики, 380–480 В* и *глава 7.2 Электрические характеристики, 525–690 В*.

Если блок не имеет встроенных предохранителей, для защиты преобразователя частоты 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.

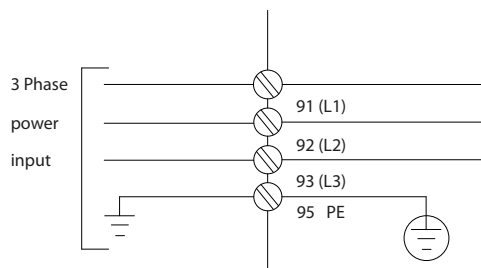


Рисунок 10.2 Подключение кабеля электропитания

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. Для получения дополнительных сведений 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*.

1308A026.10

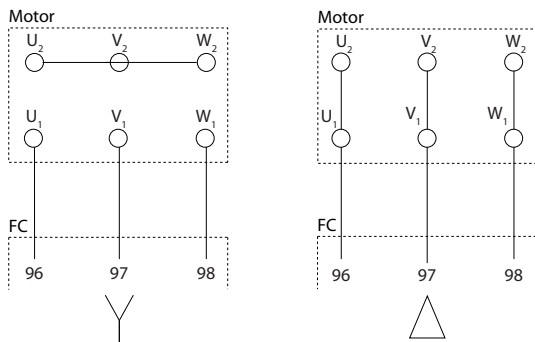
Клемма	96	97	98	99	
-	U	V	W	PE ¹⁾	Напряжение двигателя, 0–100 % напряжения сети. 3 провода от двигателя.
-	U1	V1	W1	PE ¹⁾	Соединение по схеме треугольника. 6 проводов от двигателя.
-	W2	U2	V2		
-	U1	V1	W1	PE ¹⁾	Соединение по схеме звезды: U2, V2, W2 U2, V2 и W2 соединяются отдельно.

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 5.6 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.

10.4 Проводка и клеммы элементов управления

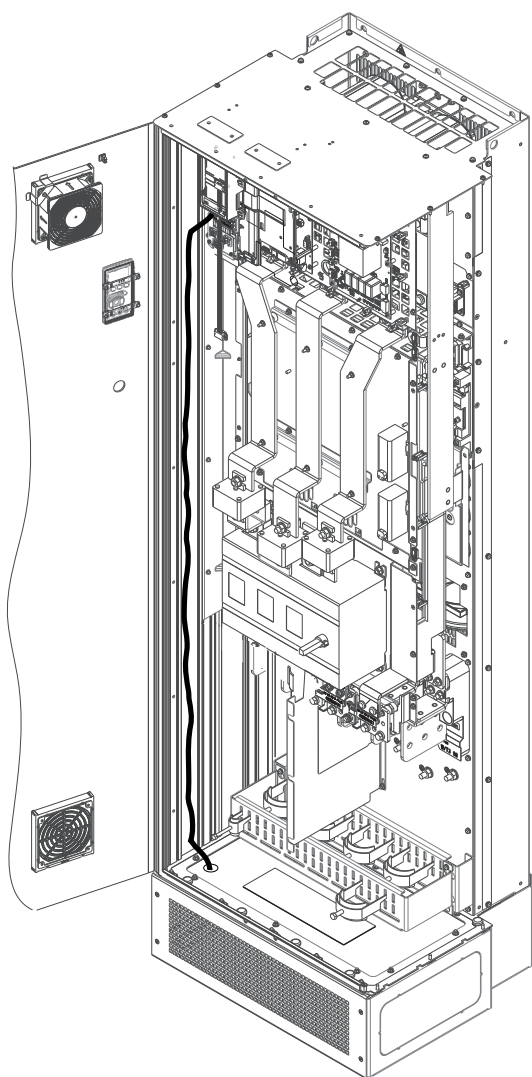
10.4.1 Прокладка кабелей управления

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*.

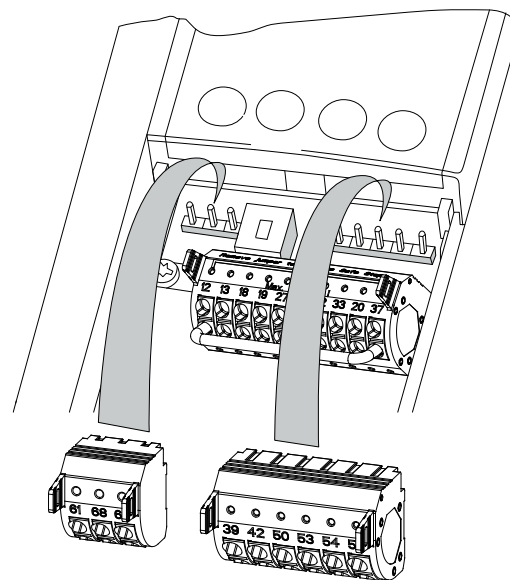


E30BF888.10

Рисунок 10.4 Маршрут прокладки проводки платы управления

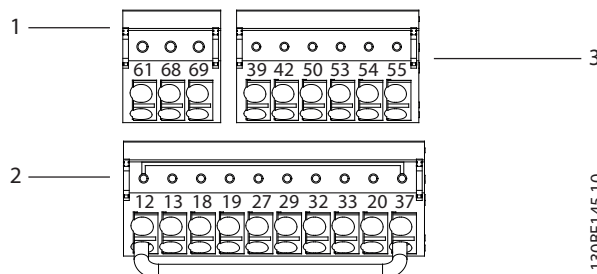
10.4.2 Клеммы управления

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



130BF144.10

Рисунок 10.5 Расположение клемм управления



130BF145.10

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. Руководство по проектированию VLT® AQUA Drive FC 202 110–1 400 кВт.
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.

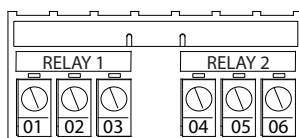
Клеммы цифровых входов/выходов			
Клемма	Параметр	Установка по умолчанию	Описание
18	Параметр 5-10 Клемма 18, цифровой вход	[8] Пуск	Цифровые входы.
19	Параметр 5-11 Клемма 19, цифровой вход	[10] Реверс	
32	Параметр 5-14 Клемма 32, цифровой вход	[0] Не используется	
33	Параметр 5-15 Клемма 33, цифровой 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.

Клеммы аналоговых входов/выходов			
Клемма	Параметр	Установка по умолчанию	Описание
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 Описания клемм аналоговых входов/выходов

Клеммы реле:


130BF156.10

Рисунок 10.7 Клеммы реле 1 и реле 2

- Реле 1 и реле 2. Расположение выходов зависит от конфигурации преобразователя частоты. См. *руководство по эксплуатации*.
- 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
380–480	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
380–480	315–400	42000	Автоматический выключатель
		100000	Предохранитель Class L, 800 А
380–480	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

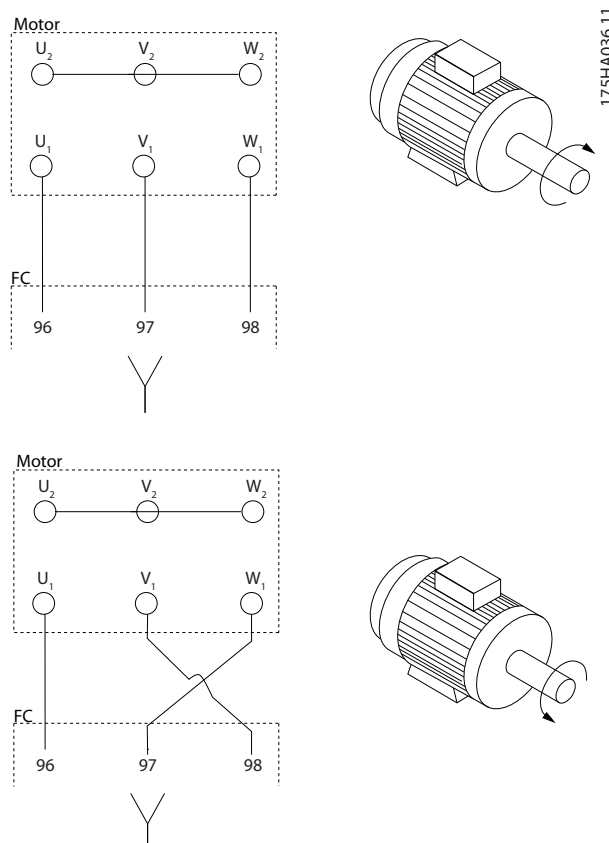


Рисунок 10.8 Изменение направления вращения двигателя

- 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.

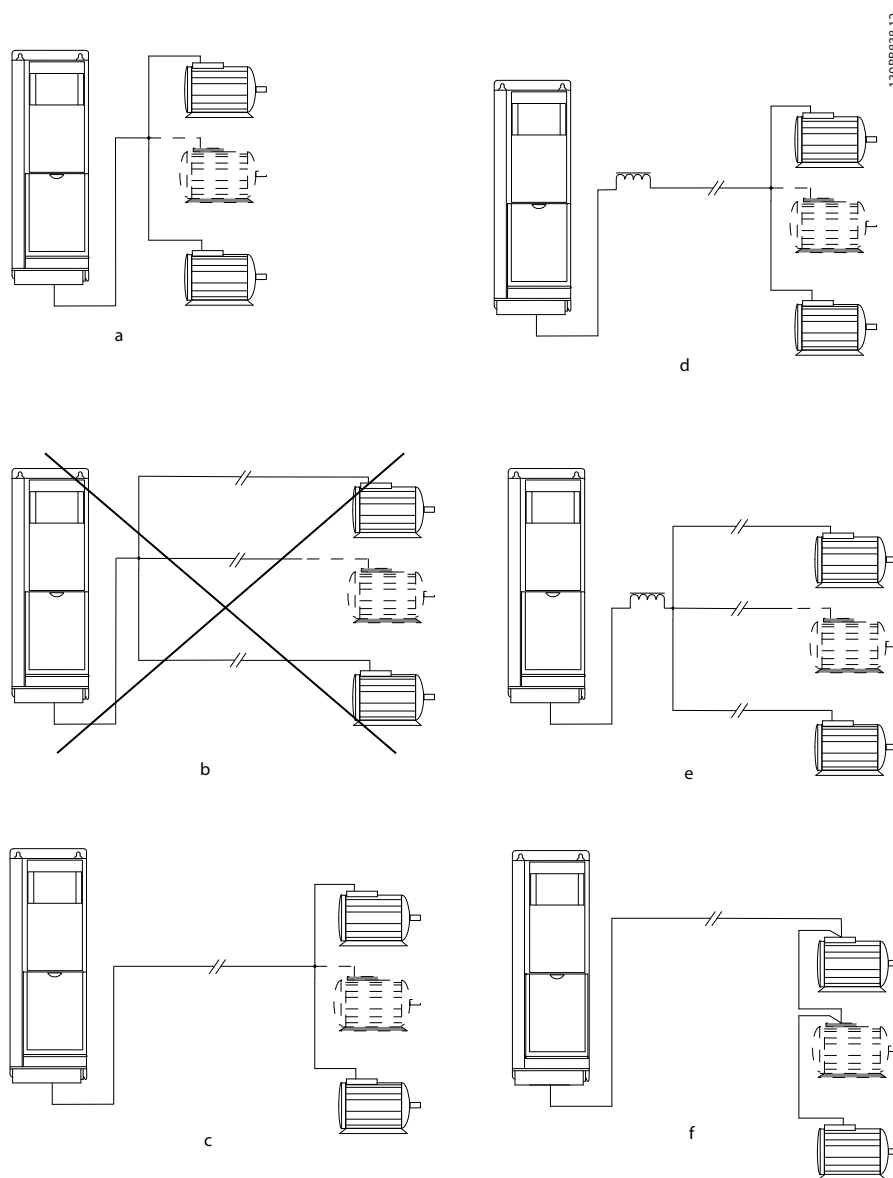
Когда для параметр 1-90 Тепловая защита двигателя установлено значение [20] ЭТР в соотв. с АTEX и используется MCB 112, двигателем Ex-e можно управлять во взрывоопасных зонах. Подробнее о настройке электродвигателей Ex-e с целью обеспечения безопасной работы см. руководство по программированию.

