ENGINEERING TOMORROW

Руководство по проектированию

VLT® AQUA Drive FC 202

110–800 кВт, размеры корпуса D и E

www.DanfossDrives.com

ENGINEERING
TOMORROW

Danfoss A/S
6430 Nordborg
Denmark
CVR nr.: 20 16 57 15

Telephone: +45 7488 2222
Fax: +45 7449 0949

EU DECLARATION OF CONFORMITY

Danfoss A/S

Danfoss Drives A/S

declares under our sole responsibility that the

Product category: Frequency Converter
Type designation(s): FC-202XYYYZZ**********

Character X: N or P
Character YYY: K25, K37, K55, K75, 1K1, 1K5, 2K2, 3K0, 3K7, 4K0, 5K5, 7K5, 11K, 15K, 18K, 22K, 30K, 37K, 45K, 55K, 75K, 90K, 110, 132, 150, 160, 200, 250, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800, 900, 1M0, 1M2, 1M4
Character ZZ: S2, S4, T2, T4, T6, T7
* may be any number or letter indicating drive options which do not impact this DoC.
The meaning of the 39 characters in the type code string can be found in appendix 00729776.

Covered by this declaration is in conformity with the following directive(s), standard(s) or other normative document(s), provided that the product is used in accordance with our instructions.

Low Voltage Directive 2014/35/EU

EN61800-5-1:2007 + A1:2017	Adjustable speed electrical power drive systems – Part 5-1: Safety requirements – Electrical, thermal and energy.

EMC Directive 2014/30/EU

EN61800-3:2004 + A1:2012	Adjustable speed electrical power drive systems – Part 3: EMC requirements and specific test methods.

RoHS Directive 2011/65/EU including amendment 2015/863.

EN63000:2018	Technical documentation for the assessment of electrical and electronic products with respect to the restriction of hazardous substances

Date: 2020.09.15 Place of issue:	Issued by	Date: 2020.09.15 Place of issue:	Approved by
Graasten, DK	**Signature:** **Name: Gert Kjær** **Title: Senior Director, GDE**	Graasten, DK	**Signature:** **Name: Michael Termansen** **Title: VP, PD Center Denmark**

Danfoss only vouches for the correctness of the English version of this declaration. In the event of the declaration being translated into any other language, the translator concerned shall be liable for the correctness of the translation

Classified as Business

For products including available Safe Torque Off (STO) function according to unit typecode on the nameplate: **T or U at character 18 of the typecode.**

Machine Directive 2006/42/EC

EN/IEC 61800-5-2:2007 (Safe Stop function conforms with STO – Safe Torque Off, SIL 2 Capability)	Adjustable speed electrical power drive systems – Part 5-2: Safety requirements – Functional

Other standards considered:

EN ISO 13849-1:2015 (Safe Stop function, PL d (MTTFd=14000 years, DC=90%, Category 3)	Safety of machinery - Safety-related parts of control systems - Part 1: General principles for design
EN/IEC 61508-1:2011, EN/IEC 61508-2:2011 (Safe Stop function, SIL 2 (PFH = 1E-10/h, 1E-8/h for specific variants, PFD = 1E-10, 1E-4 for specific variants, SFF>99%, HFT=0))	Functional safety of electrical/electronic/ programmable electronic safety-related systems Part 1: General requirements Part 2: Requirements for electrical/ electronic / programmable electronic safety-related systems
EN/IEC 62061:2005 + A1:2013 (Safe Stop function, SILCL 2)	Safety of machinery - Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems
EN/IEC 60204-1:2006 + A1:2009 (Stop Category 0)	Safety of machinery - Electrical equipment of machines - Part 1: General requirements

For products including ATEX option, it requires STO function in the products. The products can have the VLT PTC Thermistor Card MCB112 installed from factory **(2 at character 32 in the typecode)**, or it can be separately installed as an additional part.

2014/34/EU - Equipment for explosive atmospheres (ATEX)

Based on EU harmonized standard:

EN 50495: 2010	Safety devices required for safe functioning of equipment with respect to explosion risks.

Notified Body:
PTB Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Bundesallee 100, 38116 Braunschweig,
has assessed the conformity of the "ATEX certified motor thermal protection systems" of Danfoss FC VLT Drives with Safe Torque Off function and has issued the certificate PTB 14 ATEX 3009.

Оглавление

1 Введение 5

1.1 Цель «Руководства по проектированию» 5

1.2 Дополнительные ресурсы 5

1.3 Версия документа и программного обеспечения 5

1.4 Условные обозначения 5

2 Техника безопасности 6

2.1 Символы безопасности 6

2.2 Квалифицированный персонал 6

2.3 Меры предосторожности 6

3 Разрешения и сертификаты 8

3.1 Соответствие нормам и стандартам 8

3.2 Классы защиты корпусов 10

4 Описание изделия 12

4.1 VLT® High-power Drives 12

4.2 Типоразмер корпуса по номинальной мощности 12

4.3 Обзор корпусов, 380–500 В 13

4.4 Обзор корпусов, 525–690 В 15

4.5 Наличие комплектов 17

5 Особенности изделия 18

5.1 Автоматические рабочие функции 18

5.2 Функции для пользовательских применений 21

5.3 Специальные возможности VLT® AQUA Drive FC 202 26

5.4 Обзор каскадного управления 27

5.5 Обзор базового каскад-контроллера 29

5.6 Описание функции очистки 31

5.7 Описание пре-/постсмазки 32

5.8 Обзор режима подтверждения потока 33

5.9 Описание улучшенного отслеживания минимальной скорости 34

5.10 Описание динамического торможения 34

5.11 Описание разделения нагрузки 35

5.12 Описание функции рекуперации 36

5.13 Обзор охлаждения в тыльном канале 37

6 Дополнительные платы и принадлежности 40

6.1 Устройства периферийной шины 40

6.2 Функциональные расширения 41

6.3 Платы управления перемещением и релейные платы 42

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

6.4 Тормозные резисторы 42
6.5 Синусоидные фильтры 42
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 48
7.3 Питание от сети 54
7.4 Выходная мощность и другие характеристики двигателя 55
7.5 Условия окружающей среды 55
7.6 Технические характеристики кабелей 56
7.7 Вход/выход и характеристики цепи управления 56
7.8 Массы корпусов 59

8 Внешние размеры и размеры клемм 60
8.1 Внешние размеры и размеры клемм корпуса D1h 60
8.2 Внешние размеры и размеры клемм корпуса D2h 66
8.3 Внешние размеры и размеры клемм корпуса D3h 72
8.4 Внешние размеры и размеры клемм корпуса D4h 77
8.5 Внешние размеры и размеры клемм корпуса D5h 82
8.6 Внешние размеры и размеры клемм корпуса D6h 91
8.7 Внешние размеры и размеры клемм корпуса D7h 102
8.8 Внешние размеры и размеры клемм корпуса D8h 112
8.9 Внешние размеры и размеры клемм корпуса E1h 123
8.10 Внешние размеры и размеры клемм корпуса E2h 129
8.11 Внешние размеры и размеры клемм корпуса E3h 135
8.12 Внешние размеры и размеры клемм корпуса E4h 142

9 Вопросы механического монтажа 149
9.1 Хранение 149
9.2 Поднятие устройства 149
9.3 Рабочая среда 149
9.4 Конфигурации монтажа 151
9.5 Охлаждение 151
9.6 Снижение номинальных характеристик 152

10 Вопросы электрического монтажа 156
10.1 Инструкции по технике безопасности 156
10.2 Схема подключений 157

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

10.3 Подключения 158
10.4 Проводка и клеммы элементов управления 160
10.5 Предохранители и автоматические выключатели 163
10.6 Двигатель 166
10.7 Торможение 169
10.8 Датчики остаточного тока (RCD) и контроль сопротивления изоляции (IRM) 173
10.9 Ток утечки 173
10.10 Сеть IT 174
10.11 КПД 175
10.12 Акустический шум 175
10.13 Условия du/dt 176
10.14 Обзор требований электромагнитной совместимости (ЭМС) 182
10.15 Монтаж с учетом требований ЭМС 186
10.16 Общие сведения о гармониках 189

11 Основные принципы работы преобразователя частоты 192
11.1 Описание работы 192
11.2 Средства управления преобразователем частоты 192

12 Примеры применения 202
12.1 Конфигурации проводки для автоматической адаптации двигателя (ААД) 202
12.2 Конфигурация проводки для аналогового задания скорости 202
12.3 Конфигурация проводки для пуска/останова 203
12.4 Конфигурация проводки для внешнего сброса аварийной сигнализации 204
12.5 Конфигурация проводки для задания скорости с помощью ручного потенциометра 205
12.6 Конфигурация проводки для повышения/понижения скорости 205
12.7 Конфигурация проводки для подключения сети RS485 205
12.8 Конфигурация проводки для термистора двигателя 206
12.9 Конфигурация проводки для настройки реле с помощью интеллектуального логического управления 206
12.10 Конфигурация проводки для погружного насоса 207
12.11 Конфигурация проводки для каскад-контролера 209
12.12 Конфигурация проводки для насосов с фиксированной и переменной скоростью 210
12.13 Конфигурация проводки для чередования ведущего насоса 210

13 Заказ преобразователя частоты 211
13.1 Конфигуратор преобразователя частоты 211
13.2 Номера для заказа дополнительных устройств и принадлежностей 214
13.3 Номера для заказа фильтров и тормозных резисторов 220
13.4 Запасные части 220

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

14 Приложение 221

14.1 Сокращения и символы 221

14.2 Определения 222

Алфавитный указатель 224

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

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 Safe Torque Off в преобразователях частоты серии VLT®* описан порядок эксплуатации преобразователей частоты Danfoss в применениях, требующих обеспечения функциональной безопасности. Это руководство поставляется с преобразователем частоты, если в нем присутствует функция Safe Torque Off.
- В *Руководстве по проектированию VLT® Brake Resistor MCE 101* описано, как выбрать оптимальный тормозной резистор.
- В *Руководстве по проектированию фильтров VLT® Advanced Harmonic Filter AHF 005/AHF 010* приведена информация о гармониках, а также описываются различные методы их подавления и принцип работы усовершенствованного фильтра гармоник. В руководстве также описано, как выбрать правильный усовершенствованный фильтр гармоник для конкретного применения.
- В *Руководстве по проектированию выходных фильтров* также объясняется, почему необходимо использовать выходные фильтры для определенных применений и как выбрать оптимальный фильтр dU/dt или синусоидный фильтр.
- Некоторая информация в этих публикациях может отличаться в зависимости от подключенного дополнительного оборудования. Конкретные требования см. в инструкциях, прилагаемых к дополнительному оборудованию.

Дополнительные публикации и руководства можно запросить в компании Danfoss. См. *drives.danfoss.com/downloads/portal/#/* .

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
MG22B2xx	Добавлена информация по D1h–D8h	3.10

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.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

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 указанного в *Таблица 2.1* 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. **Дождитесь полной разрядки конденсаторов. См. *Таблица 2.1*.**
5. **Перед выполнением любых работ по обслуживанию или ремонту удостоверьтесь с помощью устройства для измерения напряжения, что конденсаторы полностью разряжены.**

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

Напряжение	Номинальная мощность (нормальная перегрузка)	Корпус	Время разрядки (в минутах)
380–480	110–315 кВт 150–450 л. с.	D1h–D8h	20
380–480	355–560 кВт 500–750 л. с.	E1h–E4h	40
525–690	75–400 кВт 75–400 л. с.	D1h–D8h	20
525–690	450–800 кВт 450–950 л. с.	E1h–E4h	40

Таблица 2.1 Время разрядки для корпусов D1h–D8h и E1h–E4h

⚠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

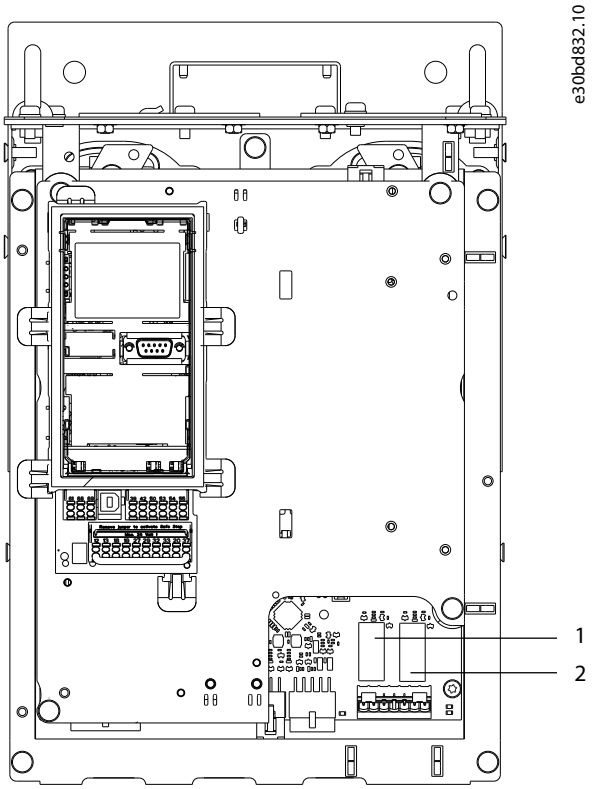
ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ СРЕДСТВО ЭКРАНИРОВАНИЯ ПОДКЛЮЧЕНИЙ СЕТЕВОГО ПИТАНИЯ

Для корпусов со степенью защиты IP21/IP54 (Тип 1/Тип 12) доступно дополнительное средство экранирования подключений сетевого 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 меры предосторожности.

- Не устанавливайте сетевой выключатель.
- Установите для параметра *параметр 14-50 RFI Filter* значение *[1] Вкл.*
- 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.



1, 2	Заглушки реле

Рисунок 2.1 Расположение заглушек реле

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

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 1.99, выходная частота преобразователя частоты ограничена уровнем 590 Гц в соответствии с экспортными правилами.

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 50–1000 В перем. тока или 75–1500 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

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

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 10.6.1 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 TÜV

TÜV SÜD — это европейская организация обеспечения безопасности, которая подтверждает функциональную безопасность преобразователя частоты в соответствии с EN/IEC 61800-5-2. TÜV SÜD 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® AQUA Drive могут иметь сертификаты от 12 различных морских классификационных обществ.

Для просмотра и распечатки разрешений и сертификатов на морское применение посетите раздел загрузок на сайте *drives.danfoss.com/industries/marine-and-offshore/marine-type-approvals/#/*.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

3

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, легкосъемных 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

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

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

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

4 Описание изделия

4.1 VLT® High-power Drives

Преобразователи частоты VLT®, описанные в этом руководстве, доступны в напольном, настенном и шкафном исполнении. Все преобразователи частоты VLT® совместимы с любыми стандартными типами двигателей, могут быть настроены под работу с ними и оптимизированы по расходу энергии. Это позволяет избежать ограничений пакетных решений, где привод рассчитан на использование с конкретным двигателем.

Преимущества преобразователей частоты VLT®

- Выпускаются в различных типоразмерах с различными классами защиты.
- КПД 98 % снижает эксплуатационные расходы.
- Уникальная конструкция с тыльным каналом снижает необходимость в дополнительном оборудования охлаждения, что дает экономию расходов на монтаж и уменьшает периодические расходы.
- Более низкое энергопотребление оборудованием охлаждения, размещенным в помещении щитовой.
- Более низкая стоимость владения.
- Одинаковый интерфейс пользователя у всех преобразователей частоты Danfoss.
- Мастера первоначальной настройки адаптированы под конкретные применения.
- Многоязычный интерфейс пользователя.

4.2 Типоразмер корпуса по номинальной мощности

кВт[1)]	л. с.[1)]	Корпуса в наличии
110	150	D1h/D3h/D5h/D6h
132	200	D1h/D3h/D5h/D6h
160	250	D1h/D3h/D5h/D6h
200	300	D2h/D4h/D7h/D8h
250	350	D2h/D4h/D7h/D8h
315	450	D2h/D4h/D7h/D8h
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 указаны для режимов с нормальной перегрузкой (NO).

Выходная мощность измеряется при 400 В (кВт) и при 460 В (л. с.).

кВт[1)]	л. с.[1)]	Корпуса в наличии
75	75	D1h/D3h/D5h/D6h
90	100	D1h/D3h/D5h/D6h
110	125	D1h/D3h/D5h/D6h
132	150	D1h/D3h/D5h/D6h
160	200	D1h/D3h/D5h/D6h
200	250	D2h/D4h/D7h/D8h
250	300	D2h/D4h/D7h/D8h
315	350	D2h/D4h/D7h/D8h
400	400	D2h/D4h/D7h/D8h
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 указаны для режимов с нормальной перегрузкой (NO).
Выходная мощность измеряется при 690 В (кВт) и при 575 В (л. с.).

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

4.3 Обзор корпусов, 380–500 В

Размер корпуса	D1h	D2h	D3h	D4h	D5h	D6h	D7h	D8h
Номинальная мощность[1]								
Выходная мощность при 400 В (кВт)	110–160	200–315	110–160	200–315	110–160	110–160	200–315	200–315
Выходная мощность при 460 В (л. с.)	150–250	300–450	150–250	300–450	150–250	150–250	300–450	300–450
Класс защиты								
IP	IP21/54	IP21/54	IP20	IP20	IP21/54	IP21/54	IP21/54	IP21/54
NEMA	Тип 1/12	Тип 1/12	Тип шасси	Тип шасси	Тип 1/12	Тип 1/12	Тип 1/12	Тип 1/12
Аппаратные опции[2]								
Тыльный канал из нержавеющей стали	O	O	O	O	O	O	O	O
Экран сети питания	O	O	–	–	O	O	O	O
Обогреватель	O	O	–	–	O	O	O	O
Фильтр ВЧ-помех (класс A1)	O	O	O	O	O	O	O	O
Safe Torque Off	S	S	S	S	S	S	S	S
Без LCP	O	O	O	O	O	O	O	O
Цифровая LCP	O	O	O	O	O	O	O	O
Графическая LCP	O	O	O	O	O	O	O	O
Предохранители	O	O	O	O	O	O	O	O
Доступ к радиатору[3]	O	O	O	O	O	O	O	O
Тормозной прерыватель	–	–	O	O	O	O	O	O
Клеммы рекуперации	–	–	O	O	O	O	O	O
Клеммы цепи разделения нагрузки	–	–	O	O	–	–	–	–
Предохранители + разделение нагрузки	–	–	O	O	–	–	–	–
Расцепитель	–	–	–	–	–	O	–	O
Автоматические выключатели	–	–	–	–	–	O	–	O
Контакторы	–	–	–	–	–	O	–	O
Источник питания 24 В пост. тока	O	O	O	O	O	O	O	O
Размеры								
Высота, мм (дюйм)	901 (35,5)	1107 (43,6)	909 (35,8) 1004 (39,5)[4]	1027 (40,4) 1027 (40,4)[4]	1324 (52,1)	1663 (65,5)	1978 (77,9)	2284 (89,9)
Ширина, мм (дюйм)	325 (12,8)	325 (12,8)	250 (9,8)	375 (14,8)	325 (12,8)	325 (12,8)	420 (16,5)	420 (16,5)
Глубина, мм (дюйм)	379 (14,9)	379 (14,9)	375 (14,8)	375 (14,8)	381 (15,0)	381 (15,0)	386 (15,2)	406 (16,0)
Масса, кг (фунт)	62 (137)	125 (276)	62 (137) 108 (238)[4]	125 (276) 179 (395)[4]	99 (218)	128 (282)	185 (408)	232 (512)

Таблица 4.3 Преобразователи частоты D1h–D8h, 380–480 В

1) Все значения номинальной мощности указаны для режимов с нормальной перегрузкой (NO). Выходная мощность измеряется при 400 В (кВт) и при 460 В (л. с.).

2) S = стандартное исполнение, O = опция, прочерк означает, что опция недоступна.

3) Доступ к радиатору не предусмотрен при наличии тыльного канала из нержавеющей стали.

4) При наличии клемм цепи разделения нагрузки или рекуперации.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

4

Размер корпуса	E1h	E2h	E3h	E4h
Номинальная мощность[1)]				
Выходная мощность при 400 В (кВт)	355–450	500–560	355–450	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 опции[3)]				
Тыльный канал из нержавеющей стали	O	O	O	O
Экран сети питания	O	O	–	–
Обогреватель	O	O	–	–
Фильтр ВЧ-помех (класс A1)	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	–	–	–	–
Контакторы	–	–	–	–
Источник питания 24 В пост. тока (SMPS, 5 A)	–	–	–	–
Размеры				
Высота, мм (дюйм)	2043 (80,4)	2043 (80,4)	1578 (62,1)	1578 (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, 380–480 В

1) Все значения номинальной мощности указаны для режимов с нормальной перегрузкой (NO). Выходная мощность измеряется при 400 В (кВт) и при 460 В (л. 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.

Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

4.4 Обзор корпусов, 525–690 В

Размер корпуса	D1h	D2h	D3h	D4h	D5h	D6h	D7h	D8h
Номинальная мощность[1]								
Выходная мощность при 690 В (кВт)	75–160	200–400	75–160	200–400	75–160	75–160	200–400	200–400
Выходная мощность при 575 В (л. с.)	75–200	250–400	75–200	250–400	75–200	75–200	250–400	250–400
Класс защиты								
IP	IP21/54	IP21/54	IP20	IP20	IP21/54	IP21/54	IP21/54	IP21/54
NEMA	Тип 1/12	Тип 1/12	Тип шасси	Тип шасси	Тип 1/12	Тип 1/12	Тип 1/12	Тип 1/12
Аппаратные опции[2]								
Тыльный канал из нержавеющей стали	–	–	O	O	–	–	–	–
Экран сети питания	O	O	O	O	O	O	O	O
Обогреватель	O	O	O	O	O	O	O	O
Safe Torque Off	S	S	S	S	S	S	S	S
Без LCP	O	O	O	O	O	O	O	O
Цифровая LCP	O	O	O	O	O	O	O	O
Графическая LCP	O	O	O	O	O	O	O	O
Предохранители	O	O	O	O	O	O	O	O
Доступ к радиатору[3]	O	O	O	O	O	O	O	O
Тормозной прерыватель	–	–	O	O	O	O	O	XO
Клеммы рекуперации	–	–	O	O	–	–	–	–
Клеммы цепи разделения нагрузки	–	–	O	O	O	O	O	O
Предохранители + разделение нагрузки	–	–	O	O	–	–	–	–
Расцепитель	–	–	–	–	O	O	O	O
Автоматические выключатели	–	–	–	–	–	O	–	O
Контакторы	–	–	–	–	–	O	–	O
Источник питания 24 В пост. тока	O	O	O	O	O	O	O	O
Размеры								
Высота, мм (дюйм)	901 (35,5)	1107 (43,6)	909 (35,8) 1004 (39,5)[4]	1027 (40,4) 1027 (40,4)[4]	1324 (52,1)	1663 (65,5)	1978 (77,9)	2284 (89,9)
Ширина, мм (дюйм)	325 (12,8)	325 (12,8)	250 (9,8)	375 (14,8)	325 (12,8)	325 (12,8)	420 (16,5)	420 (16,5)
Глубина, мм (дюйм)	379 (14,9)	379 (14,9)	375 (14,8)	375 (14,8)	381 (15,0)	381 (15,0)	386 (15,2)	406 (16,0)
Масса, кг (фунт)	62 (137)	125 (276)	62 (137) 108 (238)[4]	125 (276) 179 (395)[4]	99 (218)	128 (282)	185 (408)	232 (512)

Таблица 4.5 Преобразователи частоты D1h–D8h, 525–690 В

1) Все значения номинальной мощности указаны для режимов с нормальной перегрузкой (NO). Выходная мощность измеряется при 690 В (кВт) и при 575 В (л. с.).

2) S = стандартное исполнение, O = опция, прочерк означает, что опция недоступна.

3) Доступ к радиатору не предусмотрен при наличии тыльного канала из нержавеющей стали.

4) При наличии клемм цепи разделения нагрузки или рекуперации.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

4

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 опции[3)]				
Тыльный канал из нержавеющей стали	O	O	O	O
Экран сети питания	O	O	–	–
Обогреватель	O	O	–	–
Фильтр ВЧ-помех (класс A1)	–	–	–	–
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	–	–	–	–
Контакторы	–	–	–	–
Источник питания 24 В пост. тока (SMPS, 5 A)	–	–	–	–
Размеры				
Высота, мм (дюйм)	2043 (80,4)	2043 (80,4)	1578 (62,1)	1578 (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 4.6 Преобразователи частоты E1h–E4h, 525–690 В

1) Все значения номинальной мощности указаны для режимов с нормальной перегрузкой (NO). Выходная мощность измеряется при 690 В (кВт) и при 575 В (л. 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.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

4.5 Наличие комплектов

Описание комплекта[1)]	D1h	D2h	D3h	D4h	D5h	D6h	D7h	D8h	E1h	E2h	E3h	E4h
Погодозащитный козырек NEMA 3R для наружного использования	O	O	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Коды для заказа комплекта охлаждения NEMA 3R с входом сзади/выходом сзади	–	–	O	O	–	–	–	–	–	–	–	–
USB-разъем в двери	O	O	O	O	O	O	O	O	S	S	–	–
LCP, цифровая	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
LCP, графическая[2)]	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Кабель LCP, 3 м (9 футов)	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Монтажный комплект для цифровой LCP (LCP, крепеж, прокладка и кабель)	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Монтажный комплект для графической LCP (LCP, крепеж, прокладка и кабель)	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Монтажный комплект для всех LCP (крепеж, прокладка и кабель)	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Экранирование сети питания	–	–	–	–	–	–	–	–	O	O	–	–
Шина заземления	–	–	–	–	–	–	–	–	O	O	–	–
Опция входной платы	O	O	O	O	O	O	O	O	–	–	–	–
Клеммные колодки	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Верхний ввод для кабелей периферийной шины	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Подставка	O	O	–	–	O	O	O	O	S	S	–	–
Охлаждение с входом снизу/выходом сверху	–	–	O	O	–	–	–	–	–	–	O	O
Охлаждение с входом снизу/выходом сзади	O	O	O	O	–	–	–	–	–	–	O	O
Охлаждение с входом сзади/выходом сверху	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	O	O
Охлаждение с входом сзади/выходом сзади	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Охлаждение, только выход сверху	–	–	O	O	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 4.7 Комплекты, доступные для корпусов D1h–D8h и E1h–E4h

1) S = стандартное исполнение, O = опция, прочерк означает, что комплект недоступен для данного корпуса. Описания комплектов и каталожные номера см. в глава 13.2.6 Коды для заказа комплектов для D1h–D8h и глава 13.2.7 Номера для заказа комплектов для E1h–E4h.

2) Графическая LCP поставляется в стандартной комплектации корпусов D1h–D8h и E1h–E4h. Если требуется более одной графической LCP, доступны комплекты для покупки.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

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.

5

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 (*Alarm 16, Trip Lock* (*аварийный сигнал 16, Блокировка отключения)*).

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 на стороне сети 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 цепи постоянного тока 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 Max Output Frequency* автоматически ограничивается исходя из результатов внутреннего расчета, основанного на значениях *параметр 1-40 Back EMF at 1000 RPM*, *параметр 1-25 Motor Nominal Speed* и *параметр 1-39 Motor Poles*.

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 Brake Function*) и/или с помощью функции контроля перенапряжения (*параметр 2-17 Over-voltage Control*).

Функции торможения
Для рассеяния избыточной энергии торможения следует подключить тормозной резистор. Подключение тормозного резистора позволяет работать при большем напряжении в цепи постоянного тока в процессе торможения.

Для улучшения торможения без использования тормозных резисторов может может быть выбран режим торможения переменным током. Эта функция

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

управляет перемагничиванием двигателя при работе в режиме генератора. Повышение электропотерь в двигателе позволяет функции контроля перенапряжения (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 Missing Motor Phase Function*) 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 напряжения питания происходит отключение преобразователя частоты (*параметр 14-12 Response to Mains Imbalance*).

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 момента
Функция предела крутящего момента защищает двигатель от перегрузки независимо от скорости вращения. Предельный крутящий момент устанавливается в параметрах *параметр 4-16 Torque Limit Motor Mode* и *параметр 4-17 Torque Limit Generator Mode*. Время до отключения при появлении предупреждения о превышении предела крутящего момента устанавливается в *параметр 14-25 Trip Delay at Torque Limit*.

Предел по току
Предельный ток устанавливается в *параметр 4-18 Current Limit*, а время до отключения преобразователя частоты устанавливается в *параметр 14-24 Trip Delay at Current Limit*.

Предел скорости
Нижний предел скорости, *Параметр 4-11 Motor Speed Low Limit [RPM]* или *параметр 4-12 Motor Speed Low Limit [Hz]*, позволяет ограничить минимальную рабочую скорость диапазона скоростей преобразователя частоты.
Верхний предел скорости, *Параметр 4-13 Motor Speed High Limit [RPM]* или *параметр 4-19 Max Output Frequency*, 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 инвертор 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 Locked Rotor Detection*).

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

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 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 Output Filter* 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 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 частоте 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 номинального напряжения. 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 ±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.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

5.1.13 Подавление резонанса

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

5.1.14 Вентиляторы с управлением по температуре

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

5.1.15 Соответствие требованиям ЭМС

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

5.1.16 Гальваническая развязка клемм управления

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

Гальваническая развязка обеспечивается следующими компонентами:

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

5.2 Функции для пользовательских применений

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

5.2.1 Автоматическая адаптация двигателя

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

5.2.2 Встроенный ПИД-регулятор

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

Преобразователь частоты может использовать 2 сигнала обратной связи от двух разных устройств, что позволяет регулировать систему с различными требованиями по обратной связи. Чтобы оптимизировать производительность системы, преобразователь частоты принимает решения по управлению на основе сравнения этих двух сигналов.

5.2.3 Тепловая защита двигателя

Тепловая защита двигателя может быть обеспечена тремя способами.

- Непосредственное измерение температуры с помощью:

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

- датчика PTC или KTY на обмотках двигателя, подключенного к аналоговому или цифровому входу.
- PT100 или PT1000 в обмотках двигателя и подшипниках двигателя, подключенного к плате VLT® Sensor Input MCB 114.
- входа от термистора PTC на плате термисторов VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 (соответствует требованиям ATEX).

5

- С помощью механического термовыключателя (типа Klixon) на цифровом входе.
- Посредством встроенного электронного теплового реле (ЭТР).

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

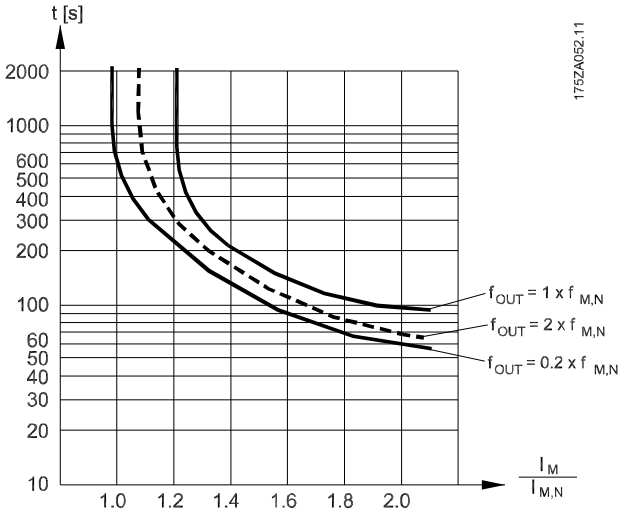


Рисунок 5.1 Характеристики ЭТР

По оси X показано соотношение между $I_{двиг.}$ 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 Motor Thermal*.
Для двигателей EX-e, используемых в зонах ATEX, имеется специальная версия ЭТР. Эта функция позволяет задать определенную кривую для защиты двигателя Ex-e. Инструкции по настройке см. в *руководстве по программированию*.

5.2.4 Тепловая защита для двигателей Ex-e

Для работы с двигателями Ex-e в соответствии с EN-60079-7 преобразователь частоты оснащен функцией отслеживания температуры во взрывоопасных средах с помощью электронного теплового реле (ATEX ETR). При наличии сертифицированного по ATEX устройства контроля температуры PTC, такого как плата VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 или внешнее устройство, установка не требует отдельного разрешения уполномоченной организации.

Функция отслеживания температуры во взрывоопасных средах с помощью электронного теплового реле позволяет использовать двигатели Ex-e вместо более дорогих, более крупных и тяжелых двигателей Ex-d. Эта функция гарантирует, что преобразователь частоты будет ограничивать ток двигателя и не допустит перегрева.

Требования, касающиеся двигателей Ex-e

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

УВЕДОМЛЕНИЕ

Установите преобразователь частоты за пределами опасной зоны.

- Убедитесь, что двигатель Ex-e оснащен сертифицированным по ATEX устройством защиты двигателя от перегрузки. Это устройство контролирует температуру в обмотках двигателя. При наличии критического уровня температуры или в случае

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

неисправности устройство отключает двигатель.

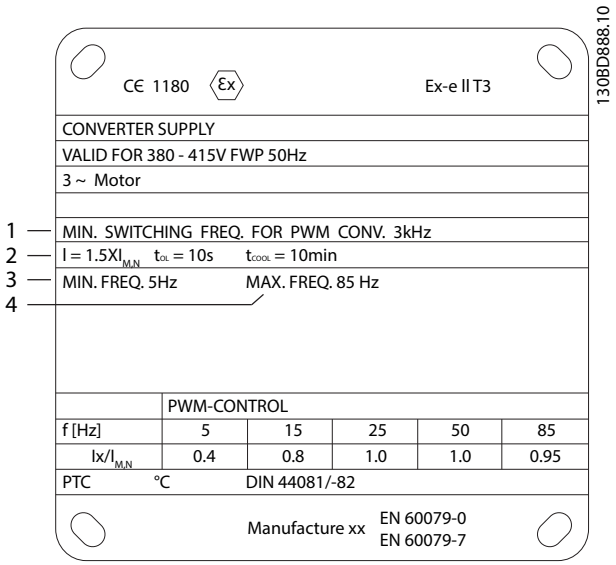
- Плата VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 обеспечивает контроль температуры двигателя в соответствии с требованиями ATEX. Преобразователь частоты должен обязательно быть оснащен 3–6 термисторами PTC, подключенными последовательно в соответствии с DIN 44081 или 44082.
- Также может использоваться внешнее защитное устройство PTC с сертификатом ATEX.

- При наличии следующих условий необходим синусоидный фильтр:
  - Длинные кабели (пики напряжения) или повышенное сетевое напряжение приводят к возникновению напряжений, превышающих максимально допустимое на клеммах двигателя.
  - Минимальная частота коммутации преобразователя частоты не соответствует требованию, установленному производителем двигателя. Минимальная частота коммутации преобразователя частоты отображается как значение по умолчанию в *параметр 14-01 Switching Frequency*.

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 $I_{VLT,\,n} \leq 2 \times I_{m,n}$
- Учитывайте все перепады напряжения между преобразователем частоты и двигателем. Если двигатель работает при более низком напряжении, чем указано в характеристиках U/f, ток может увеличиваться, вызывая срабатывание аварийной сигнализации.

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

5.2.5 Пропадание напряжения

При отключении напряжения сети преобразователь частоты продолжает работать, пока напряжение в цепи постоянного тока 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 Mains Failure*) 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 Flying Start*).
- 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 Mains Failure* и *параметр 1-73 Flying Start*.

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.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

5.2.11 Интеллектуальное логическое управление (SLC)

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

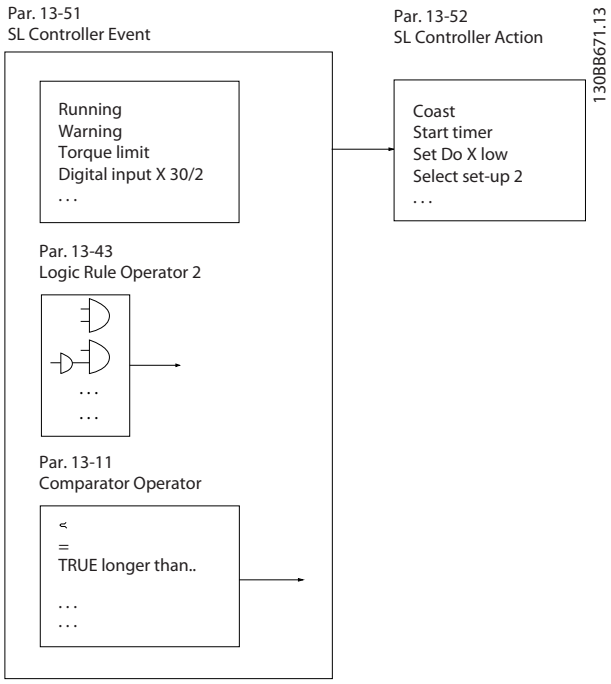


Рисунок 5.3 Событие и действие SLC

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 выполняется оценка 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.

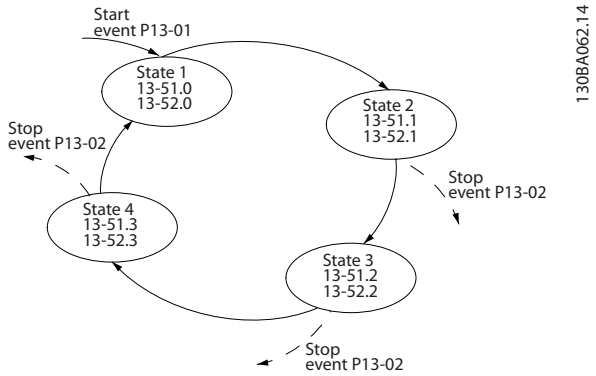


Рисунок 5.4 Порядок выполнения, если запрограммировано 4 события/действия

Компараторы

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

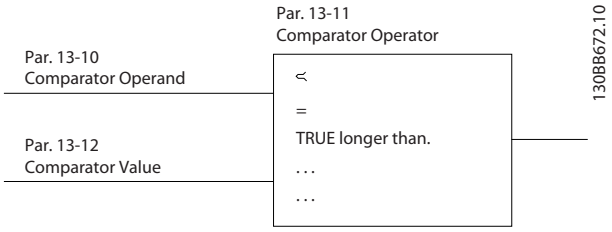


Рисунок 5.5 Компараторы

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.

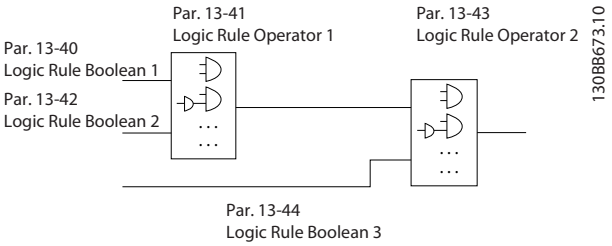


Рисунок 5.6 Логические соотношения

Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

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 *Руководстве по эксплуатации функции Safe Torque Off в преобразователях частоты серии VLT®*.

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 в преобразователях частоты серии VLT®*.
- Хорошо знать общие стандарты и стандарты в области техники безопасности, относящиеся к тем или иным применениям.

5.3 Специальные возможности VLT® AQUA Drive FC 202

Преобразователь частоты VLT® AQUA Drive FC 202 разработан для применения в системах водоснабжения и водоотвода. Широкий спектр стандартных и дополнительных функций, включающий оптимизированный режим SmartStart и быстрое меню, рассчитан на применение в системах водоснабжения и водоотвода:

- **Каскадное управление**
  Базовые возможности каскадного управления (до трех насосов) встроены как стандартная функция. Каскадное управление обеспечивает управление скоростью отдельного насоса в системе с несколькими насосами. Это недорогое решение, например, для бустерных установок. Для систем с несколькими насосами с переменной скоростью требуется расширенный каскад-контроллер VLT® Extended Cascade Controller MCO 101 или усовершенствованный каскад-контроллер VLT® Advanced Cascade Controller MCO 102.
- **Чередование двигателей**
  Функция чередования двигателей подходит для вариантов применения с 2 двигателями или 2 насосами, совместно использующими 1 преобразователь частоты.
- **Функция компенсации расхода**
  Функция компенсации расхода подстраивает уставку в зависимости от расхода и позволяет разместить датчик давления вблизи насоса.
- **Обнаружение работы всухую**
  Эта функция предотвращает повреждение насоса, исключая работу насоса всухую и его перегрев.
- **Обнаружение конца характеристики**
  Эта функция обнаруживает ситуации, когда насос работает при максимальной скорости, но в течение определенного пользователем периода времени уставка не достигается.
- **Очистка**
  Эта функция профилактической или реактивной очистки предназначена для насосов сточных вод. Для получения дополнительной информации см. *глава 5.6 Описание функции очистки*.
- **Начальное/конечное изменение скорости**
  Программирование коротких периодов раскрутки с минимальной скорости и замедления до минимальной скорости защищает подшипники и обеспечивает достаточное охлаждение в применениях с погружными насосами.
- **Защита запорного клапана**
  Медленная раскрутка защищает запорные клапаны и предотвращает гидроудар.
- **STO**
  Функция STO (Safe Torque Off) обеспечивает безопасное отключение крутящего момента (выбег) при возникновении критической ситуации.
- **Обнаружение низкого расхода**
  Эта функция обнаруживает состояния работы системы без расхода или с низким расходом.
- **Режим ожидания**
  Функция режима ожидания экономит электроэнергию, останавливая насос, когда нет потребности в его работе.
- **Режим заполнения трубы**
  Режим заполнения трубы реализует функции постепенного заполнения трубы и позволяет избежать гидроудара. Эта функция обеспечивает различные режимы работы для горизонтальных и вертикальных труб.
- **Часы реального времени**

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

- **Интеллектуальное логическое управление (SLC)**
  Интеллектуальное логическое управление (SLC) заключается в программировании последовательности, состоящей из событий и действий. SLC реализует широкий ряд функций программируемого логического контроллера (PLC) с применением компараторов, логических правил и таймеров.
- **Пре-/постсмазка**
  Для получения дополнительной информации см. *глава 5.7 Описание пре-/постсмазки*.
- **Подтверждение потока**
  Для получения дополнительной информации см. *глава 5.8 Обзор режима подтверждения потока*.
- **Улучшенное отслеживание минимальной скорости для погружных насосов**
  Для получения дополнительной информации см. *глава 5.9 Описание улучшенного отслеживания минимальной скорости*.
- **Профилактическое обслуживание**
  Функция профилактического техобслуживания позволяет программировать требуемые интервалы технического обслуживания преобразователя частоты.

5.3.1 Простая настройка

SmartStart
Мастер SmartStart облегчает и удешевляет ввод преобразователя частоты в эксплуатацию. SmartStart активируется при первом запуске или после сброса к заводским параметрам и помогает пользователю выполнить ряд несложных шагов, обеспечивающих правильное и эффективное управление двигателем. Мастер SmartStart может быть запущен непосредственно из быстрого меню.

- Одиночный насос/двигатель в разомкнутом или замкнутом контуре.
- Чередование двигателей, когда 2 двигателя совместно используют 1 преобразователь частоты.
- Базовое каскадное управление: управление скоростью одного из насосов в системе со несколькими насосами.
- Режим «главный/подчиненный»: управление преобразователями частоты (до 8 штук) и насосами для обеспечения плавной и согласованной работы всей насосной системы в целом.

Быстрое меню
Раздел быстрого меню, посвященный водоснабжению и насосам, обеспечивает быстрый доступ к самым распространенным функциям управления водоснабжением и насосами в VLT® AQUA Drive FC 202:

- Особые режимы изменения скорости (начальное/конечное изменение скорости, изменение скорости для запорных клапанов).
- Режим ожидания.
- Очистка.
- Обнаружение работы всухую.
- Обнаружение конца характеристики.
- Функция компенсации расхода.
- Режим заполнения труб для систем с горизонтальным, вертикальным и смешанным расположением труб.
- Характеристики управления.
- Мониторинг минимальной скорости.

5.4 Обзор каскадного управления

Дополнительные платы каскадного управления позволяют увеличить число имеющихся реле. После установки дополнительной платы параметры каскад-контроллера будут доступны на панели управления.

Добавляемые устройства VLT® Extended Cascade Controller MCO 101 и VLT® Advanced Cascade Controller MCO 102 увеличивают поддерживаемое количество насосов и выполняют в VLT® AQUA Drive FC 202 функции встроенного каскад-контроллера.

Доступны следующие дополнительные устройства каскадного управления:

- Встроенный базовый каскад-контроллер (стандартный каскад-контроллер).
- MCO101 (расширенный каскад-контроллер).
- MCO 102 (усовершенствованный каскад-контроллер).

Подробнее см. *глава 12 Примеры применения* и *руководство по программированию*.

Расширенный каскад-контроллер может быть использован в двух различных режимах:

- С расширенными функциями, управляемыми из *группы параметров 27-** Cascade CTL Option (Доп. плата каскад-контроллера)*.
- Увеличивает количество доступных реле для базового каскада, управляемого *группой параметров 25** Каскад-контроллер*.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

MCO 101 позволяет использовать в каскадном управлении до 5 реле. MCO 102 поддерживает до 8 насосов. Дополнительные устройства обеспечивают чередование ведущего насоса, используя два реле на каждый насос.

УВЕДОМЛЕНИЕ

Если установлена плата MCO 102, с помощью VLT® Relay Card MCB 105 можно увеличить количество реле до 13.

5

Применение

Каскадное управление — это общая система контроля и управления, используемая для контроля параллельно включенных насосов или вентиляторов с целью повышения эффективности использования электроэнергии.

Дополнительный каскад-контроллер позволяет управлять несколькими насосами, включенными параллельно, следующими способами:

- Автоматическое включение/выключение отдельных насосов.
- Управление скоростью насосов.

При использовании каскад-контроллеров отдельные насосы автоматически включаются и выключаются таким образом, чтобы получить на выходе системы необходимые величины расхода или давления. Кроме того, производится регулирование скорости насосов, подключенных к VLT® AQUA Drive FC 202, что обеспечивает плавное изменение выходной мощности системы.

Целевое назначение

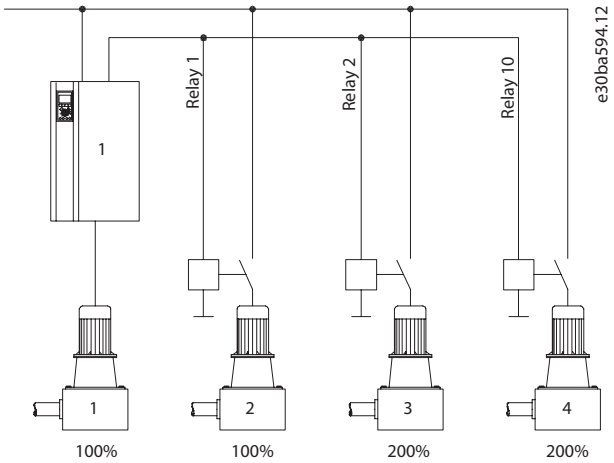
Хотя дополнительный каскад-контроллер предназначен для применения в насосных установках, его можно также использовать в любых системах, требующих параллельной работы нескольких электродвигателей.

Принцип работы

Программное обеспечение каскад-контроллера действует с одного преобразователя частоты, оснащенного платой каскад-контроллера. Он управляет группой насосов, каждый из которых регулируется преобразователем частоты или подключен через контактор или устройство плавного пуска.

Дополнительным (подчиненным) преобразователям частоты в системе не нужна плата каскад-контроллера. Они работают в режиме разомкнутого контура и получают свои задания скорости от главного преобразователя частоты. Насосы, подключенные к подчиненным преобразователям частоты, считаются насосами переменной скорости.

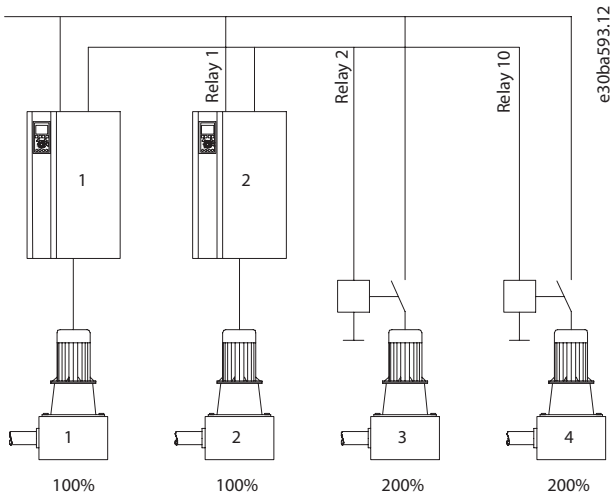
Насосы, подключенные к сети через контактор или устройство плавного пуска, считаются насосами с фиксированной скоростью. Каждый насос переменной или фиксированной скорости управляется с помощью реле в главном преобразователе частоты. Дополнительные платы каскад-контроллера могут управлять несколькими насосами переменной и фиксированной скорости.



Встроенный	1 VSP + 2 FSP *группа параметров 25-** Каскад-контроллер*
VLT® Extended Cascade Controller MCO 101	1 VSP + 5 FSP *группа параметров 25-** Каскад-контроллер*
VLT® Advanced Cascade Controller MCO 102	1 VSP + 8 FSP *группа параметров 25-** Каскад-контроллер*

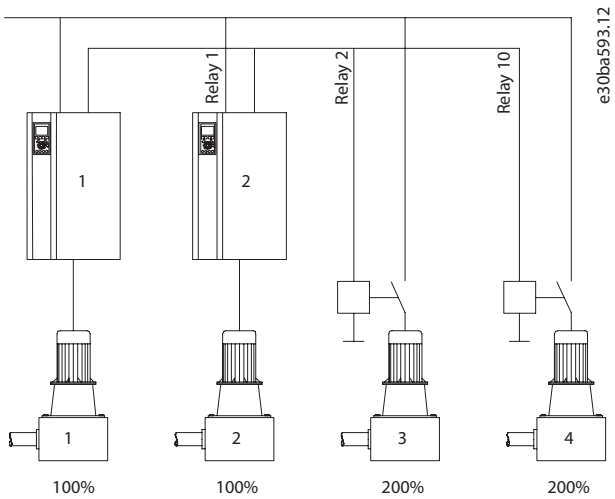
Рисунок 5.7 Обзор применения

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.



Встроенный	–
VLT® Extended Cascade Controller MCO 101	1–6 VSP + 1–5 FSP (максимум 6 насосов) *группа параметров 27-** Cascade CTL Option (Доп. плата каскад-контроллера)*
VLT® Advanced Cascade Controller MCO 102	1–8 VSP + 1–7 FSP (максимум 8 насосов) *группа параметров 27-** Cascade CTL Option (Доп. плата каскад-контроллера)*

Рисунок 5.8 Обзор применения



Встроенный	–
VLT® Extended Cascade Controller MCO 101	6 VSP *группа параметров 27-** Cascade CTL Option (Доп. плата каскад-контроллера)*
VLT® Advanced Cascade Controller MCO 102	8 VSP *группа параметров 27-** Cascade CTL Option (Доп. плата каскад-контроллера)*

Рисунок 5.9 Обзор применения

VSP = насос с переменной скоростью (подключен непосредственно к преобразователю частоты)
FSP = насос с фиксированной скоростью (двигатель может подключаться через контактор, устройство плавного пуска или пускатель типа «звезда/треугольник»)

5.5 Обзор базового каскад-контроллера

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.

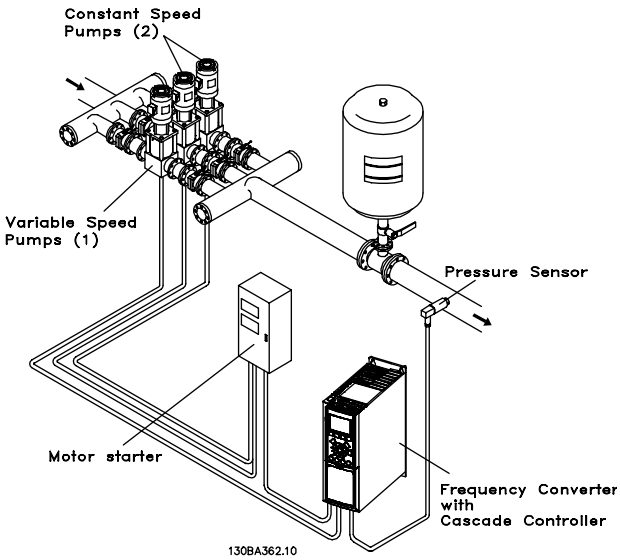


Рисунок 5.10 Базовый каскад-контроллер

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 преобразователя частоты 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.

5.5.1.1 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 ($f_{мин.}$) и, после некоторой задержки, до максимальной частоты ($f_{макс.}$). Когда скорость ведущего насоса достигает частоты выключения, насос с фиксированной скоростью выключается (выводится из каскада). Ведущий насос продолжает разгоняться, а затем замедляется до останова, и оба реле размыкаются.

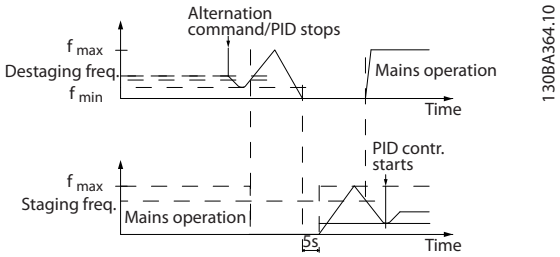


Рисунок 5.11 Чередование ведущего насоса

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 ($f_{мин.}$) 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.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

5.5.1.2 Состояние и работа системы

Переход ведущего насоса в режим ожидания 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.

5.6 Описание функции очистки

Целью функции очистки является освобождение лопасти насоса от мусора в системах водоотвода для обеспечения нормальной работы насоса.
Событие очистки определяется как время от момента, когда преобразователь частоты начал очистку, до момента ее окончания. При запуске очистки преобразователь частоты снижает скорость до остановки, а затем проходит время задержки отключения и начинается первый цикл.

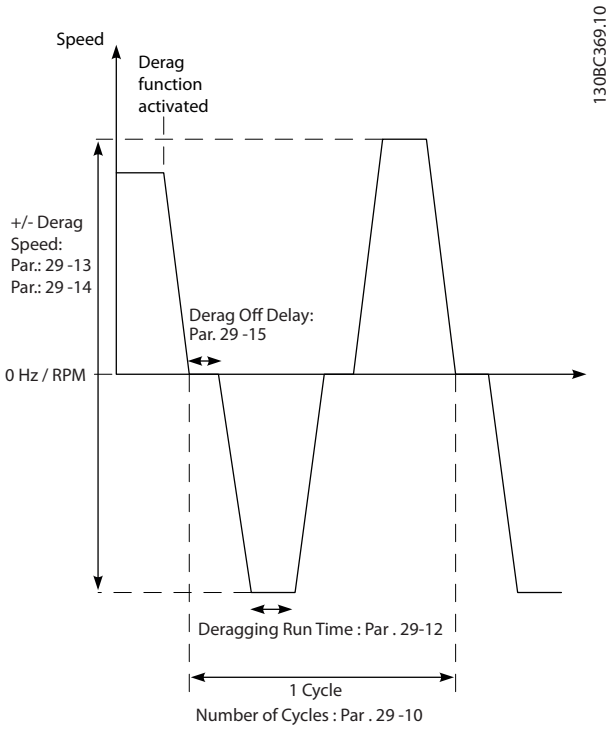


Рисунок 5.12 Функция очистки

Если очистка запускается из остановленного состояния преобразователя частоты, первая задержка отключения пропускается. Событие очистки состоит из нескольких циклов. Один цикл состоит из одного импульса в обратном направлении, за которым следует один импульс в прямом направлении. Очистка считается законченной после завершения определенного количества циклов. А именно, очистка считается законченной на последнем импульсе (он всегда будет в прямом направлении) последнего цикла после истечения времени действия очистки (преобразователь частоты работает на скорости очистки). Между импульсами преобразователь частоты вращается по инерции в течение определенного времени задержки отключения, чтобы дать отходам осесть.

УВЕДОМЛЕНИЕ

Не включайте очистку, если насос не может работать в обратном направлении.

Есть три различных уведомления о текущем событии очистки:

- Сообщение на LCP: *Auto Remote Derag (Автоматическая дистанционная очистка)*.
- Бит в расширенном слове состояния (бит 23, 80 0000 16-ричн.).
- Цифровой выход может использоваться для выдачи состояния активной очистки.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

В зависимости от применения и от цели его использования, эта функция может быть использована в качестве профилактической или реактивной меры и может быть инициирована/запущена следующими способами:

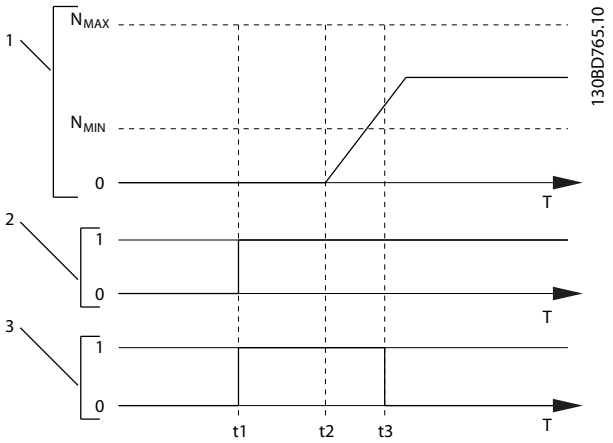
- При каждой команде пуска (*параметр 29-11 Derag at Start/Stop*).
- При каждой команде останова (*параметр 29-11 Derag at Start/Stop*).
- При каждой команде пуска/останова (*параметр 29-11 Derag at Start/Stop*).
- Через цифровой вход (*группа параметров 5-1* Цифровые входы*).
- При работе преобразователя частоты с программируемым логическим контроллером (*параметр 13-52 SL Controller Action*).
- Как действие по таймеру (*группа параметров 23-** Временные функции*).
- При высокой мощности (*группа параметров 29-2* Derag Power Tuning (Настройка мощности очистки)*)

5.7 Описание пре-/постсмазки

Для предотвращения износа и повреждения некоторым двигателям требуется смазка механических деталей перед запуском или в ходе работы. Это особенно важно в случаях, когда двигатель не работал в течение длительных периодов времени. Пресмазка также обеспечивает поддержку систем, использующих работу вытяжных вентиляторов. Функция пресмазки подает сигнал внешнему устройству, по которому оно начинает выполнять определенное действие в течение указанного пользователем времени, начиная с фронта нарастания команды запуска (например, запроса пуска). Кроме того, можно ввести задержку при пуске (*параметр 1-71 Start Delay*), так чтобы пресмазка происходила только при остановленном преобразователе частоты и завершалась непосредственно перед тем, как преобразователь частоты начнет разгон. Пресмазку также можно настроить таким образом, чтобы сигнал с внешнего устройства оставался активным, когда преобразователь частоты находится в состоянии вращения или таким образом, чтобы сигнал оставался активным после остановки двигателя (*параметр 29-42 Post Lube Time*). В качестве примера применения можно назвать устройство, смазывающее механические детали двигателя/насоса или блока вытяжной вентиляции того или иного вида.

Примером использования может служить включение устройства подачи смазки на подъеме фронта запроса запуска. Запуск задерживается на некоторый период времени, по окончании которого смазка прекращается и преобразователь частоты запускается.

На *Рисунок 5.13* показан другой вариант использования этой функции. В этом случае срок задержки истекает, когда преобразователь частоты уже ведет раскрутку (увеличивает скорость). Соответствующие параметры см. в. *Таблица 5.1*.



1	Кривая скорости.
2	Команда пуска (например, на клемме 18).
3	Выходной сигнал пресмазки.
t_1	Подана команда пуска (например, активирована клемма 18). Таймер задержки запуска (*параметр 1-71 Start Delay*) и таймер пресмазки (*параметр 29-41 Pre Lube Time*).
t_2	Отсчет таймера задержки запуска заканчивается. Преобразователь частоты начинает разгон.
t_3	Отсчет таймера пресмазки (*параметр 29-41 Pre Lube Time*) заканчивается.

Рисунок 5.13 Пример функции пре-/постсмазки

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

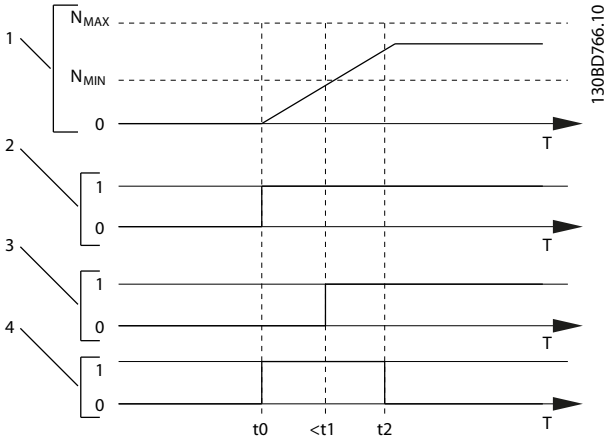
Номер и название параметра	Описание	МСО	Ед. изм.
Параметр 29-40 Pre/Post Lube Function	Выберите функцию пре-/постсмазки. Используйте *параметр 1-71 Start Delay* для установки задержки перед началом раскрутки двигателя.	*[0]*Disabled (Запрещено)* *[1] Pre lube only (Только пресмазка)* *[2] Pre & running (Пресмазка и работа)* *[3] Pre & running & post (Пресмазка, работа и постсмазка)*	–
Параметр 29-41 Pre Lube Time	Введите длительность сигнала после подачи пускового сигнала. Используется только в том случае, если в *параметр 29-40 Pre/Post Lube Function* выбрано значение *[1] Pre Lube Only (Только пресмазка)*.	*0–600 (*10)*	с
Параметр 29-42 Post Lube Time	Выберите длительность сигнала после останова двигателя. Используется только в том случае, если в *параметр 29-40 Pre/Post Lube Function* выбрано значение *[3] Pre & running & post (Пресмазка, работа и постсмазка)*.	*0–600 (*10)*	с

Таблица 5.1 Параметры функции пре-/постсмазки

5.8 Обзор режима подтверждения потока

Функция подтверждения потока рассчитана на применения, в которых необходимо поддерживать двигатель/насос запущенным в ожидании внешнего события. Монитор подтверждения потока ожидает получения на цифровом входе сигнала от датчика на запорном клапане, сигнализаторе потока или другом внешнем устройстве, сообщающем, что устройство находится в открытом положении и через него возможен поток. В *параметр 29-50 Validation Time* укажите, сколько времени VLT® AQUA Drive FC 202 будет ожидать цифрового входного сигнала от внешнего устройства, который подтвердит наличие потока. После подтверждения потока преобразователь частоты еще раз проверяет сигнал через установленный интервал подтверждения, а дальше работает в обычном режиме. Когда монитор потока включен, на LCP отображается статус *Verifying flow (Проверка потока)*.

Если ожидаемый входной цифровой сигнал становится неактивным ранее, чем пройдет время проверки потока или время подтверждения потока, преобразователь частоты отключается с *аварийным сигналом 92 Поток отсутствует*.



1	Кривая скорости.
2	Команда пуска (например, на клемме 18).
3	Цифровой сигнал от внешнего устройства, подтверждающий возможность потока.
4	Проверка потока.
t_0	Подана команда пуска (например, активирована клемма 18).
t_1	Цифровой сигнал от внешнего устройства становится активным, прежде чем истекает отсчет *параметр 29-50 Validation Time*.
t_2	Когда время *параметр 29-51 Verification Time* заканчивается, преобразователь частоты еще раз проверяет сигнал от внешнего устройства, а дальше работает в обычном режиме.

Рисунок 5.14 Подтверждение потока

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

Номер и название параметра	Описание	МСО	Ед. изм.
Параметр 29-50 Validation Time	В течение времени проверки цифровой выход должен быть активен.	*0,1–999,0 (*зависит от типоразмера)*	с
Параметр 29-51 Verification Time	Поток будет подтвержден, если в конце времени проверки цифровой вход все еще будет активен.	*0,1–255,0 (*15)*	с

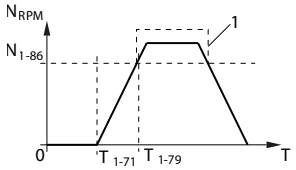
Таблица 5.2 Параметры подтверждения потока

УВЕДОМЛЕНИЕ

Параметры отображаются на LCP, только если цифровой вход настроен на режим подтверждения потока.

5.9 Описание улучшенного отслеживания минимальной скорости

Некоторые насосы плохо переносят работу при низких скоростях. Обычно это происходит по причине недостаточного охлаждения или смазки при низких скоростях.
В условиях перегрузки преобразователь частоты защищает себя с помощью встроенных защитных функций, которые включают понижение скорости. Например, понизить скорость может регулятор предельного тока. В некоторых случаях скорость может упасть ниже указанной в *параметр 4-11 Motor Speed Low Limit [RPM]* и *параметр 4-12 Motor Speed Low Limit [Hz]*. Если скорость падает ниже определенного значения, функция улучшенного отслеживания минимальной скорости отключает преобразователь частоты. Если двигатель насоса не достигает скорости, указанной в *параметр 1-86 Trip Speed Low [RPM]*, за время, заданное в *параметр 1-79 Pump Start Max Time to Trip* (раскрутка идет слишком долго), срабатывает защитное отключение преобразователя частоты. Отсчет таймеров *параметр 1-71 Start Delay* и *параметр 1-79 Pump Start Max Time to Trip* начинается одновременно с подачей команды пуска. Например, если значение в *параметр 1-71 Start Delay* больше или равно значению в *параметр 1-79 Pump Start Max Time to Trip*, преобразователь частоты не запустится.



T_{1-71}	*Параметр 1-71 Start Delay*.
T_{1-79}	*Параметр 1-79 Pump Start Max Time to Trip*. Это время включает в себя время T_{1-71}.
N_{1-86}	*Параметр 1-86 Trip Speed Low [RPM]*. Если при нормальной работе скорость падает ниже этого значения, преобразователь частоты отключается защитой.
1	Нормальная работа.

Рисунок 5.15 Улучшенное отслеживание минимальной скорости

5.10 Описание динамического торможения

Динамическое торможение замедляет двигатель одним из следующих способов:

- Торможение переменным током
  Энергия торможения распределяется в двигателе путем изменения состояний потерь в двигателе (*параметр 2-10 Brake Function* = [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 DC Braking Time* ≠ 0 с).
- Резистивное торможение
  Тормозной IGBT поддерживает перенапряжение на уровне ниже определенного порога путем направления энергии торможения от двигателя к подключенному тормозному резистору (*параметр 2-10 Brake Function* = [1]). Подробнее о выборе тормозных резисторов см. *Руководство по проектированию VLT® Brake Resistor MCE 101*.

Для преобразователей частоты с платой тормоза используется тормозной IGBT с клеммами 81(R-) и 82(R+) для подключения внешнего тормозного резистора.

Функция тормозного IGBT служит для ограничения напряжения в цепи постоянного тока, когда превышено максимальное напряжение. Ограничение напряжения осуществляется посредством коммутации внешнего

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

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 пределами 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 питания и плату драйверов поступает в тормозной IGBT. Кроме того, силовая плата питания и платы управления отслеживают тормозной IGBT, предотвращая возможность коротких замыканий. Силовая плата питания также отслеживает тормозной резистор, предотвращая перегрузки.

5.11 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 питания все связанные преобразователи частоты могут питаться через цепь постоянного тока от резервного источника питания. Система может продолжить работу 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® AQUA Drive FC 202 могут использоваться с другими преобразователями частоты VLT® AQUA Drive FC 202.
- 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 5.16*. Для получения дополнительных сведений о системах с разделением нагрузки обратитесь в Danfoss.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

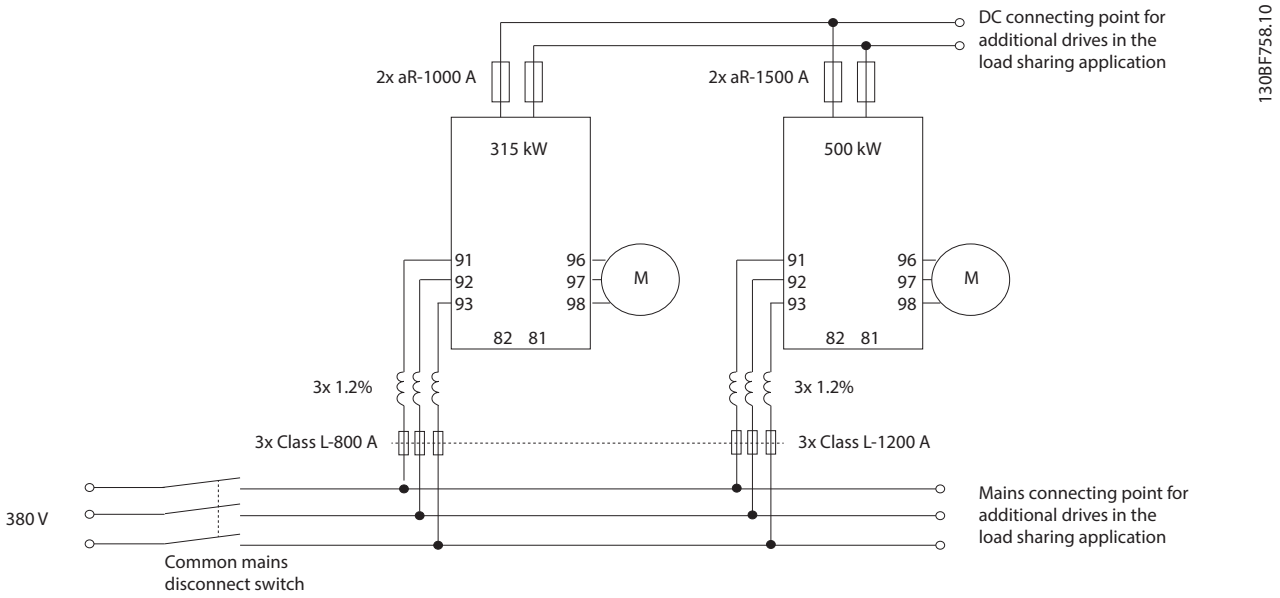


Рисунок 5.16 Схема системы с разделением нагрузки, в которой применяются наилучшие методы,

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 шине 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.

5.12 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 устройство рекуперации стороннего производителя, позволяющее возвращать избыточную энергию в электросеть.

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

5.13 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. Для перенаправления воздушного потока в зависимости от конкретных требований доступны различные комплекты для устройства тыльного канала охлаждения.

5.13.1 Циркуляция воздуха через корпуса D1h–D8h

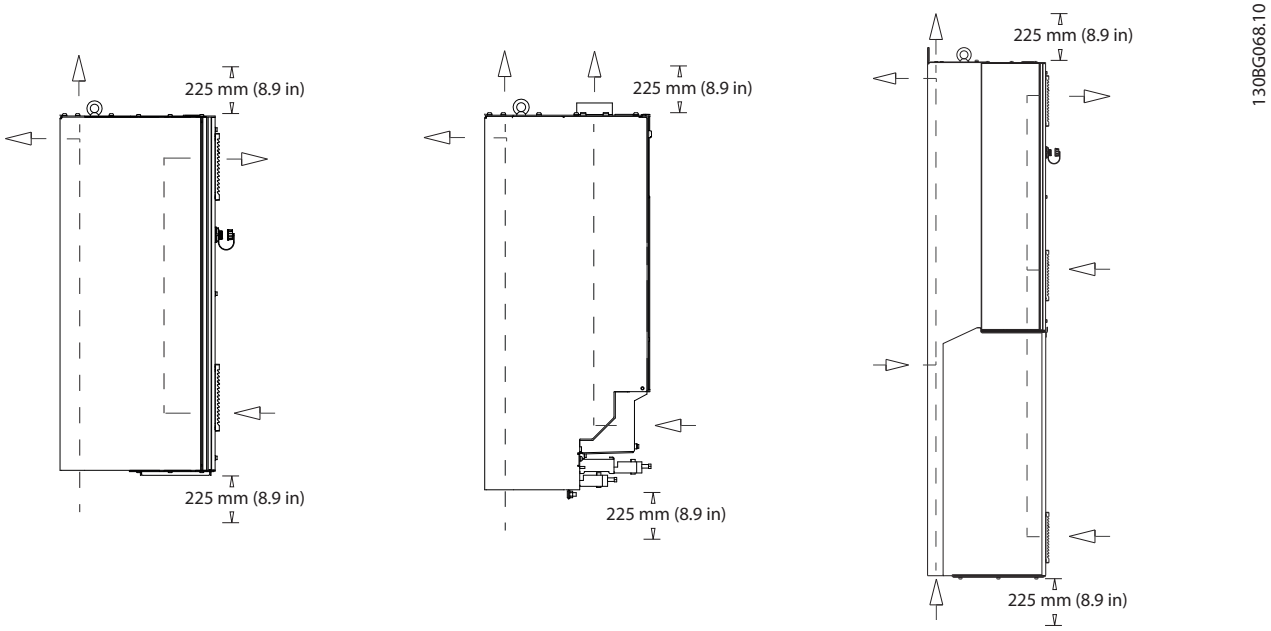


Рисунок 5.17 Стандартная конфигурация воздушной циркуляции для корпусов D1h/D2h (слева), D3h/D4h (посередине) и D5h–D8h (справа).

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

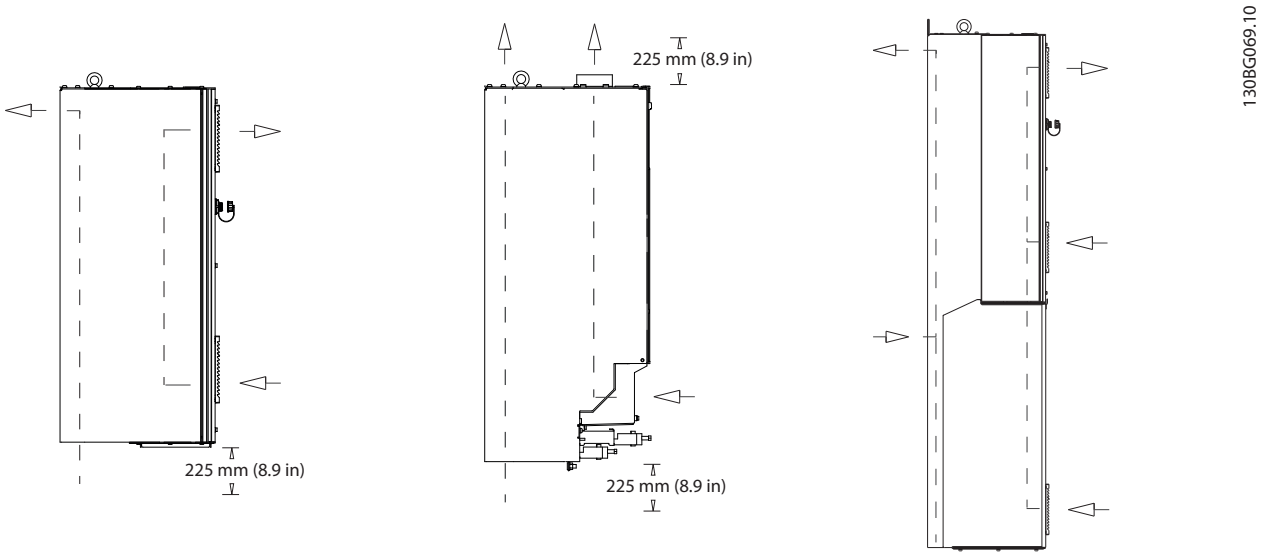


Рисунок 5.18 Вариант конфигурации воздушной циркуляции с использованием комплектов охлаждения с тыльным каналом для корпусов D1h–D8h.

(Слева) комплект охлаждения с входом снизу/выходом сзади для корпусов D1h/D2h.

(Посередине) комплект охлаждения с входом снизу/выходом сверху для корпусов D3h/D4h.

(Справа) комплект охлаждения с входом сзади/выходом сзади для корпусов D5–D8h.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

5.13.2 Циркуляция воздуха через корпуса E1h–E4h

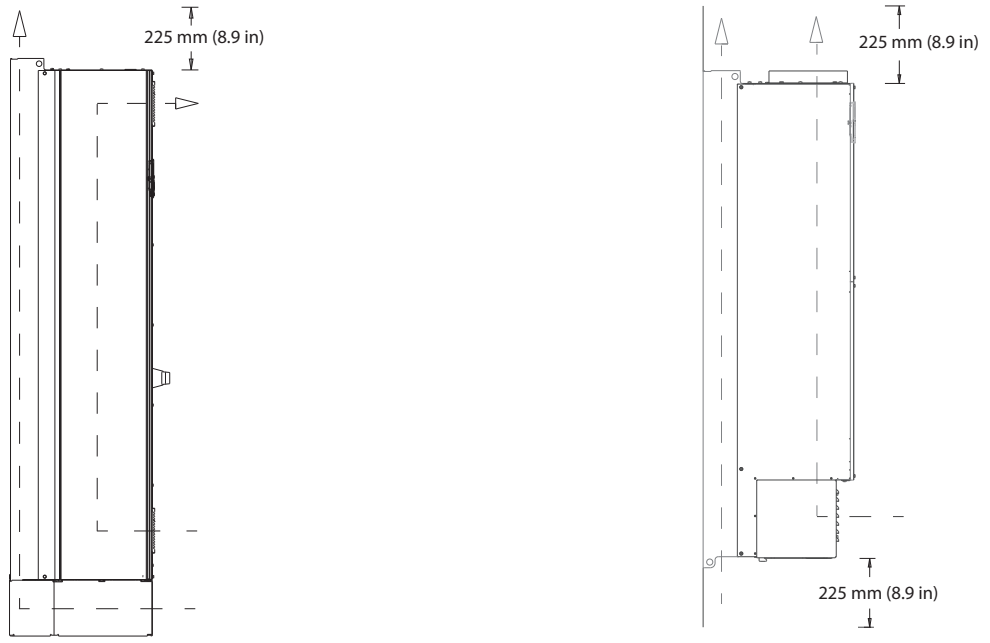


Рисунок 5.19 Стандартная конфигурация воздушной циркуляции для E1h/E2h (слева) и E3h/E4h (справа)

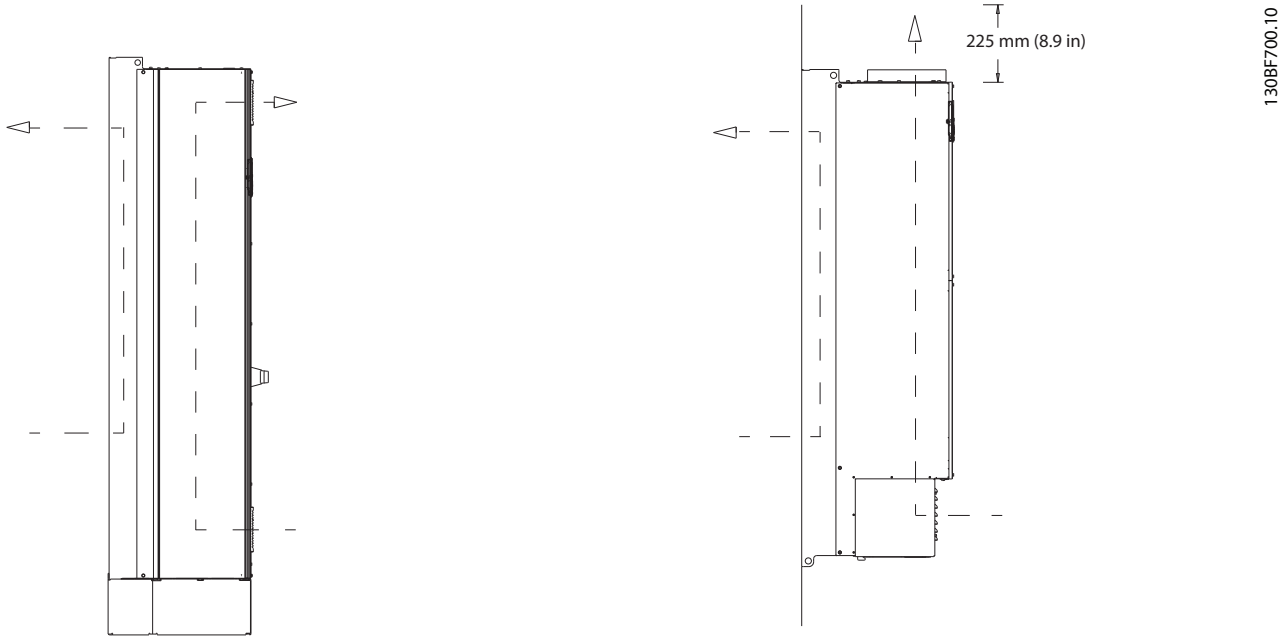


Рисунок 5.20 Вариант конфигурации воздушной циркуляции через заднюю стенку для E1h/E2h (слева) и E3h/E4h (справа)

Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

6 Дополнительные платы и принадлежности

6.1 Устройства периферийной шины

В этом разделе описаны устройства периферийной шины, доступные для преобразователей частоты серии VLT® AQUA Drive FC 202. 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

Устройство VLT® PROFIBUS DP-V1 MCA 101 обеспечивает следующие преимущества:

- Широкая совместимость, высокая надежность, поддержка основных поставщиков PLC и взаимозаменяемость с будущими версиями.
- Быстрая, эффективная связь, понятная установка, расширенная диагностика и параметризация, а также авто-конфигурация данных процесса с помощью файла GSD.
- Ациклическая параметризация с помощью PROFIBUS DP-V1, PROFIdrive или конечных автоматов профилей Danfoss FC.

6.1.2 VLT® DeviceNet MCA 104

Устройство VLT® DeviceNet MCA 104 обеспечивает следующие преимущества:

- Поддержка 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® PROFINET MCA 120

VLT® PROFINET 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 PROFIsafe при использовании в сочетании с VLT® Safety Option MCB 152.
- Обеспечивает реализацию согласно Классу соответствия B (Conformance Class B).

6.1.4 VLT® EtherNet/IP MCA 121

Сеть Ethernet — это стандарт будущего для осуществления связи в производственном цехе. Устройство VLT® EtherNet/IP MCA 121 основано на новейшей технологии, доступной для промышленного использования и пригодной для работы даже в самых тяжелых условиях применения. Протокол 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 предлагает несколько расширенных функций, таких как:

- 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.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

6.1.5 VLT® Modbus TCP MCA 122

VLT® Modbus TCP MCA 122 подсоединяется к сетям, основанным на протоколе Modbus TCP. 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.

6.2 Функциональные расширения

В этом разделе описаны платы функциональных расширений, доступные для преобразователей частоты серии VLT® AQUA Drive FC 202. 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

Модуль VLT® General Purpose I/O Module MCB 101 увеличивает 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 плюс 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 VLT® Relay Card MCB 105 расширяет функции реле, добавляя еще 3 релейных выхода.

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

Макс. частота коммутации (при номинальной/минимальной нагрузке)
6 минут$^{-1}$/20 сек$^{-1}$.

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

6.2.3 VLT® Analog I/O Option MCB 109

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 VLT® Sensor Input Option 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.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

6.2.6 VLT® Extended Cascade Controller MCO 101

VLT® Extended Cascade Controller MCO 101 легко устанавливается и модернизируется, обеспечивая управление большим числом насосов и улучшенное управление насосами в режиме «главный/подчиненный».

- До 6 насосов в стандартном каскаде.
- До 5 насосов в конфигурации «главный/подчиненный».

Макс. нагрузка на клеммах

- Резистивная нагрузка AC-1, 240 В пер. тока, 2 А.
- Индуктивная нагрузка AC-15 при cos phi = 0,4, 240 В пер. тока, 0,2 А.
- Резистивная нагрузка DC-1, 24 В пост. тока, 1 А.
- Индуктивная нагрузка DC-13 при cos phi = 0,4, 24 В пост. тока, 0,1 А.

Мин. нагрузка на клеммах

- 5 В пост. тока, 10 мА.
- Макс. частота коммутации при номинальной/минимальной нагрузке, 6 мин-1/20 с-1.

6.2.7 VLT® Advanced Cascade Controller MCO 102

Простой в установке контроллер VLT® Advanced Cascade Controller MCO 102 расширяет возможности встроенного каскад-контроллера, обеспечивая управление насосами в количестве до 8 и улучшенное управление насосами в режиме «главный/подчиненный».

- Один и тот же каскад-контроллер подходит для всего диапазона мощностей до 1,2 МВт.
- До 8 насосов в стандартном каскаде. До 8 насосов в конфигурации «главный/подчиненный».

6.3 Платы управления перемещением и релейные платы

В этом разделе описаны платы управления перемещением и релейные платы, доступные для преобразователей частоты серии VLT® AQUA Drive FC 202. Номера для заказа см. в *глава 13.2 Номера для заказа дополнительных устройств и принадлежностей*.

6.3.1 VLT® Extended Relay Card MCB 113

Плата VLT® Extended Relay Card MCB 113добавляет ряд входов/выходов 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 применениях 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 ($U_{пик.}$) 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.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

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*.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

7 Технические характеристики

7.1 Электрические характеристики, 380–480 В

VLT® AQUA Drive FC 202	N110K		N132		N160	
Высокая/нормальная нагрузка (Высокая перегрузка (HO) = 150 % тока в течение 60 с, нормальная перегрузка (NO) = 110 % тока в течение 60 с)	**HO**	**NO**	**HO**	**NO**	**HO**	**NO**
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 400 В	90	110	110	132	132	160
Типичная выходная мощность на валу [л. с.] при 460 В	125	150	150	200	200	250
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 480 В	110	132	132	160	160	200
Размер корпуса	**D1h/D3h/D5h/D6h**					
Выходной ток (3 фазы)						
Непрерывный (при 400 В) [A]	177	212	212	260	260	315
Прерывистый (перегрузка в течение 60 с при 400 В) [A]	266	233	318	286	390	347
Непрерывный (при 460/480 В) [A]	160	190	190	240	240	302
Прерывистый (перегрузка 60 с при 460/480 В) [кВА]	240	209	285	264	360	332
Непрерывная мощность (при 400 В) [кВА]	123	147	147	180	180	218
Непрерывная мощность (при 460 В) [кВА]	127	151	151	191	191	241
Непрерывный, мощность (при 480 В) [кВА]	139	165	165	208	208	262
Макс. входной ток						
Непрерывный (при 400 В) [A]	171	204	204	251	251	304
Непрерывный (при 460/480 В) [A]	154	183	183	231	231	291
Макс. число и размер кабелей на фазу						
– Сеть, двигатель, тормоз и цепь разделения нагрузки [мм² (AWG)]	2 x 95 (2 x 3/0)		2 x 95 (2 x 3/0)		2 x 95 (2 x 3/0)	
Макс. внешние сетевые предохранители [A][1)]	315		350		400	
Расчетные потери мощности при 400 В [Вт][2), 3)]	2031	2559	2289	2954	2923	3770
Расчетные потери мощности при 460 В [Вт][2), 3)]	1828	2261	2051	2724	2089	3628
КПД[3)]	0,98		0,98		0,98	
Выходная частота [Гц]	0–590		0–590		0–590	
Отключение при перегреве радиатора [°C (°F)]	110 (230)		110 (230)		110 (230)	
Отключение при перегреве платы управления [°C (°F)]	75 (167)		75 (167)		75 (167)	

Таблица 7.1 Электрические характеристики корпусов D1h/D3h/D5h/D6h, питание от сети 3 x 380–480 В перем. тока

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

2) Типичные значения потерь мощности приводятся при номинальной нагрузке; предполагается, что они находятся в пределах допуска ±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. drives.danfoss.com/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/. 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 A или B увеличение потерь составляет всего 4 Вт для каждой платы.

3) 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 drives.danfoss.com/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

VLT® AQUA Drive FC 202	N200		N250		N315	
Высокая/нормальная нагрузка (Высокая перегрузка (HO) = 150 % тока в течение 60 с, нормальная перегрузка (NO) = 110 % тока в течение 60 с)	**HO**	**NO**	**HO**	**NO**	**HO**	**NO**
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 400 В	160	200	200	250	250	315
Типичная выходная мощность на валу [л. с.] при 460 В	250	300	300	350	350	450
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 480 В	200	250	250	315	315	355
Размер корпуса	**D2h/D4h/D7h/D8h**					
Выходной ток (3 фазы)						
Непрерывный (при 400 В) [А]	315	395	395	480	480	588
Прерывистый (перегрузка в течение 60 с при 400 В) [А]	473	435	593	528	720	647
Непрерывный (при 460/480 В) [А]	302	361	361	443	443	535
Прерывистый (перегрузка 60 с при 460/480 В) [кВА]	453	397	542	487	665	589
Непрерывная мощность (при 400 В) [кВА]	218	274	274	333	333	407
Непрерывная мощность (при 460 В) [кВА]	241	288	288	353	353	426
Непрерывный, мощность (при 480 В) [кВА]	262	313	313	384	384	463
Макс. входной ток						
Непрерывный (при 400 В) [А]	304	381	381	463	463	567
Непрерывный (при 460/480 В) [А]	291	348	348	427	427	516
Макс. число и размер кабелей на фазу						
– Сеть, двигатель, тормоз и цепь разделения нагрузки [мм² (AWG)]	2 x 185 (2 x 350 mcm)		2 x 185 (2 x 350 mcm)		2 x 185 (2 x 350 mcm)	
Макс. внешние сетевые предохранители [А][1)]	550		630		800	
Расчетные потери мощности при 400 В [Вт][2), 3)]	3093	4116	4039	5137	5005	6674
Расчетные потери мощности при 460 В [Вт][2), 3)]	2872	3569	3575	4566	4458	5714
КПД[3)]	0,98		0,98		0,98	
Выходная частота [Гц]	0–590		0–590		0–590	
Отключение при перегреве радиатора [°C (°F)]	110 (230)		110 (230)		110 (230)	
Отключение при перегреве платы управления [°C (°F)]	80 (176)		80 (176)		80 (176)	

Таблица 7.2 Электрические характеристики корпусов D2h/D4h/D7h/D8h, питание от сети 3 x 380–480 В перем. тока

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

2) Типичные значения потерь мощности приводятся при номинальной нагрузке; предполагается, что они находятся в пределах допуска ±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. drives.danfoss.com/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/. 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 A или B увеличение потерь составляет всего 4 Вт для каждой платы.

3) 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 drives.danfoss.com/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

VLT® AQUA Drive FC 202	N355		N400		N450	
Высокая/нормальная нагрузка (Высокая перегрузка (HO) = 150 % тока в течение 60 с, нормальная перегрузка (NO) = 110 % тока в течение 60 с)	**HO**	**NO**	**HO**	**NO**	**HO**	**NO**
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 400 В	315	355	355	400	400	450
Типичная выходная мощность на валу [л. с.] при 460 В	450	500	500	600	550	600
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 480 В	355	400	400	500	500	530
Размер корпуса	**E1h/E3h**		**E1h/E3h**		**E1h/E3h**	
Выходной ток (3 фазы)						
Непрерывный (при 400 В) [A]	600	658	658	745	695	800
Прерывистый (перегрузка в течение 60 с при 400 В) [A]	900	724	987	820	1043	880
Непрерывный (при 460/480 В) [A]	540	590	590	678	678	730
Прерывистый (перегрузка в течение 60 с при 460/480 В) [A]	810	649	885	746	1017	803
Непрерывная мощность (при 400 В) [кВА]	416	456	456	516	482	554
Непрерывная мощность (при 460 В) [кВА]	430	470	470	540	540	582
Макс. входной ток						
Непрерывный (при 400 В) [A]	578	634	634	718	670	771
Непрерывный (при 460/480 В) [A]	520	569	569	653	653	704
Макс. число и размер кабелей на фазу (E1h)						
– Сеть и двигатель, без тормоза [мм² (AWG)]	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 [мм² (AWG)]	4 x 240 (4 x 500 mcm)		4 x 240 (4 x 500 mcm)		4 x 240 (4 x 500 mcm)	
– Тормоз или рекуперация [мм² (AWG)]	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, без тормоза [мм² (AWG)]	6 x 240 (6 x 500 mcm)		6 x 240 (6 x 500 mcm)		6 x 240 (6 x 500 mcm)	
– Сеть и двигатель, с тормозом [мм² (AWG)]	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 [мм² (AWG)]	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 [A][2)]	800		800		800	
Расчетные потери мощности при 400 В [Вт][2), 3)]	6178	6928	6851	8036	7297	8783
Расчетные потери мощности при 460 В [Вт] [2), 3)]	5322	5910	5846	6933	7240	7969
КПД[3)]	0,98		0,98		0,98	
Вых. 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 7.3 Электрические характеристики корпусов E1h/E3h, питание от сети 3 x 380–480 В перем. тока

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

2) Типичные значения потерь мощности приводятся при номинальной нагрузке; предполагается, что они находятся в пределах допуска ±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

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

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. drives.danfoss.com/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/. 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 A или B увеличение потерь составляет всего 4 Вт для каждой платы.

3) 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 drives.danfoss.com/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/.