10.6.3 Параллельное соединение двигателей

Преобразователь частоты может управлять несколькими параллельно соединенными двигателями. Различные 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⁺.
- Общий ток, потребляемый двигателями, не должен превышать номинального выходного тока преобразователя частоты I_{inv}.
- 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.



10

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. 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.
- Правильное выполнение процедур монтажа.
 - Убедитесь, что двигатель и нагрузка соответствуют друг другу.
 - Четкое соблюдение рекомендаций 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

В некоторых применениях, например, в системах вентиляции туннелей и станций метро, может возникнуть необходимость останавливать двигатель гораздо быстрее, нежели это обеспечивается регулировкой в режиме замедления или свободного вращения. В этих случаях обычно используется динамическое торможение с помощью тормозного резистора. Применение тормозного резистора обеспечивает поглощение выделяемой энергии в тормозном резисторе, а не в преобразователе частоты. Подробнее см. *Руководство по проектированию тормозных резисторов VLT® 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:

Рабочий цикл = t_b/T

T — время цикла в секундах

t_b — время торможения в секундах (за время цикла)

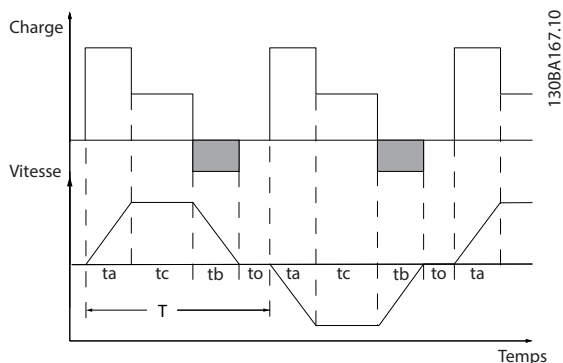


Рисунок 10.10 Типичный цикл торможения

		Типоразмер по мощности				
		N355	N400	N450	N500	N560
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, 380–480 В

		Типоразмер по мощности					
		N450	N500	N560	N630	N710	N800
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	600
	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%-й рабочий цикл, тормозные резисторы поглощают мощность торможения в течение 10 % времени цикла. Оставшиеся 90 % времени цикла используются для рассеяния избыточного тепла.

УВЕДОМЛЕНИЕ

Убедитесь, что резистор подходит для обработки требуемого времени торможения.

Максимально допустимая нагрузка на 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)
380–480 В ¹⁾	810 В	828 В	855 В
525–690 В	1 084 В	1 109 В	1 130 В

Таблица 10.13 Пределы торможения FC 202

Размер	Тормоз активен	Предупреждение перед отключением	Отключение (аварийное отключение)
380–480 В ¹⁾	810 В	828 В	855 В
525–690 В	1 084 В	1 109 В	1 130 В

Таблица 10.14 Пределы торможения FC 202

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 .

Danfoss рекомендует использовать величину тормозного сопротивления $R_{\text{рек.}}$. 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 η_{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 (т. е. когда для параметра *параметр 1-10 Конструкция двигателя* установлено значение [1] *Неявнополюс. 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. *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

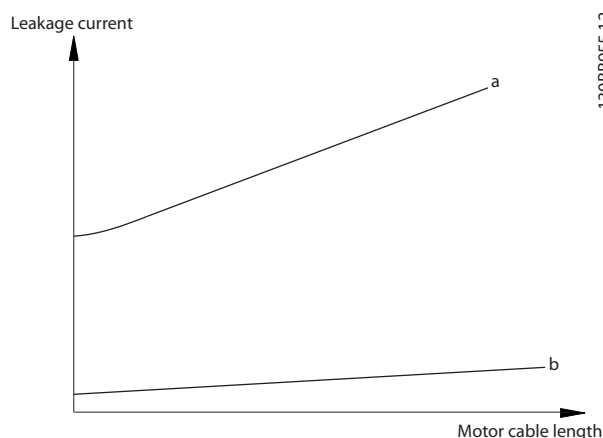


Рисунок 10.11 Влияние длины кабеля двигателя и типоразмера по мощности на ток утечки. Типоразмер по мощности a > типоразмера по мощности b

Ток утечки зависит также от линейных искажений.

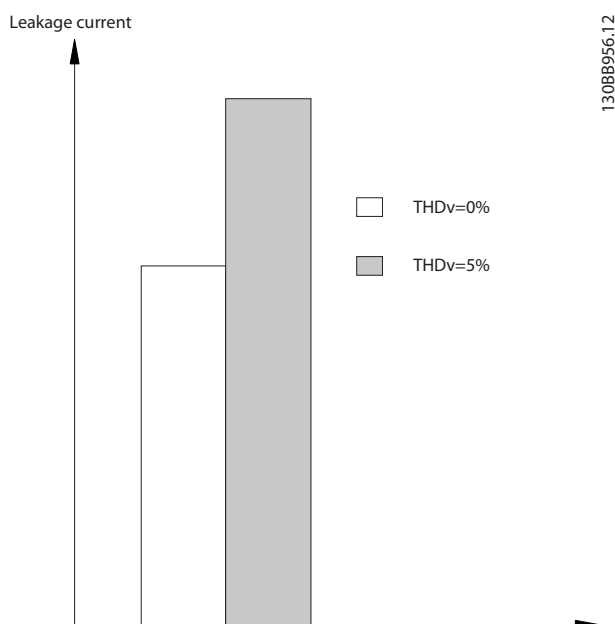


Рисунок 10.12 Влияние искажения в цепи на ток утечки

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 мм² (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.

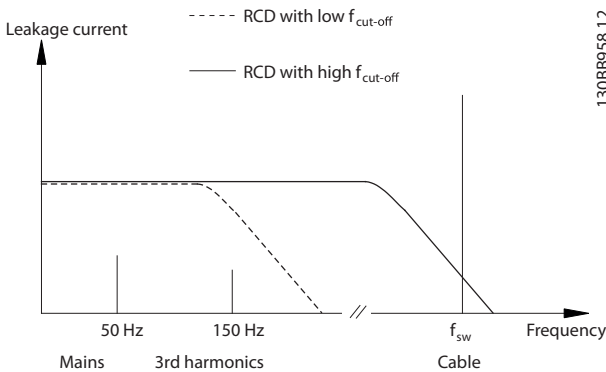


Рисунок 10.13 Основные источники тока утечки

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

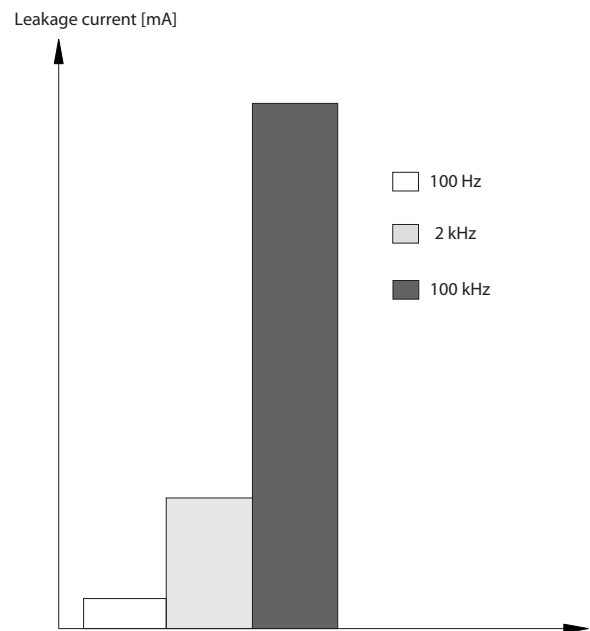


Рисунок 10.14 Влияние предельной частоты датчиков остаточного тока (RCD) на ток утечки

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, переключатель фильтра ВЧ-помех рекомендуется перевести в положение выключения с помощью параметр 14-50 Фильтр ВЧ-помех на преобразователе 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 футов), Danfoss рекомендует установить для параметр 14-50 Фильтр ВЧ-помех значение [Вкл.]. См. также Примечание к VLT® в сети IT (Application Note, VLT® on IT Mains). 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 IT-сети.

10.11 КПД

КПД преобразователя частоты (η_{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.

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 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, 380–480 В* и *глава 7.2 Электрические характеристики, 525–690 В*.

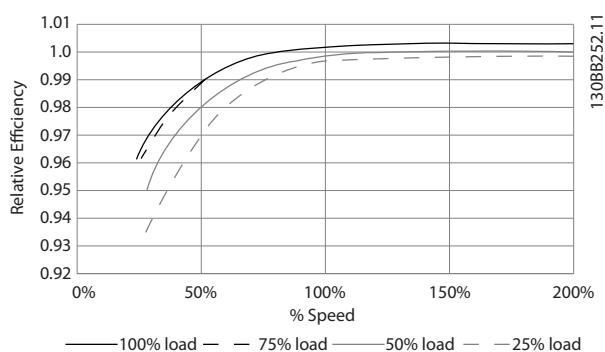


Рисунок 10.15 Типичные кривые КПД

Пример. Предположим наличие преобразователя 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 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 (η_{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 10.15*.

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

Таблица 10.15 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 таблицах с *Таблица 10.16* по *Таблица 10.21*, 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 таблицах с *Таблица 10.16* по *Таблица 10.21*, не соответствуют требованиям, предъявляемым к двигателям общего назначения в NEMA MG 1-1998, часть 30.2.2.8.

380–480 В

Мощность [кВт (л. с.)]	Длина кабеля [м (фут)]	Напряжение сети [В]	Время нарастания [мкс]	Пиковое напряжение [В]	dU/dt [В/мкс]
355–450 (500–600)	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
500–560 (650–750)	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 10.16 Результат испытания dU/dt по стандарту NEMA для корпусов E1h–E4h с неэкранированными кабелями и без использования выходного фильтра, 380–480 В

Мощность [кВт (л. с.)]	Длина кабеля [м (фут)]	Напряжение сети [В]	Время нарастания [мкс]	Пиковое напряжение [В]	dU/dt [В/мкс]
355–450 (500–600)	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
500–560 (650–750)	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

Таблица 10.17 Результат испытания dU/dt по стандарту IEC для корпусов E1h–E4h с неэкранированными кабелями и без использования выходного фильтра, 380–480 В

Мощность [кВт (л. с.)]	Длина кабеля [м (фут)]	Напряжение сети [В]	Время нарастания [мкс]	Пиковое напряжение [В]	dU/dt [В/мкс]
355–450 (500–600)	5 (16)	460	0,17	1017	3176
	30 (98)	460	–	–	–
	150 (492)	460	0,41	1268	1311
500–560 (650–750)	5 (16)	460	0,17	1042	3126
	30 (98)	460	–	–	–
	150 (492)	460	0,22	1233	2356

Таблица 10.18 Результат испытания dU/dt по стандарту NEMA для корпусов E1h–E4h с экранированными кабелями и без использования выходного фильтра, 380–480 В

Мощность [кВт (л. с.)]	Длина кабеля [м (фут)]	Напряжение сети [В]	Время нарастания [мкс]	Пиковое напряжение [В]	dU/dt [В/мкс]
355–450 (500–600)	5 (16)	460	0,26	1017	3128
	30 (98)	460	–	–	–
	150 (492)	460	0,70	1268	1448
500–560 (650–750)	5 (16)	460	0,27	1042	3132
	30 (98)	460	–	–	–
	150 (492)	460	0,52	1233	1897

Таблица 10.19 Результат испытания dU/dt по стандарту IEC для корпусов E1h–E4h с экранированными кабелями и без использования выходного фильтра, 380–480 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]
450–630 (450–650)	30 (98)	690	0,37	1625	3494
	50 (164)	690	0,86	2030	1895
710–800 (750–950)	5 (16)	690	0,25	1212	3850
	20 (65)	690	0,33	1525	3712
	50 (164)	690	0,82	2040	1996