VLT® AQUA Drive FC 202	**N500**		**N560**	
Высокая/нормальная нагрузка (Высокая перегрузка (HO) = 150 % тока в течение 60 с, нормальная перегрузка (NO) = 110 % тока в течение 60 с)	**HO**	**NO**	**HO**	**NO**
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 400 В	450	500	500	560
Типичная выходная мощность на валу [л. с.] при 460 В	600	650	650	750
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 480 В	530	560	560	630
Размер корпуса	**E2h/E4h**		**E2h/E4h**	
Выходной ток (3 фазы)				
Непрерывный (при 400 В) [A]	800	880	880	990
Прерывистый (перегрузка в течение 60 с при 400 В) [A]	1200	968	1320	1089
Непрерывный (при 460/480 В) [A]	730	780	780	890
Прерывистый (перегрузка в течение 60 с при 460/480 В) [A]	1095	858	1170	979
Непрерывная мощность (при 400 В) [кВА]	554	610	610	686
Непрерывная мощность (при 460 В) [кВА]	582	621	621	709
Макс. входной ток				
Непрерывный (при 400 В) [A]	771	848	848	954
Непрерывный (при 460/480 В) [A]	704	752	752	858
Макс. число и размер кабелей на фазу (E2h)				
– Сеть и двигатель, без тормоза [мм² (AWG)]	6 x 240 (6 x 500 mcm)		6 x 240 (6 x 500 mcm)	
– Сеть и двигатель, с тормозом [мм² (AWG)]	5 x 240 (5 x 500 mcm)		5 x 240 (5 x 500 mcm)	
– Тормоз или рекуперация [мм² (AWG)]	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, без тормоза [мм² (AWG)]	6 x 240 (6 x 500 mcm)		6 x 240 (6 x 500 mcm)	
– Сеть и двигатель, с тормозом [мм² (AWG)]	2 x 185 (2 x 350 mcm)		2 x 185 (2 x 350 mcm)	
– Разделение нагрузки и рекуперация [мм² (AWG)]	4 x 185 (4 x 350 mcm)		4 x 185 (4 x 350 mcm)	
Макс. внешние сетевые предохранители [A][1)]	1200		1200	
Расчетные потери мощности при 400 В [Вт][2), 3)]	8352	9473	9449	11102
Расчетные потери мощности при 460 В [Вт][2), 3)]	7182	7809	7771	9236
КПД[3)]	0,98		0,98	
Выходная частота [Гц]	0–590		0–590	
Отключение при перегреве радиатора [°C (°F)]	110 (230)		100 (212)	
Отключение при перегреве платы управления [°C (°F)]	80 (176)		80 (176)	
Отключение при перегреве силовой платы питания [°C (°F)]	85 (185)		85 (185)	
Отключение при перегреве платы питания вентиляторов [°C (°F)]	85 (185)		85 (185)	
Отключение при перегреве платы активной защиты от бросков тока [°C (°F)]	85 (185)		85 (185)	

Таблица 7.4 Электрические характеристики корпусов E2h/E4h, питание от сети 3 x 380–480 В перем. тока

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

2) Типичные значения потерь мощности приводятся при номинальной нагрузке; предполагается, что они находятся в пределах допуска ±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. drives.danfoss.com/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/. Установка дополнительных устройств и нагрузки заказчика могут увеличить потери на 30 Вт,

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

хотя обычно при полной нагрузке платы управления и установленных дополнительных платах в гнездах A или B увеличение потерь составляет всего 4 Вт для каждой платы.

3) 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 drives.danfoss.com/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/.

7.2 Электрические характеристики, 525–690 В

VLT® AQUA Drive FC 202	N75K		N90K		N110K	
Высокая/нормальная нагрузка (Высокая перегрузка (HO) = 150 % тока в течение 60 с, нормальная перегрузка (NO) = 110 % тока в течение 60 с)	**HO**	**NO**	**HO**	**NO**	**HO**	**NO**
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 525 В	45	55	55	75	75	90
Типичная выходная мощность на валу [л. с.] при 575 В	60	75	75	100	100	125
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 690 В	55	75	75	90	90	110
Размер корпуса	**D1h/D3h/D5h/D6h**					
Выходной ток (3 фазы)						
Непрерывный (при 525 В) [A]	76	90	90	113	113	137
Прерывистый (перегрузка в течение 60 с при 525 В) [A]	114	99	135	124	170	151
Непрерывный (при 575/690 В) [A]	73	86	86	108	108	131
Прерывистый (перегрузка 60 с)(при 575/690 В) [A]	110	95	129	119	162	144
Непрерывная мощность (при 525 В) [кВА]	69	82	82	103	103	125
Непрерывная мощность (при 575 В) [кВА]	73	86	86	108	108	131
Непрерывная мощность (при 690 В) [кВА]	87	103	103	129	129	157
Макс. входной ток						
Непрерывный (при 525 В) [A]	74	87	87	109	109	132
Непрерывный (при 575/690 В)	70	83	83	104	104	126
Макс. число и размер кабелей на фазу						
– Сеть, двигатель, тормоз и цепь разделения нагрузки [мм² (AWG)]	2 x 95 (2 x 3/0)		2 x 95 (2 x 3/0)		2 x 95 (2 x 3/0)	
Макс. внешние сетевые предохранители [A][1)]	160		315		315	
Расчетные потери мощности при 575 В [Вт][2), 3)]	1098	1162	1162	1428	1430	1740
Расчетные потери мощности при 690 В [Вт][2), 3)]	1057	1204	1205	1477	1480	1798
КПД[3)]	0,98		0,98		0,98	
Выходная частота [Гц]	0–590		0–590		0–590	
Отключение при перегреве радиатора [°C (°F)]	110 (230)		110 (230)		110 (230)	
Отключение при перегреве платы управления [°C (°F)]	75 (167)		75 (167)		75 (167)	

Таблица 7.5 Электрические характеристики корпусов D1h/D3h/D5h/D6h, питание от сети 3 x 525–690 В пер. тока

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

2) Типичные значения потерь мощности приводятся при номинальной нагрузке; предполагается, что они находятся в пределах допуска ±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. drives.danfoss.com/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/. 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 A или B увеличение потерь составляет всего 4 Вт для каждой платы.

3) 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 drives.danfoss.com/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

VLT® AQUA Drive FC 202	N132		N160	
Высокая/нормальная нагрузка (Высокая перегрузка (HO) = 150 % тока в течение 60 с, нормальная перегрузка (NO) = 110 % тока в течение 60 с)	**HO**	**NO**	**HO**	**NO**
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 525 В	90	110	110	132
Типичная выходная мощность на валу [л. с.] при 575 В	125	150	150	200
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 690 В	110	132	132	160
Размер корпуса	**D1h/D3h/D5h/D6h**			
Выходной ток (3 фазы)				
Непрерывный (при 525 В) [А]	137	162	162	201
Прерывистый (перегрузка в течение 60 с при 525 В) [А]	206	178	243	221
Непрерывный (при 575/690 В) [А]	131	155	155	192
Прерывистый (перегрузка 60 с)(при 575/690 В) [А]	197	171	233	211
Непрерывная мощность (при 525 В) [кВА]	125	147	147	183
Непрерывная мощность (при 575 В) [кВА]	131	154	154	191
Непрерывная мощность (при 690 В) [кВА]	157	185	185	230
Макс. входной ток				
Непрерывный (при 525 В) [А]	132	156	156	193
Непрерывный (при 575/690 В)	126	149	149	185
Макс. число и размер кабелей на фазу				
– Сеть, двигатель, тормоз и цепь разделения нагрузки [мм² (AWG)]	2 x 95 (2 x 3/0)		2 x 95 (2 x 3/0)	
Макс. внешние сетевые предохранители [А][1)]	160		315	
Расчетные потери мощности при 575 В [Вт][2), 3)]	1742	2101	2080	2649
Расчетные потери мощности при 690 В [Вт][2), 3)]	1800	2167	2159	2740
КПД[3)]	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)]	75 (167)		75 (167)	

Таблица 7.6 Электрические характеристики корпусов D1h/D3h/D5h/D6h, питание от сети 3 x 525–690 В пер. тока

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

2) Типичные значения потерь мощности приводятся при номинальной нагрузке; предполагается, что они находятся в пределах допуска ±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. drives.danfoss.com/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/. 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 A или B увеличение потерь составляет всего 4 Вт для каждой платы.

3) 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 drives.danfoss.com/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/.

VLT® AQUA Drive FC 202	N200		N250	
Высокая/нормальная перегрузка (Высокая перегрузка (HO) = 150 % тока в течение 60 с, нормальная перегрузка (NO) = 110 % тока в течение 60 с)	**HO**	**NO**	**HO**	**NO**
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 525 В	132	160	160	200
Типичная выходная мощность на валу [л. с.] при 575 В	200	250	250	300
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 690 В	160	200	200	250
Размер корпуса	**D2h/D4h/D7h/D8h**			
Выходной ток (3 фазы)				
Непрерывный (при 525 В) [А]	201	253	253	303
Прерывистый (перегрузка в течение 60 с при 525 В) [А]	301	278	380	333

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

VLT® AQUA Drive FC 202	N200		N250	
Непрерывный (при 575/690 В) [А]	192	242	242	290
Прерывистый (перегрузка в течение 60 с при 575/690 В) [А]	288	266	363	319
Непрерывная мощность (при 525 В) [кВА]	183	230	230	276
Непрерывная мощность (при 575 В) [кВА]	191	241	241	289
Непрерывная мощность (при 690 В) [кВА]	229	289	289	347
Макс. входной ток				
Непрерывный (при 525 В) [А]	193	244	244	292
Непрерывный (при 575/690 В)	185	233	233	279
Макс. число и размер кабелей на фазу				
– Сеть, двигатель, тормоз и цепь разделения нагрузки [мм² (AWG)]	2 x 185 (2 x 350)		2 x 185 (2 x 350)	
Макс. внешние сетевые предохранители [А][1)]	550		550	
Расчетные потери мощности при 575 В [Вт][2), 3)]	2361	3074	3012	3723
Расчетные потери мощности при 690 В [Вт][2), 3)]	2446	3175	3123	3851
КПД[3)]	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)	

Таблица 7.7 Электрические характеристики корпусов D2h/D4h/D7h/D8h, питание от сети 3 x 525–690 В пер. тока

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

2) Типичные значения потерь мощности приводятся при номинальной нагрузке; предполагается, что они находятся в пределах допуска ±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. drives.danfoss.com/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/. 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 A или B увеличение потерь составляет всего 4 Вт для каждой платы.

3) 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 drives.danfoss.com/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/.

VLT® AQUA Drive FC 202	N315		N400	
Высокая/нормальная перегрузка (Высокая перегрузка (HO) = 150 % тока в течение 60 с, нормальная перегрузка (NO) = 110 % тока в течение 60 с)	**HO**	**NO**	**HO**	**NO**
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 525 В	200	250	250	315
Типичная выходная мощность на валу [л. с.] при 575 В	300	350	350	400
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 690 В	250	315	315	400
Размер корпуса	**D2h/D4h/D7h/D8h**			
Выходной ток (3 фазы)				
Непрерывный (при 525 В) [А]	303	360	360	418
Прерывистый (перегрузка в течение 60 с при 525 В) [А]	455	396	540	460
Непрерывный (при 575/690 В) [А]	290	344	344	400
Прерывистый (перегрузка в течение 60 с при 575/690 В) [А]	435	378	516	440
Непрерывная мощность (при 525 В) [кВА]	276	327	327	380
Непрерывная мощность (при 575 В) [кВА]	289	343	343	398
Непрерывная мощность (при 690 В) [кВА]	347	411	411	478
Макс. входной ток				
Непрерывный (при 525 В) [А]	292	347	347	403
Непрерывный (при 575/690 В)	279	332	332	385
Макс. число и размер кабелей на фазу				
– Сеть, двигатель, тормоз и цепь разделения нагрузки [мм² (AWG)]	2 x 185 (2 x 350)		2 x 185 (2 x 350)	

Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

VLT® AQUA Drive FC 202	N315		N400	
Макс. внешние сетевые предохранители [A][1)]	550		550	
Расчетные потери мощности при 575 В [Вт][2), 3)]	3642	4465	4146	5028
Расчетные потери мощности при 690 В [Вт][2), 3)]	3771	4614	4258	5155
КПД[3)]	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)	

Таблица 7.8 Электрические характеристики корпусов D2h/D4h/D7h/D8h, питание от сети 3 x 525–690 В пер. тока

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

2) Типичные значения потерь мощности приводятся при номинальной нагрузке; предполагается, что они находятся в пределах допуска ±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. drives.danfoss.com/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/. 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 A или B увеличение потерь составляет всего 4 Вт для каждой платы.

3) 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 drives.danfoss.com/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/.

VLT® AQUA Drive FC 202	N450		N500	
Высокая/нормальная нагрузка (Высокая перегрузка (HO) = 150 % тока в течение 60 с, нормальная перегрузка (NO) = 110 % тока в течение 60 с)	**HO**	**NO**	**HO**	**NO**
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 525 В	315	355	315	400
Типичная выходная мощность на валу [л. с.] при 575 В	400	450	400	500
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 690 В	355	450	400	500
Размер корпуса	**E1h/E3h**		**E1h/E3h**	
Выходной ток (3 фазы)				
Непрерывный (при 525 В) [A]	395	470	429	523
Прерывистый (перегрузка в течение 60 с при 525 В) [A]	593	517	644	575
Непрерывный (при 575/690 В) [A]	380	450	410	500
Прерывистый (перегрузка в течение 60 с при 575/690 В) [A]	570	495	615	550
Непрерывная мощность (при 525 В) [кВА]	376	448	409	498
Непрерывная мощность (при 575 В) [кВА]	378	448	408	498
Непрерывная мощность (при 690 В) [кВА]	454	538	490	598
Макс. входной ток				
Непрерывный (при 525 В) [A]	381	453	413	504
Непрерывный (при 575/690 В) [A]	366	434	395	482
Макс. число и размер кабелей на фазу (E1h)				
– Сеть и двигатель, без тормоза [мм² (AWG)]	5 x 240 (5 x 500 mcm)		5 x 240 (5 x 500 mcm)	
– Сеть и двигатель, с тормозом [мм² (AWG)]	4 x 240 (4 x 500 mcm)		4 x 240 (4 x 500 mcm)	
– Тормоз или рекуперация [мм² (AWG)]	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, без тормоза [мм² (AWG)]	6 x 240 (6 x 500 mcm)		6 x 240 (6 x 500 mcm)	

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

VLT® AQUA Drive FC 202	N450		N500	
– Сеть и двигатель, с тормозом [мм² (AWG)]	2 x 185 (2 x 350 mcm)		2 x 185 (2 x 350 mcm)	
– Разделение нагрузки и рекуперация [мм² (AWG)]	4 x 185 (4 x 350 mcm)		4 x 185 (4 x 350 mcm)	
Макс. внешние сетевые предохранители [A][1)]	800		800	
Расчетные потери мощности при 600 В [Вт][2), 3)]	4989	6062	5419	6879
Расчетные потери мощности при 690 В [Вт][2), 3)]	4920	5939	5332	6715
КПД[3)]	0,98		0,98	
Выходная частота [Гц]	0–500		0–500	
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 7.9 Электрические характеристики для корпусов E1h/E3h, питание от сети 3 x 525–690 В перем. тока

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

2) Типичные значения потерь мощности приводятся при номинальной нагрузке; предполагается, что они находятся в пределах допуска ±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. drives.danfoss.com/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/. 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 A или B увеличение потерь составляет всего 4 Вт для каждой платы.

3) 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 drives.danfoss.com/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/.

VLT® AQUA Drive FC 202	N560		N630	
Высокая/нормальная нагрузка (Высокая перегрузка (HO) = 150 % тока в течение 60 с, нормальная перегрузка (NO) = 110 % тока в течение 60 с)	**HO**	**NO**	**HO**	**NO**
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 525 В	400	450	450	500
Типичная выходная мощность на валу [л. с.] при 575 В	500	600	600	650
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 690 В	500	560	560	630
Размер корпуса	**E1h/E3h**		**E1h/E3h**	
Выходной ток (3 фазы)				
Непрерывный (при 525 В) [A]	523	596	596	630
Прерывистый (перегрузка в течение 60 с при 525 В) [A]	785	656	894	693
Непрерывный (при 575/690 В) [A]	500	570	570	630
Прерывистый (перегрузка в течение 60 с при 575/690 В) [A]	750	627	855	693
Непрерывная мощность (при 525 В) [кВА]	498	568	568	600
Непрерывная мощность (при 575 В) [кВА]	498	568	568	627
Непрерывная мощность (при 690 В) [кВА]	598	681	681	753
Макс. входной ток				
Непрерывный (при 525 В) [A]	504	574	574	607

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

VLT® AQUA Drive FC 202	N560		N630	
Непрерывный (при 575/690 В) [А]	482	549	549	607
Макс. число и размер кабелей на фазу (E1h)				
– Сеть и двигатель, без тормоза [мм² (AWG)]	5 x 240 (5 x 500 mcm)		5 x 240 (5 x 500 mcm)	
– Сеть и двигатель, с тормозом [мм² (AWG)]	4 x 240 (4 x 500 mcm)		4 x 240 (4 x 500 mcm)	
– Тормоз или рекуперация [мм² (AWG)]	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, без тормоза [мм² (AWG)]	6 x 240 (6 x 500 mcm)		6 x 240 (6 x 500 mcm)	
– Сеть и двигатель, с тормозом [мм² (AWG)]	2 x 185 (2 x 350 mcm)		2 x 185 (2 x 350 mcm)	
– Разделение нагрузки и рекуперация [мм² (AWG)]	4 x 185 (4 x 350 mcm)		4 x 185 (4 x 350 mcm)	
Макс. внешние сетевые предохранители [А][1)]	800		800	
Расчетные потери мощности при 600 В [Вт][2), 3)]	6833	8076	8069	9208
Расчетные потери мощности при 690 В [Вт][2), 3)]	6678	7852	7848	8921
КПД[3)]	0,98		0,98	
Выходная частота [Гц]	0–500		0–500	
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 7.10 Электрические характеристики для корпусов E1h/E3h, питание от сети 3 x 525–690 В перем. тока

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

2) Типичные значения потерь мощности приводятся при номинальной нагрузке; предполагается, что они находятся в пределах допуска ±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. drives.danfoss.com/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/. 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 A или B увеличение потерь составляет всего 4 Вт для каждой платы.

3) 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 drives.danfoss.com/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/.

VLT® AQUA Drive FC 202	N710		N800	
Высокая/нормальная нагрузка (Высокая перегрузка (HO) = 150 % тока в течение 60 с, нормальная перегрузка (NO) = 110 % тока в течение 60 с)	**HO**	**NO**	**HO**	**NO**
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 525 В	500	560	560	670
Типичная выходная мощность на валу [л. с.] при 575 В	650	750	750	950
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 690 В	630	710	710	800
Размер корпуса	**E2h/E4h**		**E2h/E4h**	
Выходной ток (3 фазы)				
Непрерывный (при 525 В) [А]	659	763	763	889
Прерывистый (перегрузка в течение 60 с при 525 В) [А]	989	839	1145	978
Непрерывный (при 575/690 В) [А]	630	730	730	850
Прерывистый (перегрузка в течение 60 с при 575/690 В) [А]	945	803	1095	935
Непрерывная мощность (при 525 В) [кВА]	628	727	727	847

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

VLT® AQUA Drive FC 202	N710		N800	
Непрерывная мощность (при 575 В) [кВА]	627	727	727	847
Непрерывная мощность (при 690 В) [кВА]	753	872	872	1016
Макс. входной ток				
Непрерывный (при 525 В) [А]	635	735	735	857
Непрерывный (при 575/690 В) [А]	607	704	704	819
Макс. число и размер кабелей на фазу (E2h)				
– Сеть и двигатель, без тормоза [мм² (AWG)]	6 x 240 (6 x 500 mcm)		6 x 240 (6 x 500 mcm)	
– Сеть и двигатель, с тормозом [мм² (AWG)]	5 x 240 (5 x 500 mcm)		5 x 240 (5 x 500 mcm)	
– Тормоз или рекуперация [мм² (AWG)]	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, без тормоза [мм² (AWG)]	6 x 240 (6 x 500 mcm)		6 x 240 (6 x 500 mcm)	
– Сеть и двигатель, с тормозом [мм² (AWG)]	2 x 185 (2 x 350 mcm)		2 x 185 (2 x 350 mcm)	
– Разделение нагрузки и рекуперация [мм² (AWG)]	4 x 185 (4 x 350 mcm)		4 x 185 (4 x 350 mcm)	
Макс. внешние сетевые предохранители [А][1)]	1200		1200	
Расчетные потери мощности при 600 В [Вт][2), 3)]	8543	10346	10319	12723
Расчетные потери мощности при 690 В [Вт][2), 3)]	8363	10066	10060	12321
КПД[3)]	0,98		0,98	
Выходная частота [Гц]	0–500		0–500	
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 7.11 Электрические характеристики корпусов E2h/E4h, питание от сети 3 x 525–690 В перем. тока

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

2) Типичные значения потерь мощности приводятся при номинальной нагрузке; предполагается, что они находятся в пределах допуска ±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. drives.danfoss.com/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/. 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 A или B увеличение потерь составляет всего 4 Вт для каждой платы.

3) 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 drives.danfoss.com/knowledge-center/energy-efficiency-directive/#/.

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 сети[1)]

Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

Коэффициент активной мощности (λ)	≥ 0,9 номинального значения при номинальной нагрузке
Коэффициент реактивной мощности (cos ϕ) 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

Выходные характеристики двигателя (U, V, W)	
Выходное напряжение	0–100 % от напряжения питания
Выходная частота	0–590 Гц[1)]
Выходная частота в режиме магнитного потока	0–300 Гц
Число коммутаций на выходе	Без ограничения
Длительность изменения скорости	0,01–3600 с

1) Зависит от напряжения и мощности.

Характеристики крутящего момента	
Пусковой крутящий момент (постоянный крутящий момент)	Максимум 150 % на протяжении 60 с[1), 2)]
Перегрузка по крутящему моменту (постоянный крутящий момент)	Максимум 150 % на протяжении 60 с[1), 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 D1h/D2h/D5h/D6h/D7h/D8h/E1h/E2h	IP21/тип 1, IP54/тип12
Корпус D3h/D4h/E3h/E4h	IP20/шасси
Испытание на вибрацию (стандартное/усиленное исполнение)	0,7 g/1,0 g
Относительная влажность	5–95 % (IEC 721-3-3); класс 3K3 (без конденсации) во время работы
Агрессивная среда (IEC 60068-2-43), тест H_2S	Класс Kd
Агрессивная среда (IEC 60721-3-3)	Класс 3C3
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 (14 °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	1000 м (3281фут)
Макс. высота над уровнем моря со снижением номинальных характеристик	3000 м (9842 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.*

Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

- *Заводская настройка частоты коммутации.*
- *Заводская настройка метода коммутации.*

7.6 Технические характеристики кабелей

Длина и сечение кабелей управления[1)]	
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 мм²/16 AWG (2 x 0,75 мм²)
Макс. сечение проводов, подключаемых к клеммам управления при монтаже гибким кабелем	1 мм²/18 AWG
Макс. сечение проводов, подключаемых к клеммам управления при монтаже кабелем с центральной жилой	0,5 мм²/20 AWG
Мин. сечение проводов, подключаемых к клеммам управления	0,25 мм²/23 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

7.7 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.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

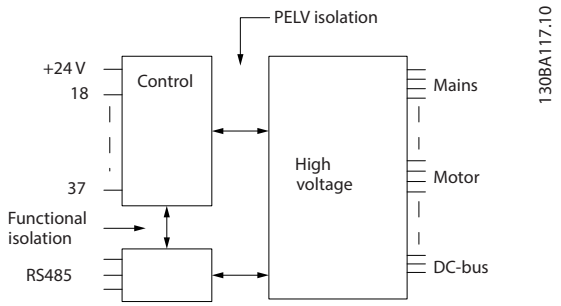


Рисунок 7.1 Изоляция PELV

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.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

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 мм² (12 AWG)
Мин. поперечное сечение для клемм реле	0,2 мм² (30 AWG)
Длина зачистки провода	8 мм (0,3 дюйма)
Номера клемм Реле 01	1–3 (размыкание), 1–2 (замыкание)
Макс. нагрузка (AC-1)[1] на клеммах 1–2 (нормально разомкнутый контакт) (резистивная нагрузка)[2), 3)]	400 В перем. тока, 2 А
Макс. нагрузка (AC-15)[1] на клеммах 1–2 (нормально разомкнутый контакт) (индуктивная нагрузка при cosφ 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 (AC-1)[1] на клеммах 1–3 (нормально замкнутый контакт) (резистивная нагрузка)	240 В перем. тока, 2 А
Макс. нагрузка (AC-15)[1] на клеммах 1–3 (нормально замкнутый контакт) (индуктивная нагрузка при cosφ 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 (AC-1)[1] на клеммах 4–5 (нормально разомкнутый контакт) (резистивная нагрузка)[2), 3)]	400 В перем. тока, 2 А
Макс. нагрузка (AC-15)[1] на клеммах 4–5 (нормально разомкнутый контакт) (индуктивная нагрузка при cosφ 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 (AC-1)[1] на клеммах 4–6 (нормально замкнутый контакт) (резистивная нагрузка)	240 В перем. тока, 2 А
Макс. нагрузка (AC-15)[1] на клеммах 4–6 (нормально замкнутый контакт) (индуктивная нагрузка при cosφ 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.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

Характеристики управления	
Разрешающая способность выходной частоты в интервале 0–1000 Гц	±0,003 Гц
Время реакции системы (клеммы 18, 19, 27, 29, 32, 33)	≤ 2 м/с
Диапазон регулирования скорости (разомкнутый контур)	1:100 синхронной скорости вращения
Точность регулирования скорости вращения (разомкнутый контур)	30–4000 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.

7

7.8 Массы корпусов

Корпус	380–480/500 В	525–690 В
D1h	62 (137)	62 (137)
D2h	125 (276)	125 (276)
D3h	62 (137) 108 (238)[1)]	62 (137) 108 (238)[1)]
D4h	125 (276) 179 (395)[1)]	125 (276) 179 (395)[1)]
D5h	99 (218)	99 (218)
D6h	128 (282)	128 (282)
D7h	185 (408)	185 (408)
D8h	232 (512)	232 (512)

Таблица 7.12 Массы корпусов D1h–D8h, кг (фунты)

1) При наличии клемм цепи разделения нагрузки или рекуперации.

Корпус	380–480/500 В	525–690 В
E1h	295 (650)	295 (650)
E2h	318 (700)	318 (700)
E3h	272 (600)	272 (600)
E4h	295 (650)	295 (650)

Таблица 7.13 Массы корпусов E1h–E4h, кг (фунты)

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

8 Внешние размеры и размеры клемм

8.1 Внешние размеры и размеры клемм корпуса D1h

8.1.1 Внешние размеры D1h

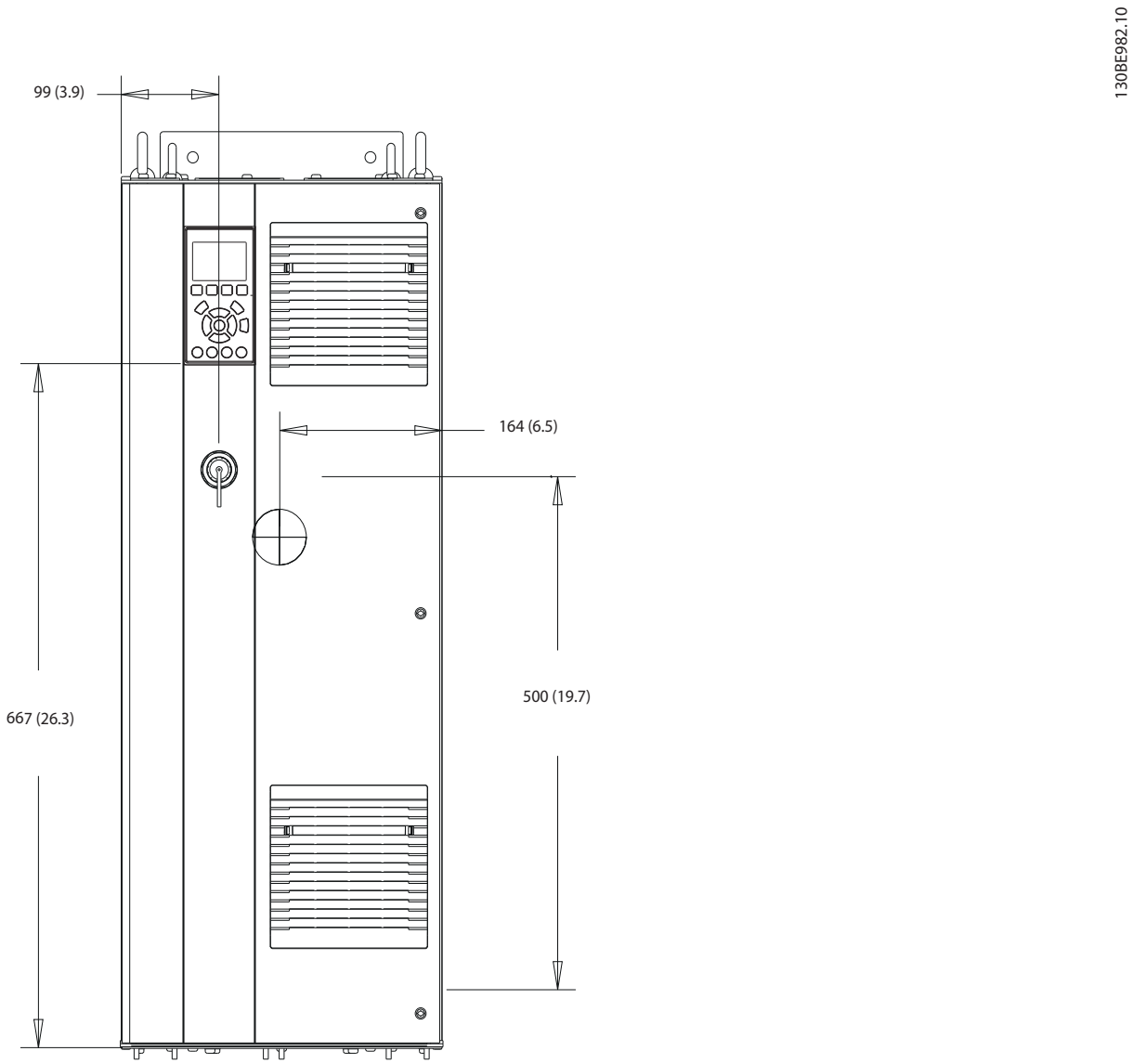


Рисунок 8.1 Вид спереди D1h

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

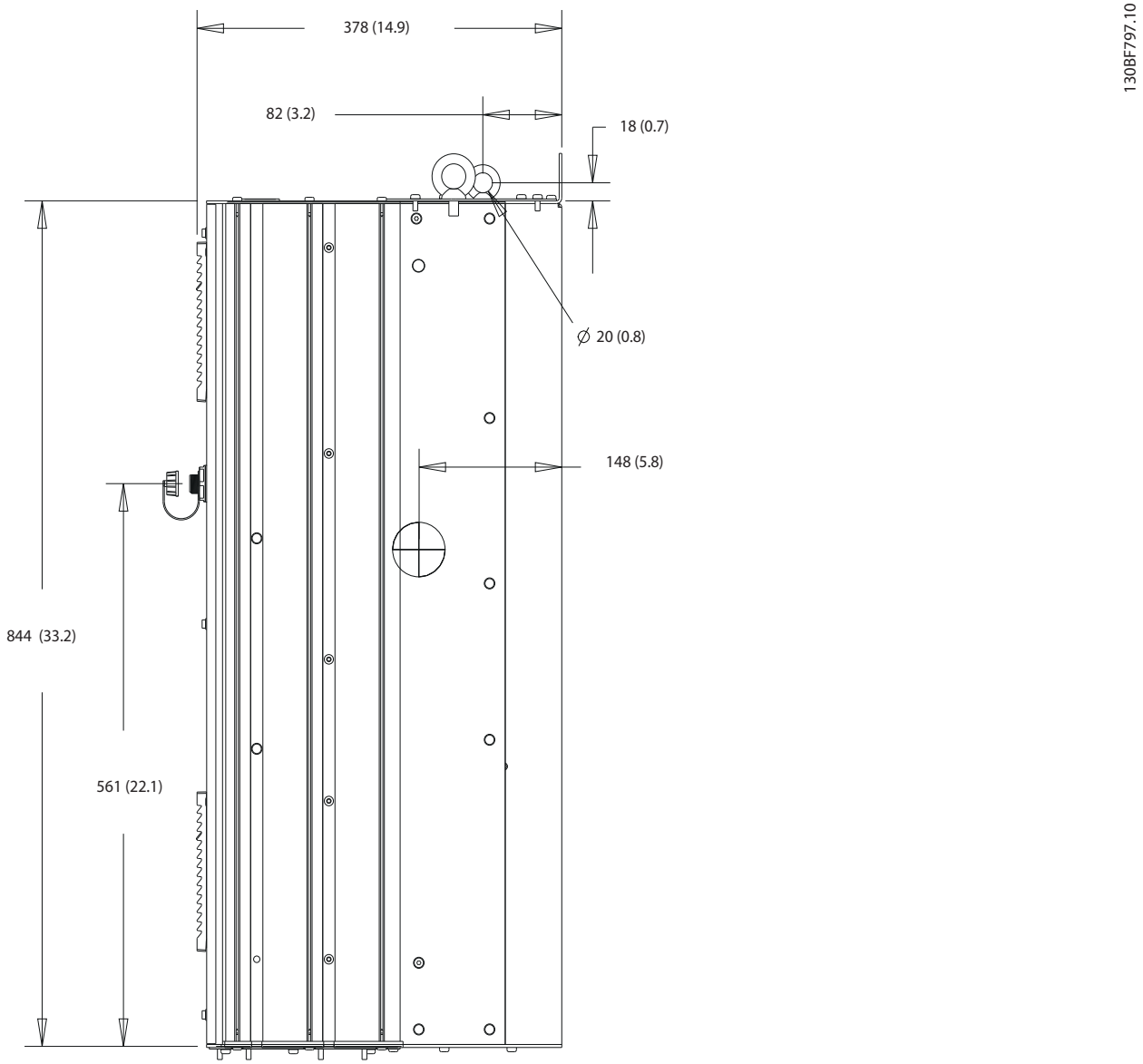


Рисунок 8.2 Вид сбоку D1h

8

Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

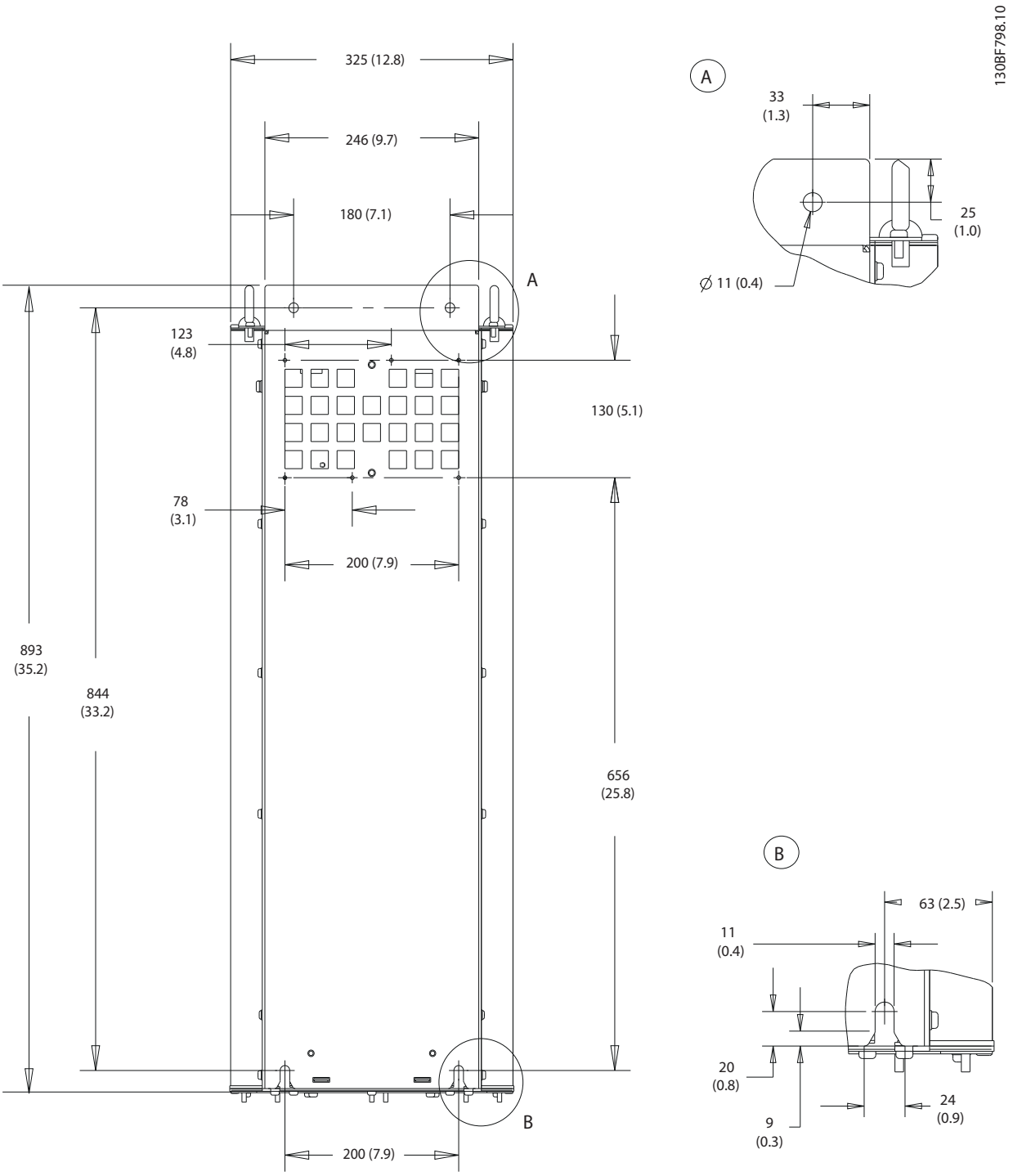


Рисунок 8.3 Вид сзади D1h

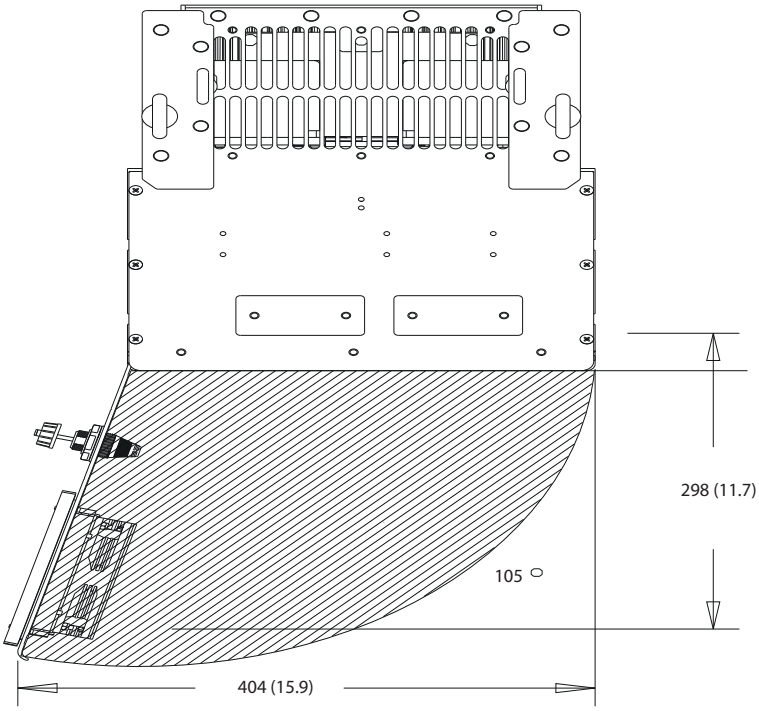
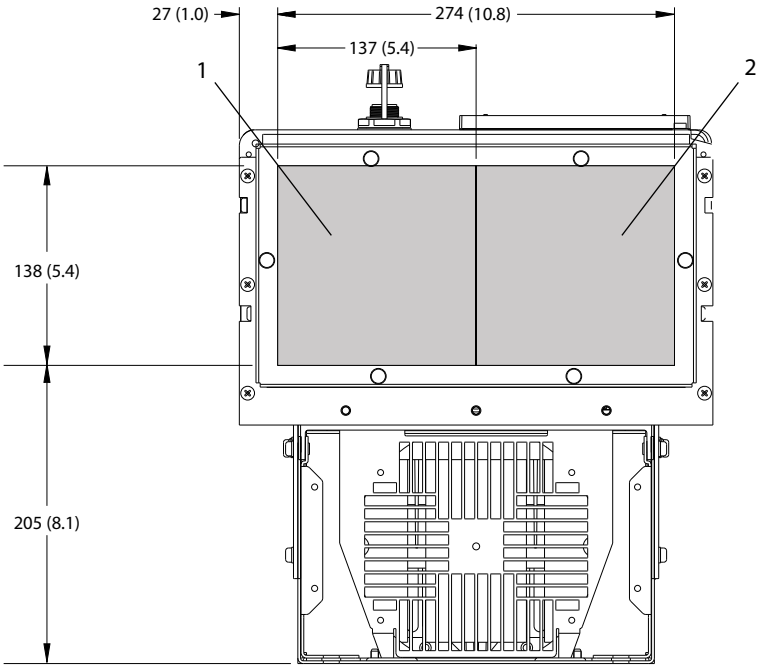


Рисунок 8.4 Пространство для открытия дверей для D1h

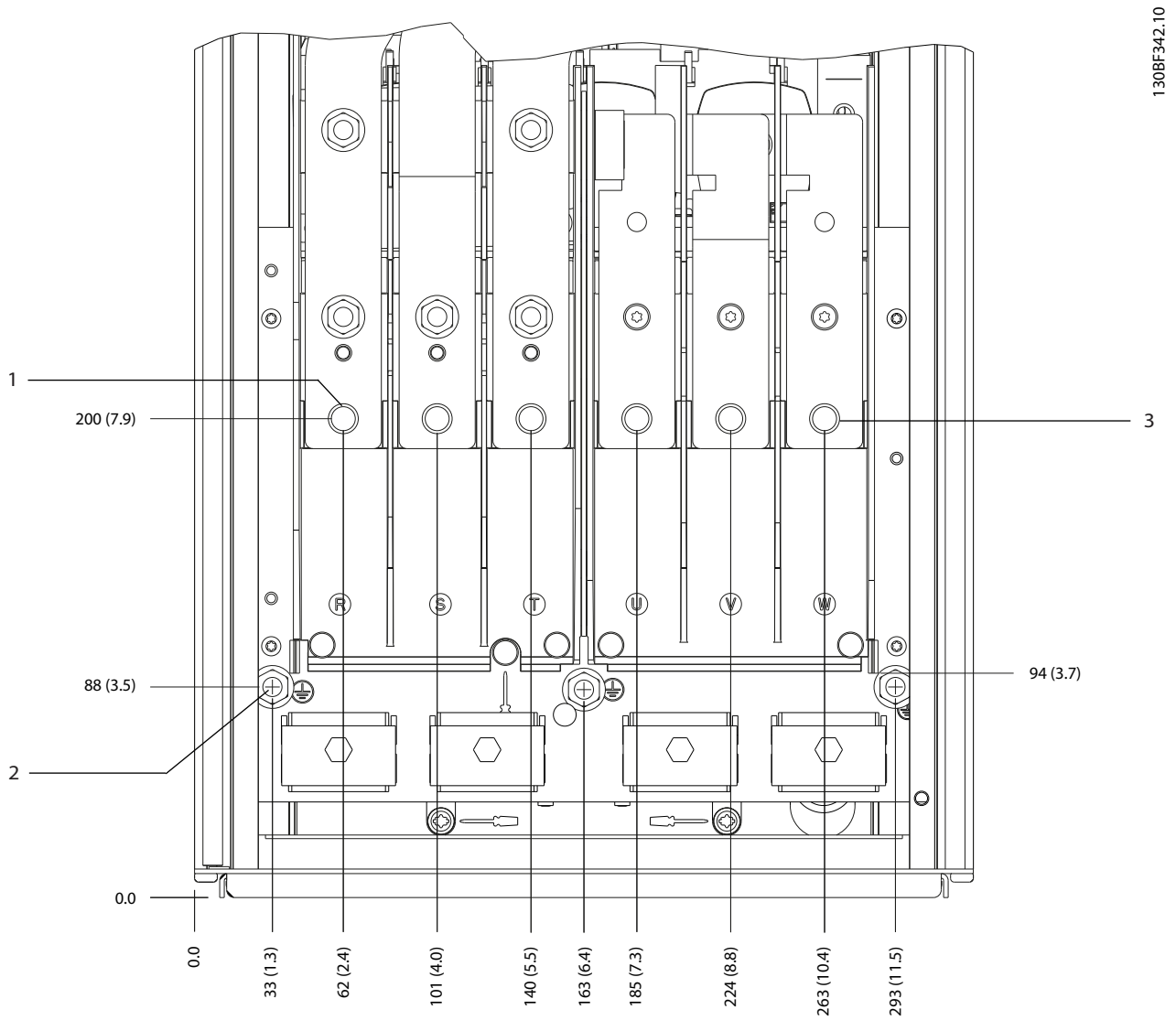


1	Сторона сети	2	Сторона двигателя

Рисунок 8.5 Размеры панели уплотнений для D1h

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

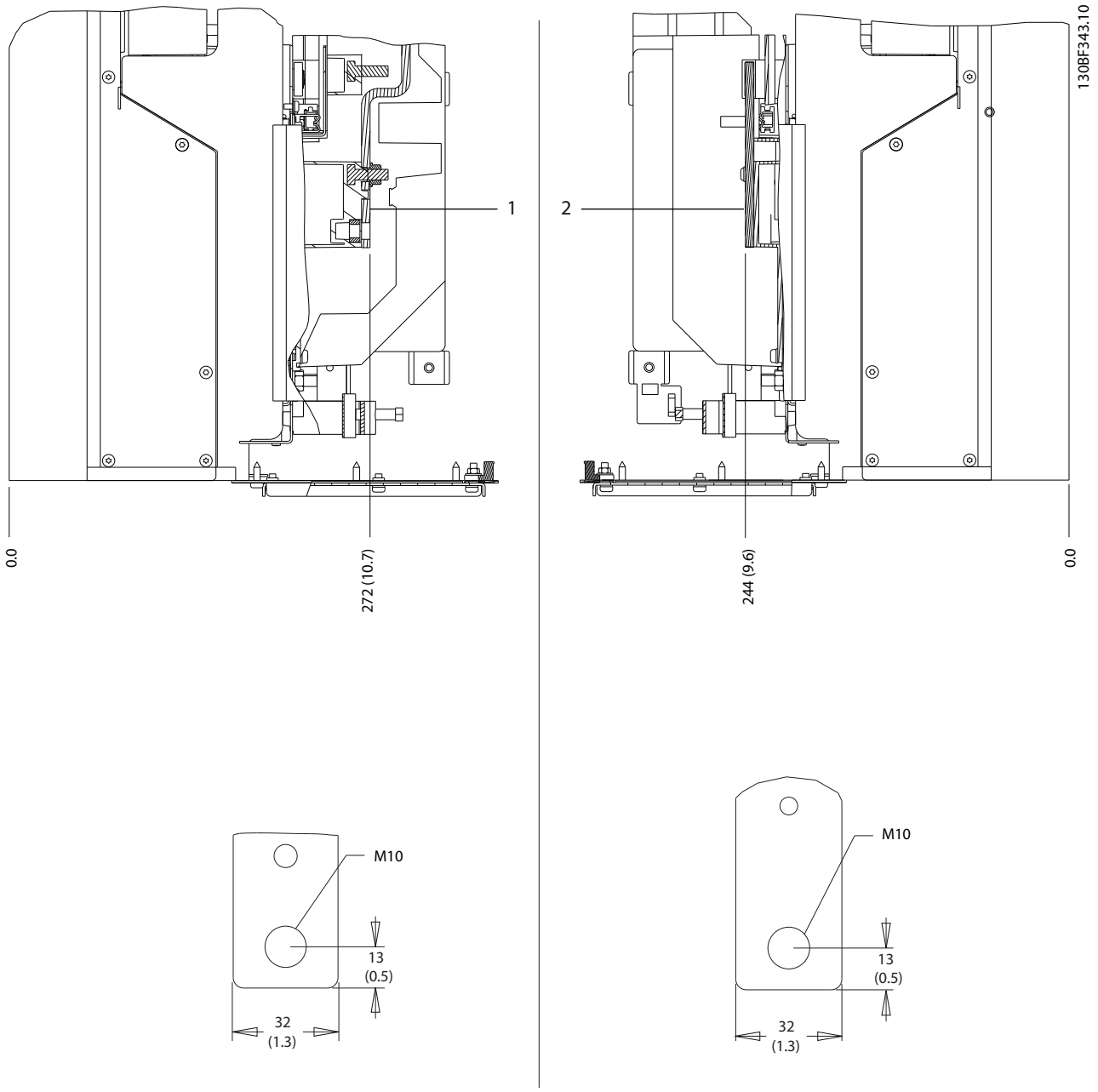
8.1.2 Размеры клемм корпуса D1h



1	Клеммы сети питания	3	Клеммы подключения электродвигателя
2	Клеммы заземления	–	–

Рисунок 8.6 Размеры клемм корпуса D1h (вид спереди)

Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.