Таблица 10.20 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]
450–630 (450–650)	5 (16)	690	0,23	1450	5217
	48 (157)	690	0,38	1637	3400
	150 (492)	690	0,94	1762	1502
710–800 (750–950)	5 (16)	690	0,26	1262	3894
	48 (157)	690	0,46	1625	2826
	150 (492)	690	0,94	1710	1455

Таблица 10.21 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)

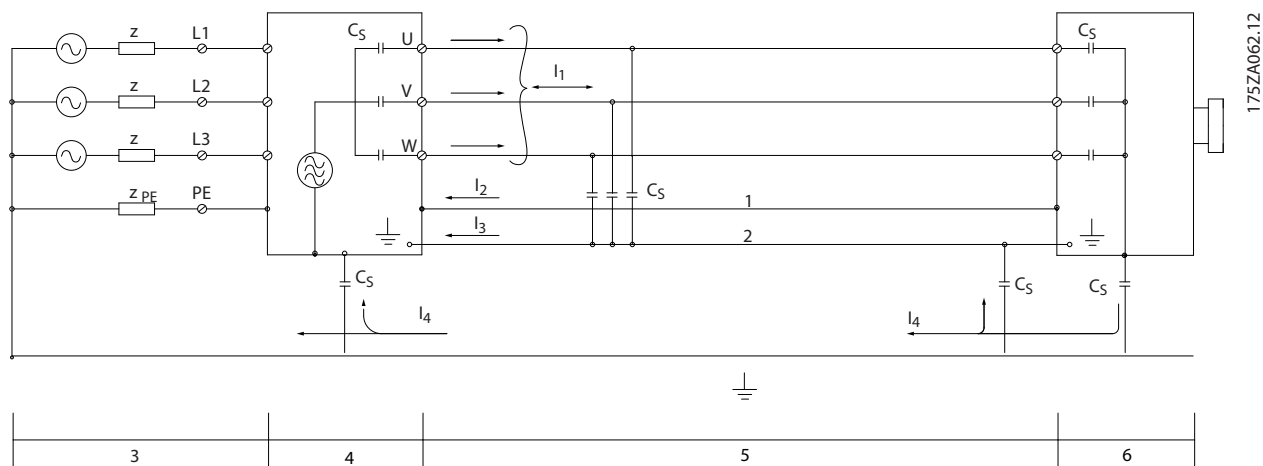
Электрические устройства и формируют помехи, и сами подвергаются воздействию помех, возникших в других источниках. Электромагнитная совместимость (ЭМС) таких эффектов зависит от мощности и гармонических характеристик этих устройств.

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 проводниками 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 (I1) возвращается в устройство через защитное заземление (I3), то экранированный кабель двигателя создает только небольшое электромагнитное поле (I4). Экран ограничивает излучаемые помехи, но увеличивает низкочастотные помехи в сети.



1	Провод заземления	Cs	Возможные шунтирующие пути паразитной емкости (меняются в зависимости от установки)
2	Экран	I1	Синфазный ток утечки
3	Питание от сети перем. тока	I2	Экранированный кабель двигателя
4	Преобразователь частоты	I3	Защитное заземление (четвертый провод в кабелях подключения двигателя)
5	Экранированный кабель двигателя	I4	Нежелательный синфазный ток
6	Двигатель	-	-

Рисунок 10.16 Электрическая модель с возможными токами утечки

10

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 Жилые и офисные помещения	Категория С2 Условия эксплуатации 1 Жилые и офисные помещения	Категория С3 Условия эксплуатации 2 Промышленные условия	Категория С1 Условия эксплуатации 1 Жилые и офисные помещения	Категория С2 Условия эксплуатации 1 Жилые и офисные помещения
H2						
FC 102	355–560 кВт, 380–480 В	Нет	Нет	150 м (492 фута)	Нет	Нет
	450–800 кВт 525–690 В	Нет	Нет	150 м (492 фута)	Нет	Нет
H4						
FC 102	355–560 кВт, 380–480 В	Нет	150 м (492 фута)	150 м (492 фута)	Нет	Да
	450–800 кВт 525–690 В	Нет	30 м (98 футов)	150 м (492 фута)	Нет	Нет

Таблица 10.22 Результаты испытаний на ЭМС (излучение помех и помехоустойчивость)

УВЕДОМЛЕНИЕ

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 10.23*.

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"> • Напряжение питания, равное или превышающее 1 000 В • Номинальный ток, равный или превышающий 400 А • Предназначенные для использования в сложных системах 	Ограничительный предел отсутствует. Требуется планирование соответствия требованиям ЭМС.

Таблица 10.23 Требования по излучению

Если используются базовые стандарты на излучение, преобразователи частоты должны соответствовать Таблица 10.24.

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 10.24 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), экранированного кабеля управления, блока управления с потенциометром, кабеля двигателя и двигателя. Испытания проводились в соответствии со следующими базовыми стандартами. Подробнее см. Таблица 10.25.

- **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.

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 Вэфф.
Двигатель	4 кВ СМ	4 кВт/2 Ом ¹⁾	–	–	10 Вэфф.
Тормоз	4 кВ СМ	4 кВт/2 Ом ¹⁾	–	–	10 Вэфф.
Разделение нагрузки	4 кВ СМ	4 кВт/2 Ом ¹⁾	–	–	10 Вэфф.
Цепи управления	2 кВ СМ	2 кВ/2 Ом ¹⁾	–	–	10 Вэфф.
Стандартная шина	2 кВ СМ	2 кВ/2 Ом ¹⁾	–	–	10 Вэфф.
Провода реле	2 кВ СМ	2 кВ/2 Ом ¹⁾	–	–	10 Вэфф.
Дополнительные устройства для системы и периферийной шины	2 кВ СМ	2 кВ/2 Ом ¹⁾	–	–	10 Вэфф.
Кабель для LCP	2 кВ СМ	2 кВ/2 Ом ¹⁾	–	–	10 Вэфф.
Внешнее питание 24 В пост. тока	2 В СМ	0,5 кВ/2 Ом DM 1 кВ/12 Ом СМ	–	–	10 Вэфф.
Корпус	–	–	8 кВ AD 6 кВ CD	10 В/м	–

Таблица 10.25 Форма соответствия требованиям ЭМС по помехозащищенности, диапазон напряжения: 380–480 В, 525–600 В и 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

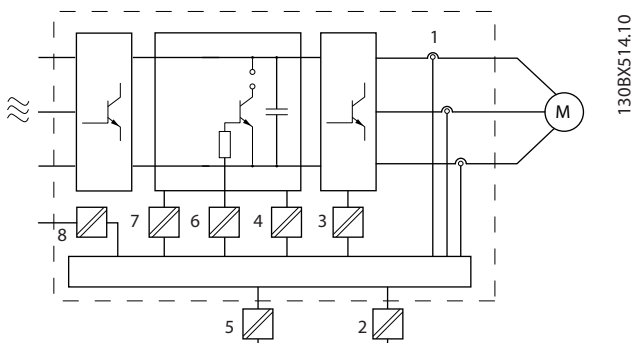
В бытовых условиях описываемые изделия могут стать причиной радиопомех, и этом в случае от пользователя может потребоваться принять соответствующие меры защиты.

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.



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

10.15 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, кабелях 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 крепежные 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).

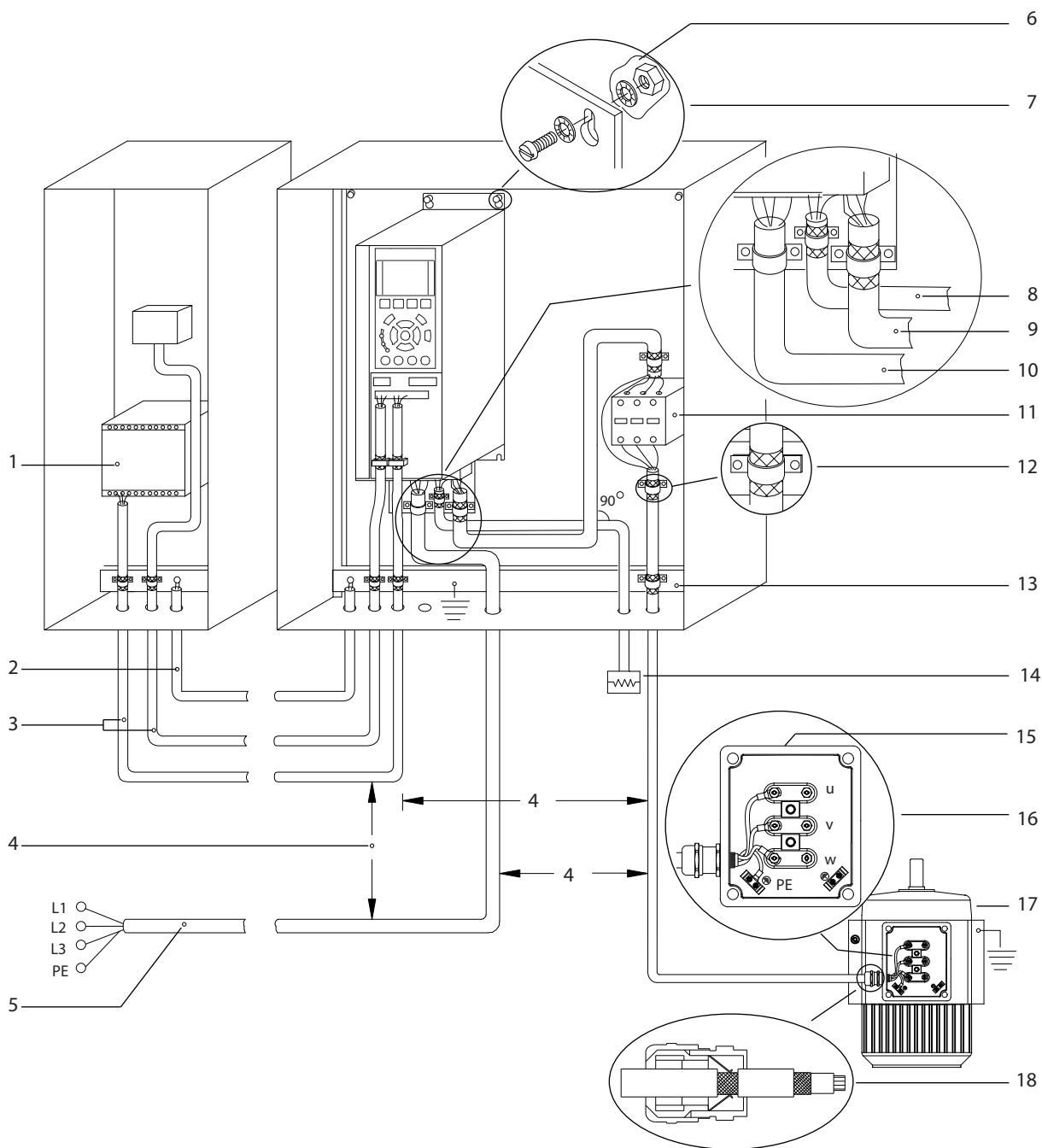
УВЕДОМЛЕНИЕ**УСТАНОВКА НА БОЛЬШОЙ ВЫСОТЕ НА Д
УРОВНЕМ МОРЯ**

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	Уравнительный кабель сечением минимум 16 мм ² (6 AWG)	11	Выходной контактор и т. п.
3	Кабели управления	12	Кабельная изоляция зачищена
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 10.26 Сокращения, относящиеся к гармоникам

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

Таблица 10.27 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 10.28 Токи гармоник в сравнении с эффективным значением входного тока

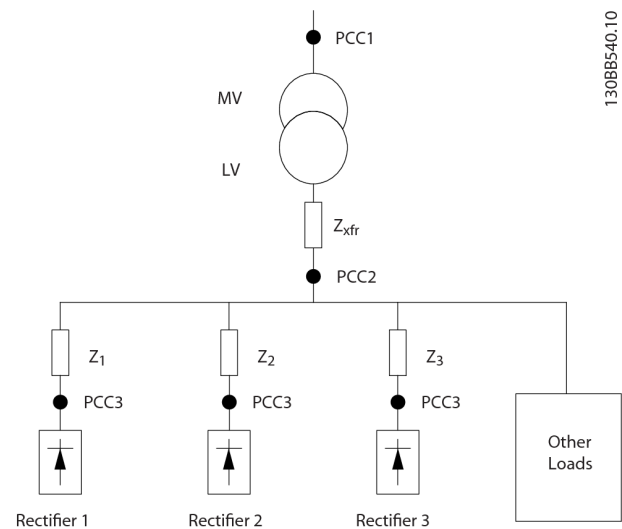
Искажение напряжения питающей сети зависит от величины токов гармоник, которые должны умножаться на импеданс сети для рассматриваемой частоты. Общее

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 подключается 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

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

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

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 увеличивают потери в других нагрузках.

10.16.3 Стандарты IEC 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.

Таблица 10.29 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 $V_{клинии} < 10\%$).

- Общая стоимость владения (начальная стоимость, рентабельность, обслуживание).

Порядок гармоники (h)	Класс 1 (V _h %)	Класс 2 (V _h %)	Класс 3 (V _h %)
5	3	6	8
7	3	5	7
11	3	3,5	5
13	3	3	4,5
17	2	2	4
17 < h ≤ 49	2,27 x (17/h) – 0,27	2,27 x (17/h) – 0,27	4,5 x (17/h) – 0,5

Таблица 10.30 Уровни совместимости для гармоник

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

Таблица 10.31 Уровни совместимости для общего гармонического искажения напряжения THDv

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).

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.

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)

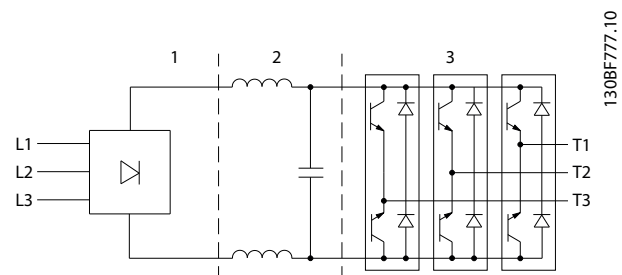
Цепь постоянного тока состоит из катушек индуктивности и конденсаторных батарей, которые стабилизируют импульсное постоянное напряжение.

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⁺, контроль магнитного потока без датчика, контроль магнитного потока с обратной связью от двигателя и внутренний контроль тока VVC⁺).

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.

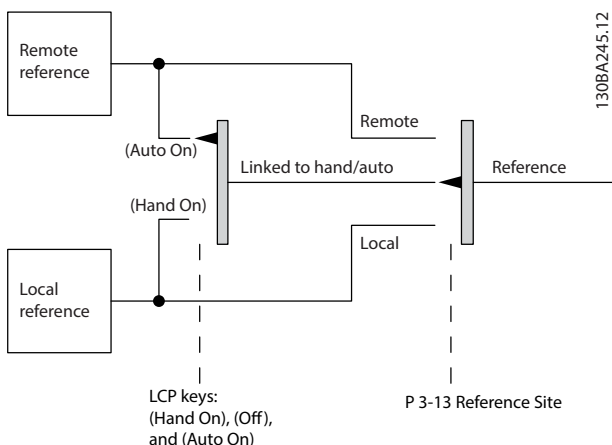


Рисунок 11.2 Выбор активного задания

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.

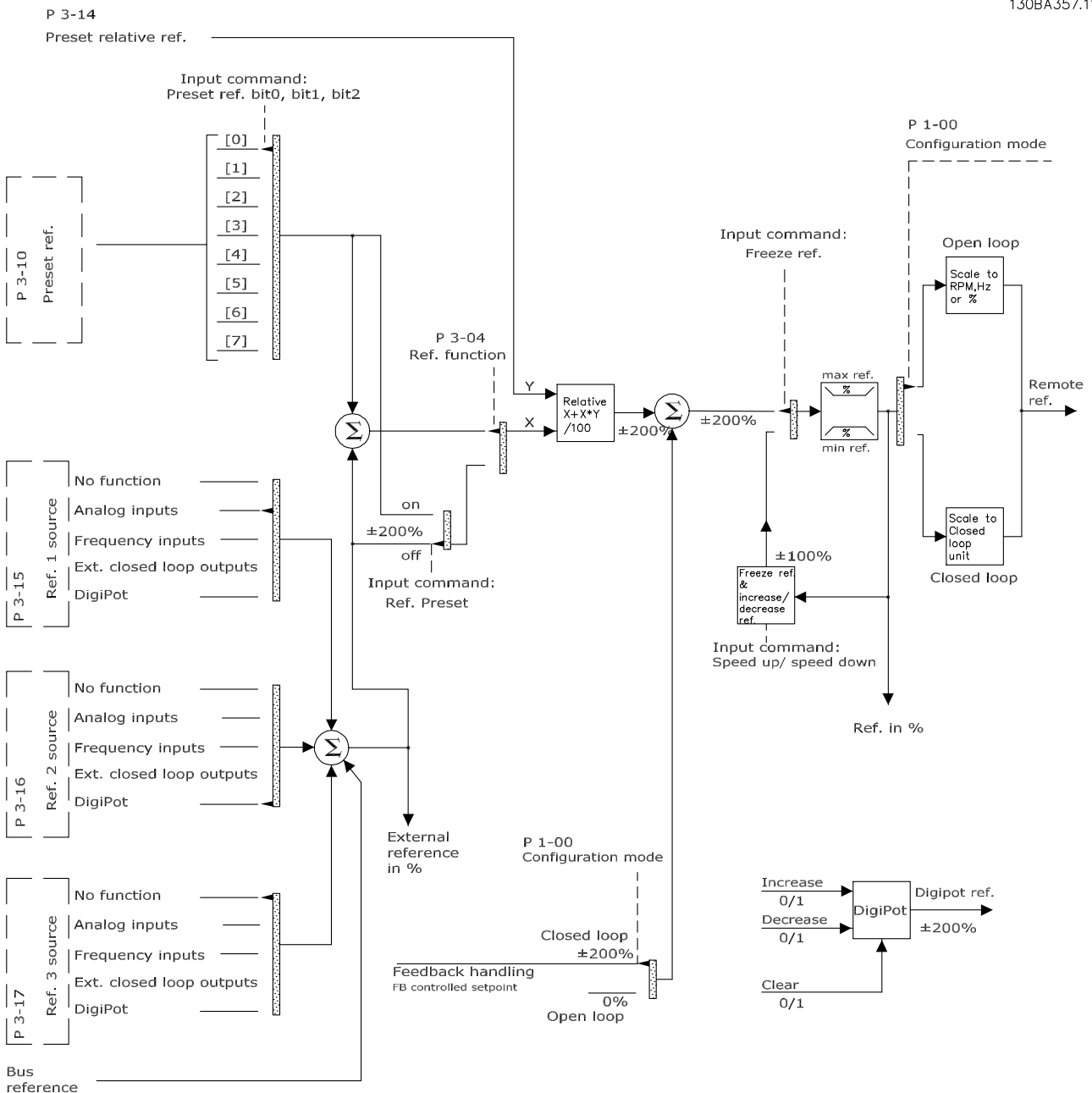


Рисунок 11.3 Дистанционное формирование задания

11.2.3 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 минимум — 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).

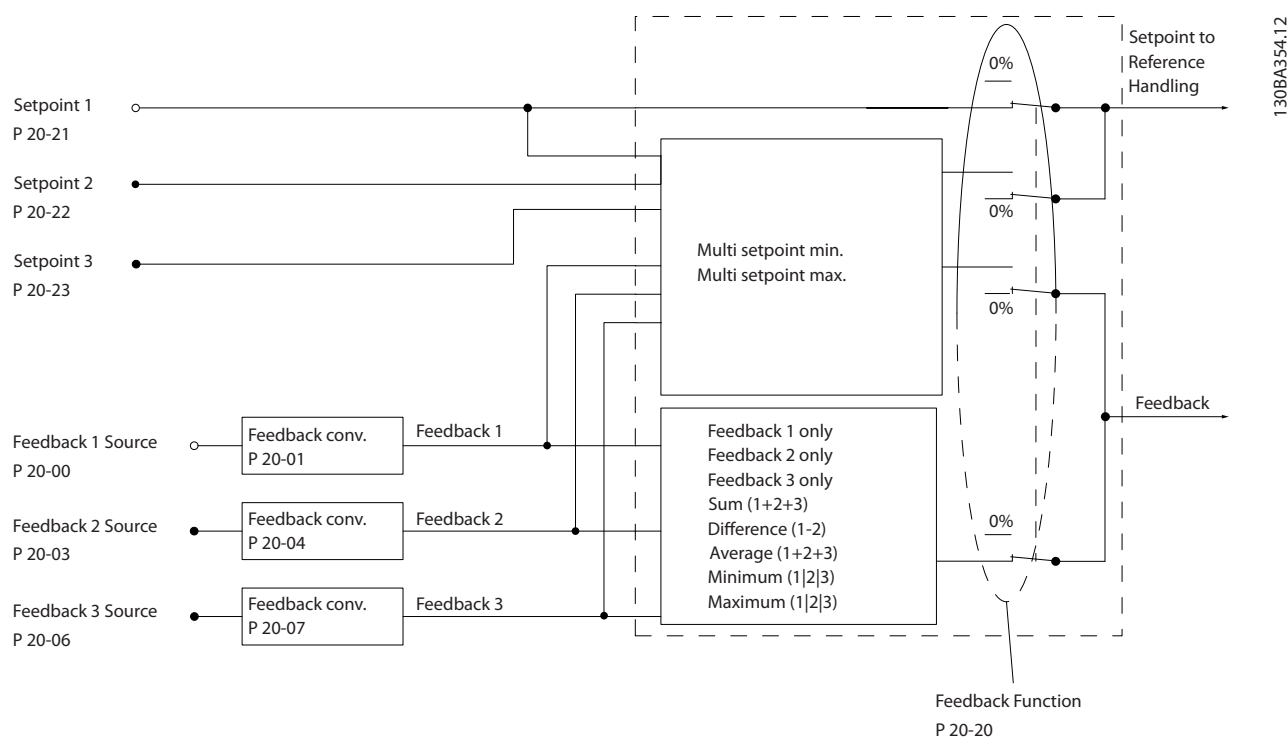
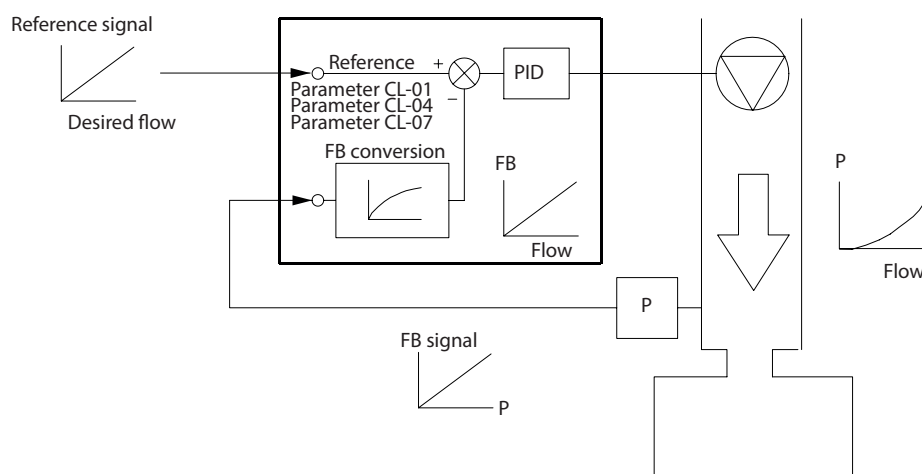


Рисунок 11.4 Блок-схема обработки сигнала обратной связи

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 Обзор 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)
- Усилие при натяжке (Н·м)

Структура управления с замкнутым контуром

- Скорость вращения (об/мин)
- Усилие при натяжке (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 удаленных). Существует 2 типа управления с использованием разомкнутого контура:

- Регулирование скорости. Обратная связь от двигателя отсутствует.
- Регулирование крутящего момента. Используется в режиме VVC⁺. 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.