1	Клеммы сети питания	2	Клеммы подключения электродвигателя

Рисунок 8.7 Размеры клемм корпуса D1h (виды сбоку)

8.2 Внешние размеры и размеры клемм корпуса D2h

8.2.1 Внешние размеры D2h

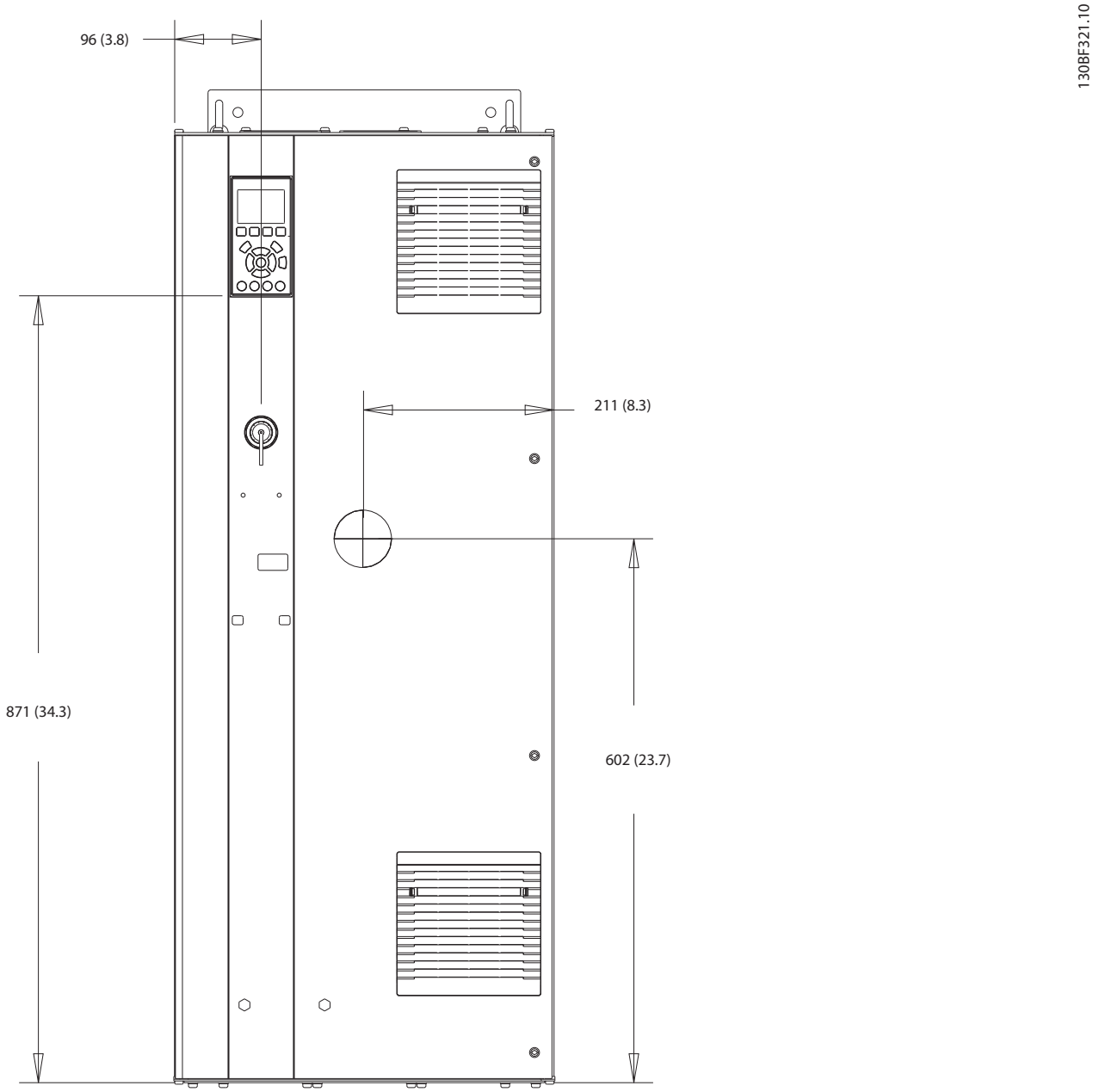


Рисунок 8.8 Вид спереди D2h

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

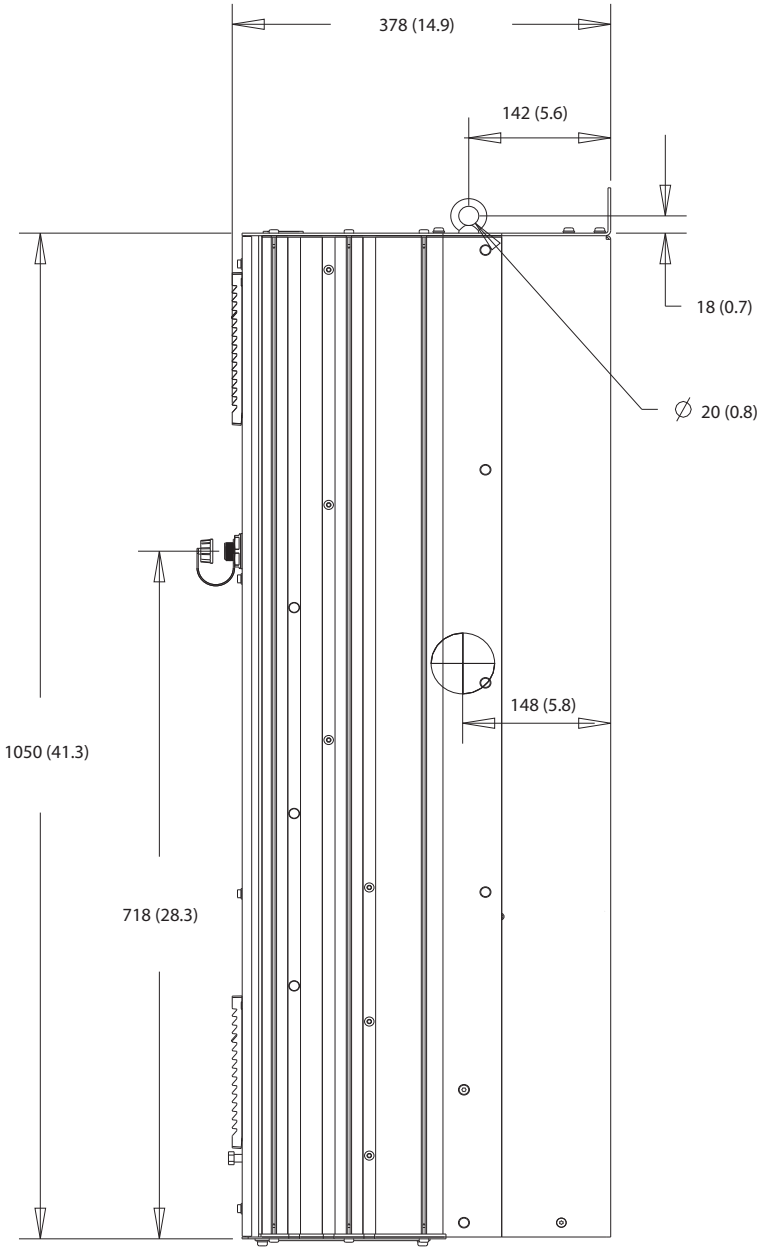


Рисунок 8.9 Вид сбоку D2h

8

Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

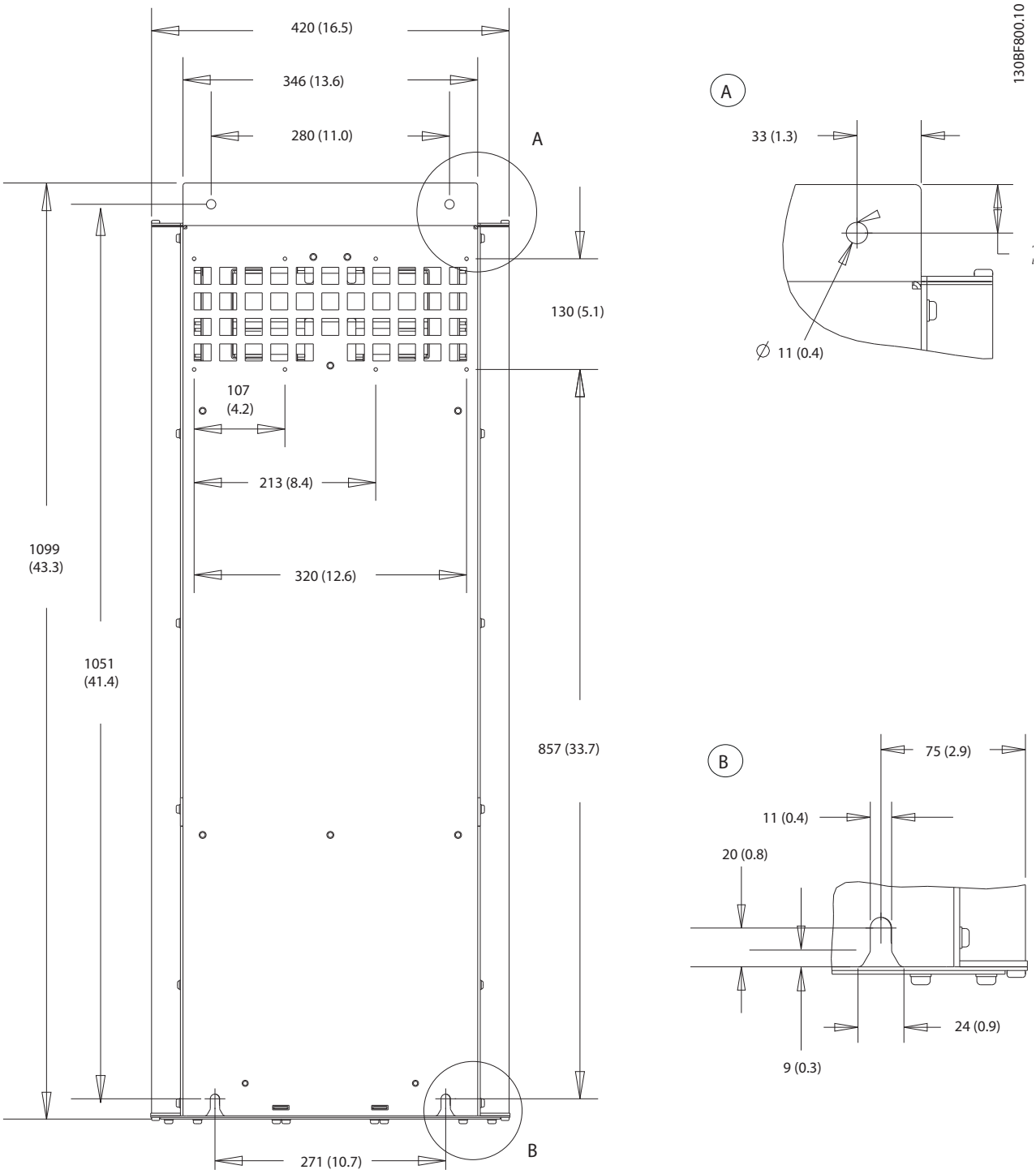


Рисунок 8.10 Вид сзади D2h

Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

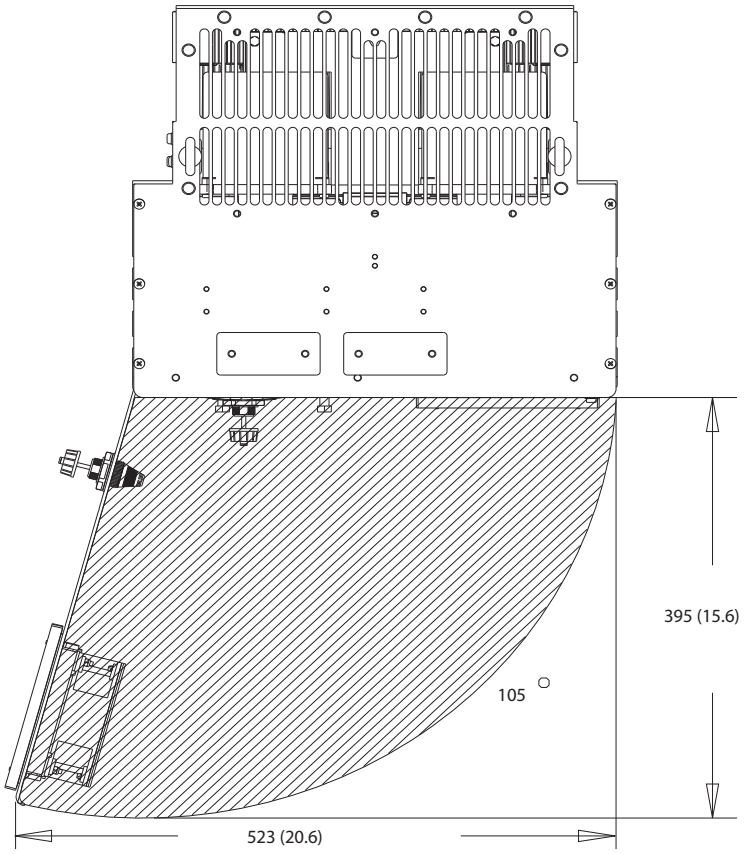
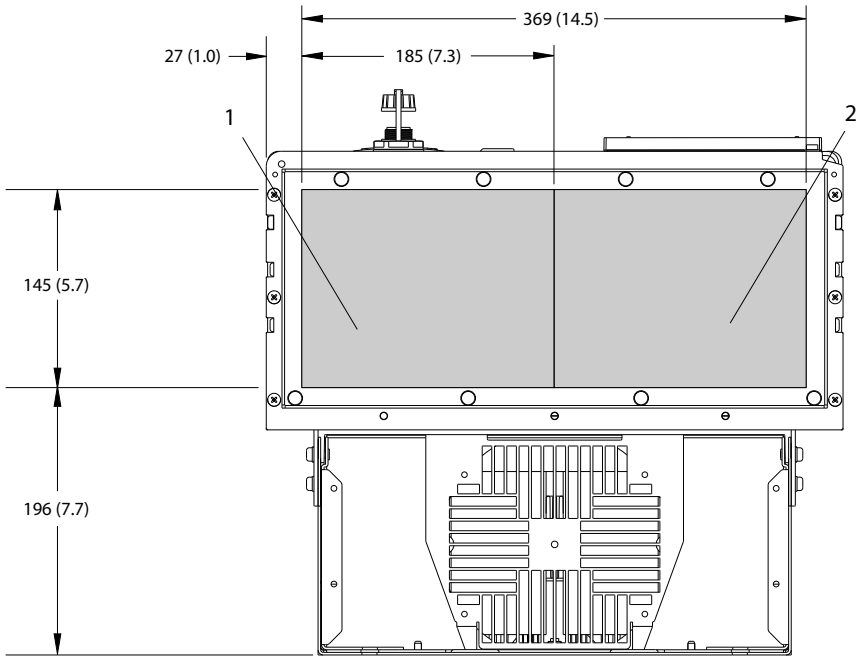


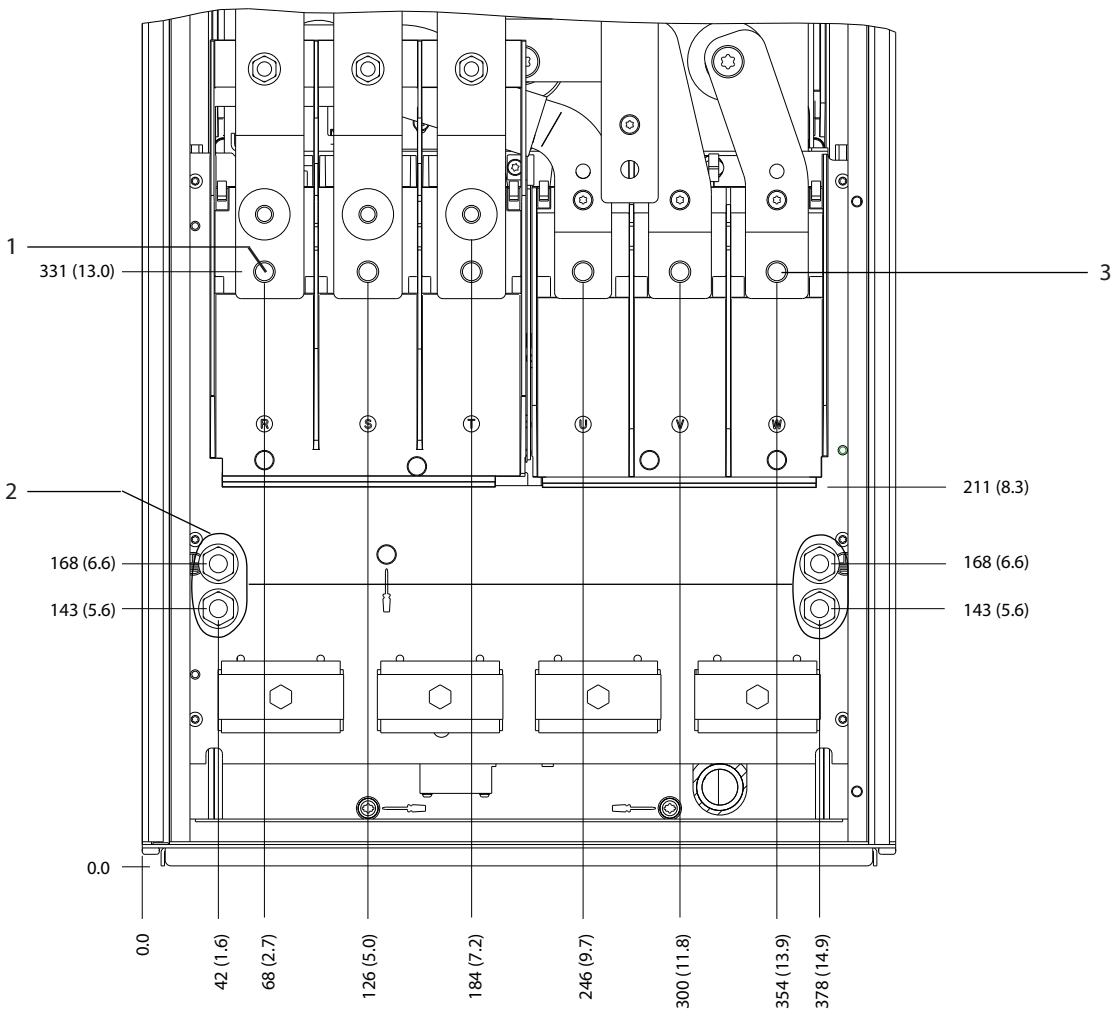
Рисунок 8.11 Пространство для открытия дверей для D2h



1	Сторона сети	2	Сторона двигателя

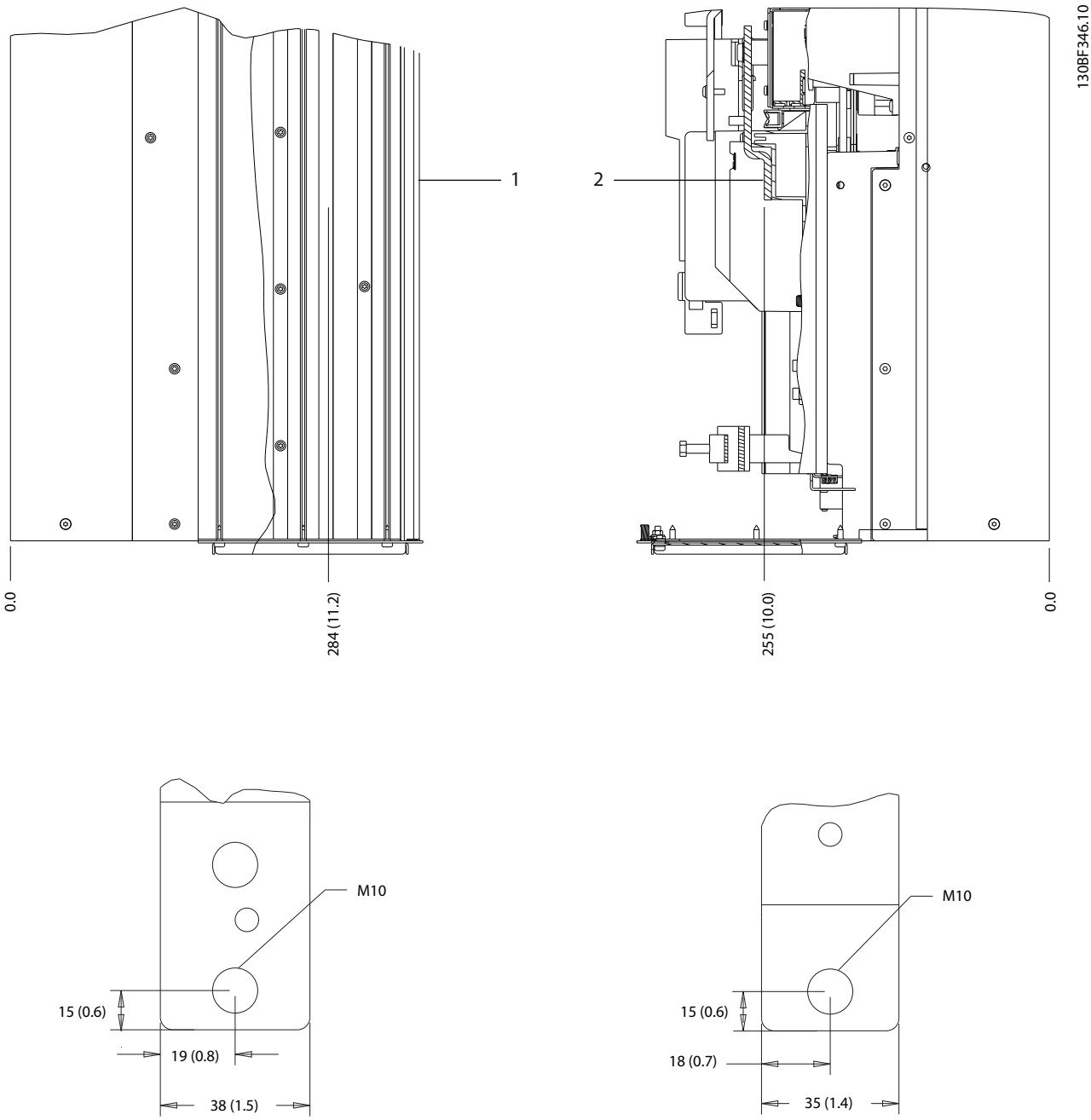
Рисунок 8.12 Размеры панели уплотнений для D2h

8.2.2 Размеры клемм корпуса D2h



1	Клеммы сети питания	3	Клеммы подключения электродвигателя
2	Клеммы заземления	–	–

Рисунок 8.13 Размеры клемм корпуса D2h (вид спереди)



1	Клеммы сети питания	2	Клеммы подключения электродвигателя

Рисунок 8.14 Размеры клемм корпуса D2h (виды сбоку)

8.3 Внешние размеры и размеры клемм корпуса D3h

8.3.1 Внешние размеры D3h

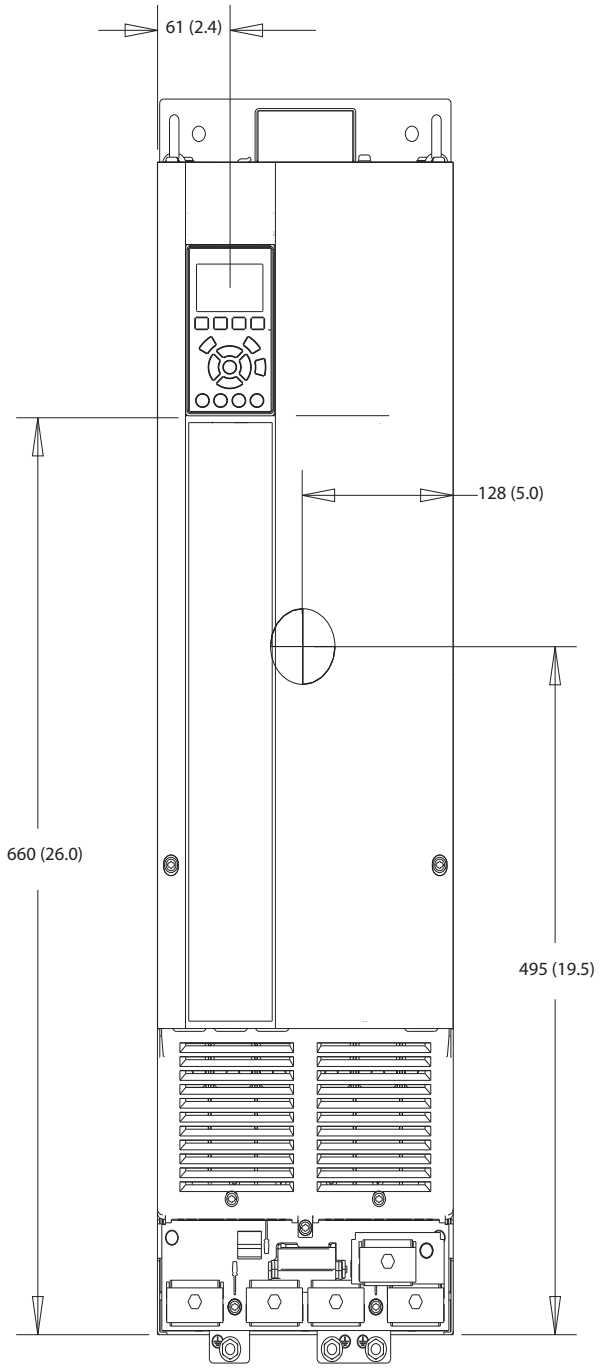


Рисунок 8.15 Вид спереди D3h

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

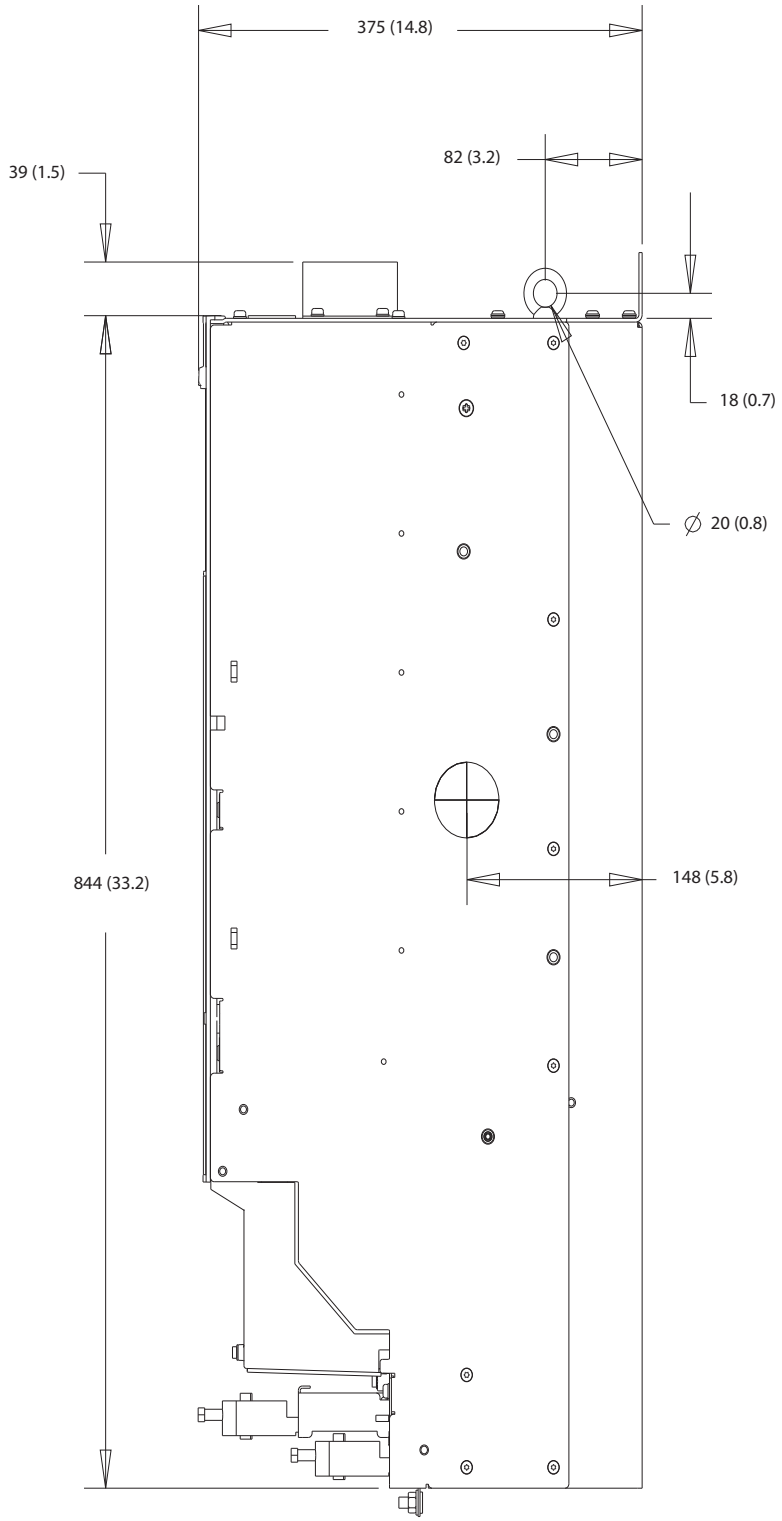


Рисунок 8.16 Вид сбоку D3h

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

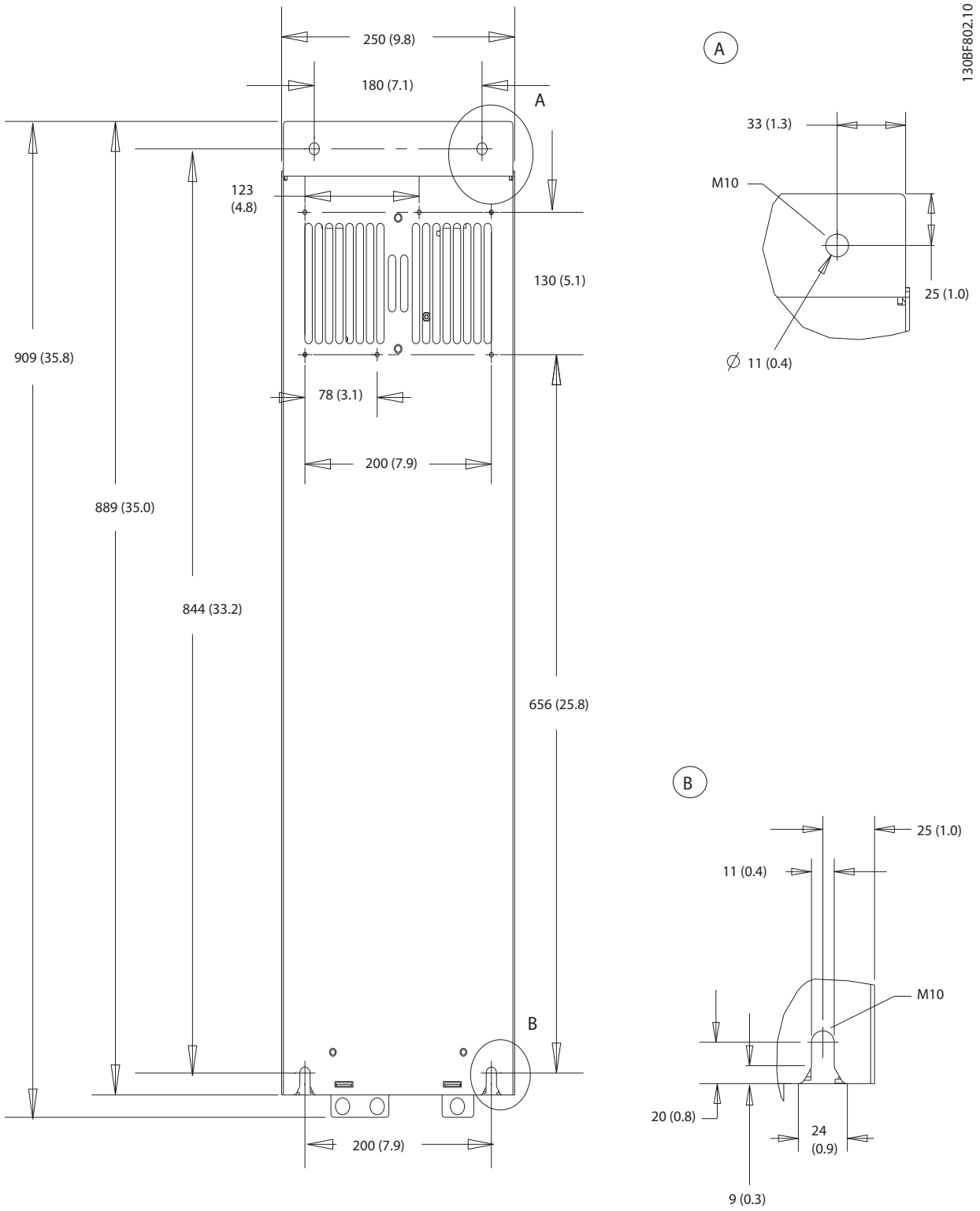
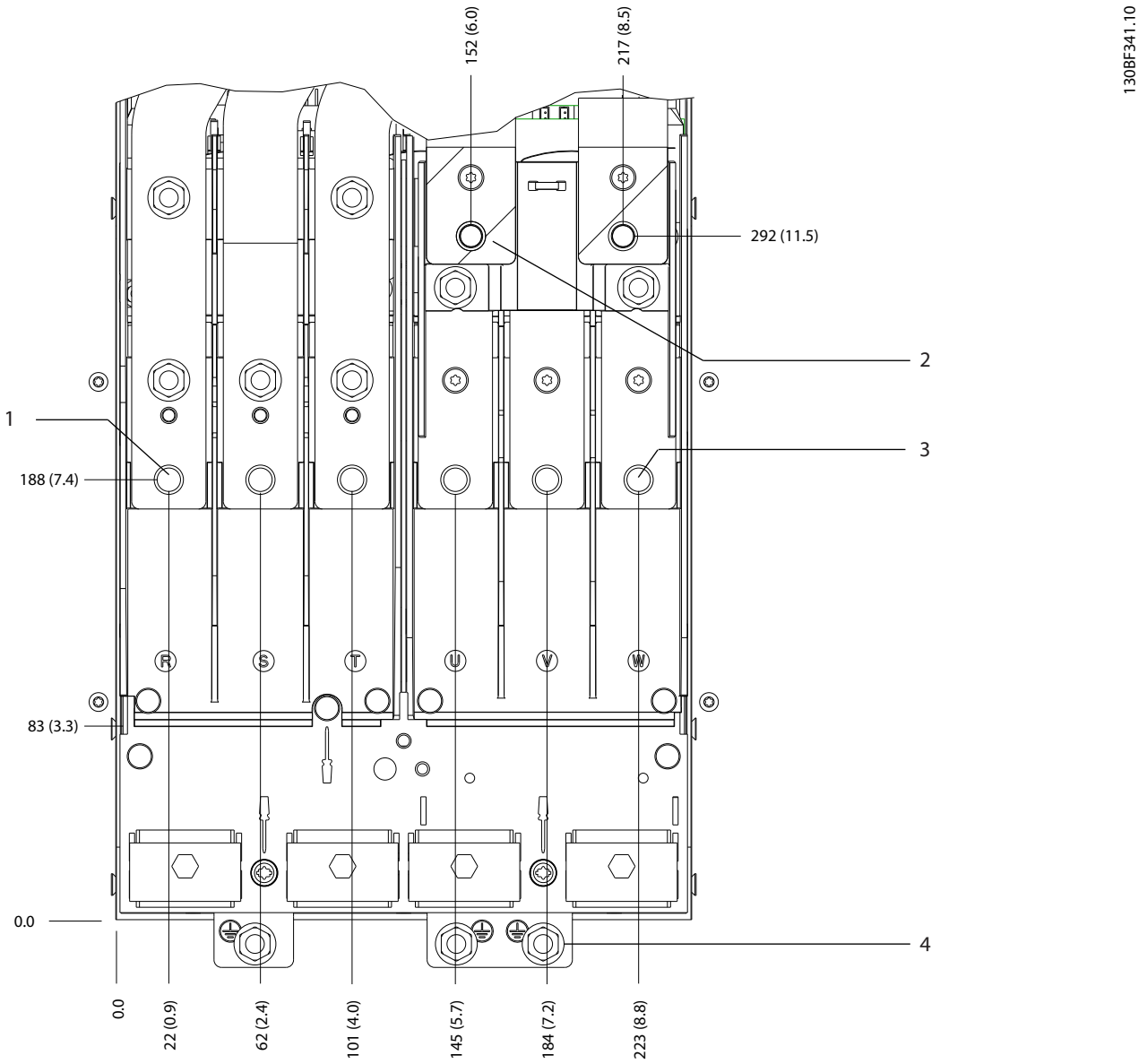


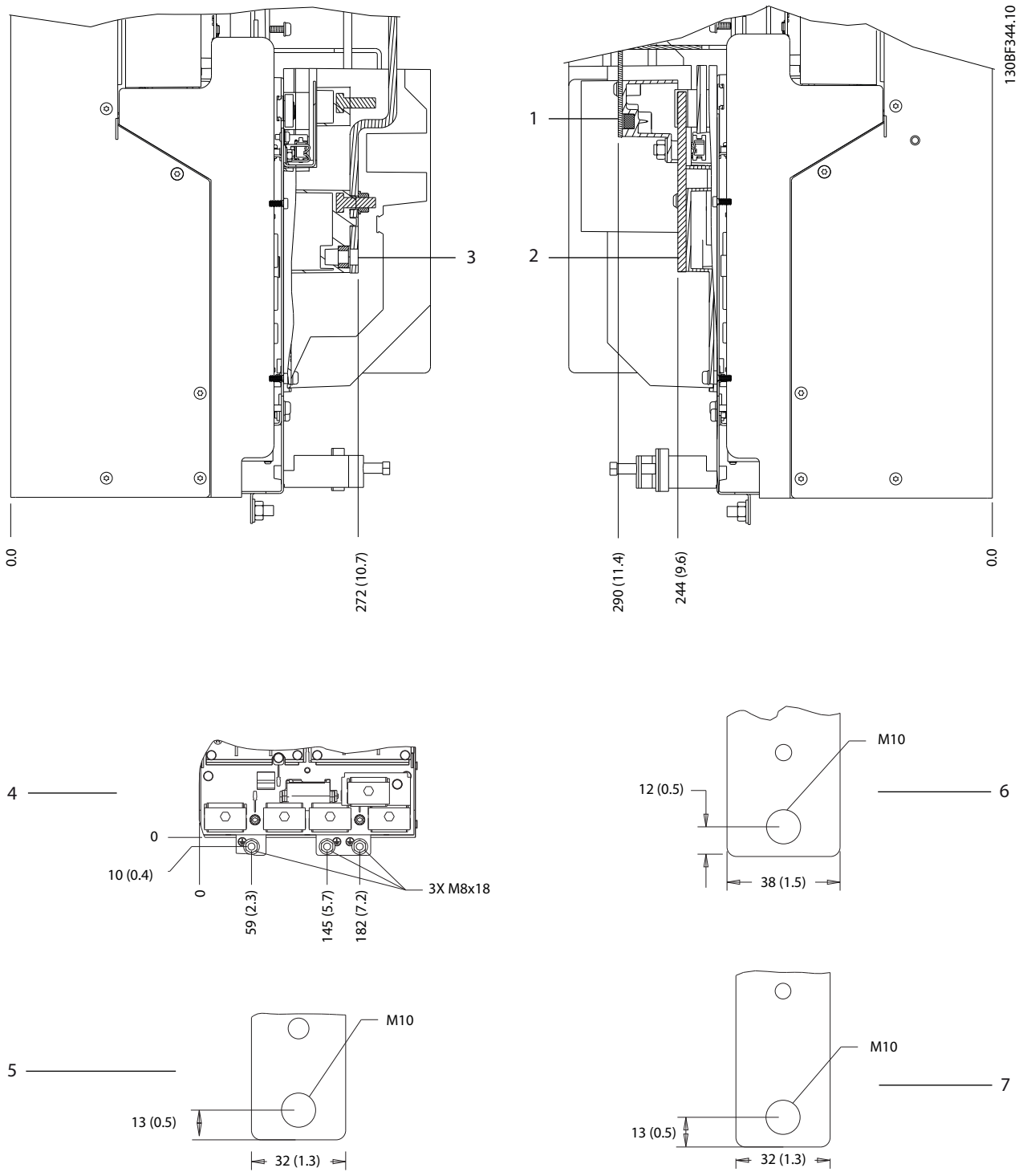
Рисунок 8.17 Вид сзади D3h

8.3.2 Размеры клемм корпуса D3h



1	Клеммы сети питания	3	Клеммы подключения электродвигателя
2	Клеммы подключения тормоза	4	Клеммы заземления

Рисунок 8.18 Размеры клемм корпуса D3h (вид спереди)



1 и 6	Нижние клеммы подключения тормоза/цепи рекуперации	3 и 5	Клеммы сети питания
2 и 7	Клеммы подключения электродвигателя	4	Клеммы заземления

Рисунок 8.19 Размеры клемм корпуса D3h (виды сбоку)