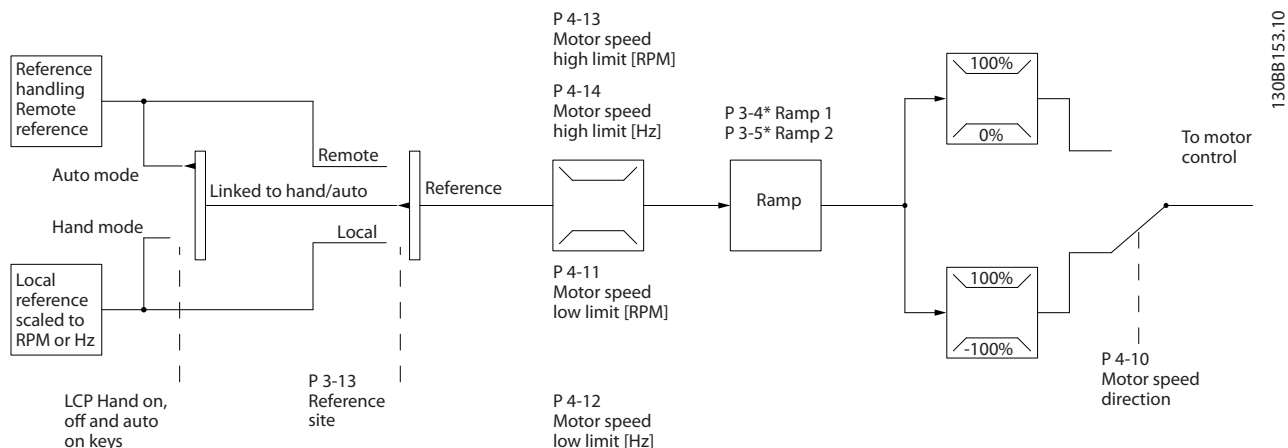


Рисунок 11.6 Блок-схема структуры управления с разомкнутым контуром

11.2.6 Структура управления с замкнутым контуром

В режиме замкнутого контура преобразователь частоты для управления двигателем использует одно или несколько заданий (локальных или удаленных). 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 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 он изменяет скорость двигателя, чтобы компенсировать это рассогласование.

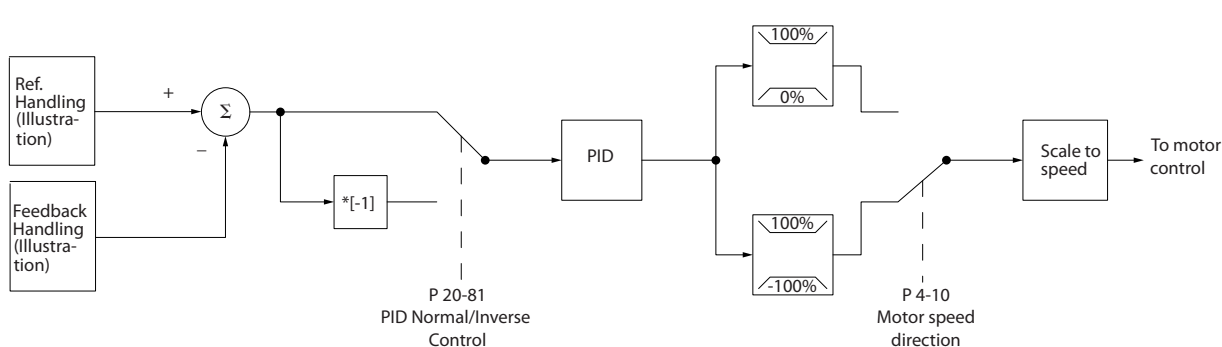
Уставка статического давления является сигналом задания для преобразователя частоты. Датчик давления измеряет текущее статическое давление в трубопроводе и подает измеренное значение на преобразователь частоты в качестве сигнала обратной связи. Если сигнал обратной связи больше задания уставки, преобразователь 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 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.



130BA359.12

Рисунок 11.7 Блок-схема регулятора с замкнутым контуром

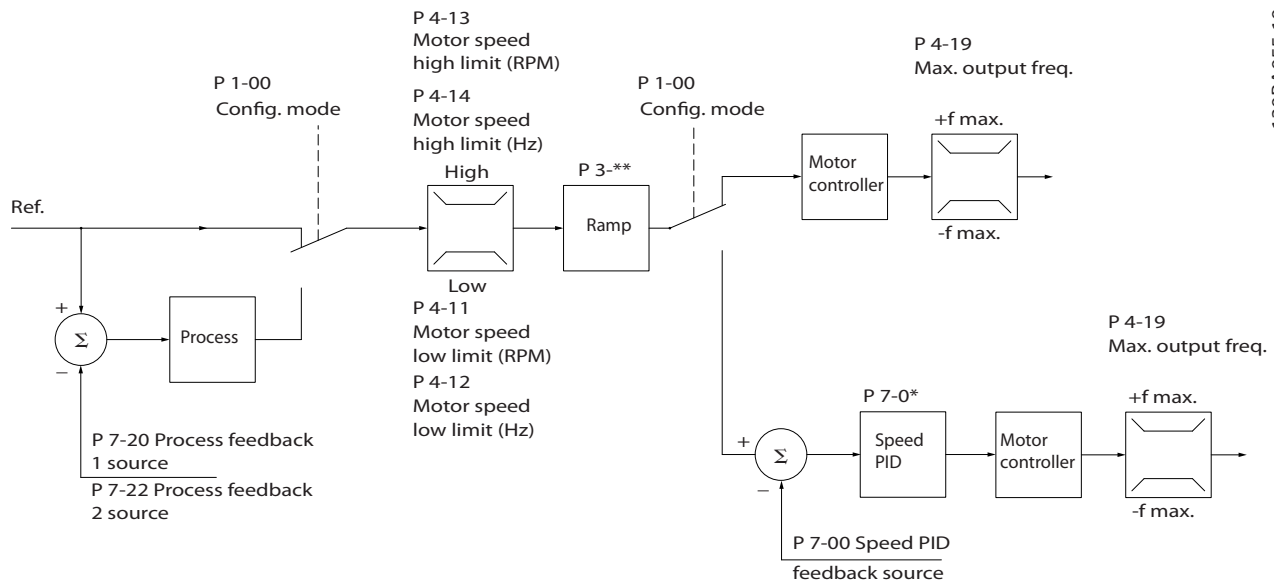
Программируемые функции

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.

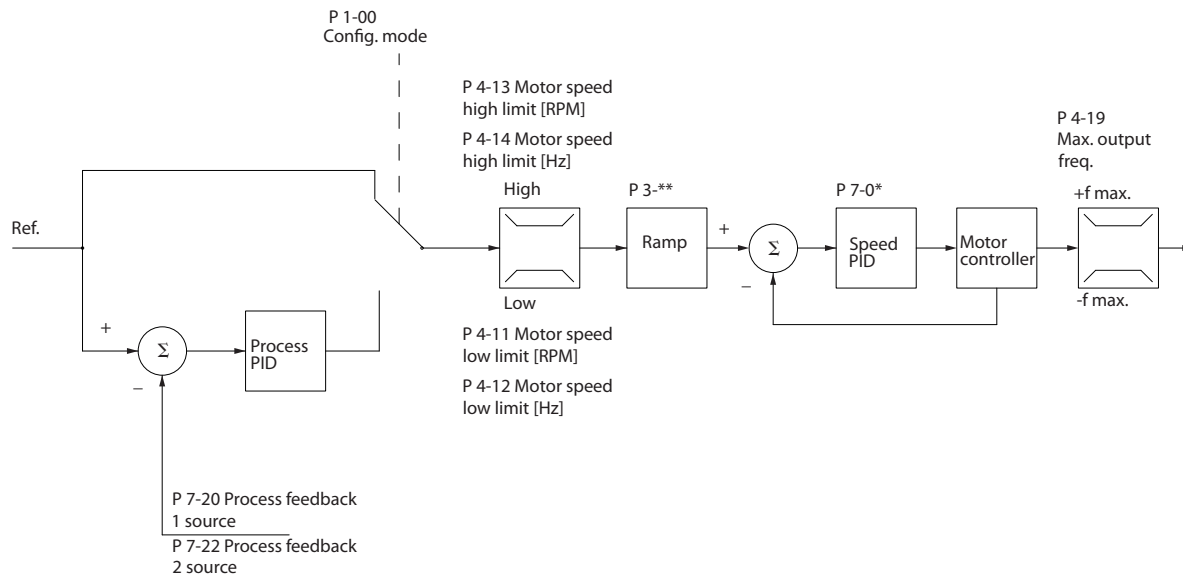
11.2.7.1 Структура управления в VVC⁺Рисунок 11.8 Структура управления в режиме VVC⁺ для конфигураций с разомкнутым и замкнутым контуром

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⁺, 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

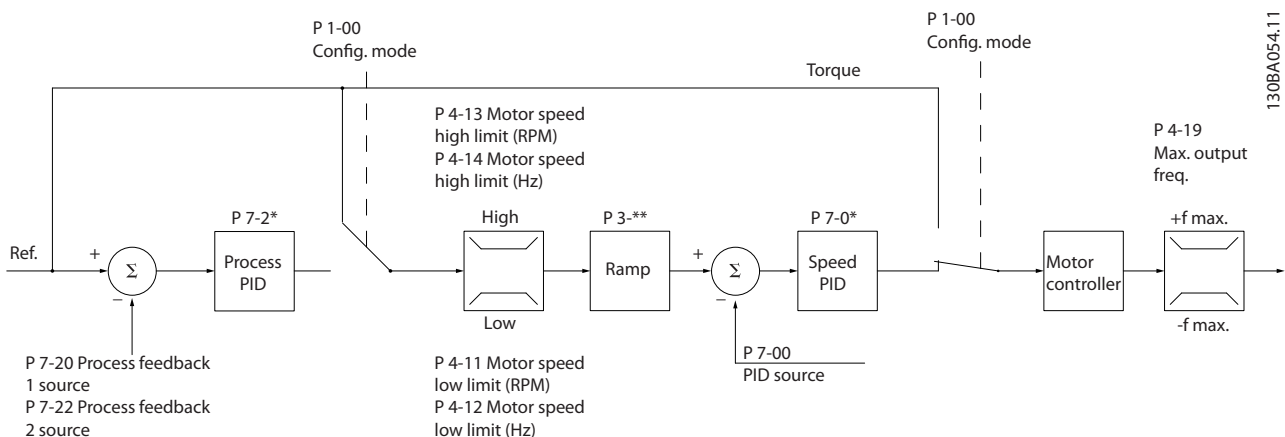
Рисунок 11.9 Структура управления в режиме регулирования магнитного потока без датчика для конфигураций с разомкнутым и замкнутым контуром

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



130BA054.11

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⁺

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 Конфигурации проводки для автоматической адаптации двигателя (ААД)

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

Таблица 12.1 Конфигурация проводки для автоматической адаптации двигателя (ААД) с подключенной клеммой T27

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

Таблица 12.2 Конфигурация проводки для автоматической адаптации двигателя (ААД) без подключенной клеммы T27

12.2 Конфигурация проводки для аналогового задания скорости

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

Таблица 12.3 Конфигурация проводки для аналогового задания скорости (напряжение)

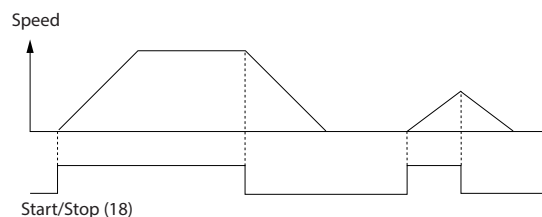
		Параметры	
		Функция	Настройка
	FC e30bb927.11	Параметр 6-12 Клемма 53, малый ток	4 мА*
	Параметр 6-13 Клемма 53, большой ток	20 мА*	
	Параметр 6-14 Клемма 53, низкое зад./обр. связь	0 об/мин	
	Параметр 6-15 Клемма 53, высокое зад./ обр. связь	1 500 об/мин	
	* = Значение по умолчанию		Примечания/комментарии.