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

8.4 Внешние размеры и размеры клемм корпуса D4h

8.4.1 Размеры корпуса D4h

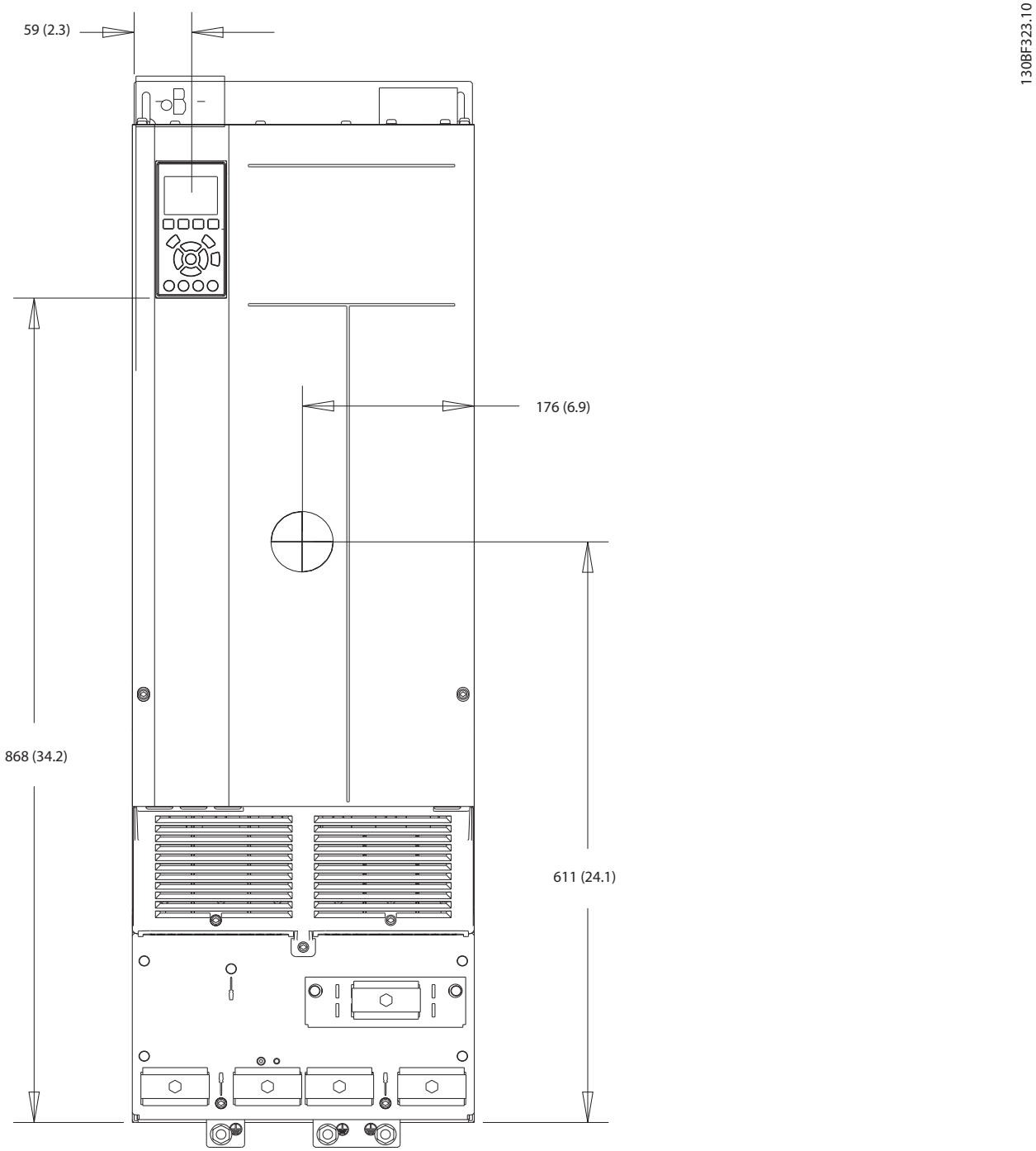


Рисунок 8.20 Вид спереди D4h

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

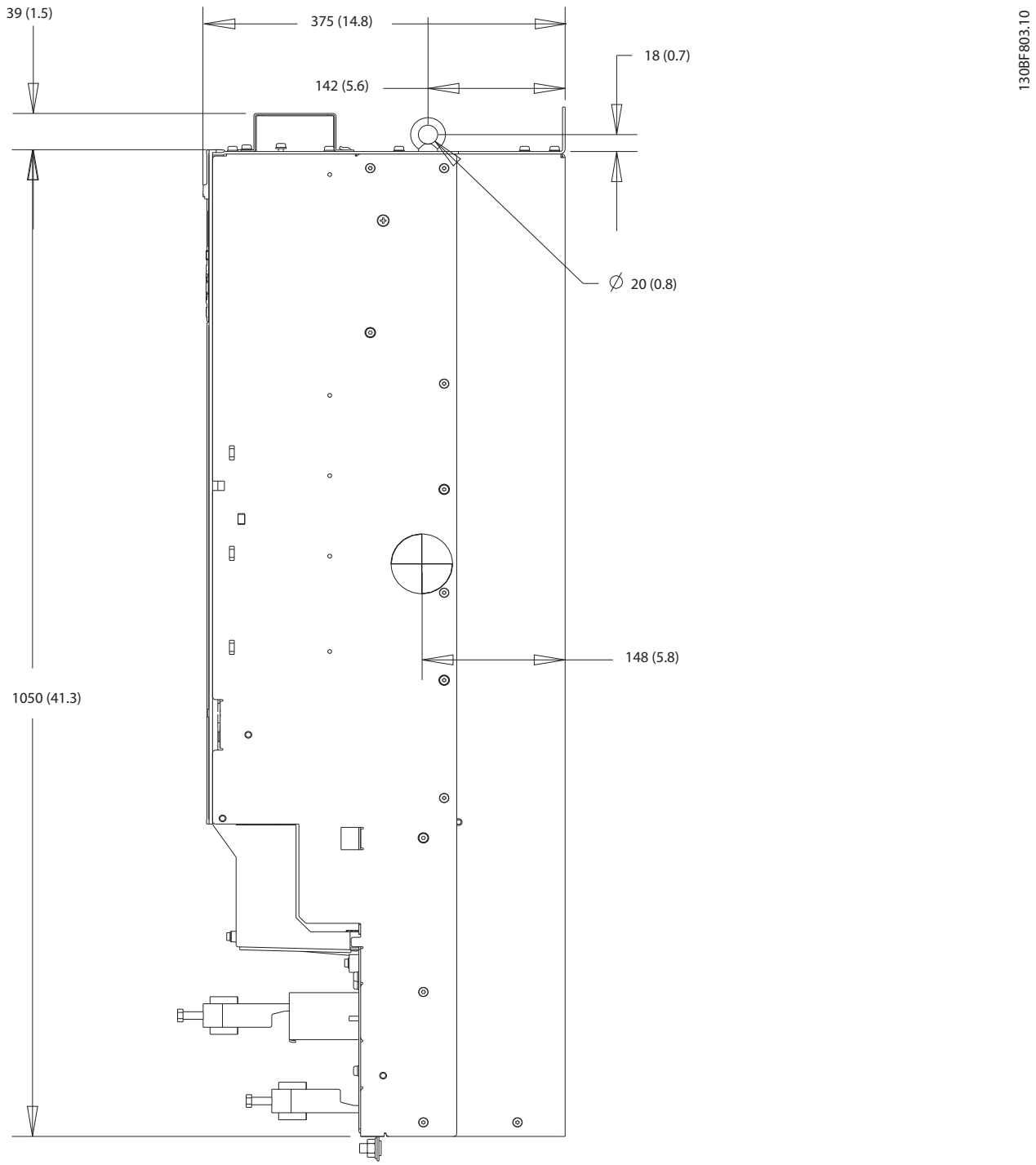


Рисунок 8.21 Боковые размеры D4h

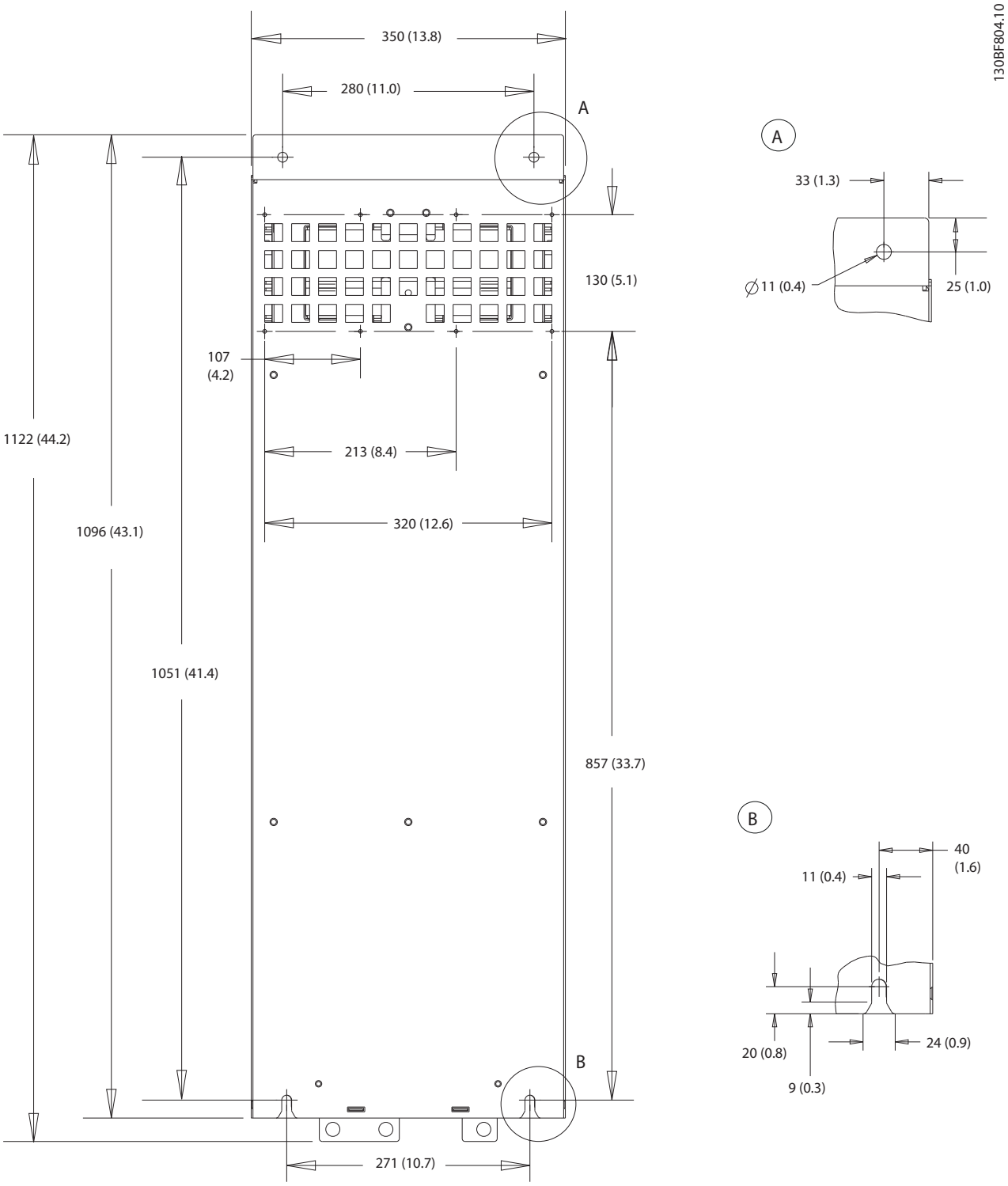
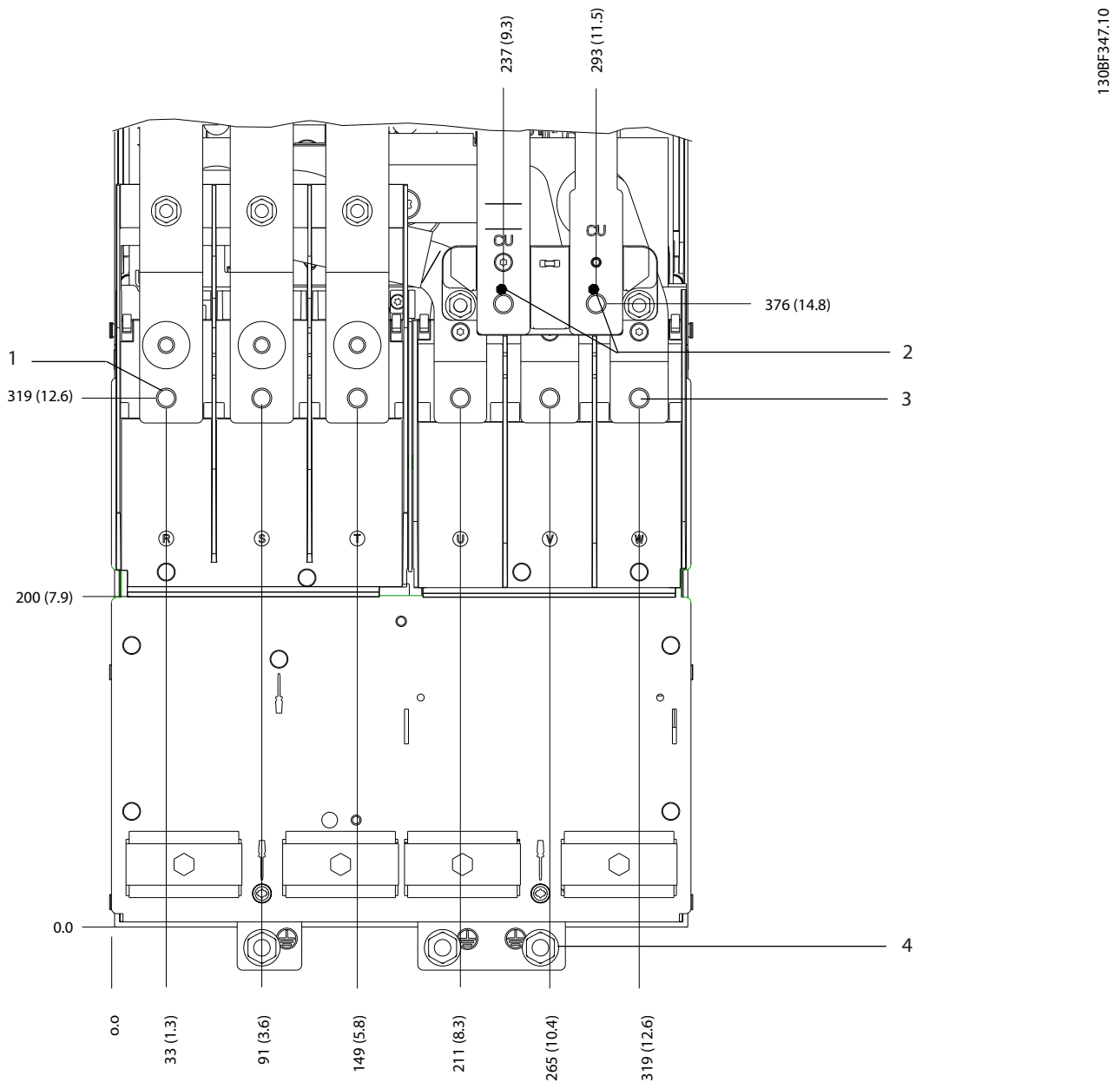


Рисунок 8.22 Задние размеры D4h

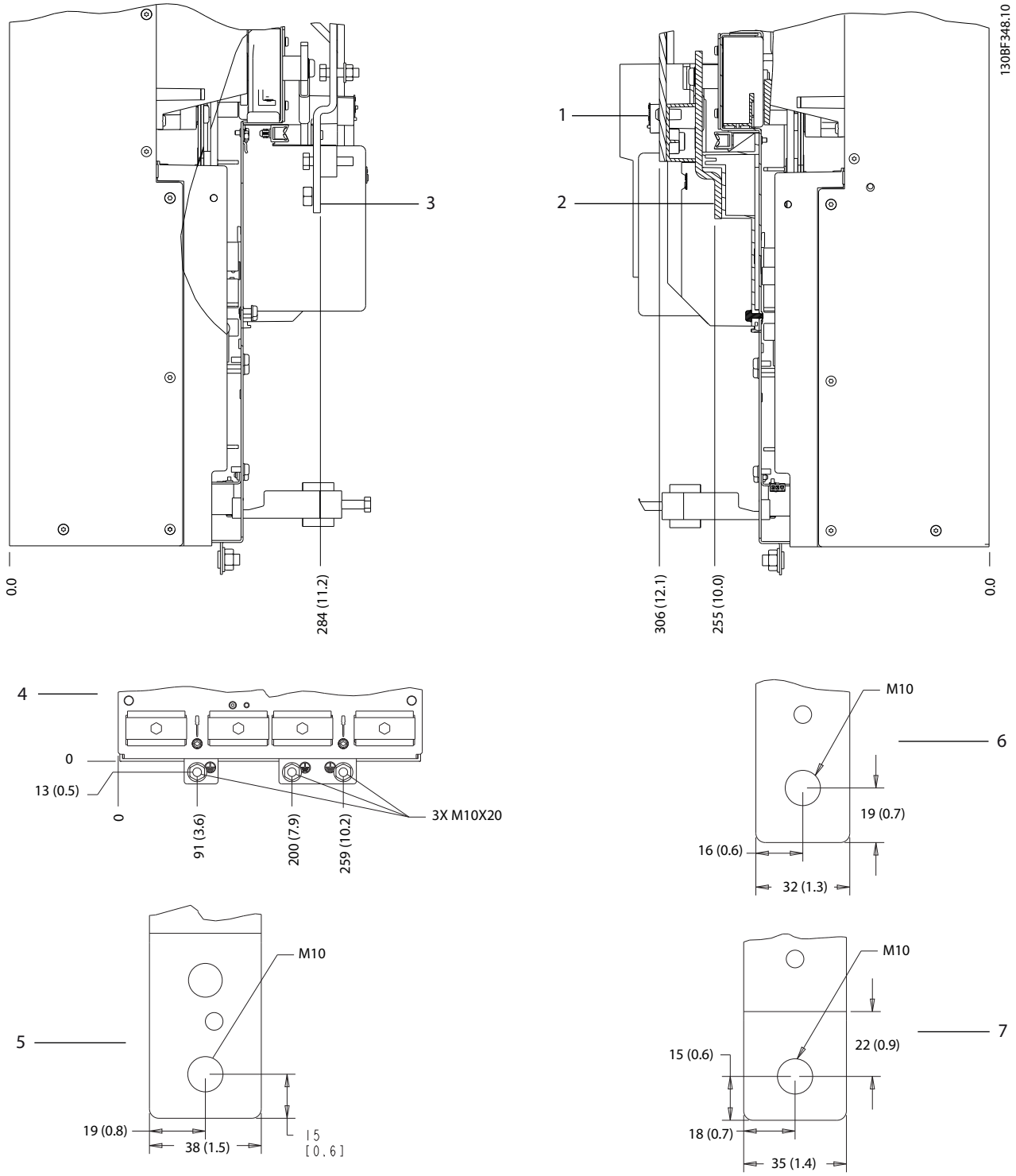
 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

8.4.2 Размеры клемм корпуса D4h



1	Клеммы сети питания	3	Клеммы подключения электродвигателя
2	Клеммы подключения тормоза	4	Клеммы заземления

Рисунок 8.23 Размеры клемм корпуса D4h (вид спереди)



1 и 6	Клеммы подключения тормоза/цепи рекуперации	3 и 5	Клеммы сети питания
2 и 7	Клеммы подключения электродвигателя	4	Клеммы заземления

Рисунок 8.24 Размеры клемм корпуса D4h (виды сбоку)

Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

8.5 Внешние размеры и размеры клемм корпуса D5h

8.5.1 Внешние размеры D5h

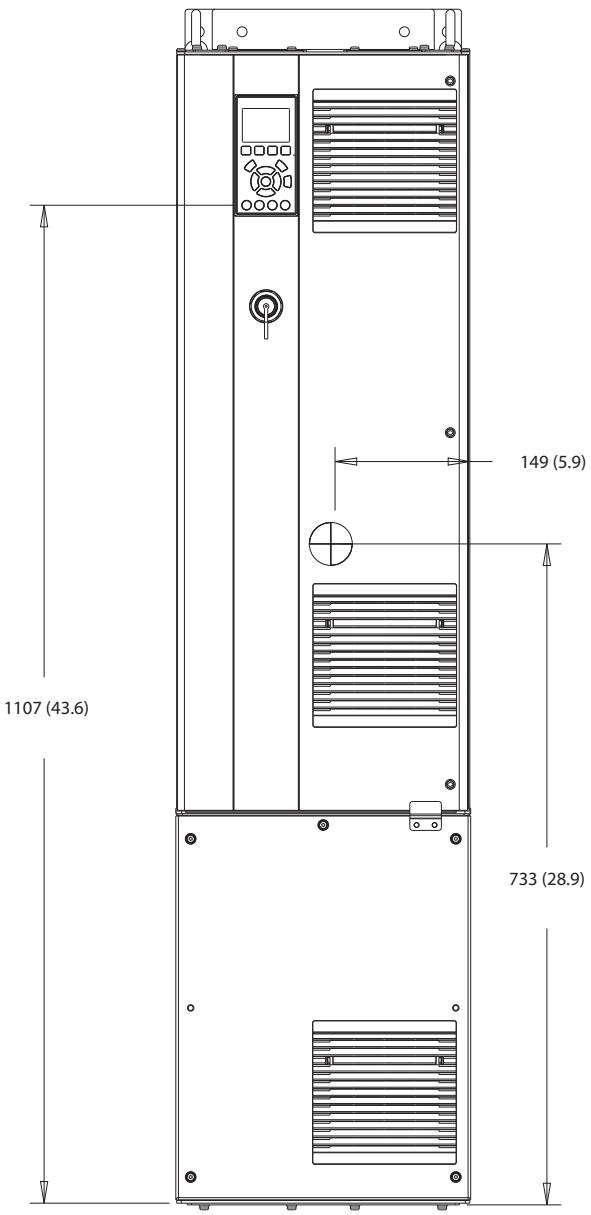


Рисунок 8.25 Вид спереди D5h

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

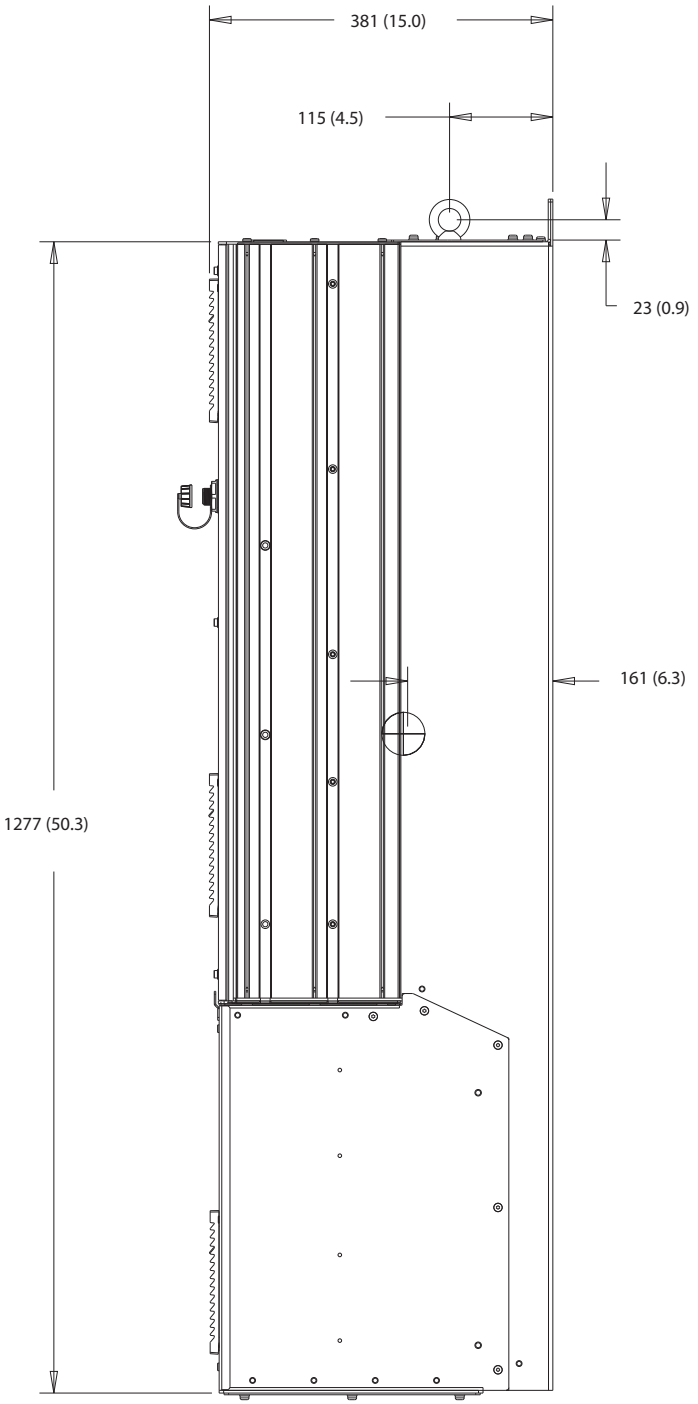


Рисунок 8.26 Вид сбоку D5h

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

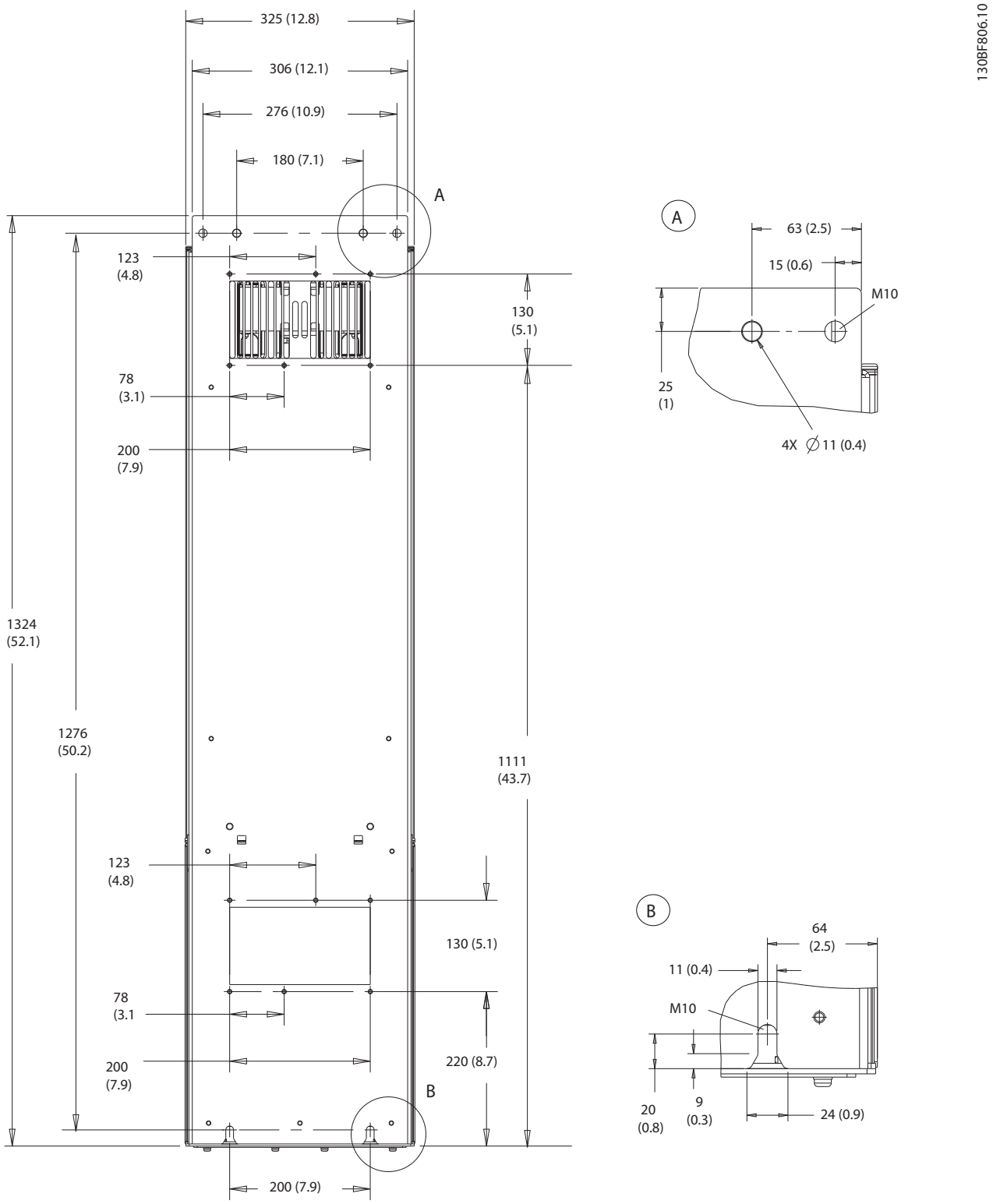


Рисунок 8.27 Вид сзади D5h

Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

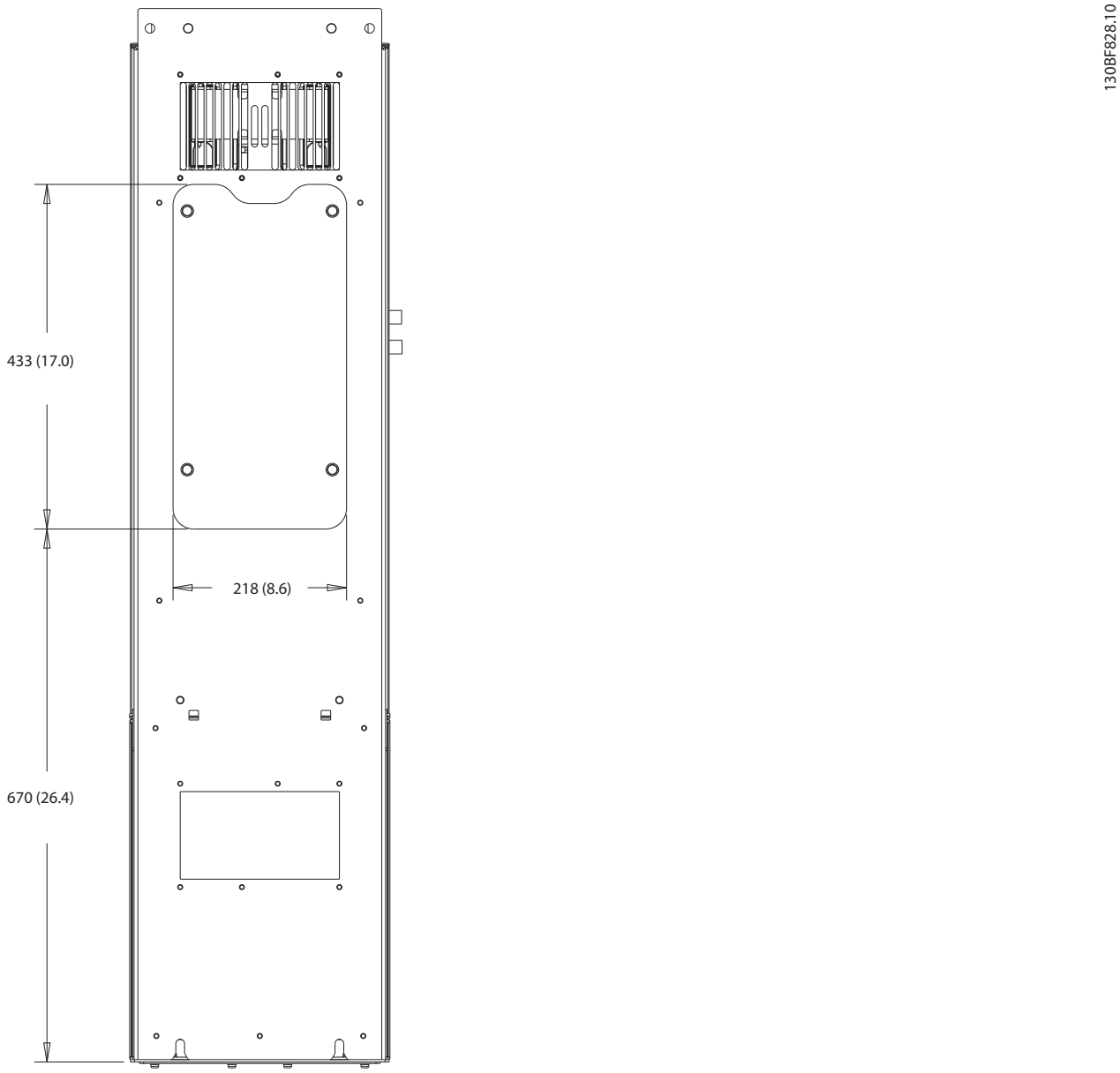


Рисунок 8.28 Размеры панели доступа к радиатору для D5h

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

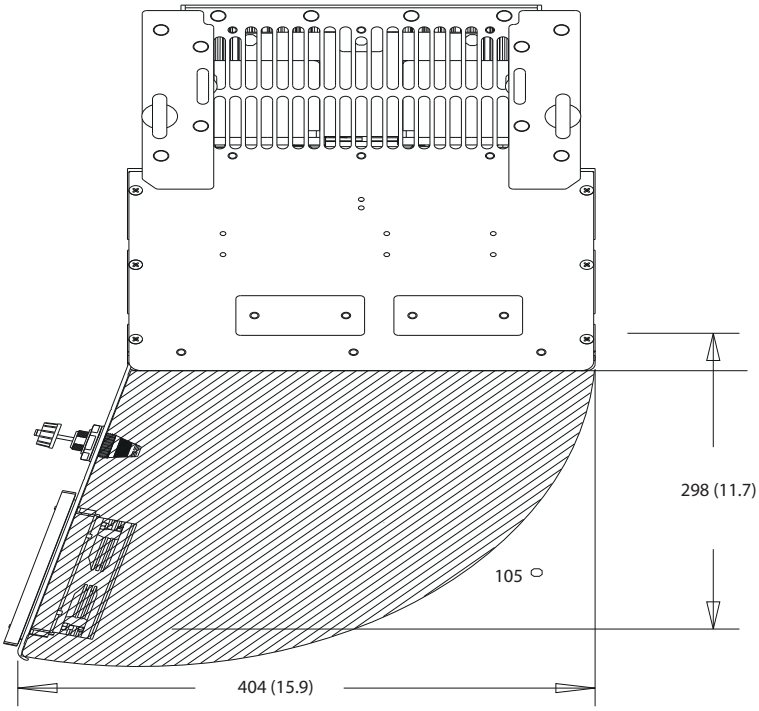
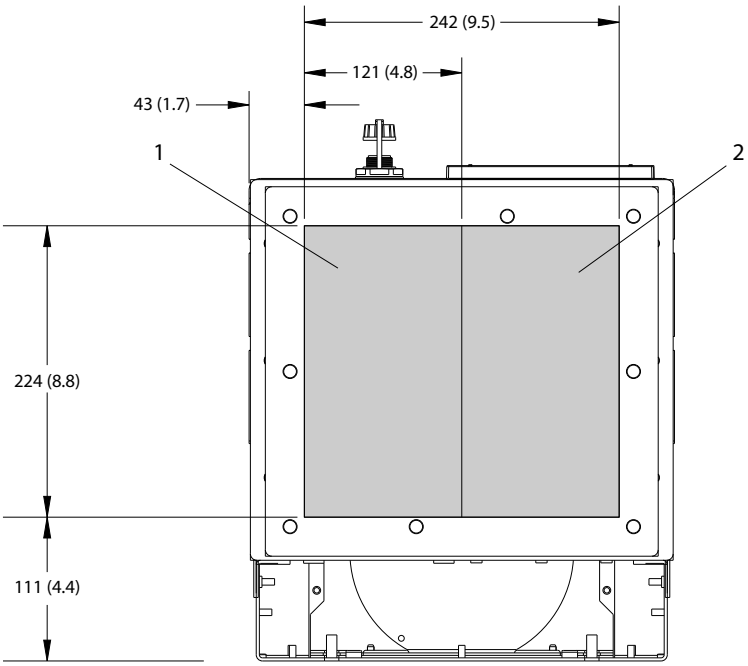


Рисунок 8.29 Пространство для открытия дверей для D5h

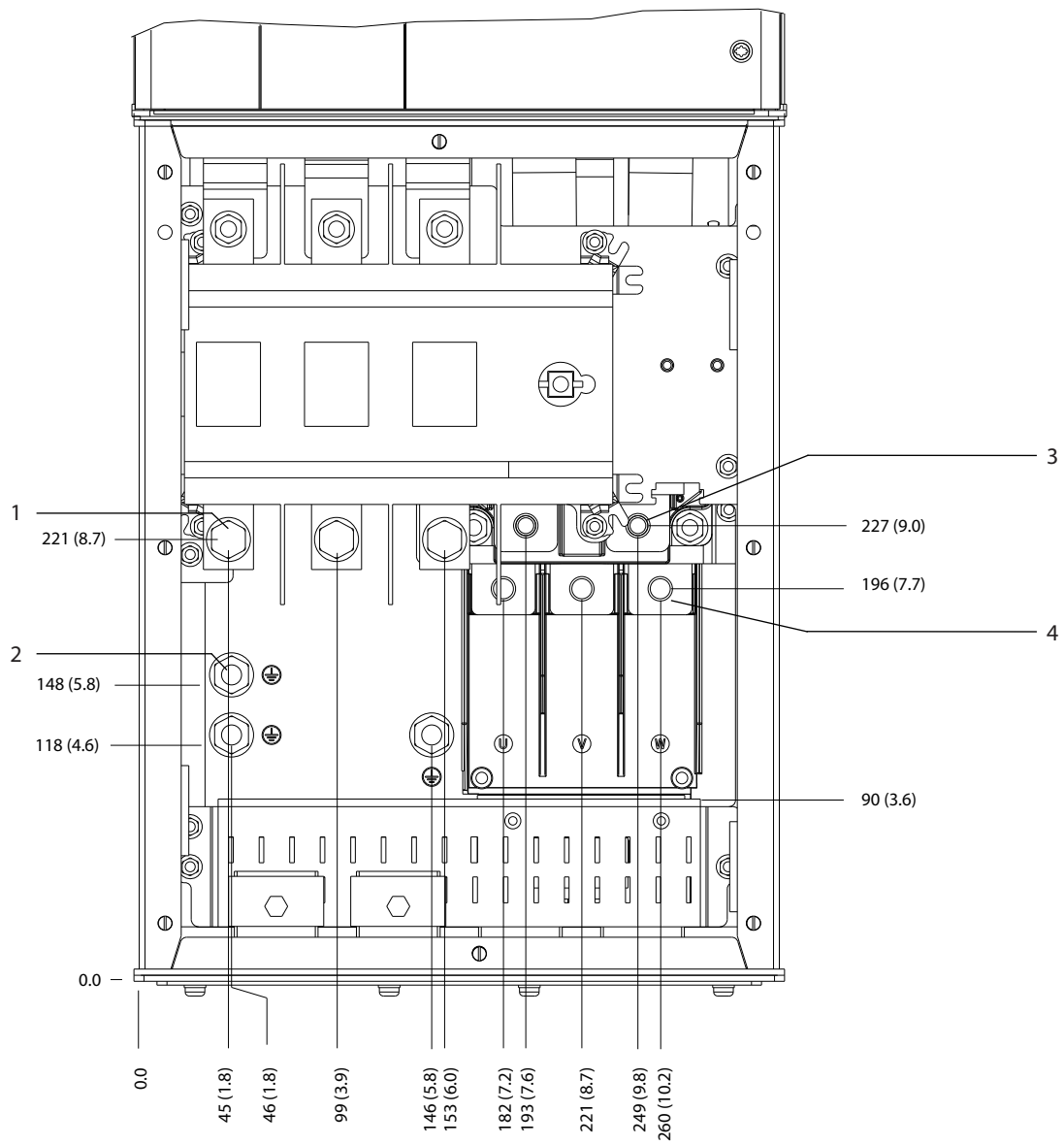


1	Сторона сети	2	Сторона двигателя

Рисунок 8.30 Размеры панели уплотнений для D5h

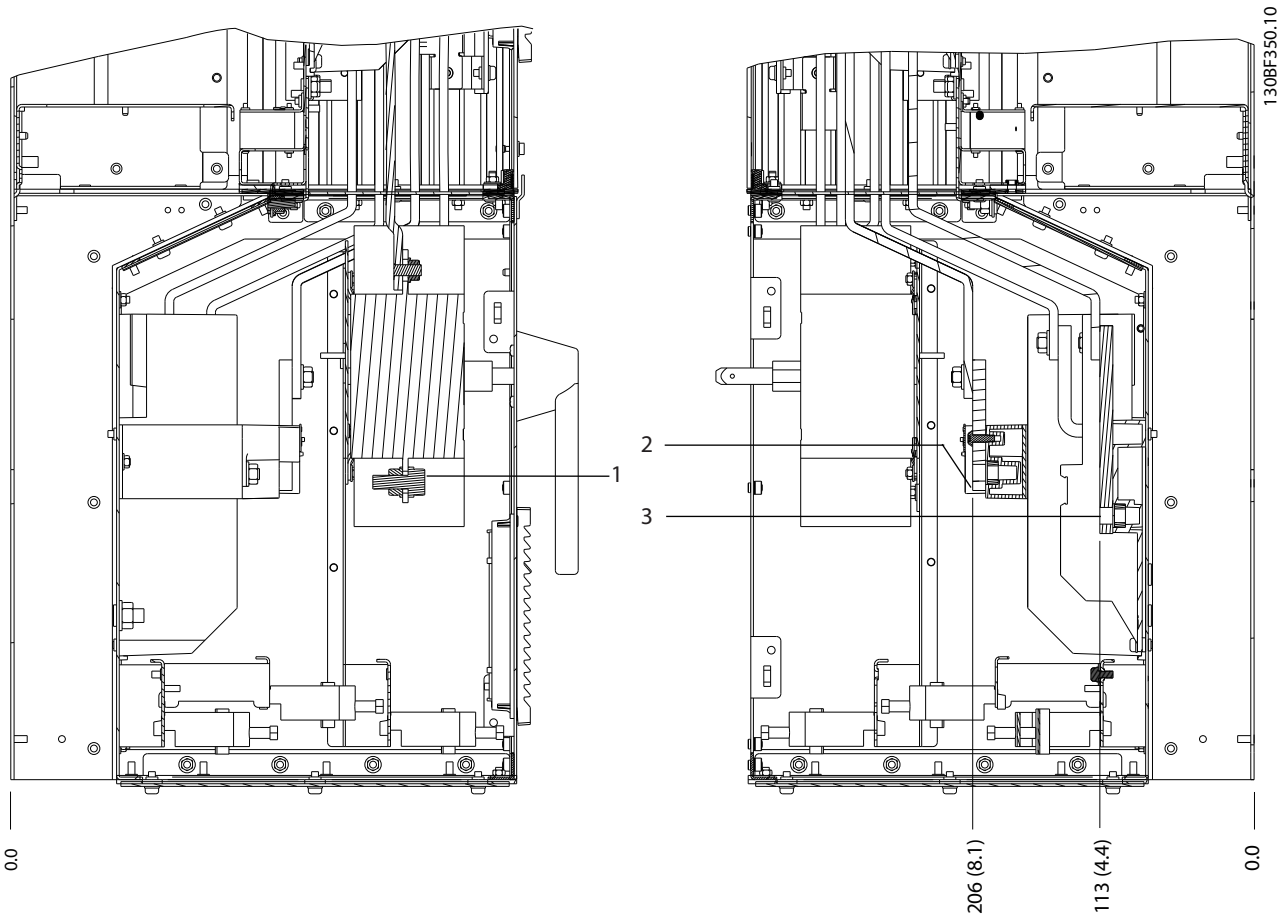
Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

8.5.2 Размеры клемм корпуса D5h



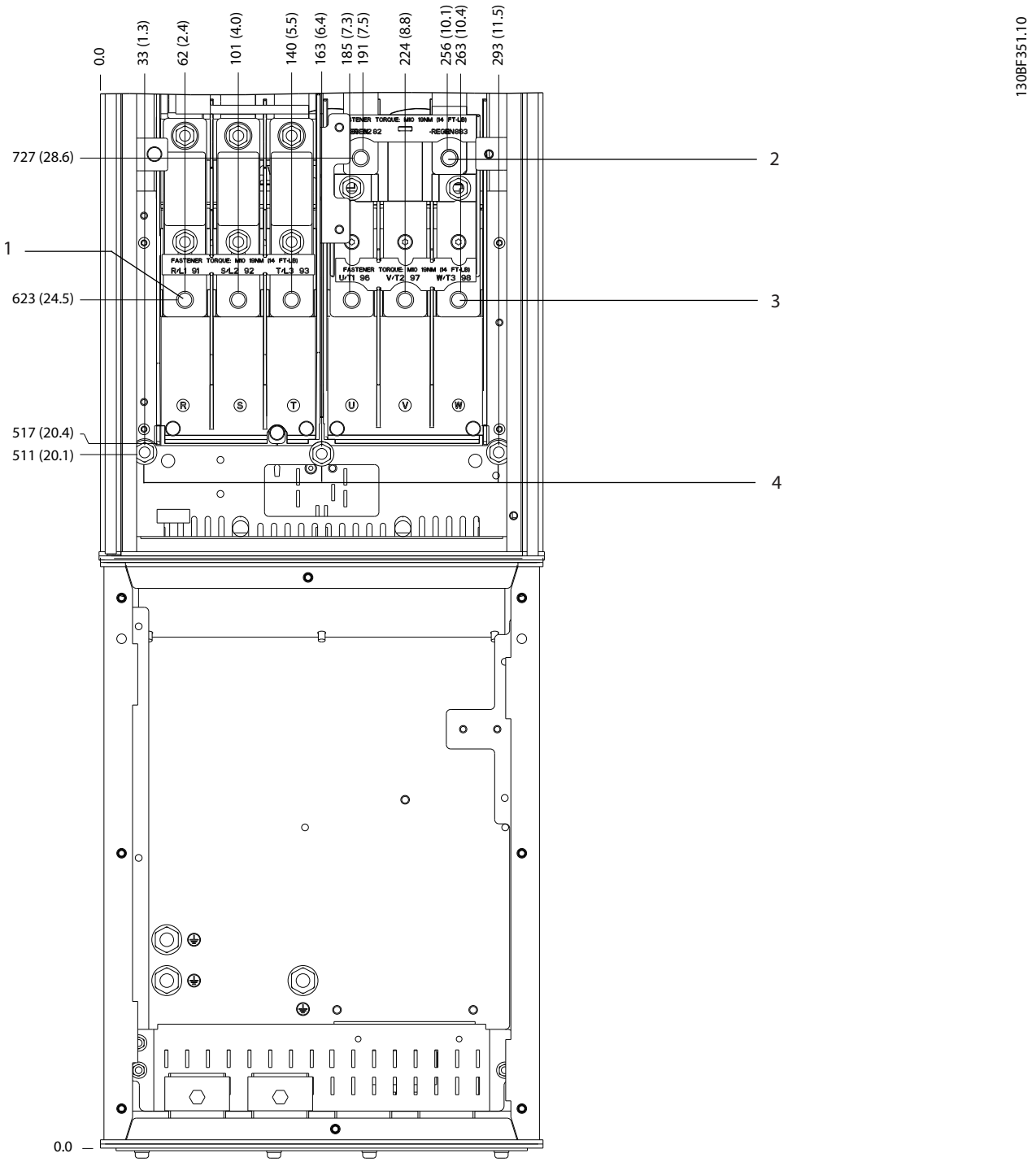
1	Клеммы сети питания	3	Клеммы подключения тормоза
2	Клеммы заземления	4	Клеммы подключения электродвигателя

Рисунок 8.31 Размеры клемм D5h с опцией расцепителя (вид спереди)



1	Клеммы сети питания	3	Клеммы подключения электродвигателя
2	Клеммы подключения тормоза	–	–

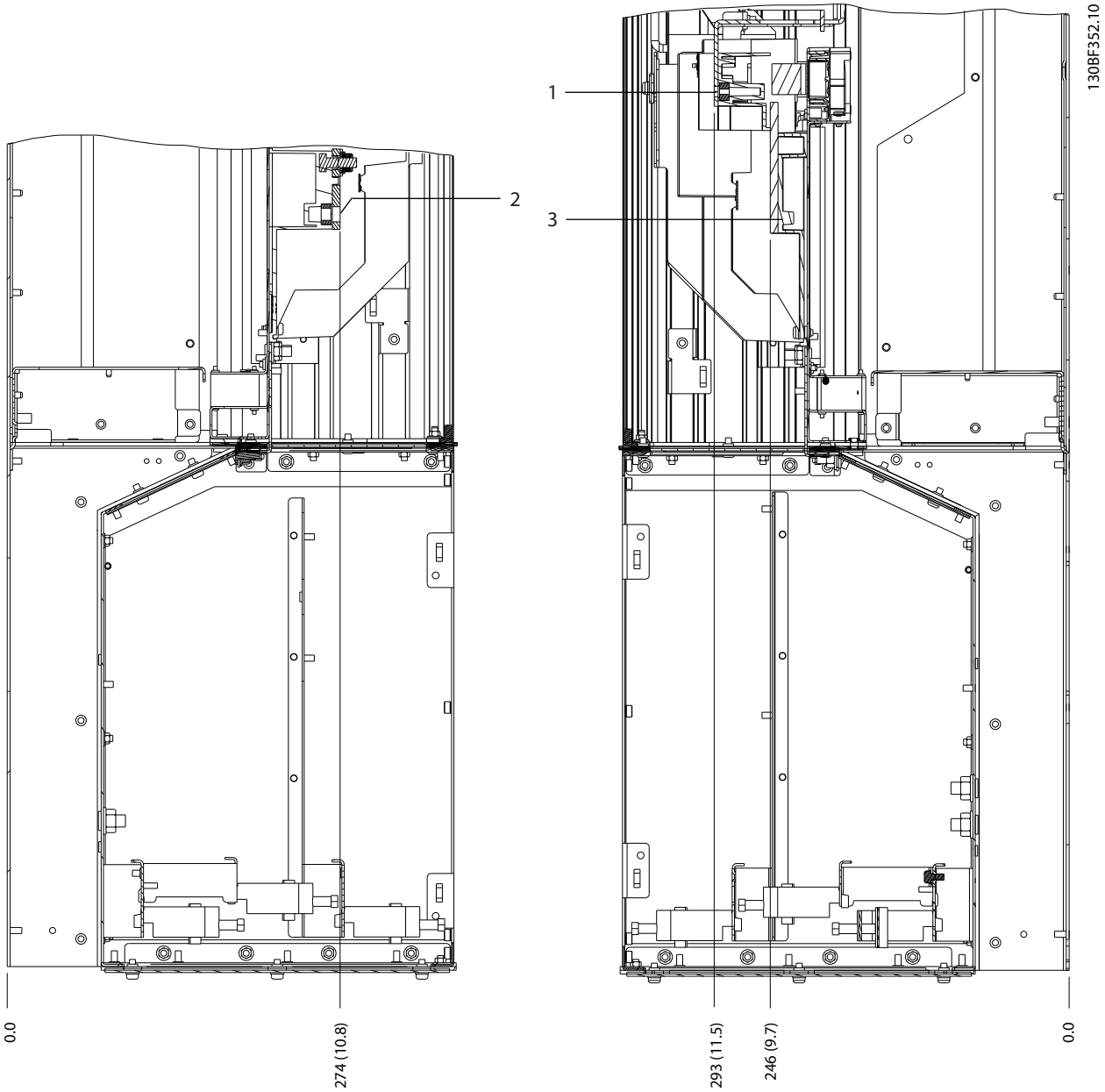
Рисунок 8.32 Размеры клемм D5h с опцией расцепителя (виды сбоку)



1	Клеммы сети питания	3	Клеммы подключения электродвигателя
2	Клеммы подключения тормоза	4	Клеммы заземления

Рисунок 8.33 Размеры клемм для D5h с опцией тормоза (вид спереди)

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.



1	Клеммы сети питания	3	Клеммы подключения электродвигателя
2	Клеммы подключения тормоза	–	–

Рисунок 8.34 Размеры клемм D5h с опцией тормоза (виды сбоку)

8.6 Внешние размеры и размеры клемм корпуса D6h

8.6.1 Внешние размеры D6h

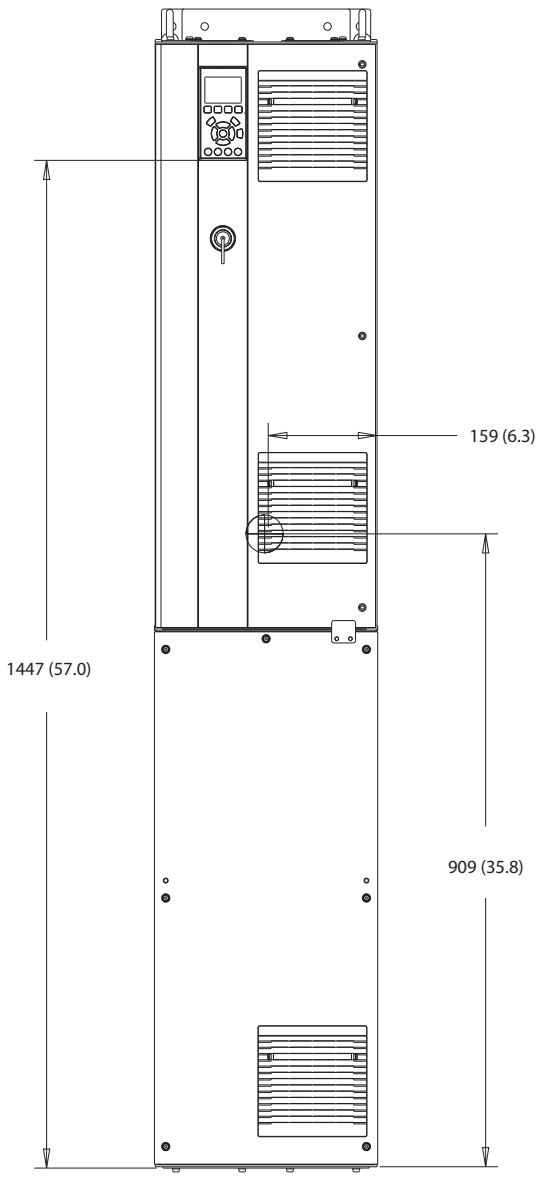


Рисунок 8.35 Вид спереди D6h

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

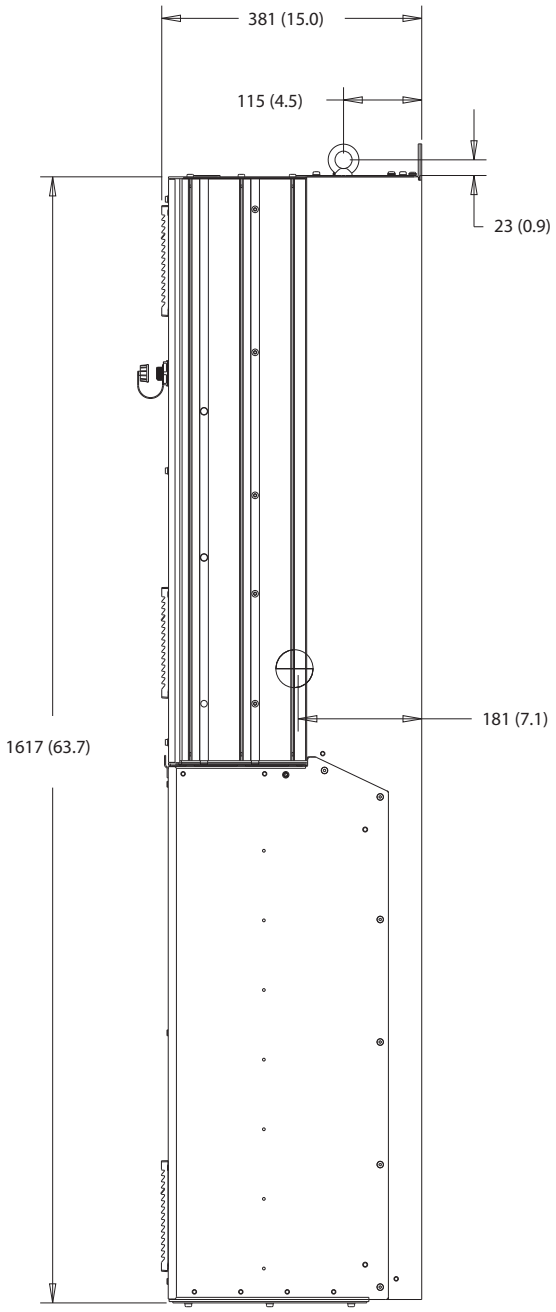


Рисунок 8.36 Вид сбоку D6h

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

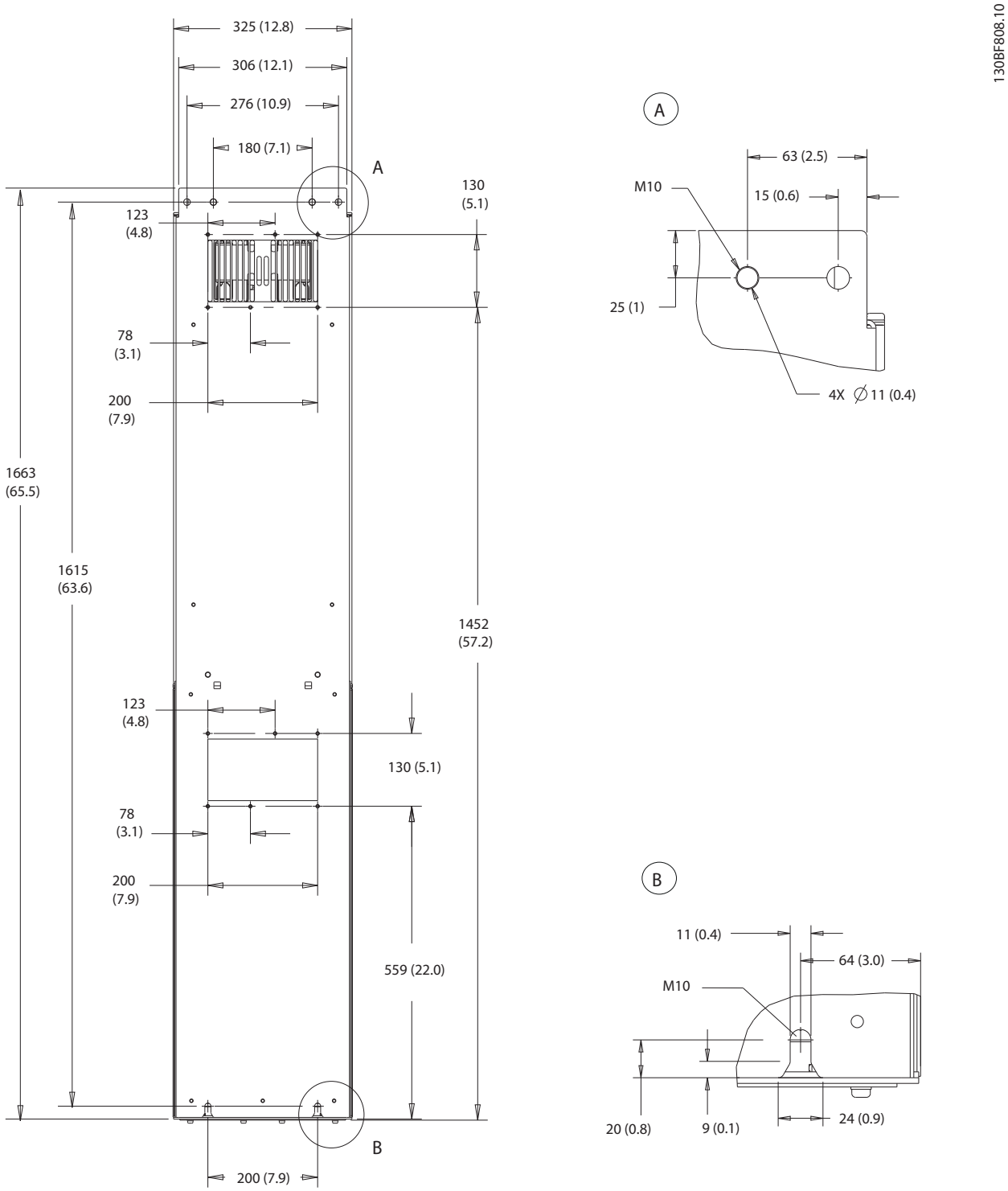


Рисунок 8.37 Вид сзади D6h

Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

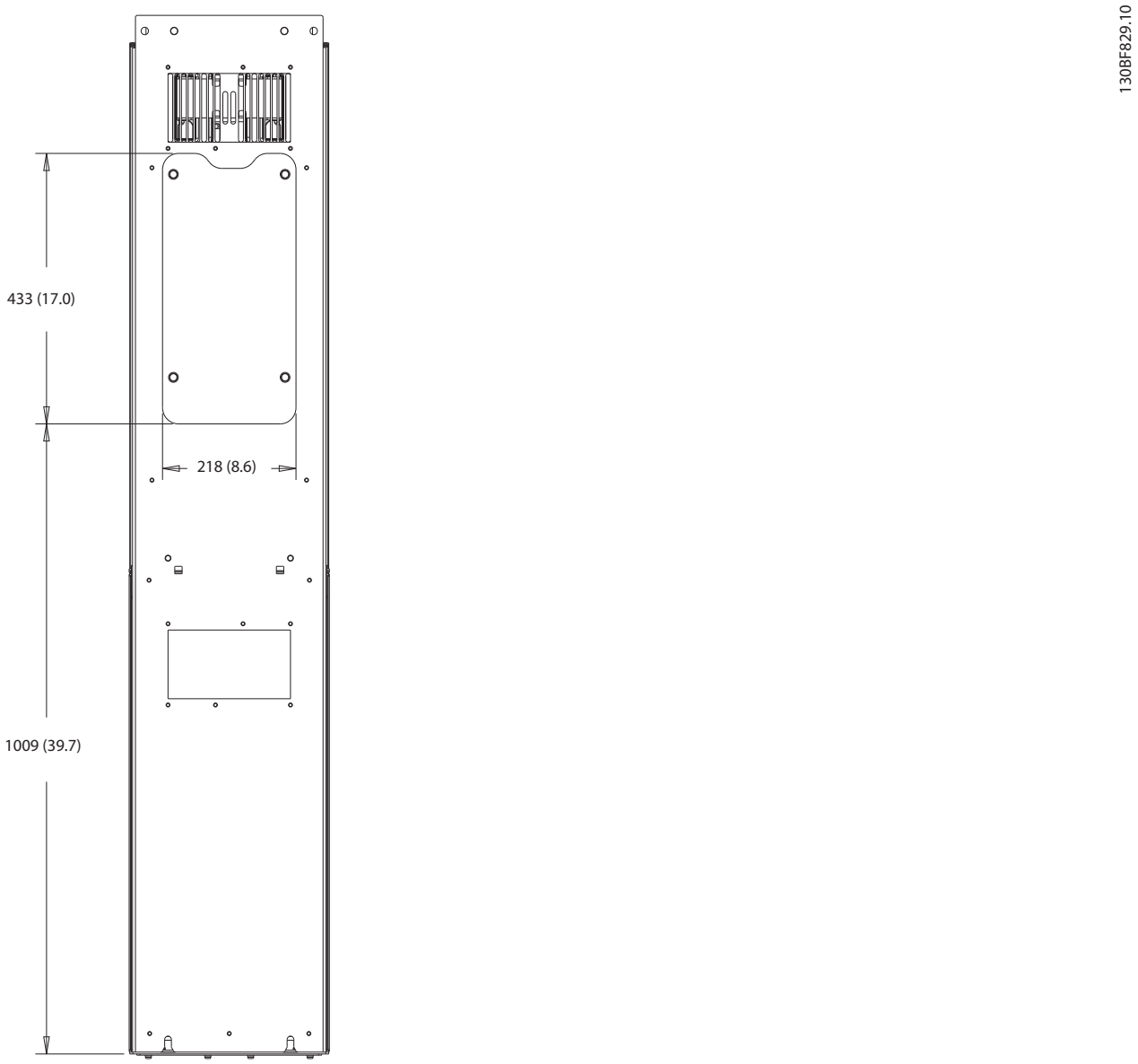


Рисунок 8.38 Размеры панели доступа к радиатору для D6h

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

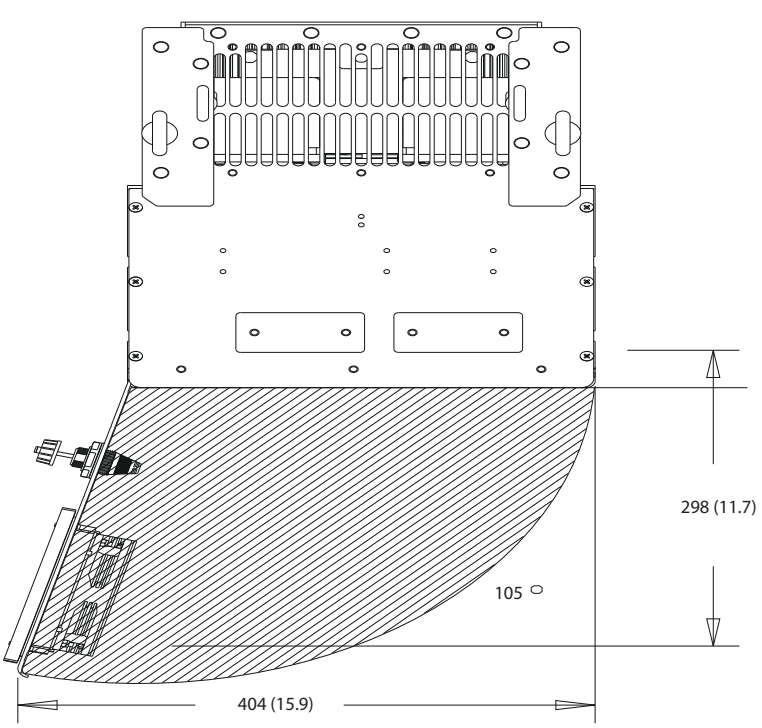
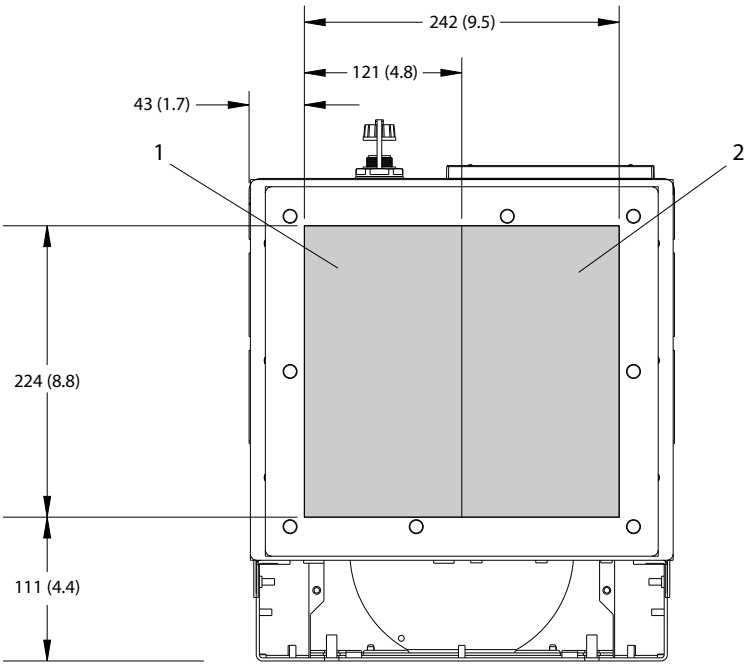


Рисунок 8.39 Пространство для открытия дверей для D6h

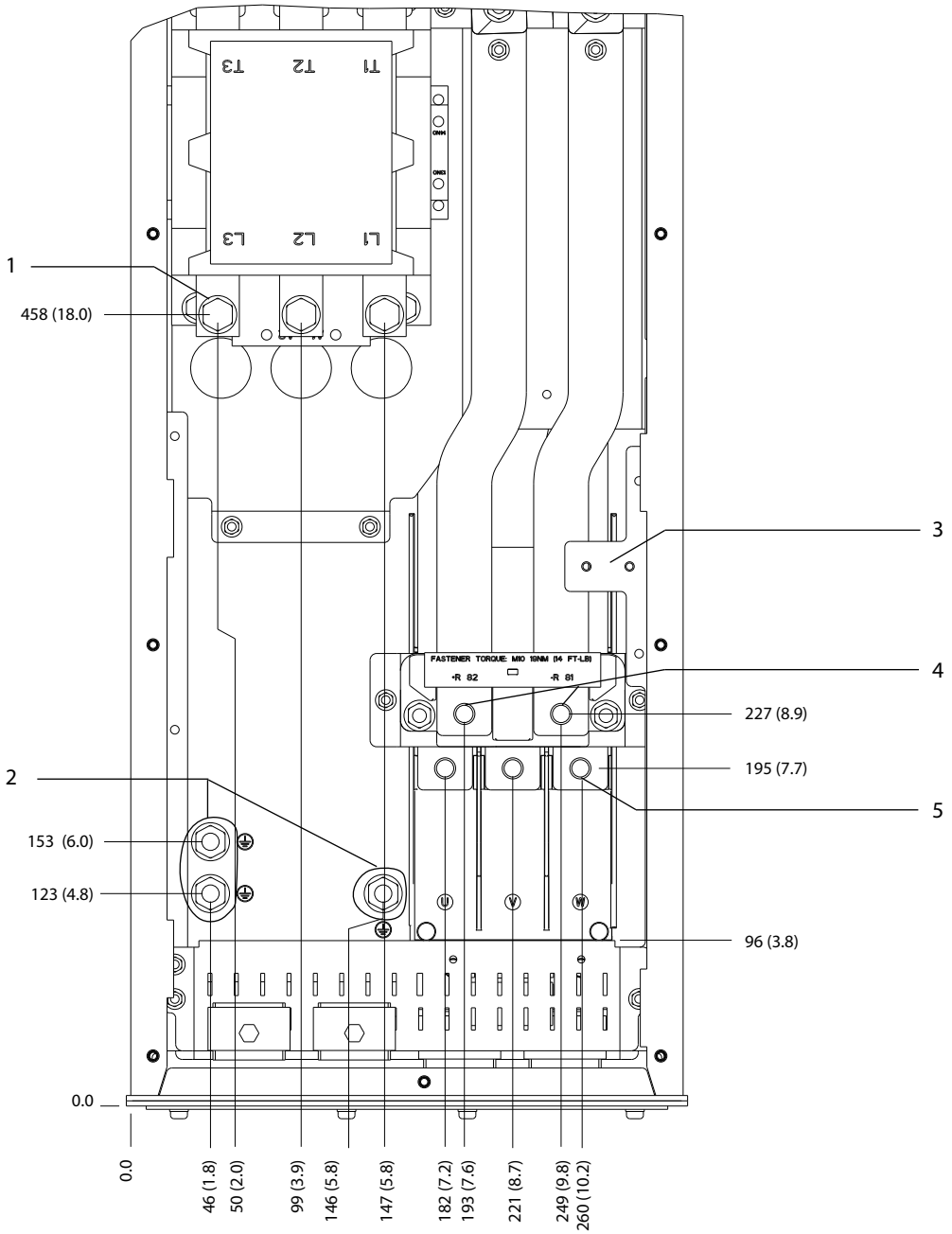


1	Сторона сети	2	Сторона двигателя

Рисунок 8.40 Размеры панели уплотнений для D6h

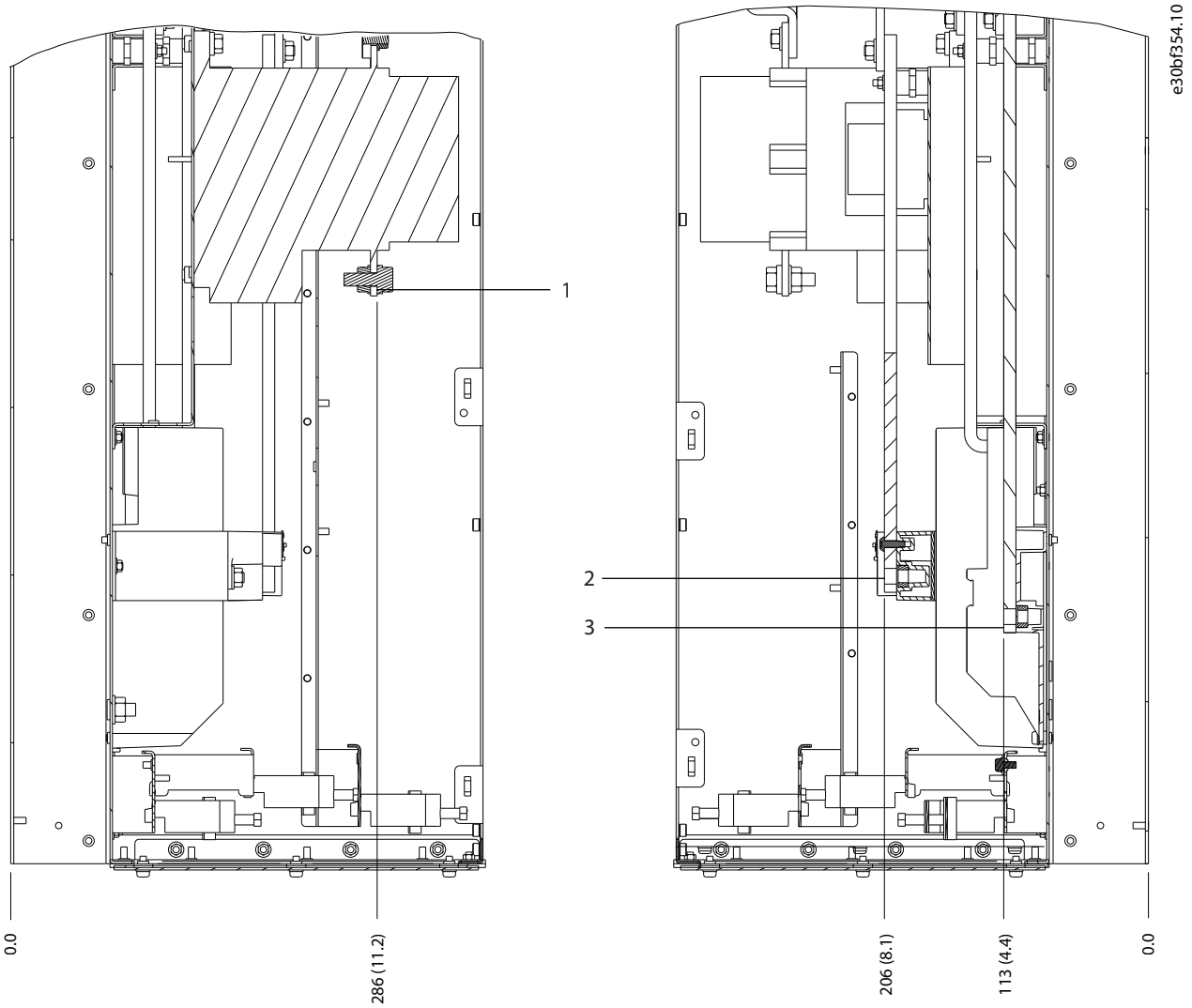
 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

8.6.2 Размеры клемм корпуса D6h



1	Клеммы сети питания	4	Клеммы подключения тормоза
2	Клеммы заземления	5	Клеммы подключения электродвигателя
3	Клеммная колодка для контактора TB6	–	–

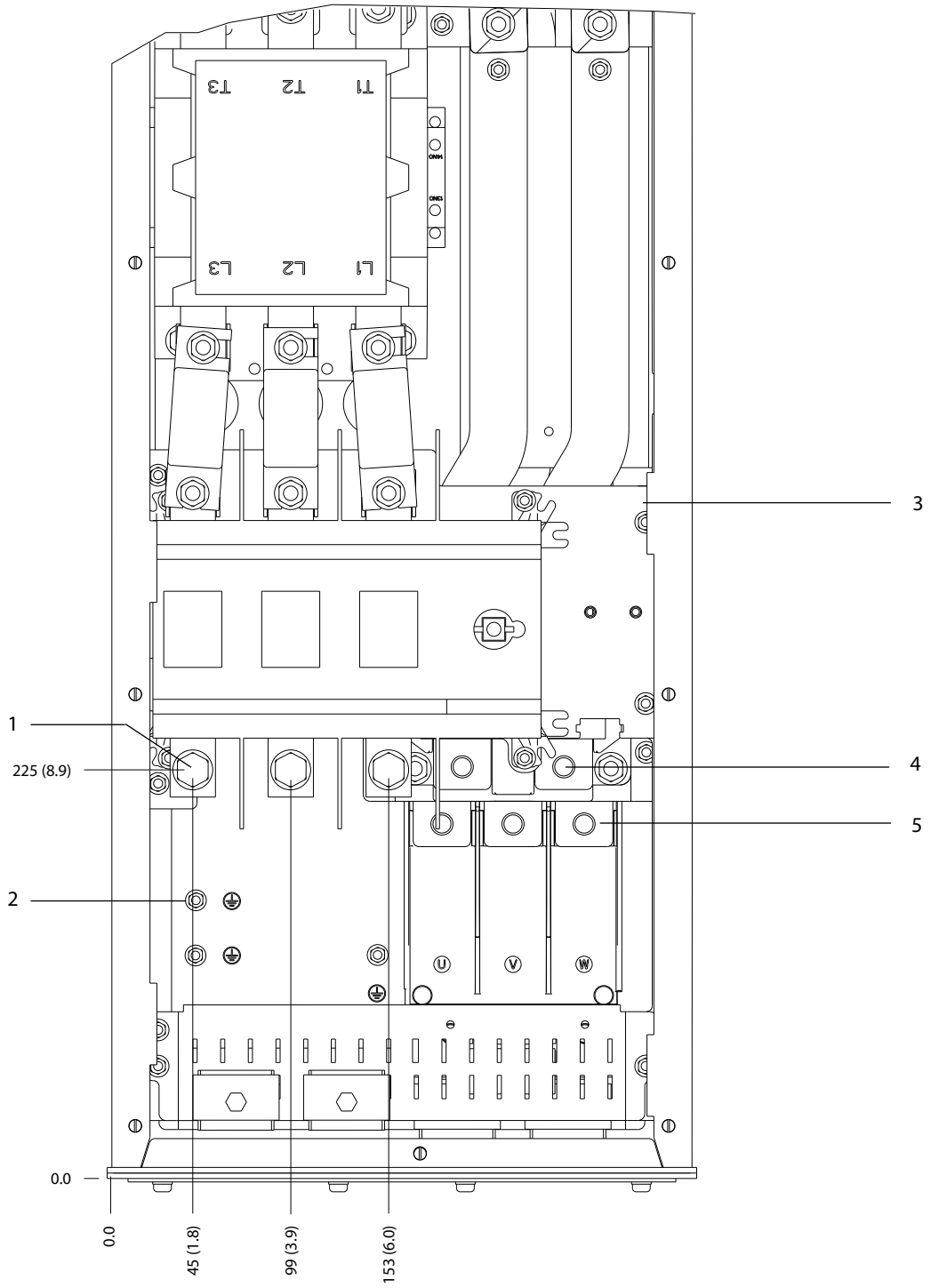
Рисунок 8.41 Размеры клемм D6h с опцией контактора (вид спереди)



1	Клеммы сети питания	3	Клеммы подключения электродвигателя
2	Клеммы подключения тормоза	–	–

Рисунок 8.42 Размеры клемм D6h с опцией контактора (виды сбоку)

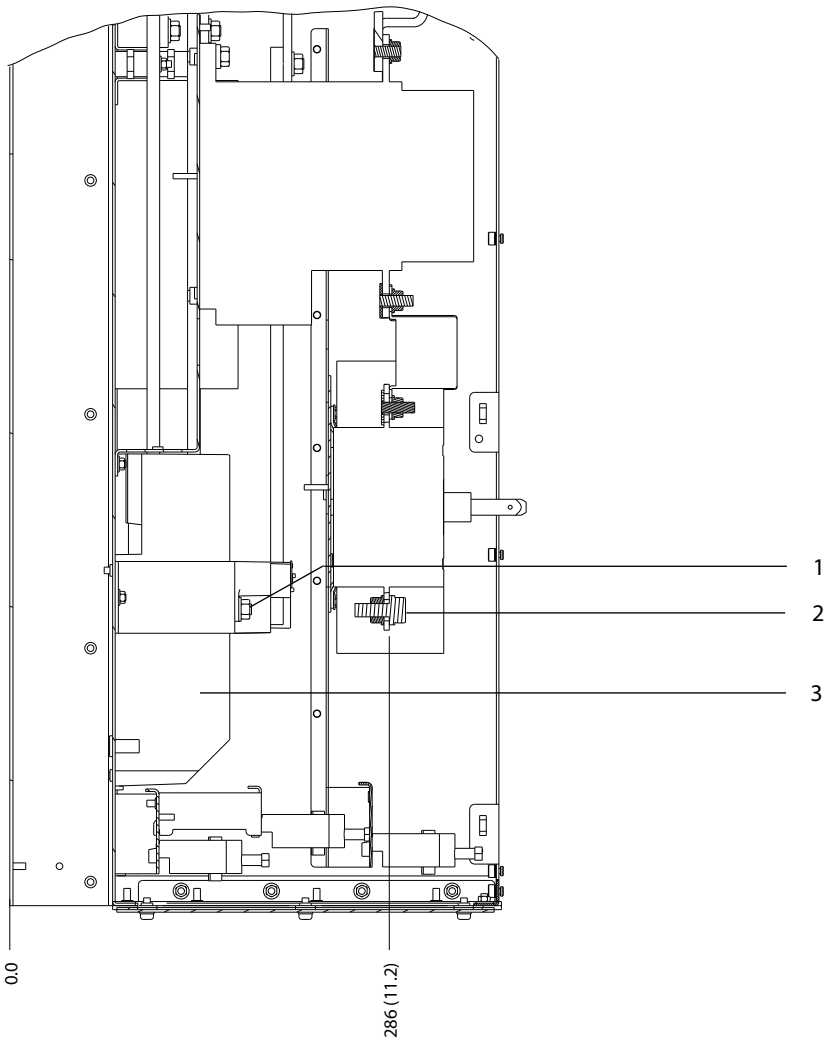
Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.



1	Клеммы сети питания	4	Клеммы подключения тормоза
2	Клеммы заземления	5	Клеммы подключения электродвигателя
3	Клеммная колодка для контактора TB6	–	–

Рисунок 8.43 Размеры клемм для D6h с опциями контактора и расцепителя (вид спереди)

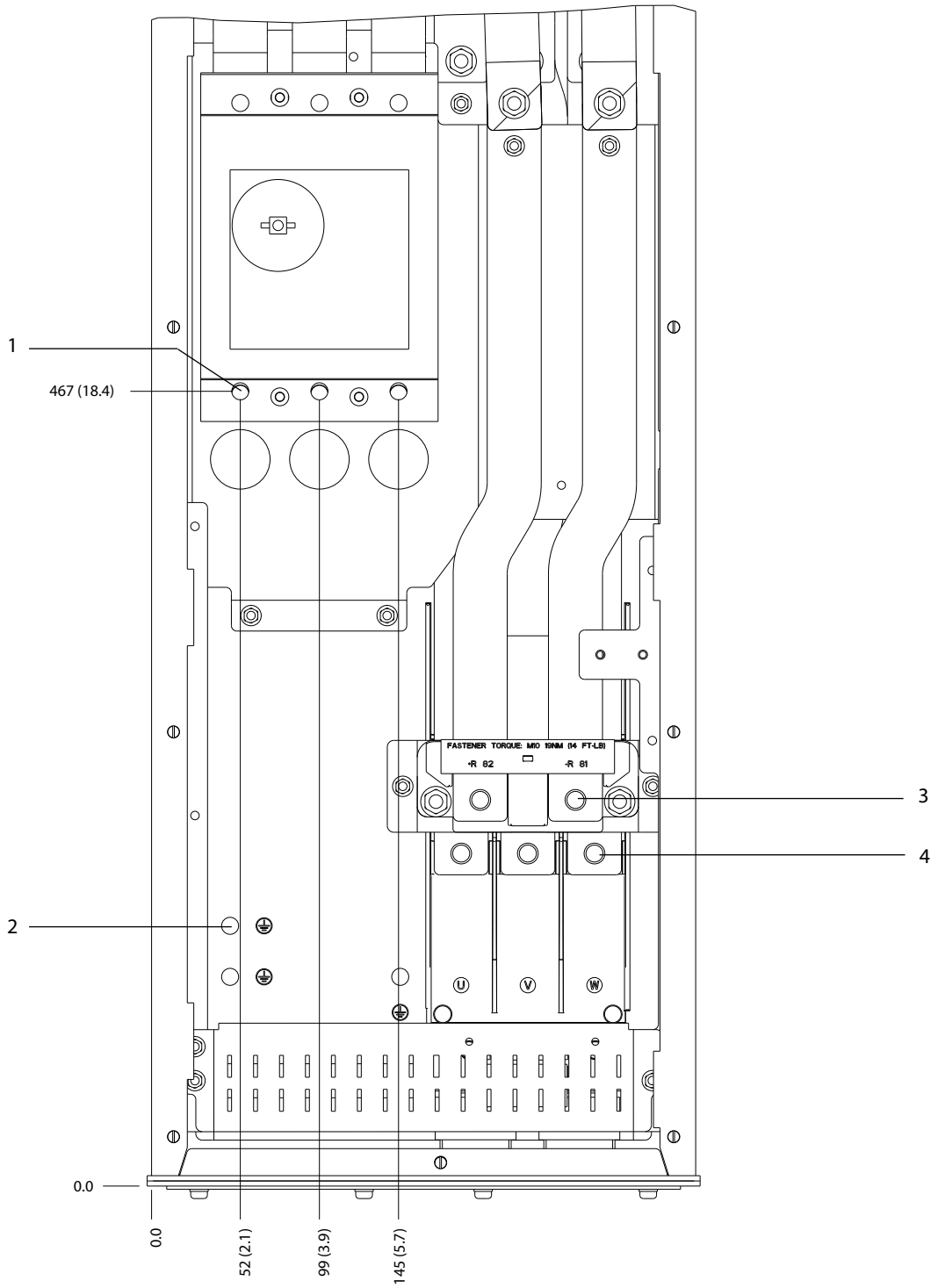
Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.



1	Клеммы подключения тормоза	3	Клеммы подключения электродвигателя
2	Клеммы сети питания	–	–

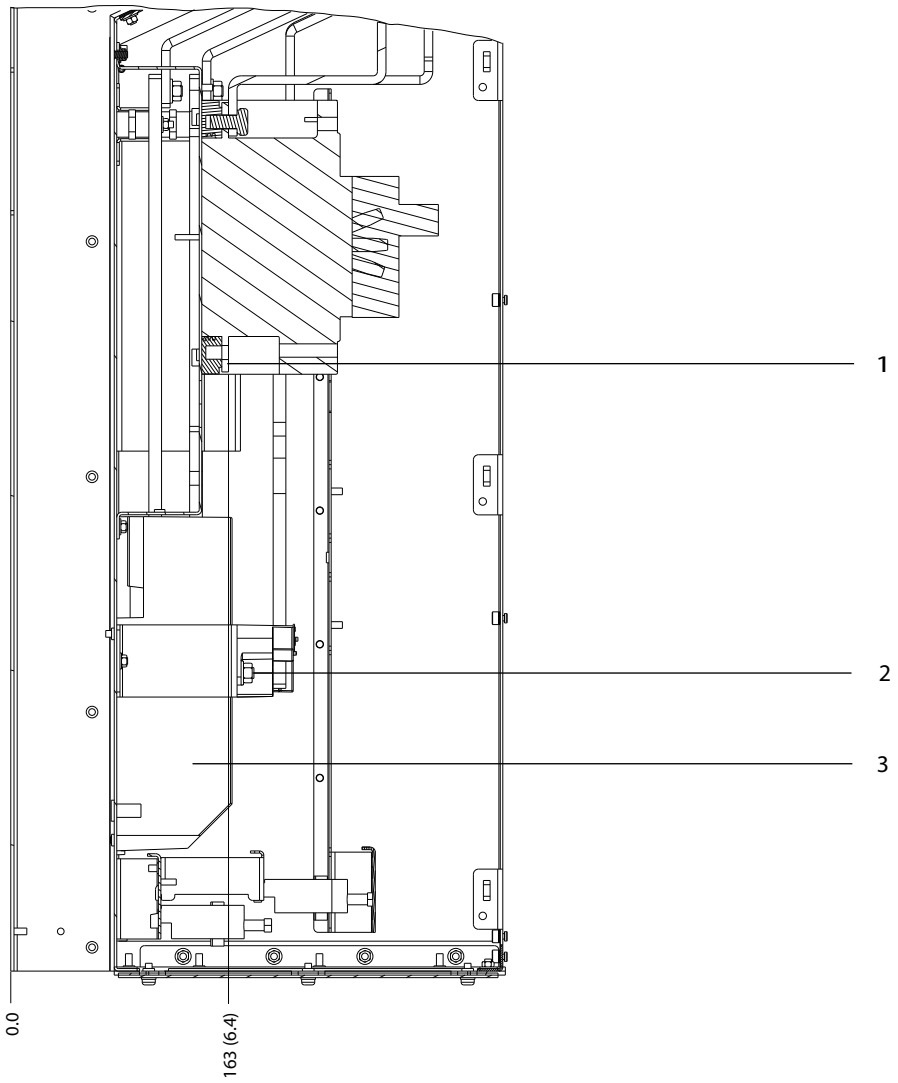
Рисунок 8.44 Размеры клемм для D6h с опциями контактора и расцепителя (виды сбоку)

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.



1	Клеммы сети питания	3	Клеммы подключения тормоза
2	Клеммы заземления	4	Клеммы подключения электродвигателя

Рисунок 8.45 Размеры клемм D8h с опцией расцепителя (вид спереди)



1	Клеммы сети питания	3	Клеммы подключения электродвигателя
2	Клеммы подключения тормоза	–	–

Рисунок 8.46 Размеры клемм для D6h с опцией автоматического выключателя (виды сбоку)