Таблица 12.4 Конфигурация проводки для аналогового задания скорости (ток)

12.3 Конфигурация проводки для пуска/останова

		Параметры		
		Функция	Настройка	
	FC 130VB802.10	Параметр 5-10 Клемма 18, цифровой вход	[8] Пуск*	
	Параметр 5-12 Клемма 27, цифровой вход	[0] Не используется		
	Параметр 5-19 Клемма 37, безопасный останов	[1] Авар. сигн. Safe Torque Off		
	* = 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

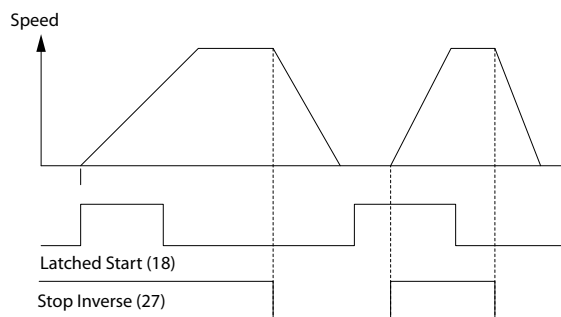


130VB805.12

Рисунок 12.1 Пуск/останов с Safe Torque Off

		Параметры		
		Функция	Настройка	
	FC 130VB803.10	Параметр 5-10 Клемма 18, импульсный цифровой вход	[9] Импульсный запуск	
	Параметр 5-12 Клемма 27, цифровой вход	[6] Останов, инверсный цифровой вход		
	* = 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 12.6 Конфигурация проводки для импульсного пуска/останова



130VB806.10

Рисунок 12.2 Импульсный запуск/останов, инверсный

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

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

12.4 Конфигурация проводки для внешнего сброса аварийной сигнализации

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

Таблица 12.8 Конфигурация проводки для внешнего сброса аварийной сигнализации

12.5 Конфигурация проводки для задания скорости с помощью ручного потенциометра

FC		Параметры	
		Функция	Настройка
	Параметр 6-10 Клемма 53, низкое напряжение	0,07 В*	
	Параметр 6-11 Клемма 53, высокое напряжение	10 В*	
	Параметр 6-14 Клемма 53, низкое зад./обр. связь	0 об/мин	
	Параметр 6-15 Клемма 53, высокое зад./ обр. связь	1 500 об/мин	
	* = Значение по умолчанию		
Примечания/комментарии.			

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

12.6 Конфигурация проводки для повышения/понижения скорости

FC		Параметры	
		Функция	Настройка
	Параметр 5-10 Клемма 18, цифровой вход	[8] Пуск*	
	Параметр 5-12 Клемма 27, цифровой вход	[19] Зафиксиров. задание	
	Параметр 5-13 Клемма 29, цифровой вход	[21] Увеличение скорости	
	Параметр 5-14 Клемма 32, цифровой вход	[22] Снижение скорости	
	* = Значение по умолчанию		
Примечания/комментарии.			

Таблица 12.10 Конфигурация проводки для повышения/понижения скорости

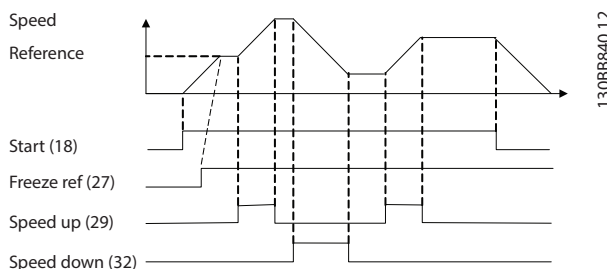


Рисунок 12.3 Повышение/понижение скорости

12.7 Конфигурация проводки для подключения сети RS485

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

Таблица 12.11 Конфигурация проводки для подключения сети RS485

12.8 Конфигурация проводки для термистора двигателя

УВЕДОМЛЕНИЕ

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

		Параметры	
		Функция	Настройка
	Параметр 1-90 <i>Тепловая защита двигателя</i>	[2] Откл. по термистору	
	Параметр 1-93 <i>Источник термистора</i>	[1] Аналоговый вход 53	
	* = Значение по умолчанию		
	Примечания/комментарии. 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

12.9 Конфигурация проводки для каскад-контролера

На Рисунок 12.4 показан пример системы со встроенным базовым каскад-контроллером, с 1 насосом с переменной скоростью (ведущим) и 2 насосами с фиксированной скоростью, датчиком 4–20 мА и защитной блокировкой системы.

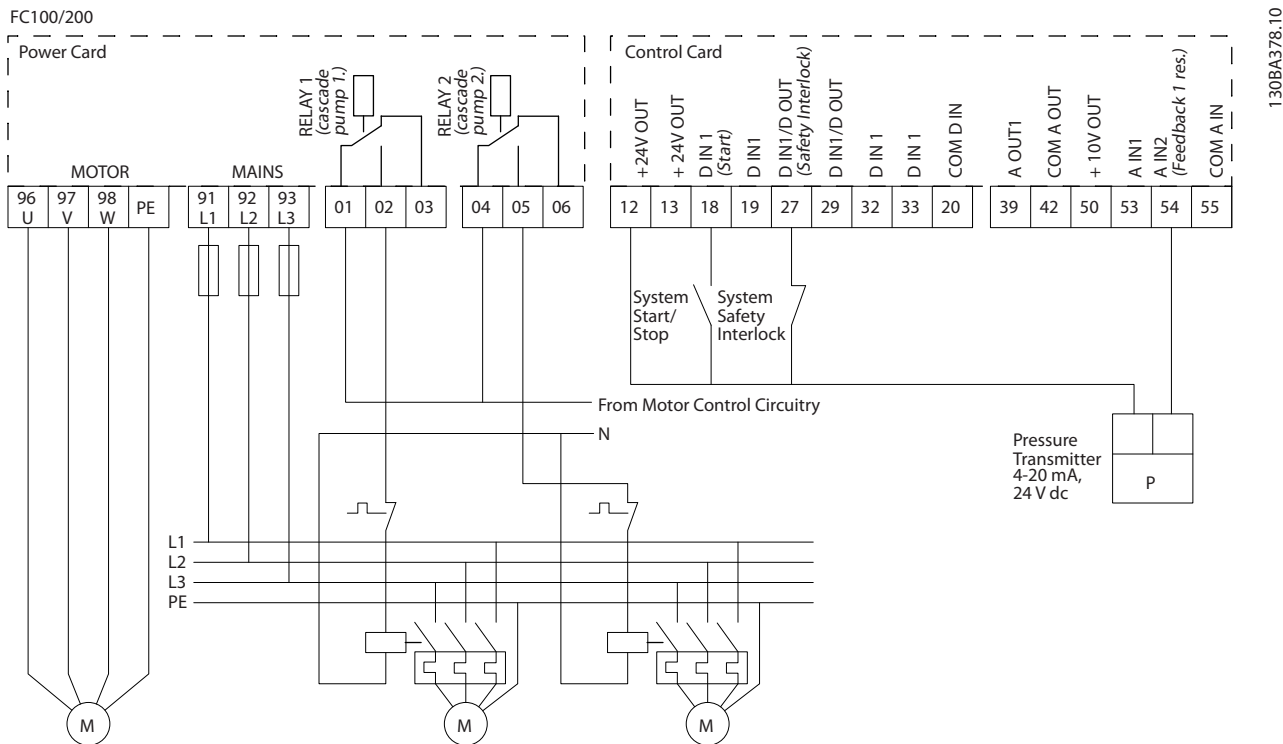


Рисунок 12.4 Схема электрических соединений каскадного контролера

12.10 Конфигурация проводки для настройки реле с помощью интеллектуального логического управления

FC		Параметры	
		Функция	Настройка
+24 V	12	Параметр 4-30 [1] Функция при потере ОС двигателя	[1] Предупреждение
+24 V	13		
D IN	18		
D IN	19		
COM	20		
D IN	27		
D IN	29		
D IN	32		
D IN	33	Параметр 4-31 100 об/мин Ошибка скорости ОС двигателя	
D IN	37		
+10 V	50	Параметр 4-32 5 с Тайм-аут при потере ОС двигателя	
A IN	53		
A IN	54	Параметр 7-00 [2] MCB 102 Ист.сигн.ОС ПИД-рег.скор.	
COM	55		
A OUT	42	Параметр 17-1 1024* 1 Разрешение (позиции/об)	
COM	39		
R1	01	Параметр 13-0 [1] Включена 0 Режим контроллера SL	
	02		
	03		
R2	04	Параметр 13-0 [19] Предупреждение 1 Событие запуска	
	05		
	06	Параметр 13-0 [44] Кнопка сброса 2 Событие останова	
		Параметр 13-1 [21] № предупреждения 0 Операнд сравнения	
		Параметр 13-1 [1] ≈ (равно)* 1 Оператор сравнения	
		Параметр 13-1 90 2 Результат сравнения	
		Параметр 13-5 [22] Компаратор 1 Событие контроллера SL	
		Параметр 13-5 [32] Ус.н.ур.на цфв.вых.А 2 Действие контроллера SL	
		Параметр 5-40 [80] Цифр. выход SL А Реле функций	
		* = Значение по умолчанию	

Примечания/комментарии.

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.

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

12.11 Конфигурация проводки для насосов с фиксированной и переменной скоростью

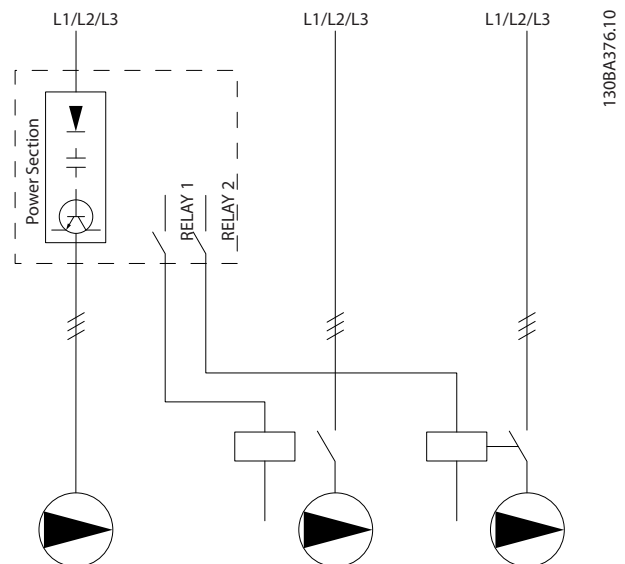


Рисунок 12.5 Схема подключения насосов с фиксированной и переменной скоростью

12.12 Конфигурация проводки для чередования ведущего насоса

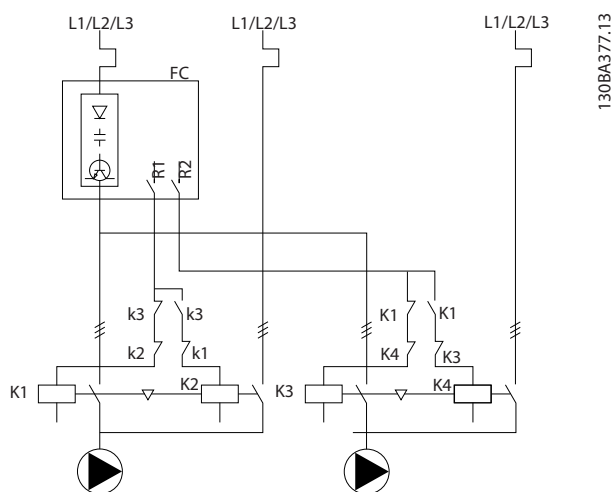


Рисунок 12.6 Схема соединений для чередования ведущего насоса.