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

8.7 Внешние размеры и размеры клемм корпуса D7h

8.7.1 Внешние размеры D7h

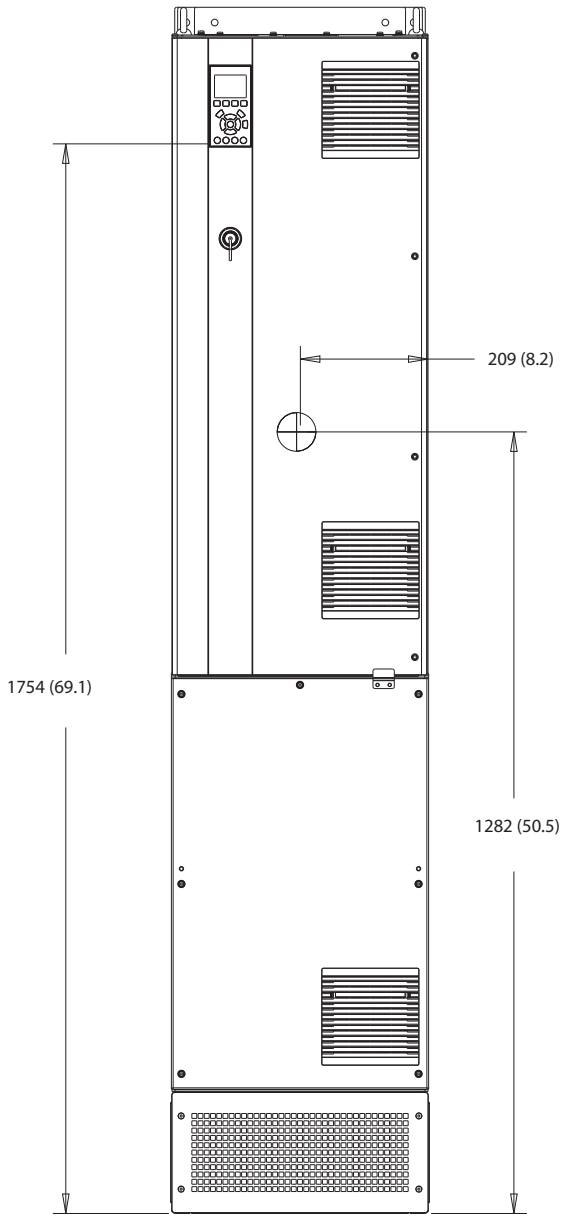


Рисунок 8.47 Вид спереди D7h

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

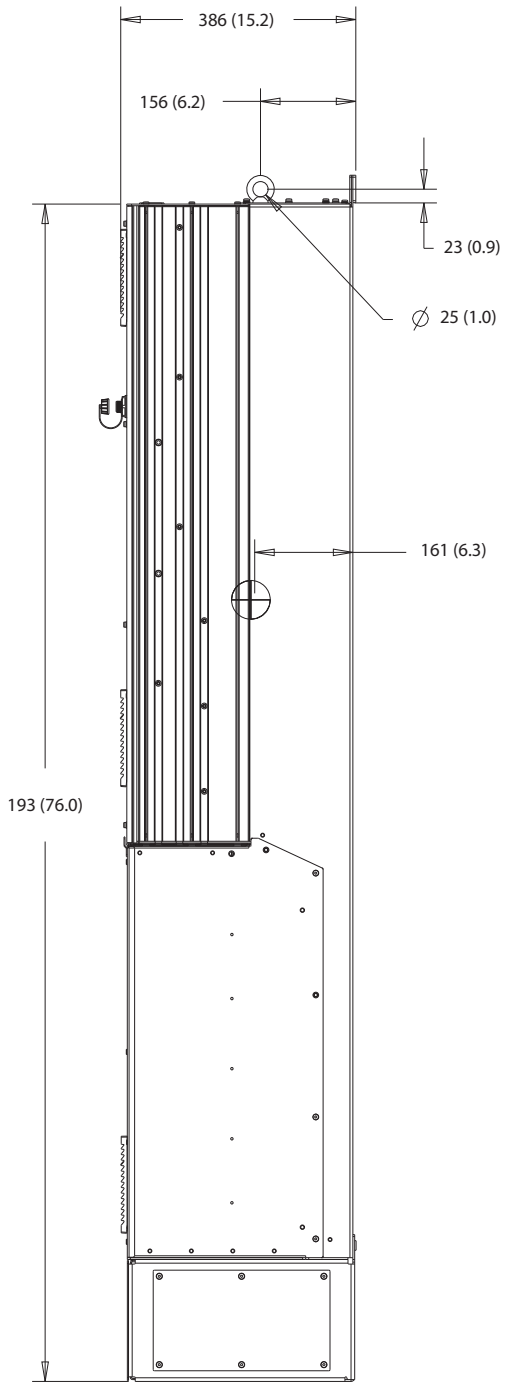


Рисунок 8.48 Вид сбоку D7h

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

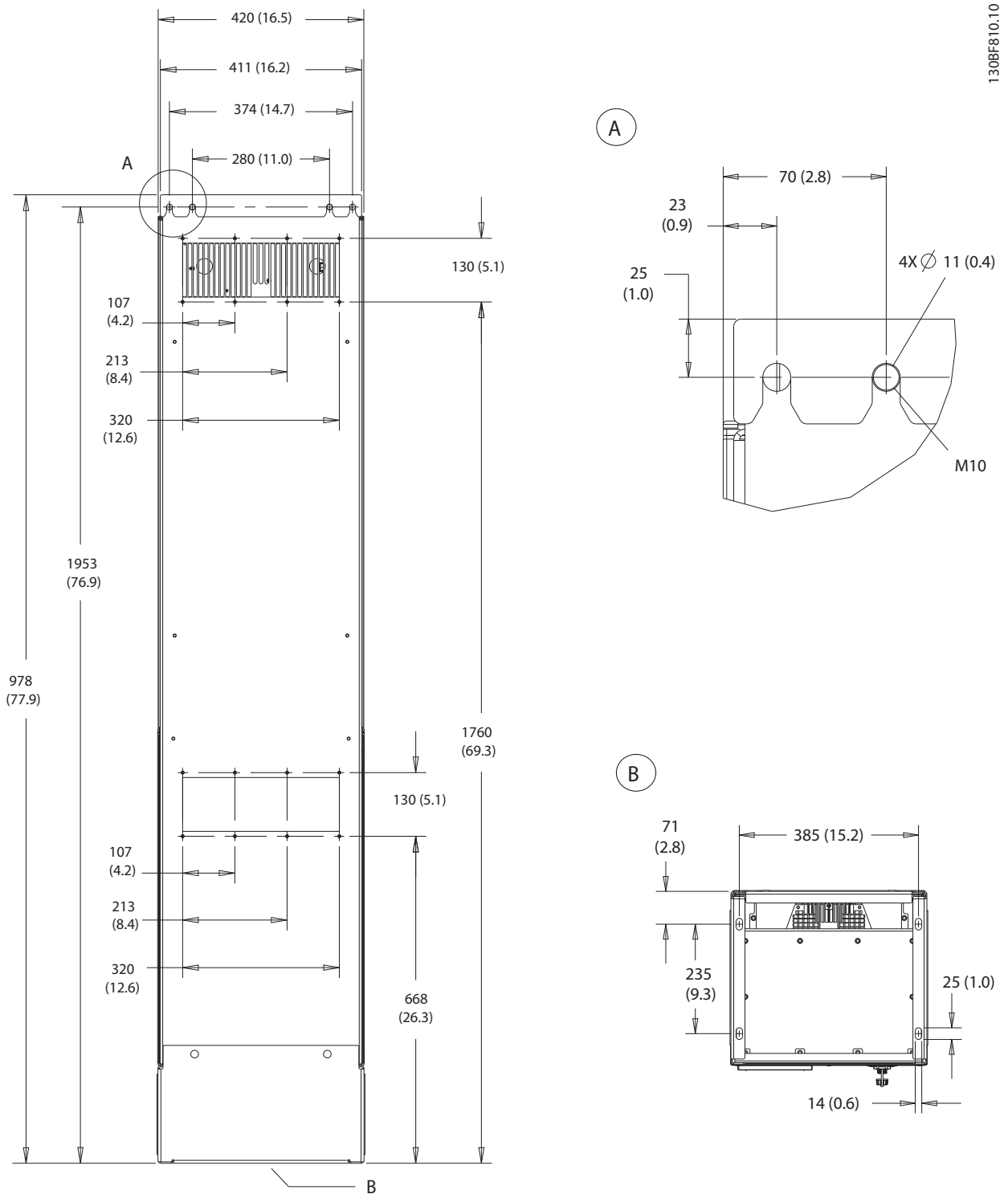


Рисунок 8.49 Вид сзади D7h

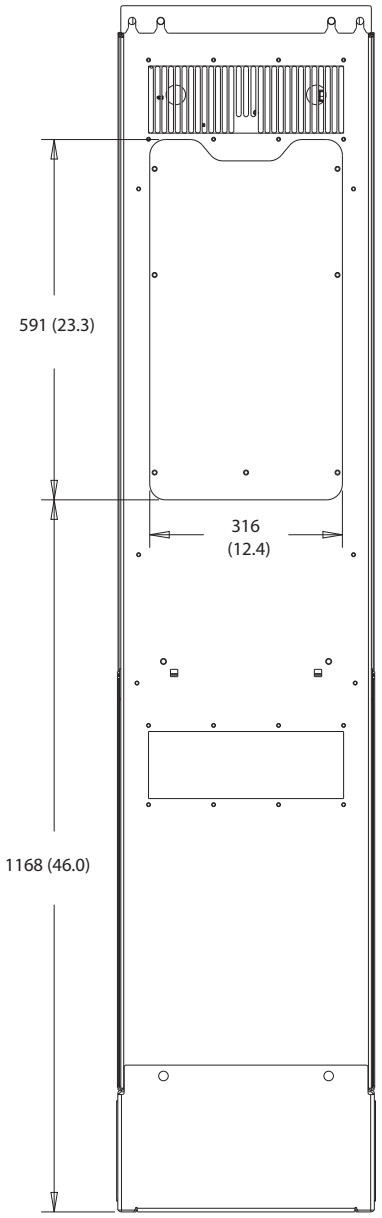


Рисунок 8.50 Размеры панели доступа к радиатору для D7h

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

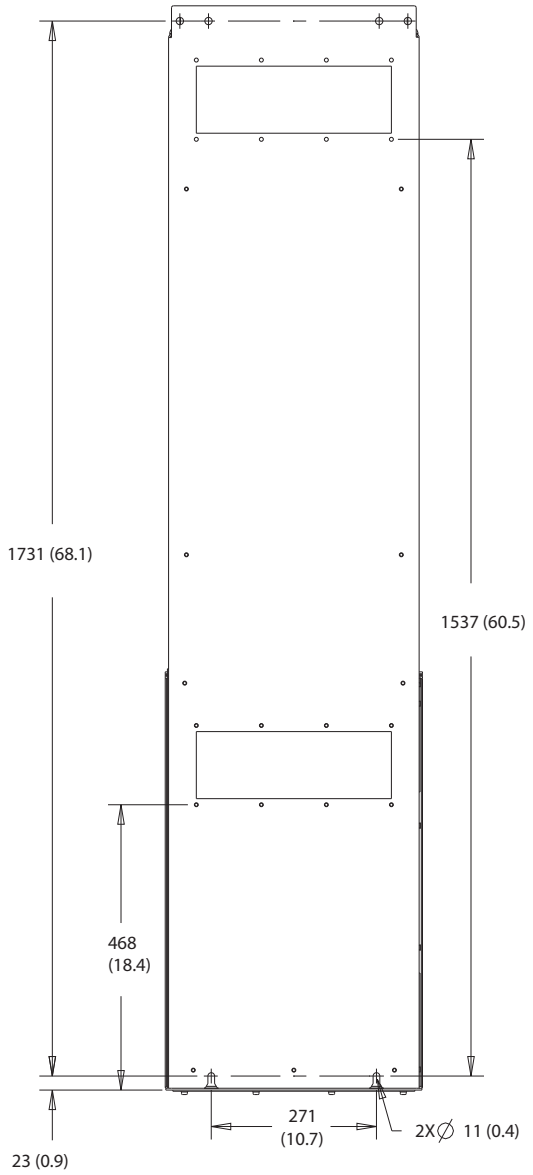


Рисунок 8.51 Размеры для настенного монтажа D7h

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

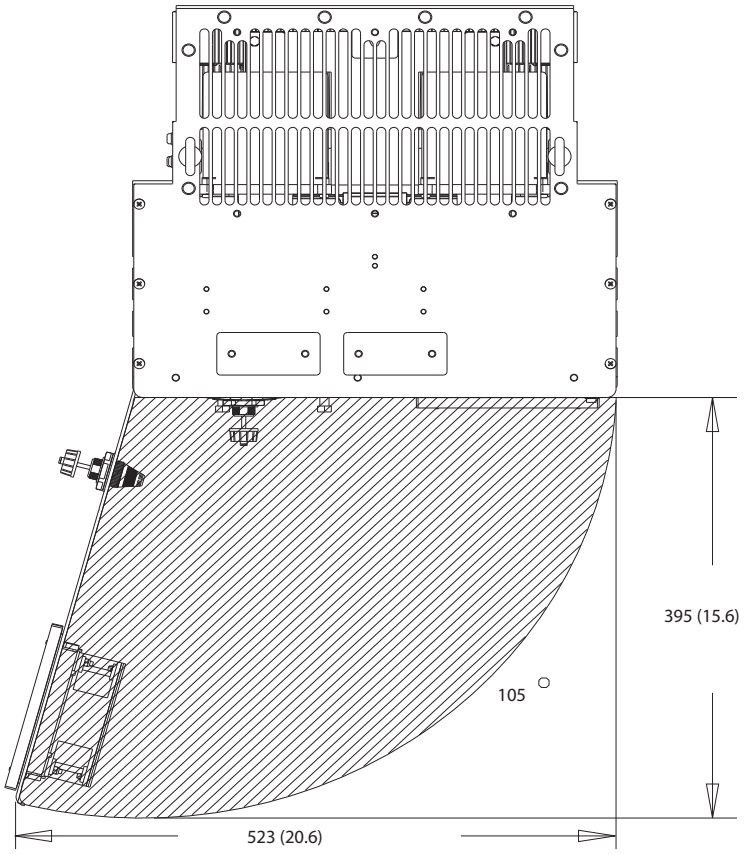
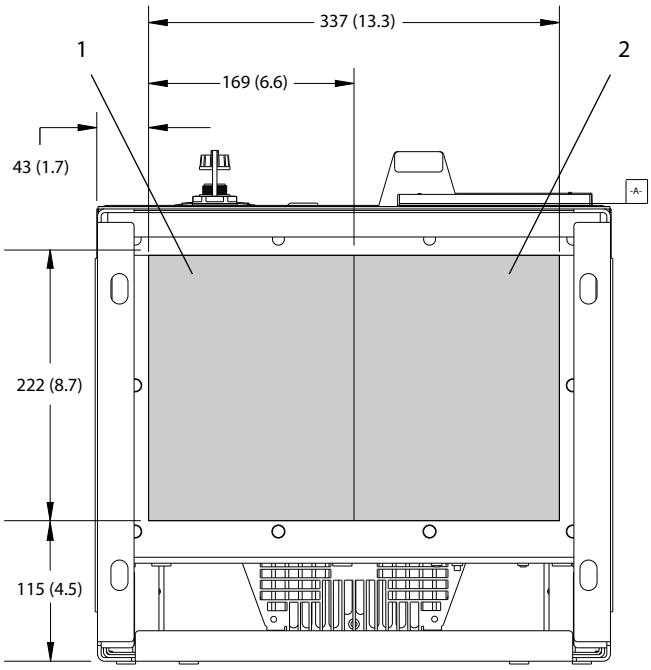


Рисунок 8.52 Пространство для открытия дверей для D7h

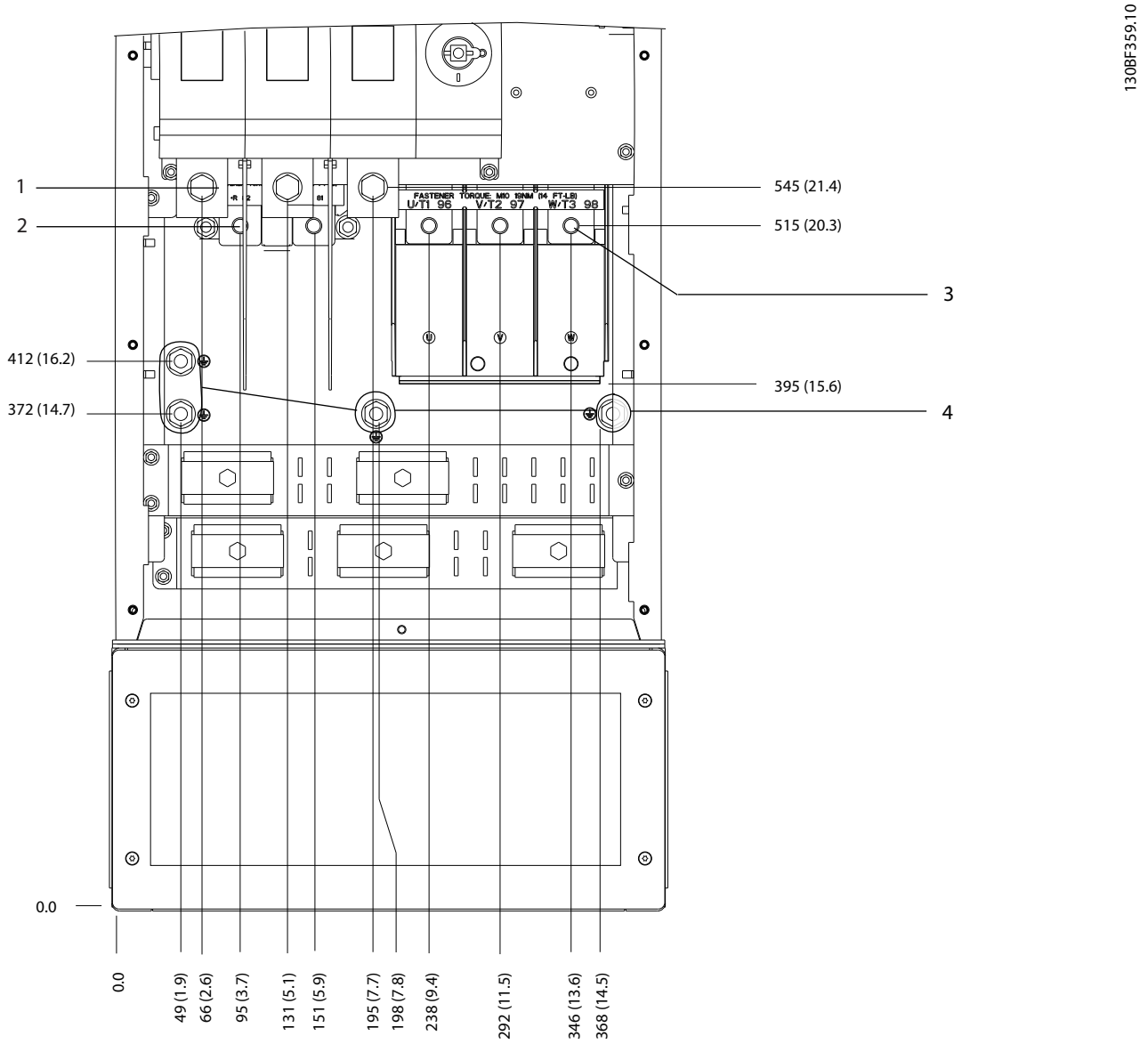


1	Сторона сети	2	Сторона двигателя

Рисунок 8.53 Размеры панели уплотнений для D7h

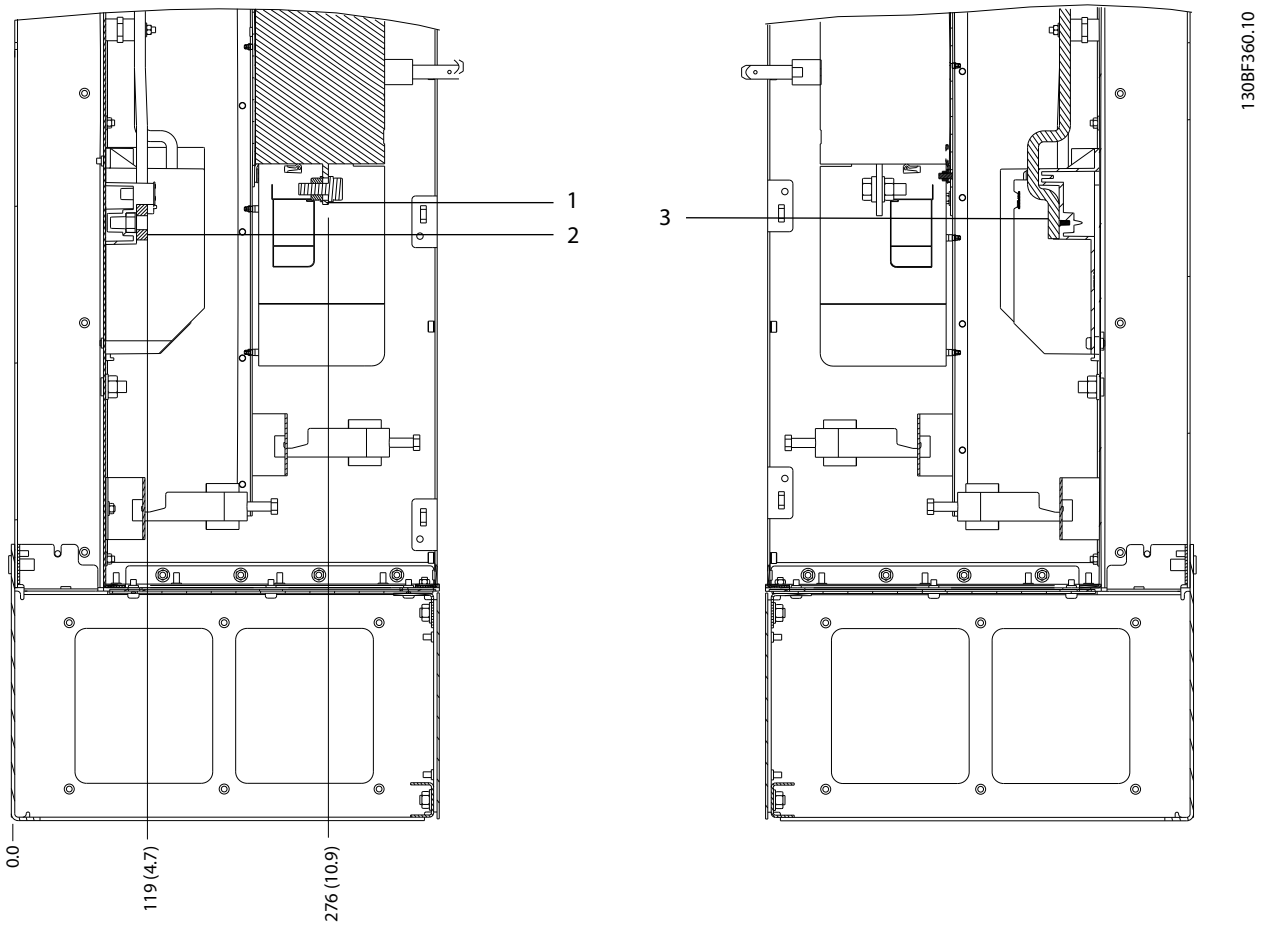
 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

8.7.2 Размеры клемм корпуса D7h



1	Клеммы сети питания	3	Клеммы подключения электродвигателя
2	Клеммы подключения тормоза	4	Клеммы заземления

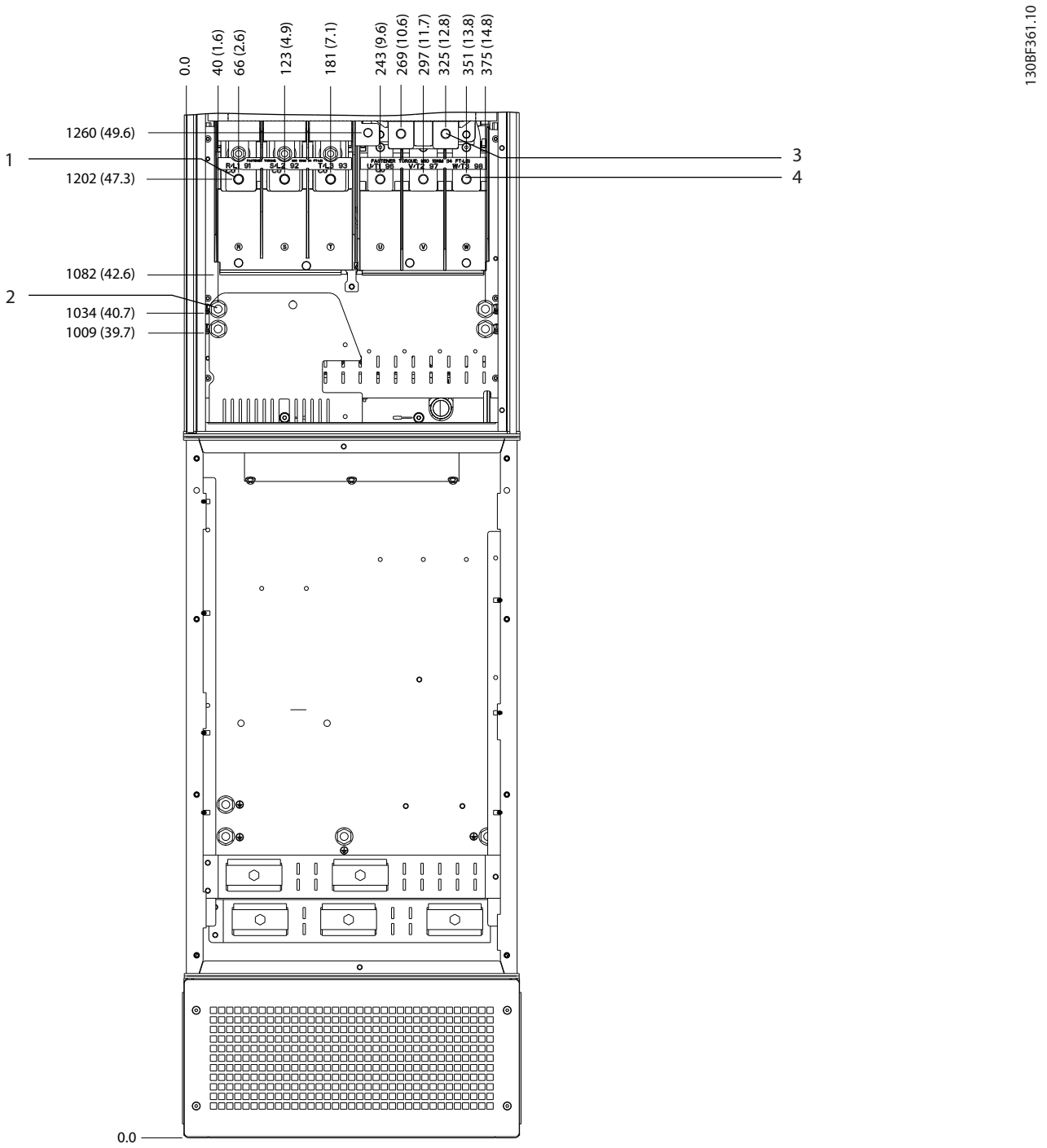
Рисунок 8.54 Размеры клемм D7h с опцией расцепителя (вид спереди)



1	Клеммы сети питания	3	Клеммы подключения электродвигателя
2	Клеммы подключения тормоза	–	–

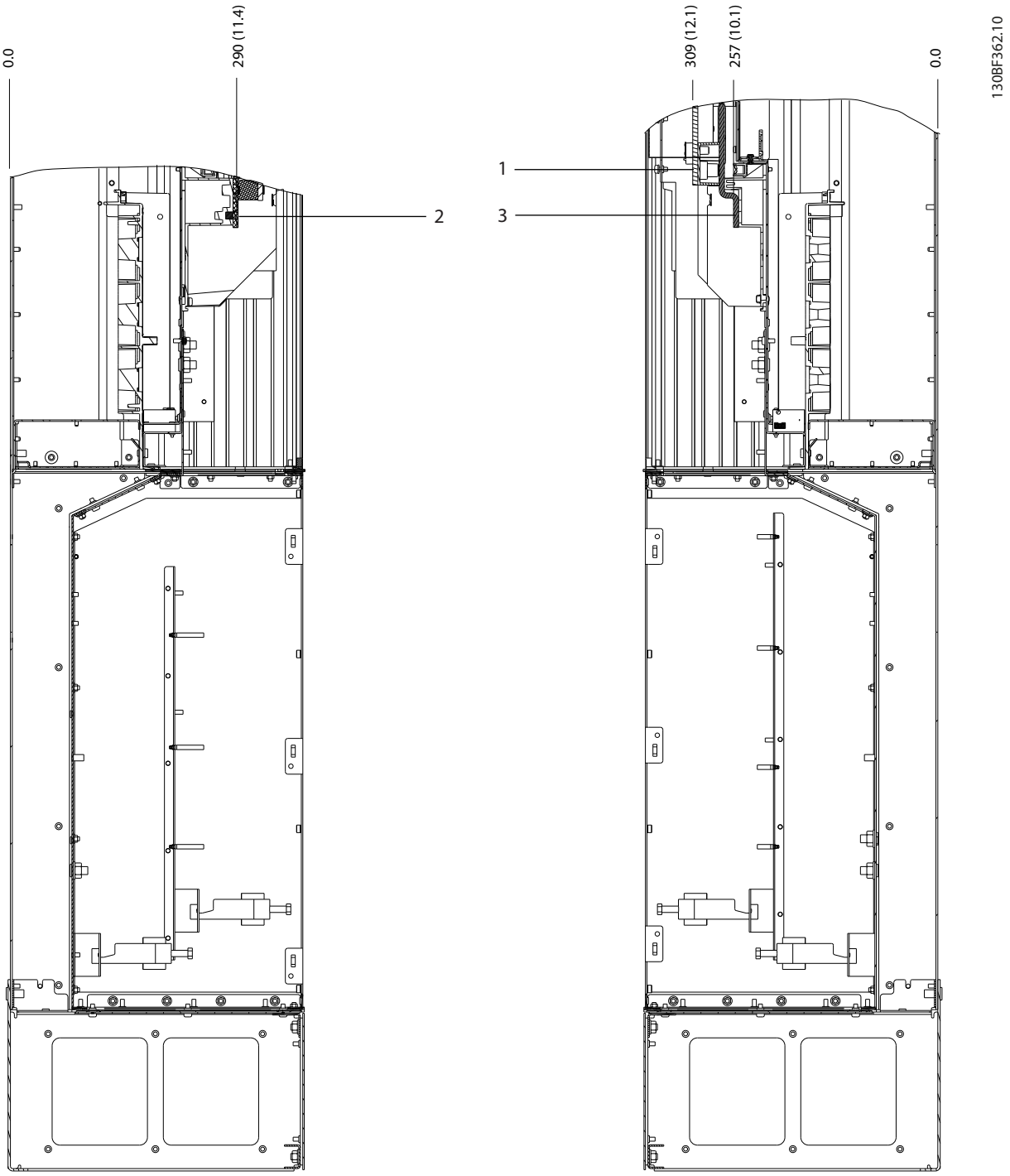
Рисунок 8.55 Размеры клемм D7h с опцией расцепителя (виды сбоку)

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.



1	Клеммы сети питания	3	Клеммы подключения тормоза
2	Клеммы заземления	4	Клеммы подключения электродвигателя

Рисунок 8.56 Размеры клемм для D7h с опцией тормоза (вид спереди)



1	Клеммы подключения тормоза	3	Клеммы подключения электродвигателя
2	Клеммы сети питания	–	–

Рисунок 8.57 Размеры клемм для D7h с опцией тормоза (виды сбоку)

Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

8.8 Внешние размеры и размеры клемм корпуса D8h

8.8.1 Внешние размеры D8h

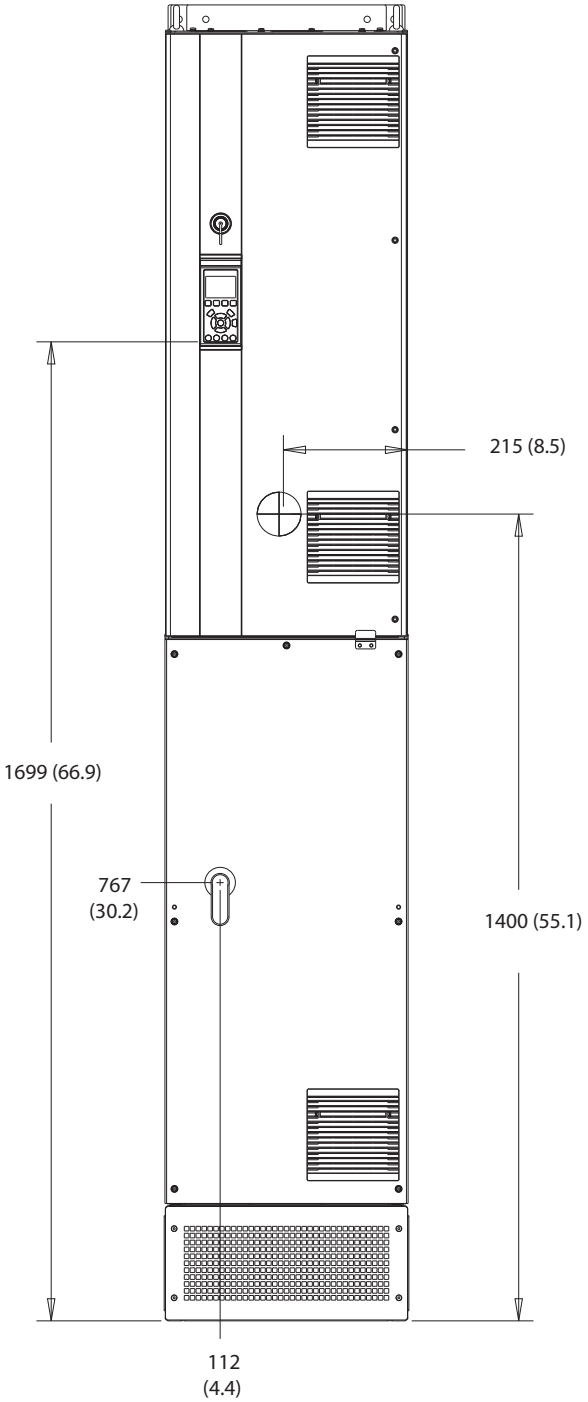


Рисунок 8.58 Вид спереди D8h

Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

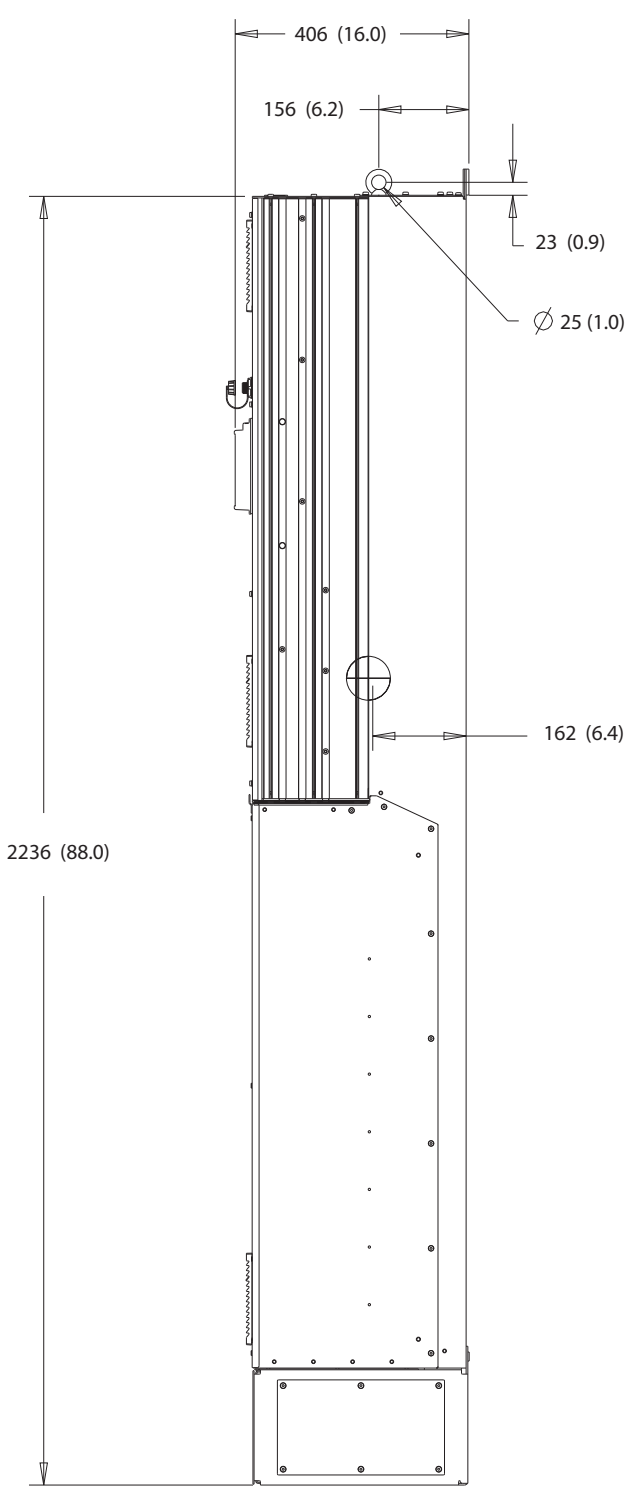


Рисунок 8.59 Вид сбоку D8h

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

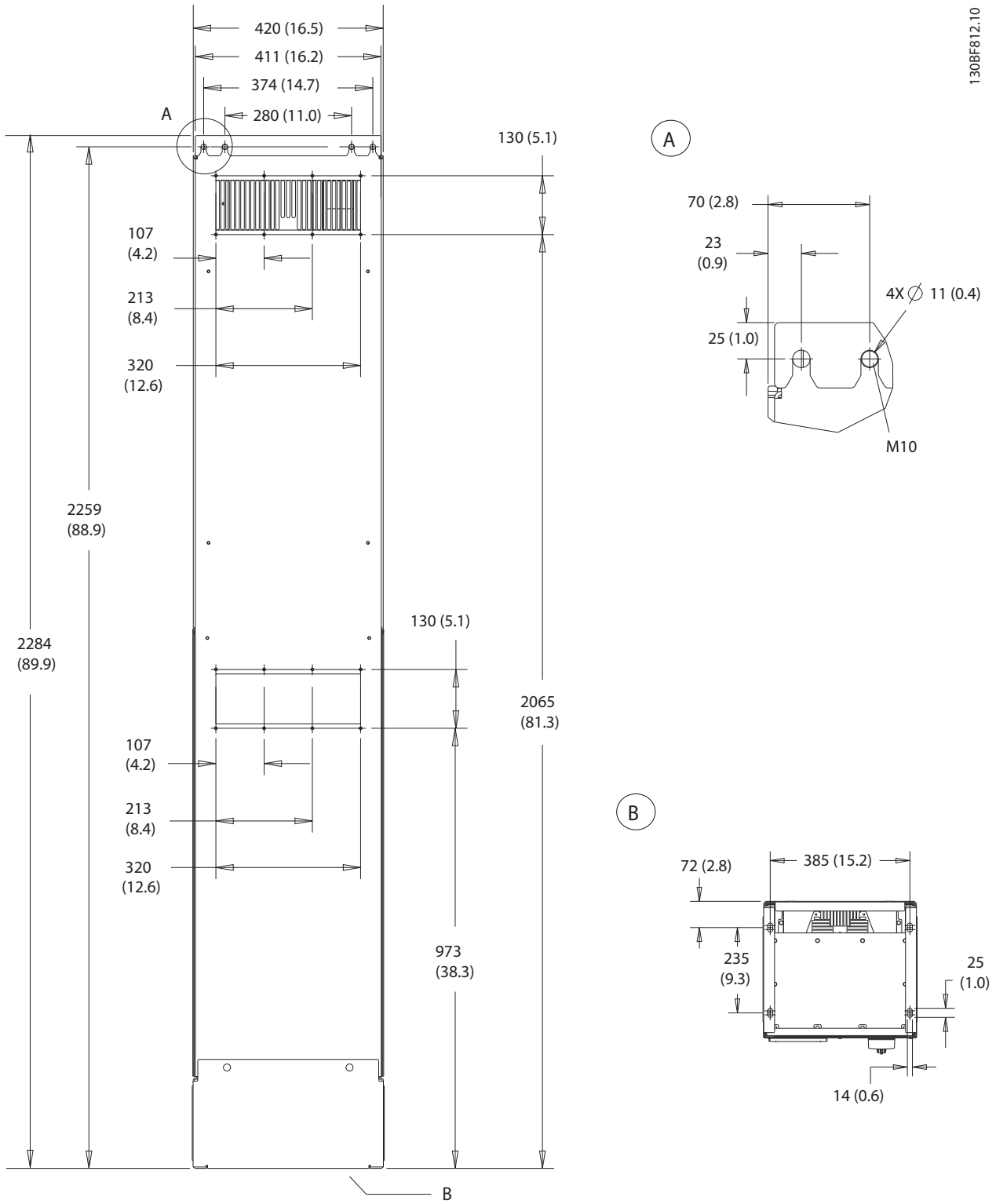


Рисунок 8.60 Вид сзади D8h

Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

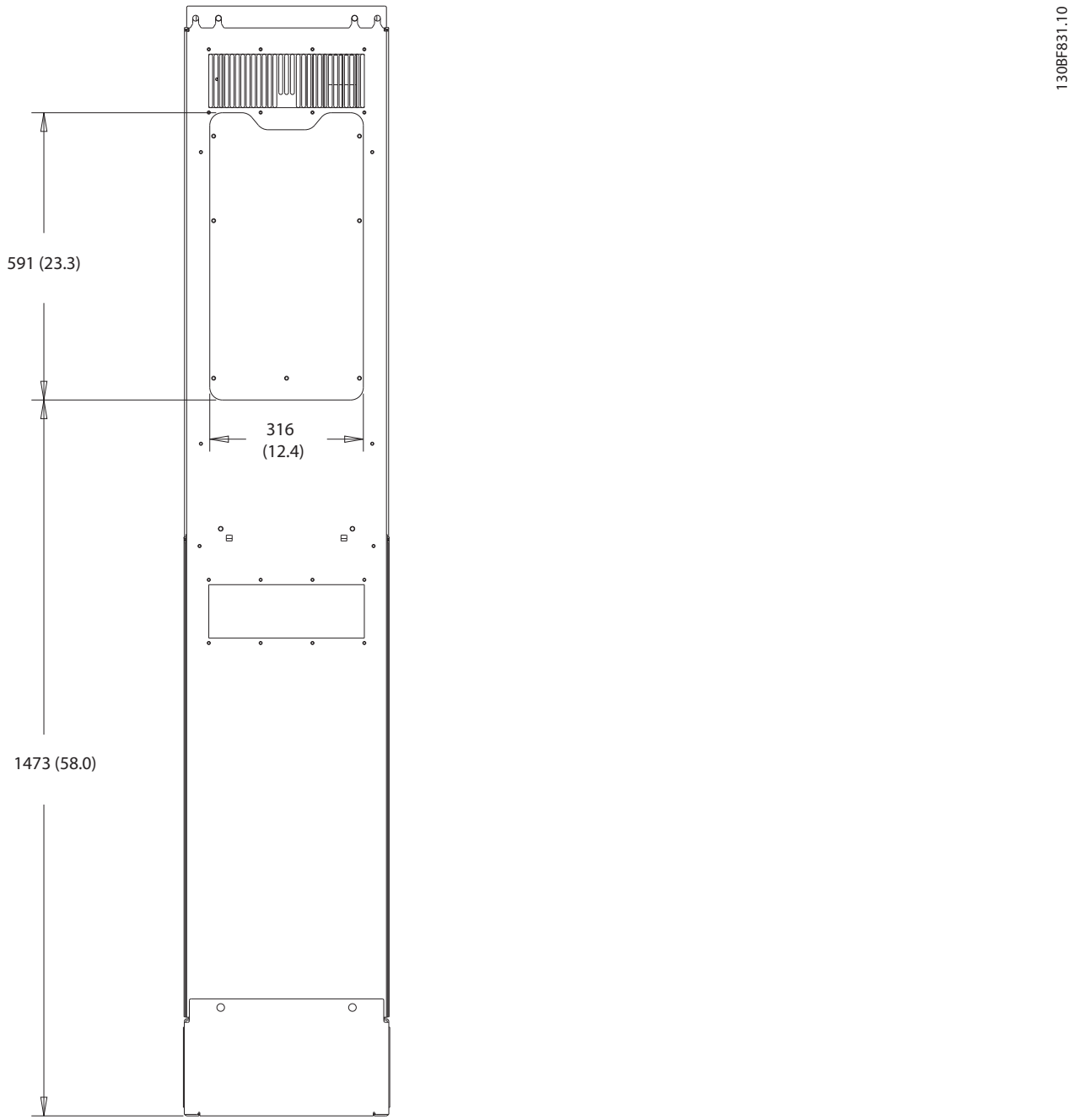


Рисунок 8.61 Размеры панели доступа к радиатору для D8h

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

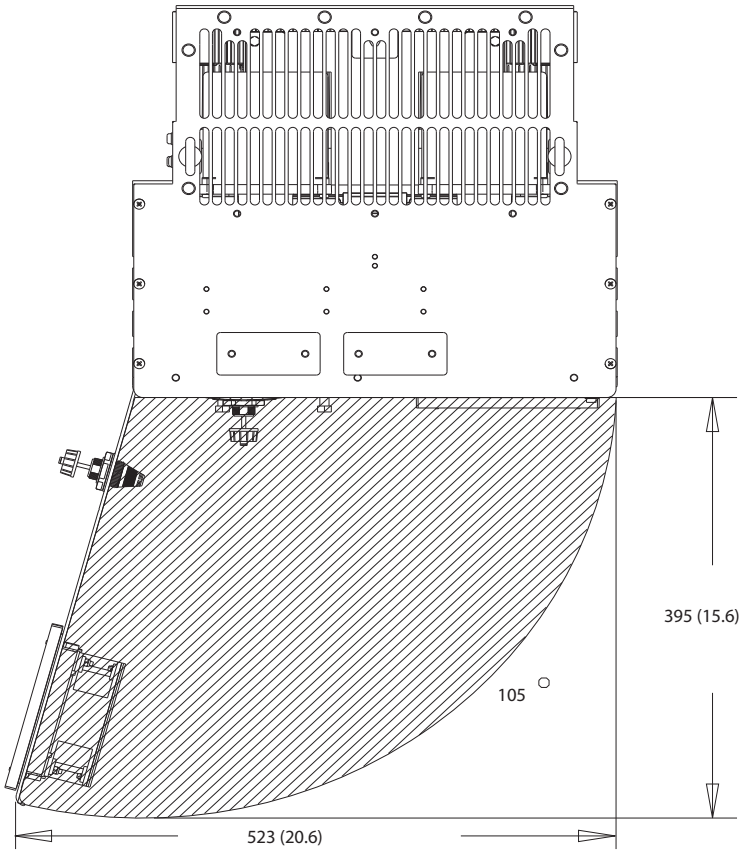
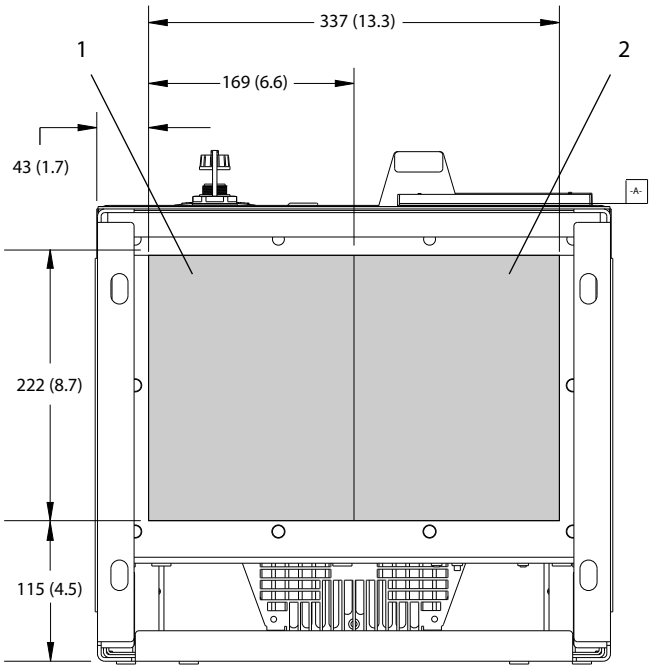


Рисунок 8.62 Пространство для открытия дверей для D8h

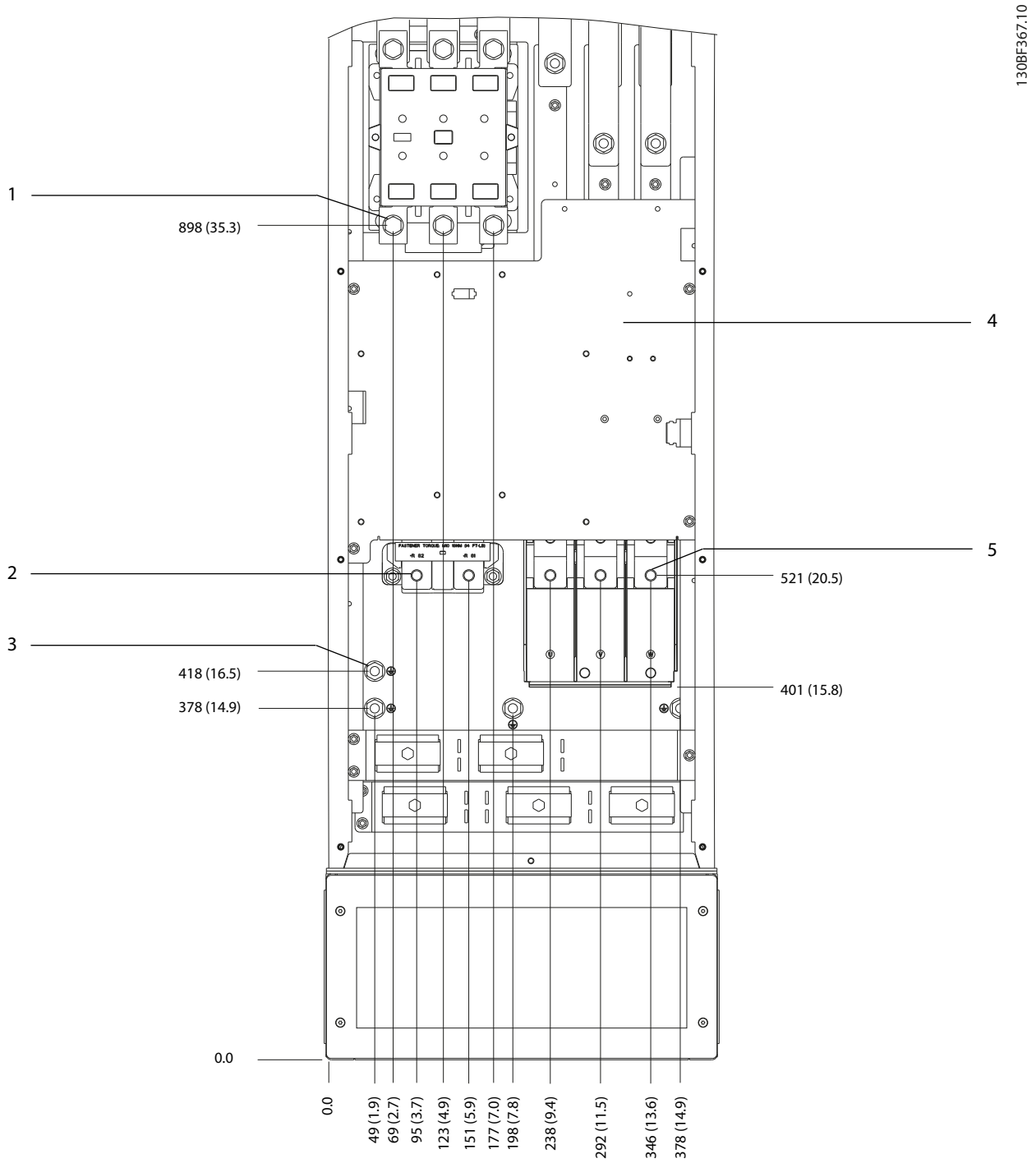


1	Сторона сети	2	Сторона двигателя

Рисунок 8.63 Размеры панели уплотнений для D8h

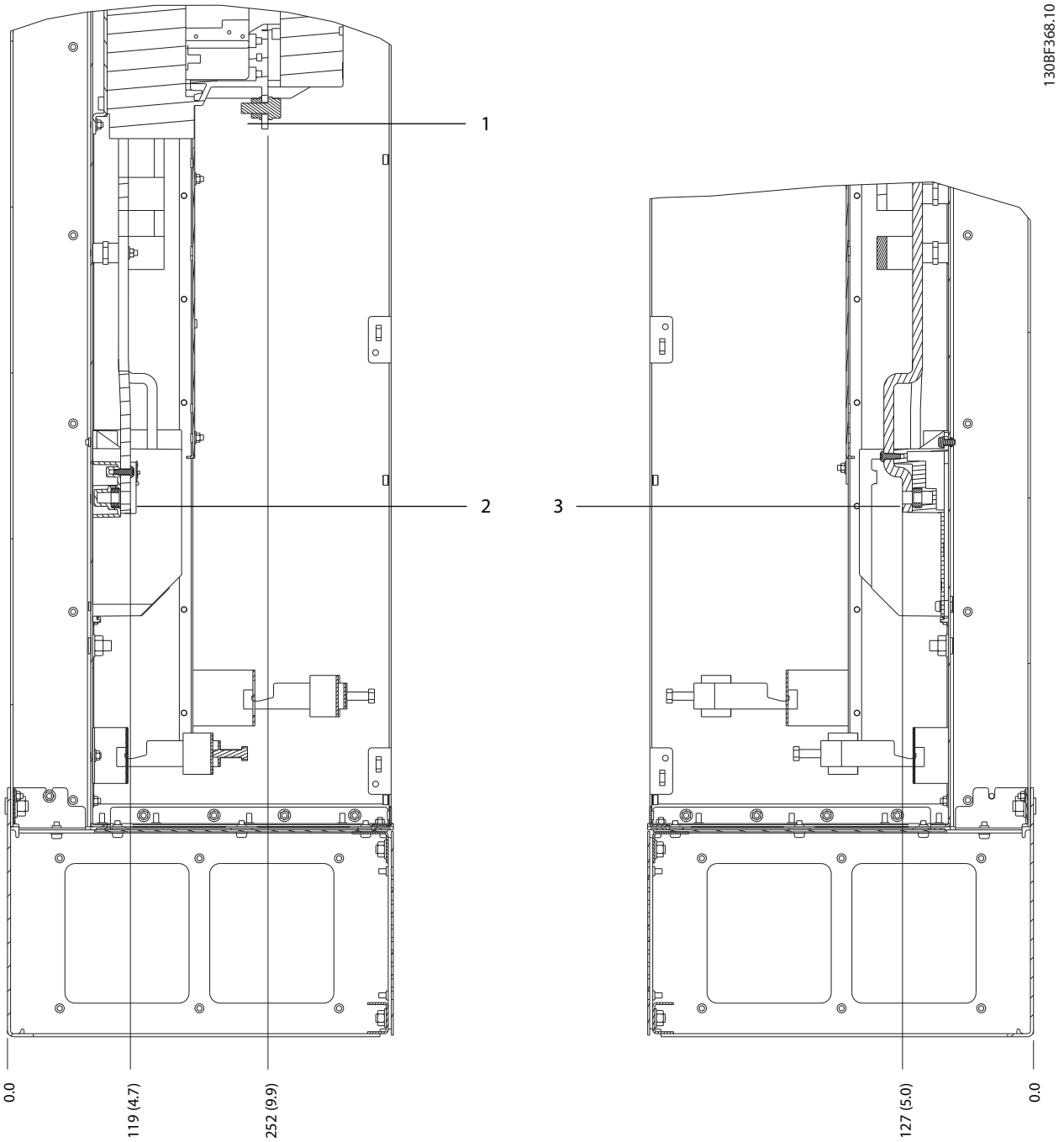
Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