Каждый насос должен быть подключен к двум контакторам (K1/K2 и K3/K4) с механической блокировкой. Должны быть предусмотрены тепловые реле или иные средства защиты двигателей от перегрузки в соответствии с местными правилами или индивидуальными требованиями.

- Реле 1 (R1) и реле 2 (R2) встроены в преобразователь частоты.
- Когда реле обесточены, встроенное реле, получившее сигнал первым, включает контактор, который соответствует насосу, управляемому этим реле. Например, реле 1 включает контактор K1, насос которого становится ведущим.
- Контактор K1 блокирует контактор K2 механически, предотвращая подключение сети питания на выход преобразователя частоты (через контактор K1).
- Вспомогательный размыкающий контакт контактора K1 предотвращает включение контактора K3.
- Реле 2 управляет контактором K4, который включает и выключает насос, имеющий фиксированную скорость.
- При чередовании оба реле обесточиваются, и теперь реле 2 будет получать сигнал срабатывания в качестве реле 1.

13 Заказ преобразователя частоты

13.1 Конфигуратор привода

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 преобразователя	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. 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-102N355T5E20H4BGCXXXSXXXXA0BXCXXXXD0

Значения символов в строке см. в *Таблица 13.3*. В примере выше показан преобразователь со встроенной платой PROFIBUS DP-V1 и резервным источником 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 преобразователь с другим набором языков, обратитесь в местный офис продаж Danfoss.

Описание	Позиция	Возможные варианты
Группа изделия	1–3	FC-
Серия преобразователя	4–6	102: FC 102
Номинальная мощность	8–10	N355: 355 кВт (500 л. с.) N400: 400 кВт (600 л. с.) N450: 450 кВт (450–600 л. с.) N500: 500 кВт (500–650 л. с.) N560: 560 кВт (600–750 л. с.) N630: 630 кВт (650 л. с.) N710: 710 кВт (750 л. с.) N800: 800 кВт (950 л. с.)
Фазы	11	Три фазы (Т)
Напряжение сети	11–12	T5: 380–480 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: отключение по превышению крутящего момента (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 S009: программное обеспечение несущей сети
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 AG: VLT® LonWorks MCA 108 AJ: VLT® BACnet MCA 109 AK: VLT® BACnet/IP MCA 125 AL: VLT® PROFINET MCA 120 AN: VLT® EtherNet/IP MCA 121 AQ: VLT® POWERLINK MCA 122
Доп. устройства B	31–32	BX: без доп. устройств B0: дополнительная плата ввода/вывода VLT® Analog I/O Option MCB 109 B2: VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 B4: VLT® Sensor Input Option MCB 114 BK: VLT® General Purpose I/O Module MCB 101 BP: VLT® Relay Card MCB 105
Дополнительные устройства C0/E0	33–34	CX: без доп. устройств
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
Доп. устройства D	38–39	DX: без доп. устройств D0: источник питания 24 В пост. тока VLT® 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
Различные устройства		
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
Комплекты для охлаждения через тыльный канал		

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 вверх, 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 вверх, 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	
LCP			
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 панель местного управления, крепеж, кабель (3 м) и прокладку.	130B1113	
Комплект LCP, IP21	Монтажный комплект для панели, включающий цифровую панель местного управления, крепеж и прокладку.	130B1114	
Комплект LCP, IP21	Монтажный комплект для всех панелей LCP всех типов, включающий крепеж, кабель (3 м) и прокладку.	130B1117	
Дополнительные платы для гнезда А (устройства периферийной шины)		Без покрытия	С покрытием
MCA 101	Плата PROFIBUS DP V0/V1 (опция).	130B1100	130B1200
MCA 104	Плата Device Net (опция).	130B1102	130B1202
MCA 108	Плата LonWorks (опция).	130R1106	130R1206

MCA 109	Плата BACNet (опция).	130R1144	130R1244
MCA 120	Плата PROFINET (опция).	130B1135	130B1235
MCA 121	Плата EtherNet/IP (опция).	130B1119	130B1219
MCA 122	Плата Modbus TCP (опция).	130B1196	130B1296
MCA 125	Плата BACnet/IP (опция).		
Дополнительные платы для гнезда В (функциональные расширения)			
MCB 101	Дополнительный модуль ввода/вывода общего назначения.	130B1125	130B1212
MCB 105	Плата реле (опция).	130B1110	130B1210
MCB 109	Дополнительная плата аналогового ввода/вывода.	130B1143	130B1243
MCB 112	Плата термистора ATEX PTC thermistor card.	–	130B1137
MCB 114	Вход датчика PT100/	130B1172	130B1272
Дополнительные платы для гнезда С (управление перемещением и платы реле)			
MCB 113	Плата расширения релейных выходов.	130B1164	130B1264
Дополнительная плата для гнезда D		Без покрытия	С покрытием
MCB 107	Резервное питание 24 В пост. тока.	130B1108	130B1208
Внешние дополнительные устройства			
EtherNet/IP	Главное устройство Ethernet.		175N2584

Таблица 13.5 Дополнительные устройства и принадлежности

Тип	Описание	Номер для заказа
Программное обеспечение для ПК		
MCT 10	Средство конфигурирования MCT 10 — 1 пользователь.	130B1000
MCT 10	Средство конфигурирования MCT 10 — 5 пользователей.	130B1001
MCT 10	Средство конфигурирования MCT 10 — 10 пользователей.	130B1002
MCT 10	Средство конфигурирования MCT 10 — 25 пользователей.	130B1003
MCT 10	Средство конфигурирования MCT 10 — 50 пользователей.	130B1004
MCT 10	Средство конфигурирования MCT 10 — 100 пользователей.	130B1005
MCT 10	Средство конфигурирования MCT 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

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), 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_{LOG}	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
η_{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
$P_{\text{торм., длит.}}$	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
$R_{\text{мин.}}$	Минимальное допустимое преобразователем частоты значение сопротивления тормозного резистора

эфф.	Эффективное (среднеквадратическое) значение
об/мин	Число оборотов в минуту
R _{рек.}	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 _{лм}	Предел крутящего момента
ТТЛ	Импульсы энкодера TTL (5 В) — транзисторная логика
U _{м,н}	Номинальное напряжение двигателя
Соответстви е UL	Underwriters Laboratories (Организация в США, занимающаяся сертификацией в области безопасности оборудования)
V	Вольты
VT	Переменный крутящий момент
VVC+	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

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

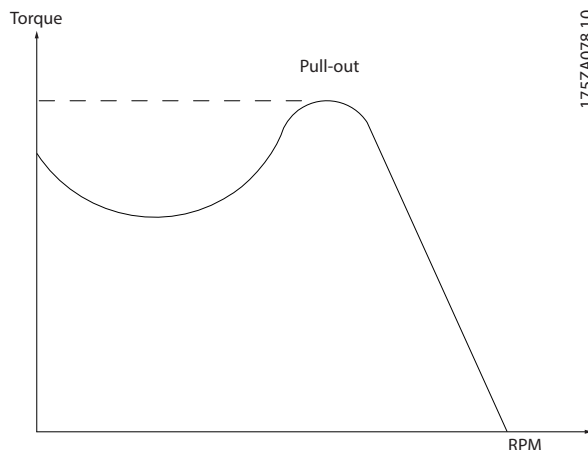


Рисунок 14.1 График момента опрокидывания

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 преобразователей частоты Danfoss VLT® 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_{эфф.} 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 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.

Настройка

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
D

DeviceNet.....	40, 135
DU/dt.....	101

E

EtherNet/IP.....	41
------------------	----

M

Modbus.....	41
-------------	----

P

PELV.....	17, 50, 107
PROFIBUS.....	40, 135
PROFINET.....	40

R

RS485	
Клеммы.....	90
Конфигурация проводки.....	127
Схема соединений.....	86
Шина стандарта FC.....	139

S

Safe Torque Off	
Конфигурация проводки.....	125
Краткое описание.....	22
Расположение клемм.....	90
Руководство по проектированию.....	4
Соответствие директиве о машинном оборудовании.....	7
Схема соединений.....	86
STO.....	4
см. также <i>Safe Torque Off</i>	

V

VAV.....	27
VVC+.....	121, 123

A

Автоматическая адаптация двигателя	
Конфигурация проводки.....	124
Краткое описание.....	17
Автоматическая модуляция частоты коммутации.....	16
Автоматическая оптимизация энергопотребления.....	16
Автоматический выключатель.....	14, 92, 99
Автоматический режим.....	114
Активное задание.....	115
Акустический шум.....	100
Анализ рядов Фурье.....	111

Аналоговый

Конфигурация проводки для задания скорости.....	124
Описания входов/выходов и настройки по умолчанию.....	91

Спецификации входа.....	49
Спецификации выхода.....	50

Асимметрия напряжения.....	15
----------------------------	----

B

Вентиляторы	
с управлением по температуре.....	17
Требуемая интенсивность циркуляции воздуха.....	82

Версии ПО.....	136
----------------	-----

Взрывоопасная атмосфера.....	80
------------------------------	----

Влажность.....	79
----------------	----

Внешние размеры

E1h.....	53
E2h.....	59
E3h.....	65
E4h.....	72

Время нарастания.....	101
-----------------------	-----

Время разрядки.....	5
---------------------	---

Вторичные насосы.....	33
-----------------------	----

Входные направляющие устройства (IGV).....	27
--	----

ВЧ-помехи

Использование переключателя с сетью IT.....	99
Расположение клемм для заделки экранов E3h.....	68
Расположение клемм для заделки экранов E4h.....	75
Фильтр.....	107

Выпрямитель.....	114
------------------	-----

Высокое напряжение.....	5
-------------------------	---

Высота над уровнем моря.....	82
------------------------------	----

Выход

Контактор.....	99, 110
Переключатель.....	15
Технические характеристики.....	50

Вычисления

TNDi.....	111
Масштабированное задание.....	115
Отношение короткого замыкания.....	112
Программное обеспечение для расчета гармоник.....	113
Рабочий цикл резистора.....	96
Тормозной момент.....	97
Тормозной резистор.....	96

Г

Газы.....	80
-----------	----

Гальваническая развязка.....	17, 50, 107
------------------------------	-------------

Гармоники

Краткое описание.....	111
Определение коэффициента мощности.....	138
Подавление.....	113
Стандарты EN.....	112
Стандарты IEC.....	112
Фильтр.....	43

Д

Датчик.....	90
Датчик CO ₂	28
Датчик остаточного тока.....	98, 99
Двигатель	
Ex-d.....	42
Ex-e.....	19
Вращение.....	92
Изоляция.....	95
Кабели.....	87, 92, 98
Класс защиты.....	80
Конфигурация проводки для термистора.....	128
Обнаружение обрыва фазы.....	15
Обратная связь.....	122
Определение момента опрокидывания.....	138
Ослабление подшипниковых токов.....	95
Параллельное подключение.....	93
Паспортная табличка.....	19
Полный крутящий момент.....	20
Спецификации выхода.....	48
Спецификации выходных параметров.....	48
Схема соединений.....	86
Тепловая защита.....	18, 93
Ток утечки.....	98
Директива EIP.....	8
Директива о машинном оборудовании.....	8
Дистанционное задание.....	0 , 115
Дополнительный вход датчика.....	42
Дополнительный модуль входов/выходов общего назначения).....	42
Ж	
Жилые районы.....	105
З	
Задание	
Активное задание.....	115
Ввод скорости.....	124, 125
Дистанционное задание.....	0 , 115
Дистанционное формирование.....	115
Заземление.....	17, 98
Законы пропорциональности.....	23
Запасные части.....	136
Заслонки.....	27
Защита корпуса.....	9
Защита	
Асимметрия напряжения питания.....	15
Короткое замыкание.....	14
Перегрузка.....	15
Перегрузка по току.....	85
Перенапряжение.....	14
Степень защиты корпуса.....	12
Тепловая двигателя.....	18
Функция торможения.....	15

Защита от перегрузки по току.....	85
Знак EAC.....	8
Знак RCM.....	8

И

Излучаемые помехи.....	105
Изоляция.....	95
Импульсный вход	
Конфигурация проводки для пуска/останова.....	125
Спецификации аналогового входа.....	50
Инвертор.....	114
Интеллектуальное логическое управление	
Конфигурация проводки.....	130
Краткое описание.....	21
Источник питания 24 В пост. тока.....	90

К

Кабели	
двигателей.....	92
Макс. число и размер на фазу.....	44, 45
Отверстие.....	53
Подключение электропитания.....	87
Прокладка.....	88
Технические характеристики.....	49
Типы и номиналы кабелей.....	85
Тормоз.....	88
Экранирование.....	87
Экранированные.....	108
Каскадный контроллер	
Схема соединений.....	129
Квалифицированный персонал.....	5
Кинетический резерв.....	20
Класс защиты корпуса NEMA.....	9
Клеммы	
RS485.....	90
Аналоговый выход/выход.....	91
Клемма 37.....	90
реле.....	91
Описания элементов управления и настройки по умолчанию.....	89
Последовательная связь.....	90
Разделение нагрузки.....	88
Тормозной резистор.....	88
Цифровой вход/выход.....	90
Клеммы управления.....	89
Код типа.....	132
Компенсация cos φ.....	25
Компенсация скольжения.....	139
Комплекты.....	43
Конденсация.....	79
Кондуктивные помехи.....	105
Конфигурации монтажа.....	81

Конфигурация проводки для внешнего сброса аварийной сигнализации.....	126	Обратная связь	
Конфигурация проводки для пуска/останова.....	125, 126	Обработка.....	116
Короткое замыкание		Преобразование.....	117
Защита от короткого замыкания.....	14	Сигнал.....	119
Номинал SCCR.....	91	Общая точка нескольких присоединений.....	111
Определение.....	139	Окружающая среда.....	48, 79
Расчет коэффициента.....	112	Определение локальной скорости.....	32
Торможение.....	36, 97	Опции	
КПД		Наличие корпуса.....	12
Использование ААД.....	17	Номенклатура и коды для оформления заказа..	134, 136
Расчет.....	100	Периферийная шина.....	40
Формула КПД преобразователя частоты.....	137	Релейные платы.....	42
Крутящий момент		Управление перемещением.....	42
Управление.....	120	Функциональные расширения.....	42
Характеристика.....	48	Охлаждение	
М		Вентилятор градирни.....	29
Маркировка СЕ.....	7	Обзор охлаждения в тыльном канале.....	38
Масштабированное задание.....	115	Предупреждение о пыли.....	80
Модуляция.....	16, 137, 138	Требования.....	81
Момент опрокидывания.....	138	Охлаждение с помощью вентиляционного канала.....	81
Мониторинг взрывоопасных сред (ATEX).....	18, 80	Охлаждение через тыльный канал.....	38, 81
Монтаж		П	
Квалифицированный персонал.....	5	Панель заглушек.....	54
Требования.....	81	Панель уплотнений.....	53
Электрический.....	85	Первичные насосы.....	31
Монтаж на большой высоте над уровнем моря.....	109	Перегрев.....	139
Мощность		Перегрузка	
Коэффициент.....	138	Предельные значения.....	15
Номинальные значения.....	11	Проблемы с гармониками.....	111
Подключения.....	87	Электронная тепловая перегрузка.....	18
Технические характеристики.....	44	Перезапуск.....	20
Н		Переключатели	
Нагреватель		А53 и А54.....	49, 91
Схема соединений.....	86	Расцепитель.....	91
Насос		Переменный объем воздуха.....	27
Включение.....	35	Перенапряжение	
Вторичный.....	33	Альтернативная функция торможения.....	98
Конденсатор.....	30	Защита.....	14
КПД.....	34	Торможение.....	43
Первичный.....	31	Периодическая формовка.....	79
Насосы конденсаторов.....	30	Периферийная шина.....	40, 88
Низковольтное оборудование		ПИД-регулятор	
Директива.....	7	с тремя уставками.....	28
Низкое напряжение		Регулятор.....	18, 117, 120
Коммунальная сеть.....	105	Управление.....	25
Номенклатура и коды для оформления заказа.....	132	Плата расширения релейных выходов.....	42
О		Плата термистора РТС.....	42
Об/мин.....	23	Плата управления	
Обогреватель		Отключение по внешней температуре.....	44
Использование.....	79	Технические характеристики.....	52
		Характеристики RS485.....	50
		Подавление резонанса.....	17
		Подхват вращающегося двигателя.....	15, 17, 20

Подъем.....	79	Размеры клемм	
Пользовательский ввод.....	114	E1h.....	57
Последовательная связь.....	90	E2h.....	63
Постоянный объем воздуха.....	28	E3h.....	69
Потенциометр.....	91, 127	E4h.....	76
Правила экспортного контроля.....	9	Разрешение CSA/cUL.....	8
Предохранители		Расцепитель.....	91
Для использования с силовыми подключениями.....	87	Регулирование магнитного потока	
Защита от перегрузки по току.....	85	Структура управления в режиме регулирования	
Рекомендованные для сетевого питания.....	14	магнитного потока без датчика.....	122
Технические характеристики.....	91	Структура управления по магнитному потоку с	
Предпусковой нагрев.....	20	обратной связью от двигателя.....	122
Предупреждения.....	5, 85	Режим разомкнутого контура	
Преобразователь частоты		Блок-схема.....	118
Габариты серий.....	12	Краткое описание.....	118
Конфигуратор.....	132	Режим с замкнутым контуром	
Номинальная мощность.....	12	Блок-схема.....	119
Требования к зазорам.....	81	Краткое описание.....	118
Провода.....	85	Резистивное торможение.....	35
см. также <i>Кабели</i>		Рекуперация	
Производственные среды.....	105	Клеммы.....	57
Пропуск частоты.....	20	Краткое описание.....	37
Пространство для открытия дверей.....	53	Наличие.....	12
Р		Реле	
Работа на низкой скорости.....	82	Дополнительная плата расширения релейных выходов.	
Рабочий цикл		42
Определение.....	138	Дополнительный модуль.....	42
Расчет.....	96	Клеммы.....	91
Радиатор		Монтаж с учетом требований ADN.....	6
Отключение из-за перегрева.....	44	Плата.....	42
Панель доступа.....	55	Технические характеристики.....	51
Требуемая интенсивность циркуляции воздуха.....	82	Ротор.....	16
Чистка.....	80	Руководство по программированию.....	4
Радиочастотные помехи.....	17	Руководство по эксплуатации.....	4
Разделение нагрузки		Ручной режим.....	114
Защита от короткого замыкания.....	14	С	
Клеммы.....	37, 88	Сертификат TUV.....	8
Краткое описание.....	36	Сертификат UKrSEPRO.....	8
Предупреждение.....	5	Сертификация для применения на море.....	8
Схема соединений.....	86	Сеть IT.....	99
Размеры		Сеть питания	
Внешние E2h.....	59	Колебания.....	17
Внешние E3.....	65	Пропадание напряжения.....	20
Внешние E4h.....	72	Технические характеристики.....	48
Внешние размеры E1h.....	53	Характеристики источника питания.....	48
Клеммы E2.....	63	Экран.....	6
Клеммы E3h.....	69	Синусоидный фильтр.....	43, 87
Клеммы E4h.....	76	Система CAV.....	28
Обзор серий продукции.....	12	Система управления зданием, (Building management sys-	
клемм корпуса E1h.....	57	tem, BMS).....	23

Скорость		Тормозной резистор	
Конфигурация проводки для задания скорости.....	127	Выбор.....	95
Конфигурация проводки для повышения/понижения скорости.....	127	Клеммы.....	88
Обратная связь от ПИД-регулятора.....	119	Краткое описание.....	43
Управление.....	119	Номенклатура и коды для оформления заказа.....	136
Скрутки.....	108	Определение.....	138
Снижение номинальных характеристик.....	16, 49, 81, 82	Руководство по проектированию.....	4
Сокращения.....	138	Схема соединений.....	86
Соответствие		Формула номинальной мощности.....	137
ADN.....	6	Трансформатор.....	111
Директивы.....	7	Требования к помехоустойчивости.....	106
Соответствие UL		Требования по излучению.....	105
Знак листинга.....	8	Треугольник.....	25
Класс защиты корпуса.....	9		
Спецификации входа.....	49	У	
Степень защиты IP.....	9	Управление	
Схема соединений		Описание работы.....	114
E1h–E4h.....	86	Структуры.....	118
Каскадный контроллер.....	129	Типы.....	119, 120
Фиксированный насос с переменной скоростью.....	130	Характеристики.....	52
Чередование ведущего насоса.....	131	Управление полосами.....	34
		Управление технологическим процессом.....	120
Т		Условия окружающей среды	
Температура.....	80, 83	Краткое описание.....	79
Термистор		Технические характеристики.....	48
Конфигурация проводки.....	128	Условные обозначения.....	4
Определение.....	139	Устройство плавного пуска.....	25
Прокладка кабелей.....	88		
Расположение клемм.....	91	Ф	
Техника безопасности		Фильтр синфазных помех.....	43
Инструкции.....	5	Фильтры	
Руководство по эксплуатации.....	85	Номенклатура и коды для оформления заказа.....	136
Техобслуживание.....	80	Синусоидный фильтр.....	43, 87
Ток		Фильтр dU/dt.....	43
Внутренний регулятор тока.....	123	Фильтр ВЧ-помех.....	107
Искажение.....	112	Фильтр гармоник.....	43
Номинальный выходной ток.....	137	Фильтр синфазных помех.....	43
Ослабление помех двигателя.....	95	Формула	
Основной ток.....	111	Выходной ток.....	137
Переходные токи на землю.....	99	КПД преобразователя частоты.....	137
гармоник.....	111	Номинальная мощность тормозного резистора.....	137
утечки.....	98	Предел по току.....	137
Формула предела по току.....	137		
Ток утечки.....	6, 98	Х	
Торможение		Характеристики USB.....	52
Динамическое торможение.....	35	Хранение.....	79
Использование в качестве альтернативной функции торможения.....	98	Хранение конденсаторов.....	79
Предельные значения.....	97		
Таблица способности.....	96	Ц	
Управление с помощью функции торможения.....	97	Централизованные системы VAV.....	27
Торможение переменным током.....	35	Циркуляция воздуха	
Торможение постоянным током.....	35	Интенсивность.....	82
		Конфигурации.....	38

Цифровой

Описания входов/выходов и настройки по умолчанию.....	90
Спецификации входа.....	49
Спецификации выхода.....	50

Ч

Частота коммутации

Использование с RCD.....	99
Подключение электропитания.....	87
Синусоидный фильтр.....	43, 87
Снижение номинальных характеристик.....	16, 83

Ш

Шина постоянного тока

Клеммы.....	88
Описание работы.....	114

Э

Экранирование

Кабели.....	87
Клемма экрана ВЧ-помех.....	68
Сеть питания.....	6
Скрученные концы.....	108

Электромагнитные помехи..... 17

Электронная тепловая перегрузка..... 18

Электронное тепловое реле (ЭТР)..... 85

ЭМС

Директива.....	7
Монтаж.....	110
Общие вопросы.....	103
Помехи.....	108
Результаты испытаний.....	104
Совместимость.....	107

Энергия

Класс КПД.....	48
Экономия.....	22, 23, 24

Я

Языковые пакеты..... 132



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

Danfoss A/S
Ulstaes 1
DK-6300 Graasten
vlt-drives.danfoss.com