8.8.2 Размеры клемм корпуса D8h



1	Клеммы сети питания	4	Клеммная колодка для контактора TB6
2	Клеммы подключения тормоза	5	Клеммы подключения двигателя
3	Клеммы заземления	–	–

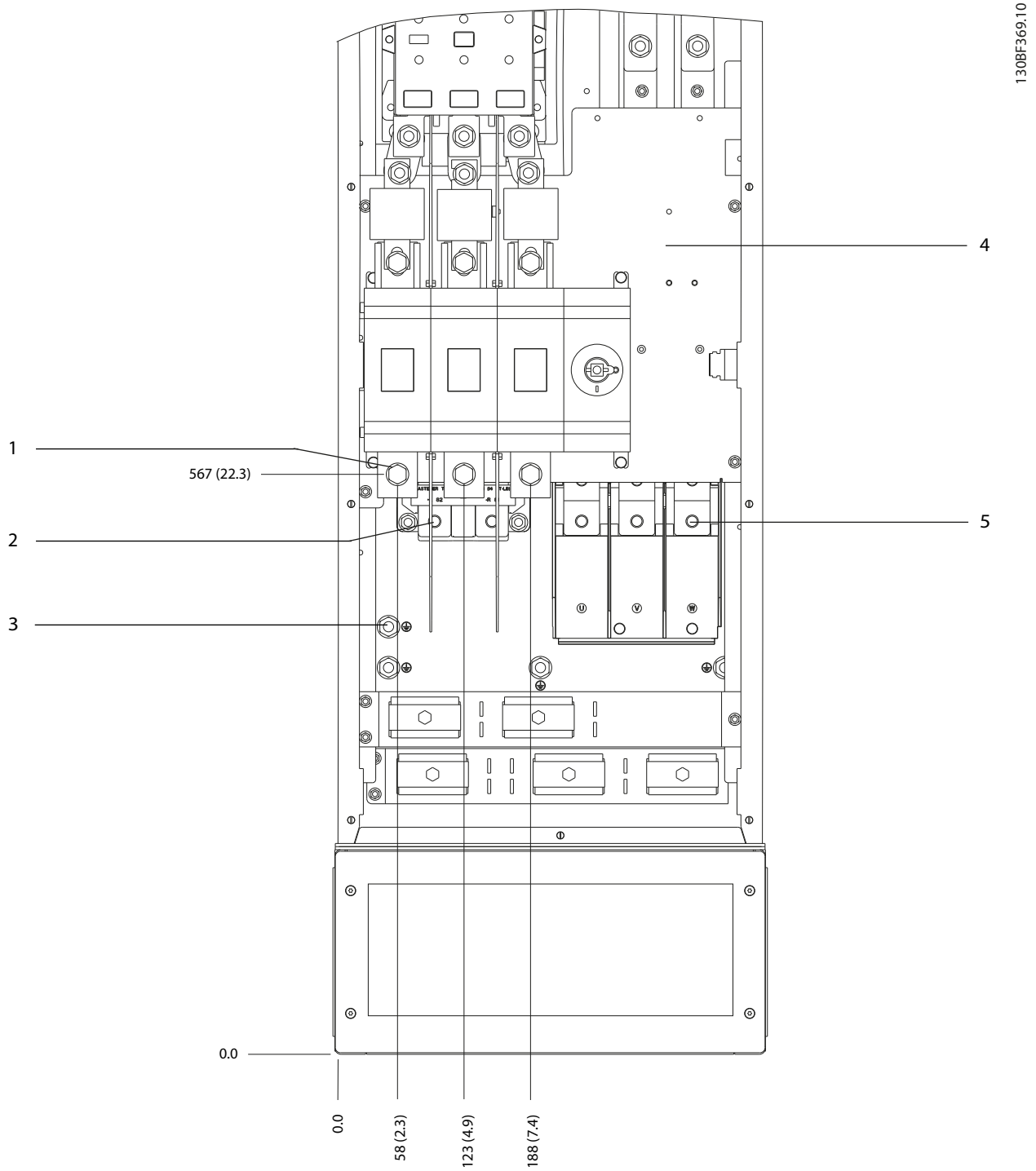
Рисунок 8.64 Размеры клемм D8h с контактором (вид спереди)



1	Клеммы сети питания	3	Клеммы подключения двигателя
2	Клеммы подключения тормоза	–	–

Рисунок 8.65 Размеры клемм D8h с контактором (виды сбоку)

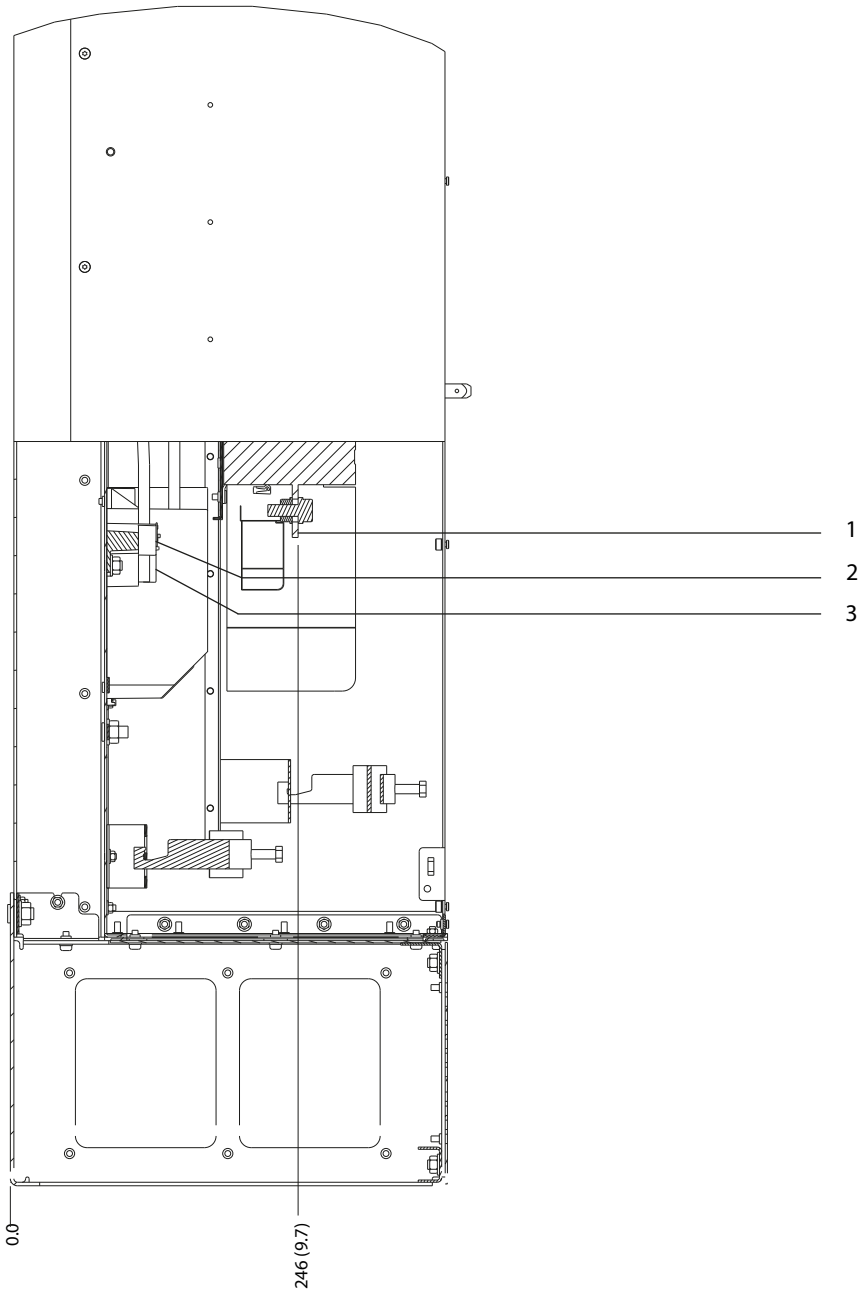
 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.



1	Клеммы сети питания	4	Клеммная колодка для контактора TB6
2	Клеммы подключения тормоза	5	Клеммы подключения двигателя
3	Клеммы заземления	–	–

Рисунок 8.66 Размеры клемм для D8h с опциями контактора и расцепителя (вид спереди)

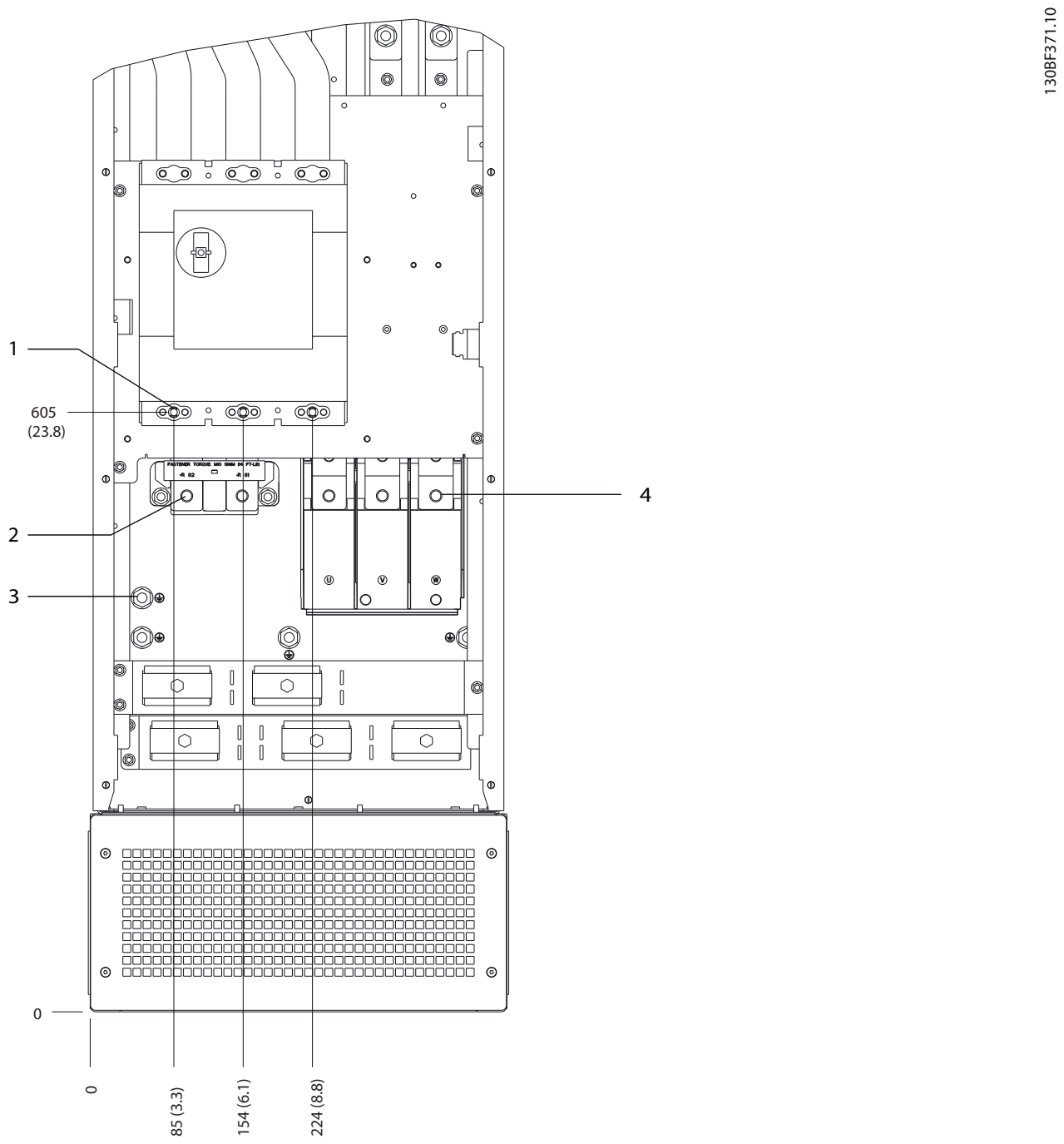
 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.



1	Клеммы сети питания	3	Клеммы подключения двигателя
2	Клеммы подключения тормоза	–	–

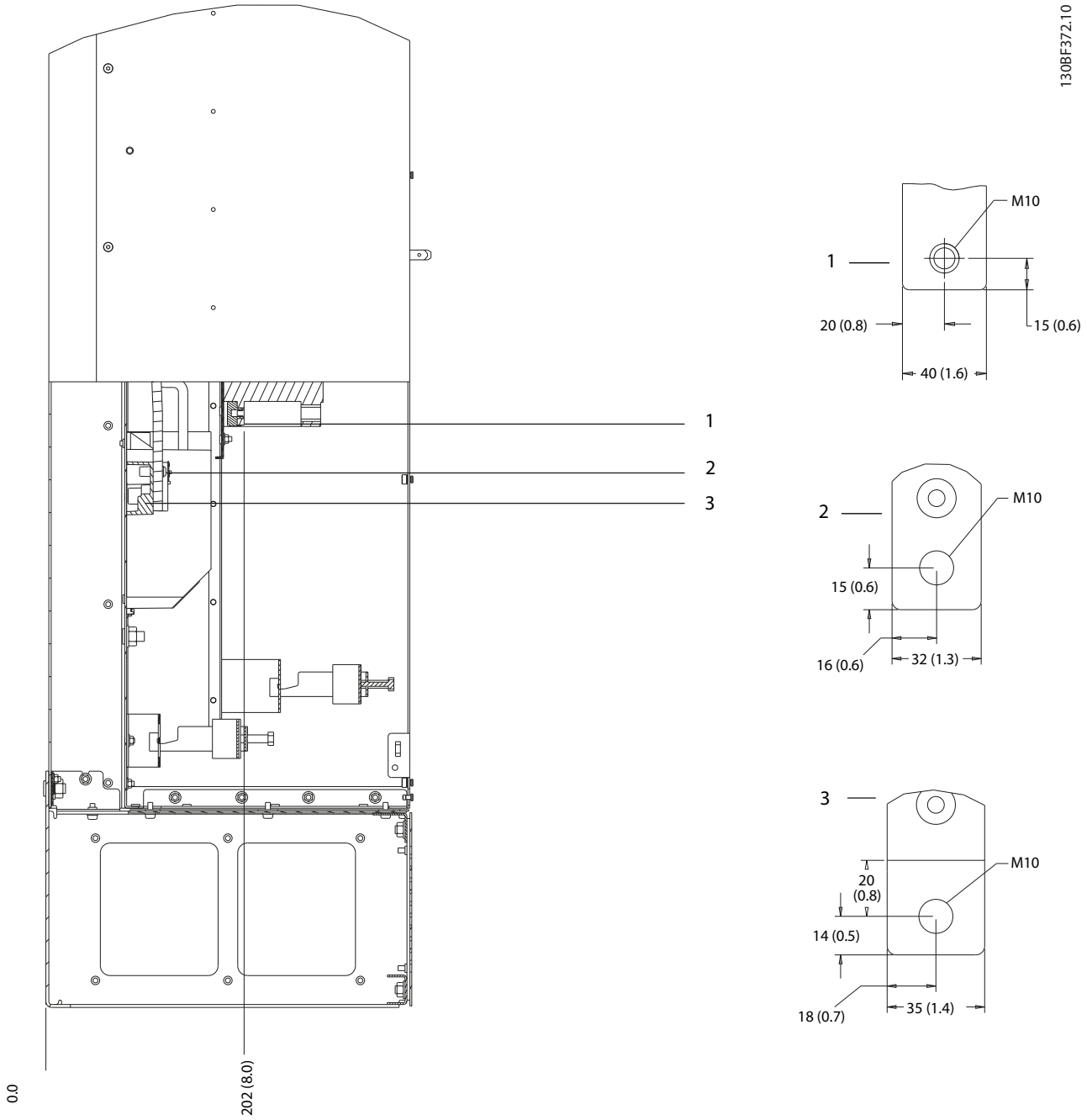
Рисунок 8.67 Размеры клемм для D8h с опциями контактора и расцепителя (вид сбоку)

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.



1	Клеммы сети питания	3	Клеммы заземления
2	Клеммы подключения тормоза	4	Клеммы подключения двигателя

Рисунок 8.68 Размеры клемм для D8h с автоматическим выключателем (вид спереди)



1	Клеммы сети питания	3	Клеммы подключения двигателя
2	Клеммы подключения тормоза	–	–

Рисунок 8.69 Размеры клемм для D8h с автоматическим выключателем (вид сбоку)

8.9 Внешние размеры и размеры клемм корпуса E1h

8.9.1 Внешние размеры E1h

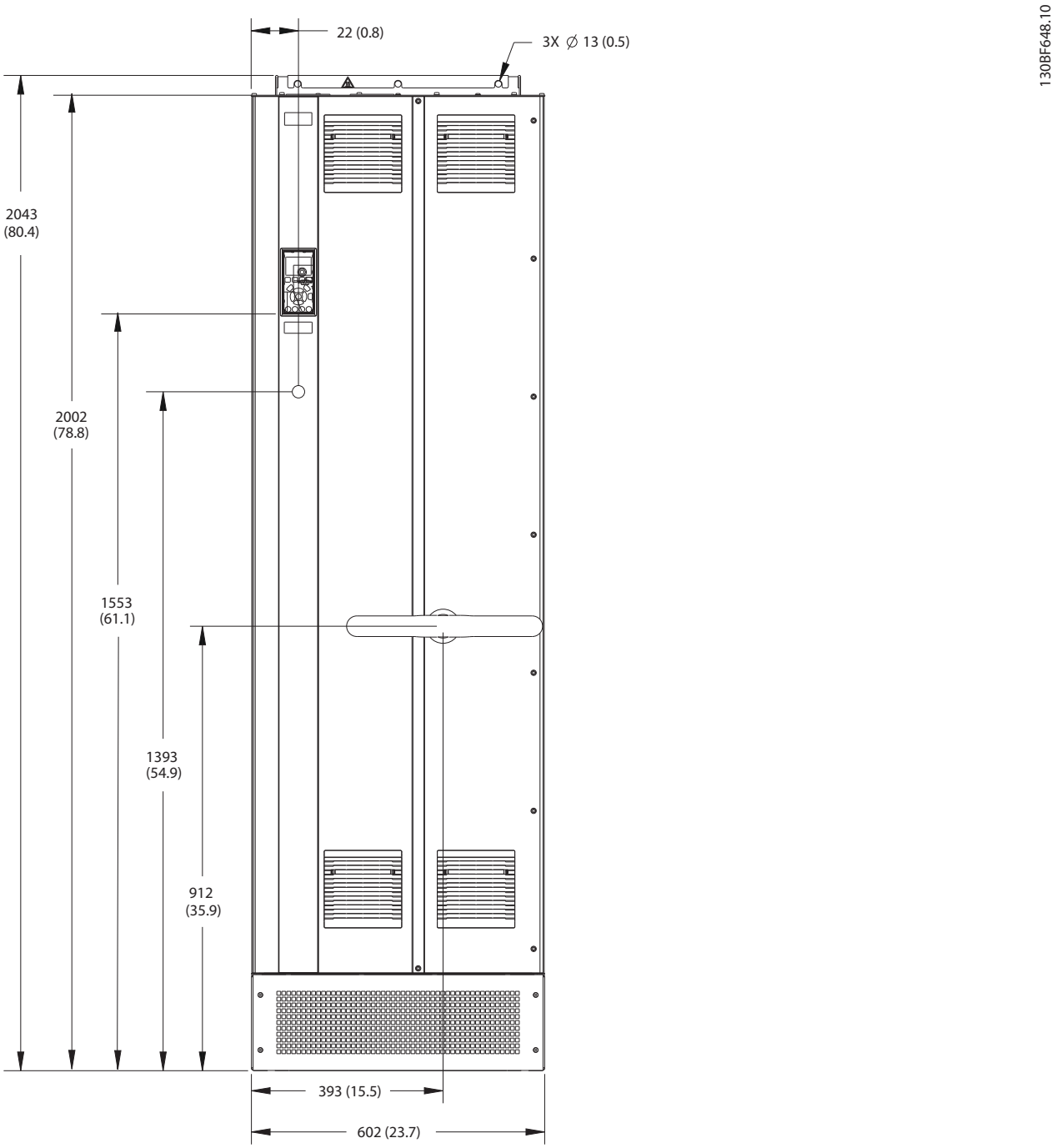
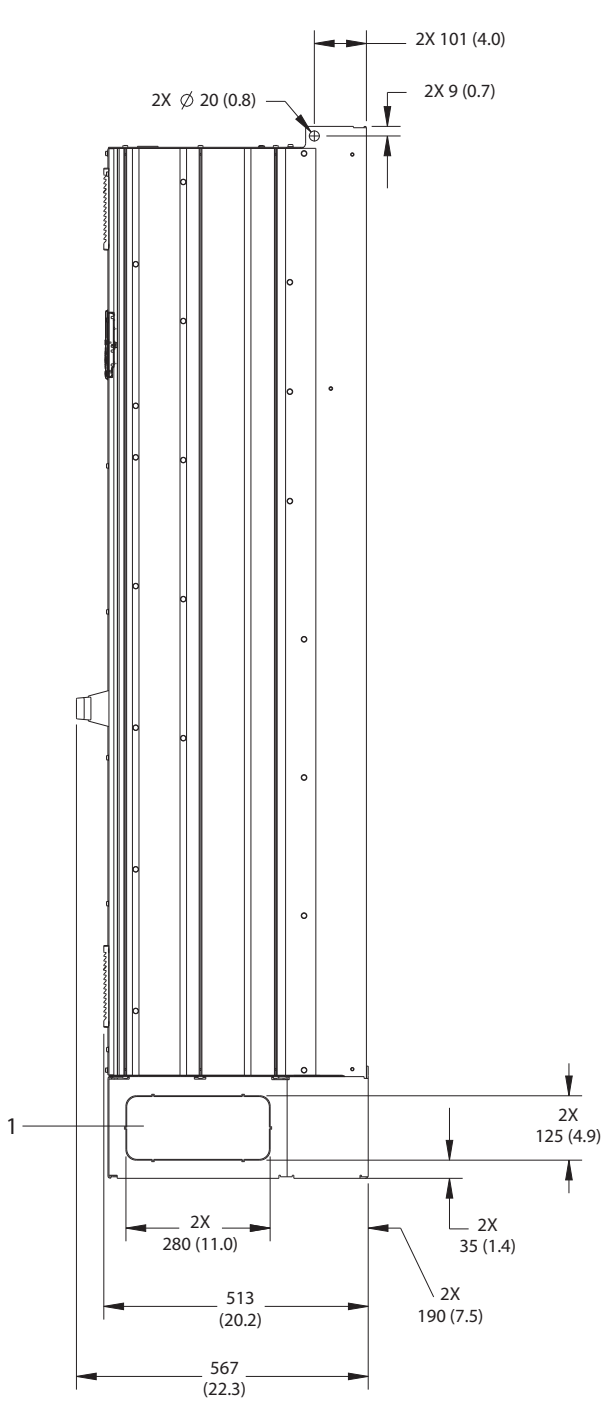


Рисунок 8.70 Вид спереди E1h

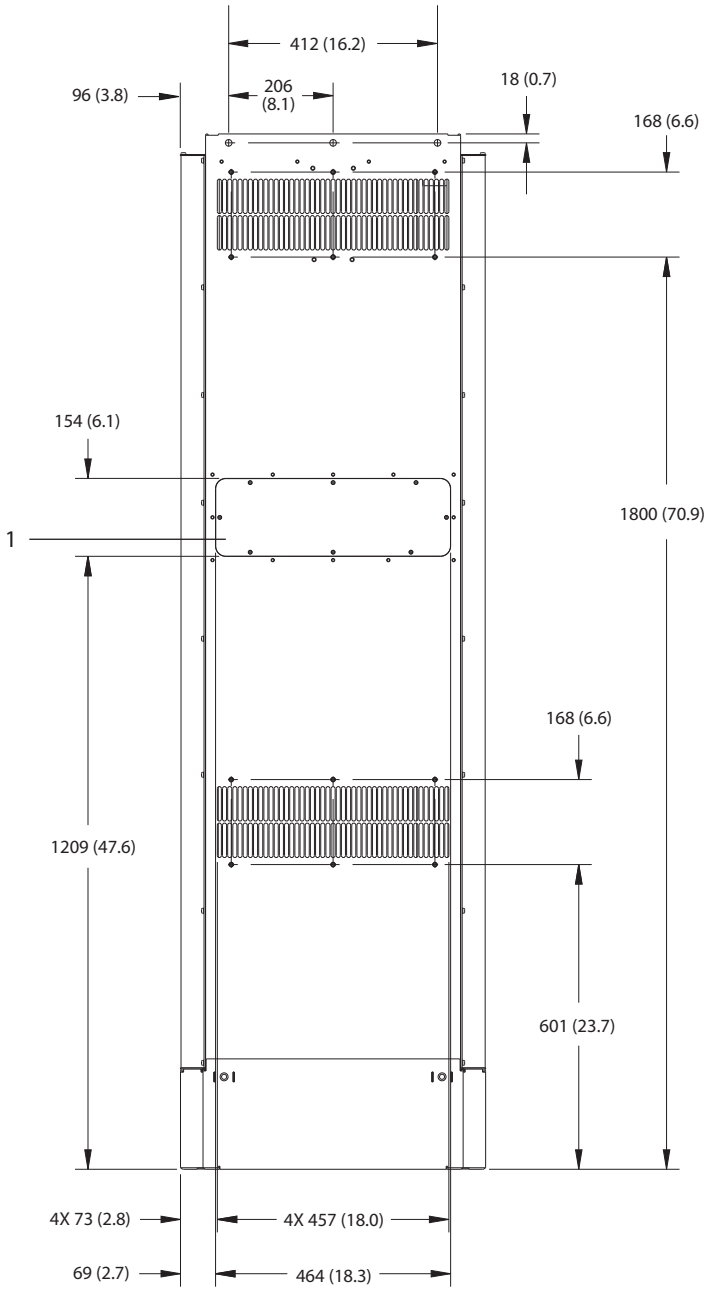
 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.



1	Панель заглушек

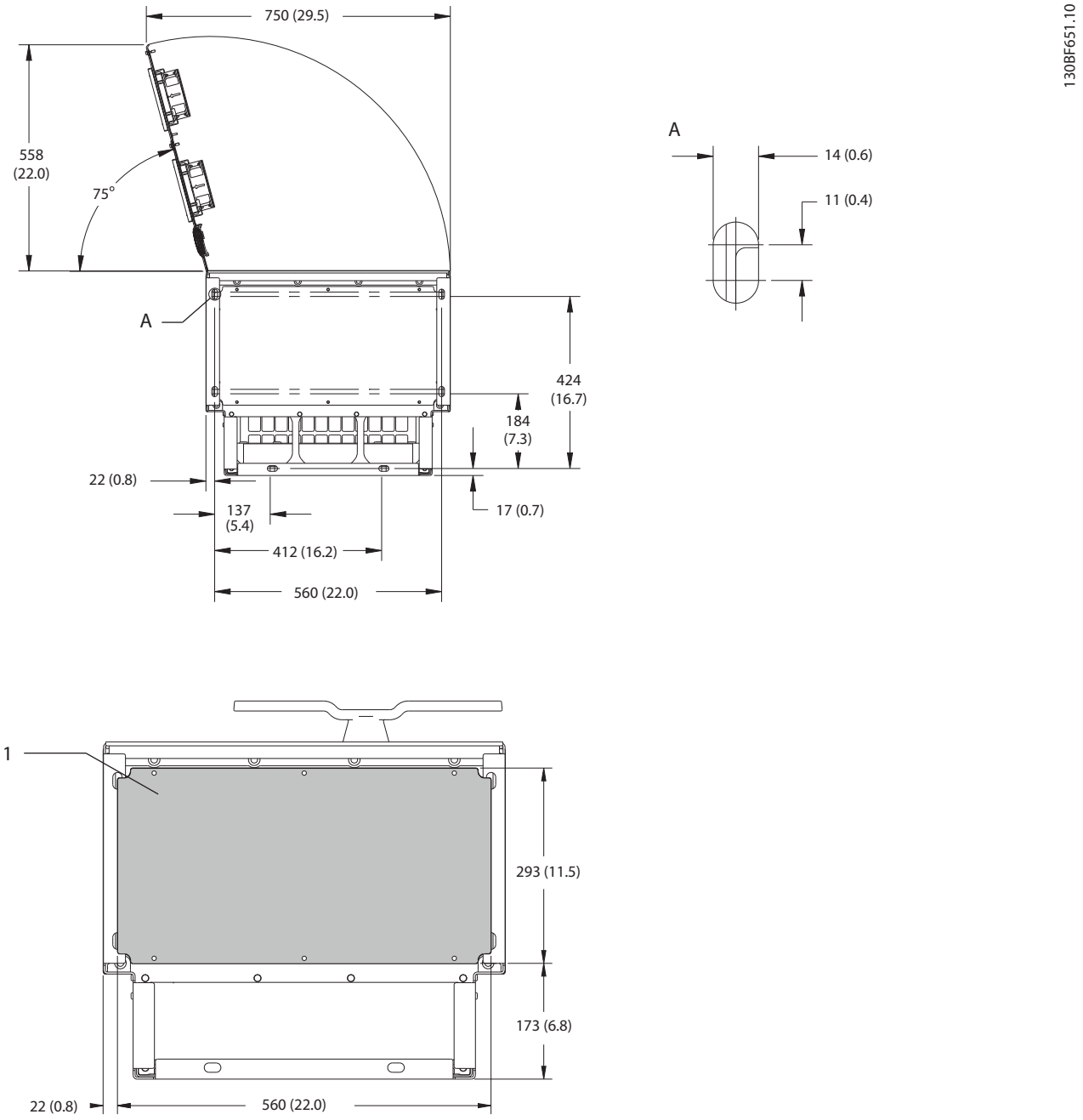
Рисунок 8.71 Вид сбоку E1h

Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.



1	Панель доступа к радиатору (опция)

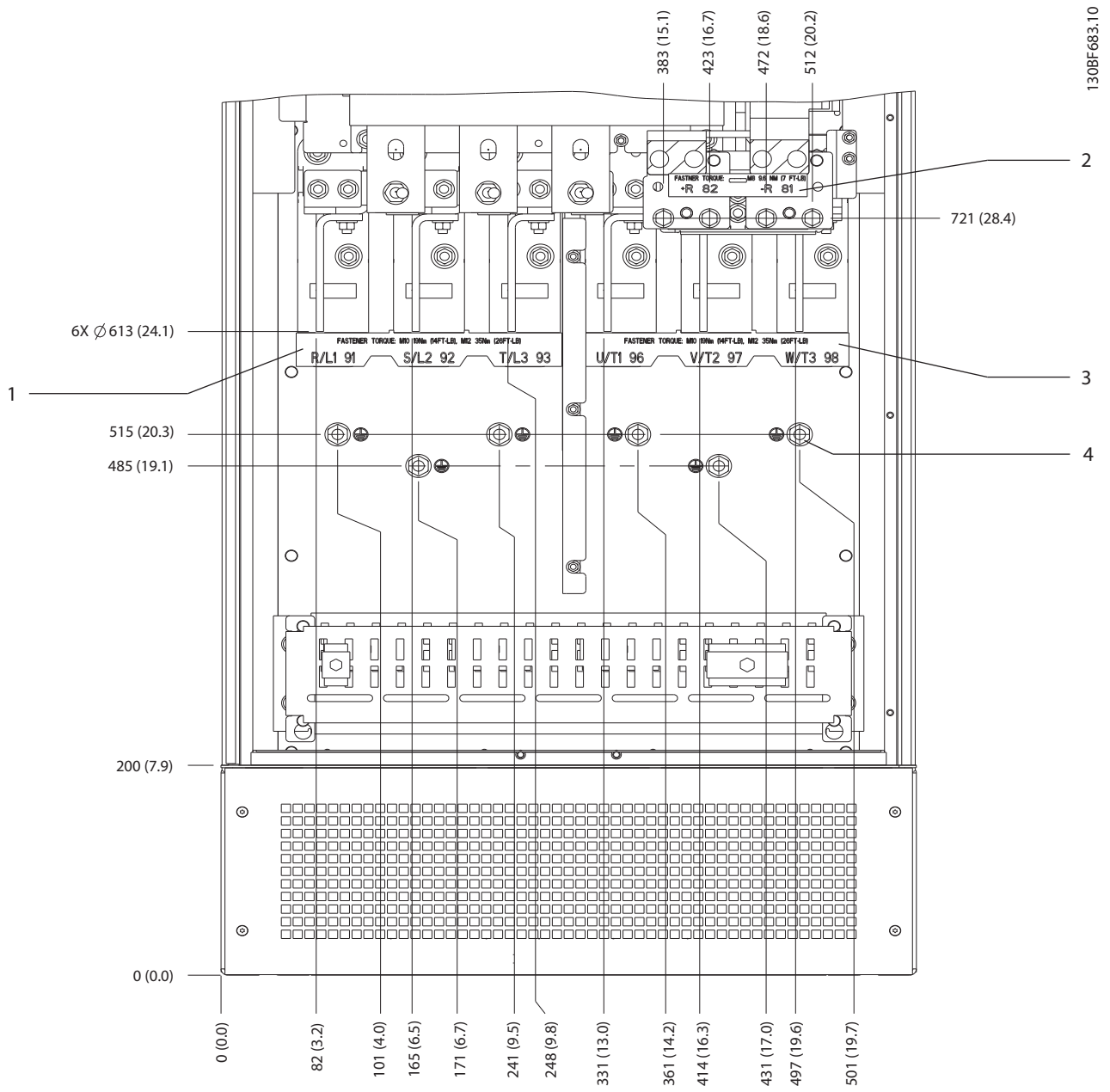
Рисунок 8.72 Вид сзади E1h



1	Панель уплотнений

Рисунок 8.73 Пространство для открытия дверей и размеры панели уплотнений для E1h

8.9.2 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 8.74 Размеры клемм корпуса E1h (вид спереди)

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

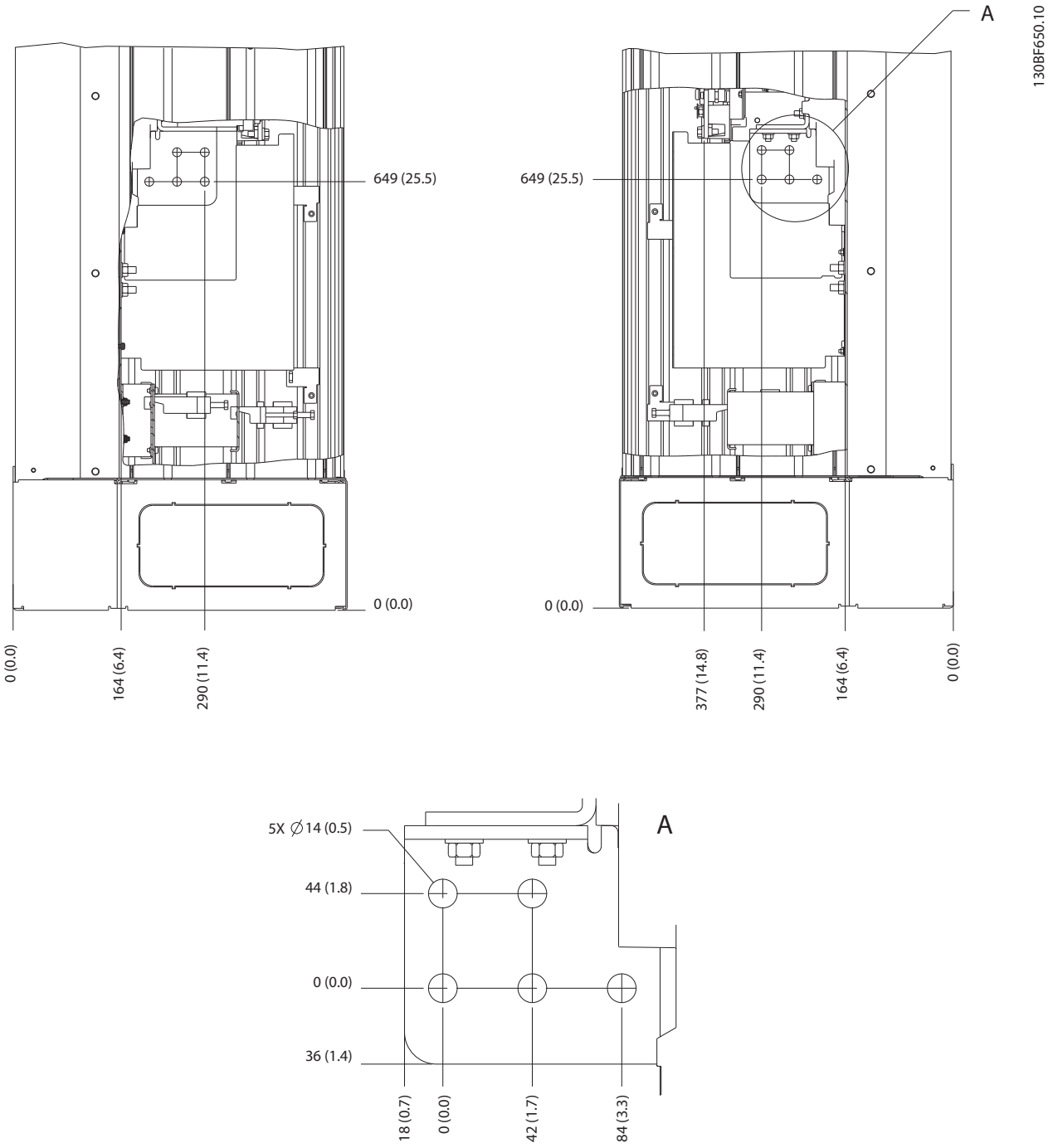


Рисунок 8.75 Размеры клемм корпуса E1h (вид сбоку)

8.10 Внешние размеры и размеры клемм корпуса E2h

8.10.1 Внешние размеры E2h

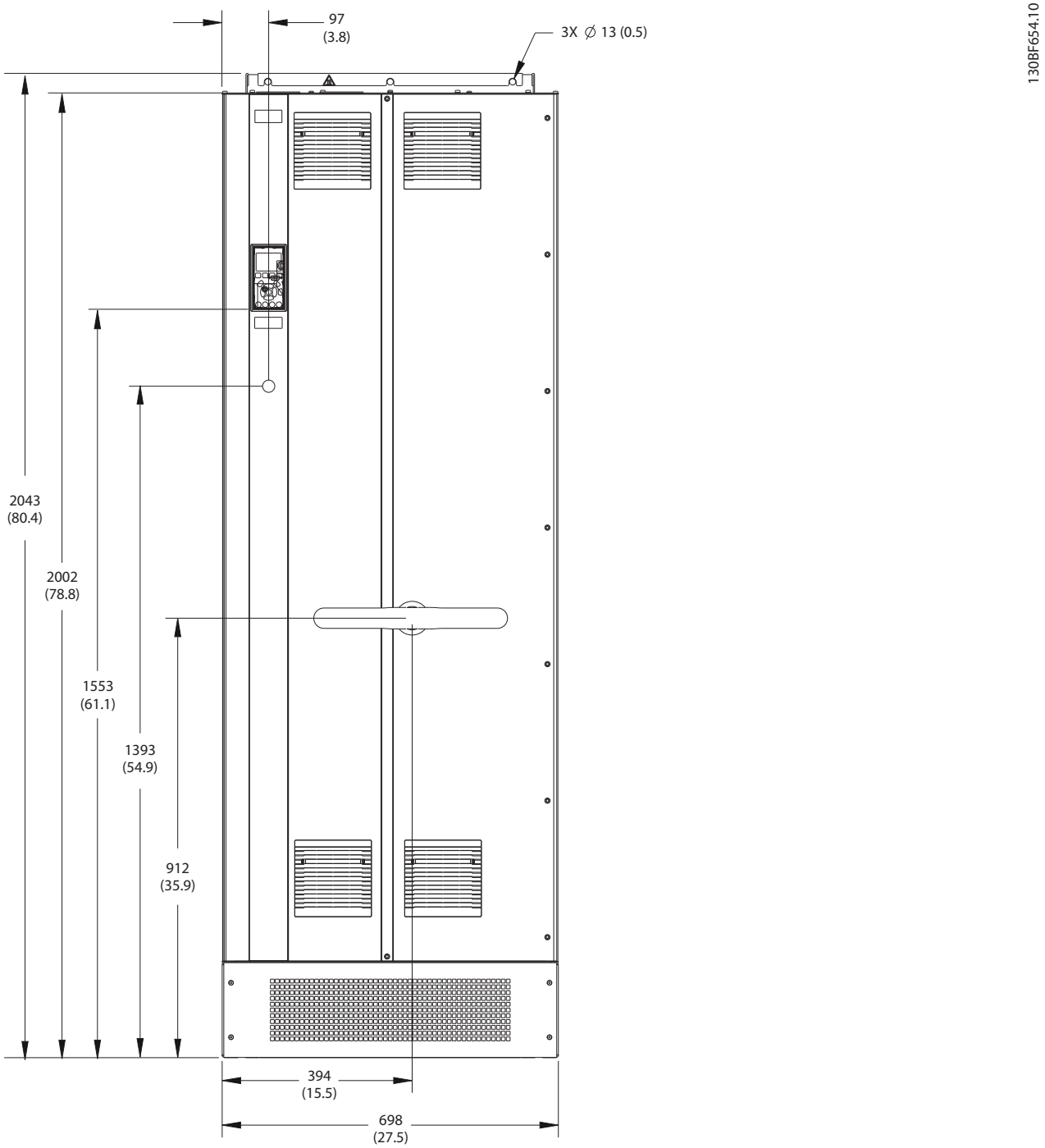
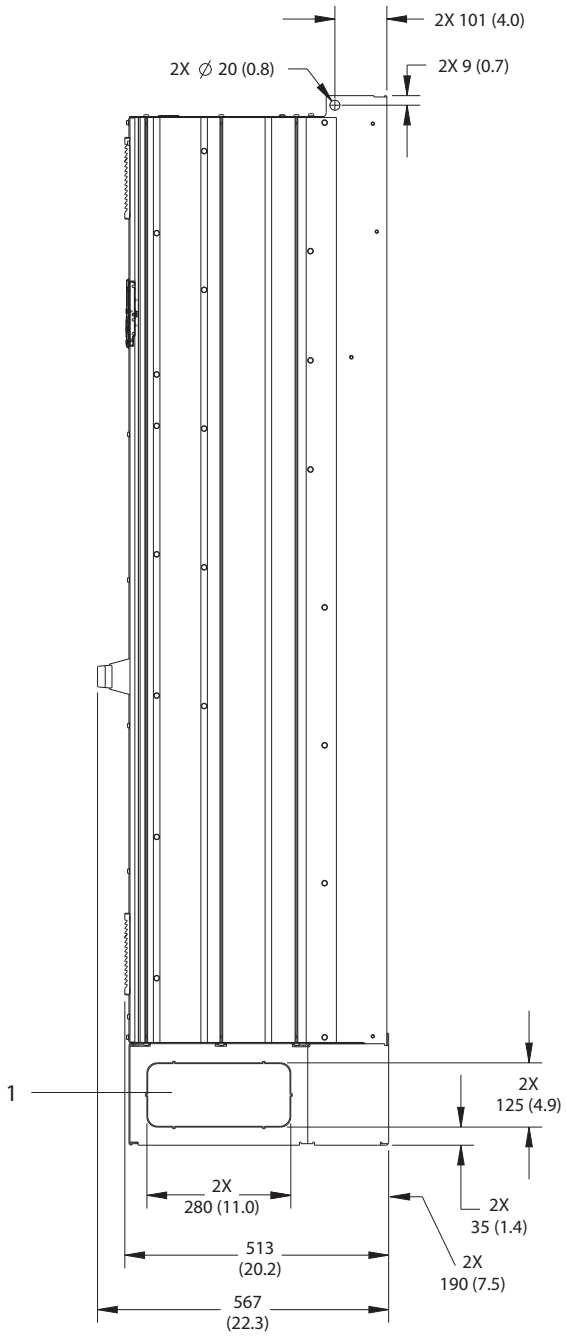


Рисунок 8.76 Вид спереди E2h

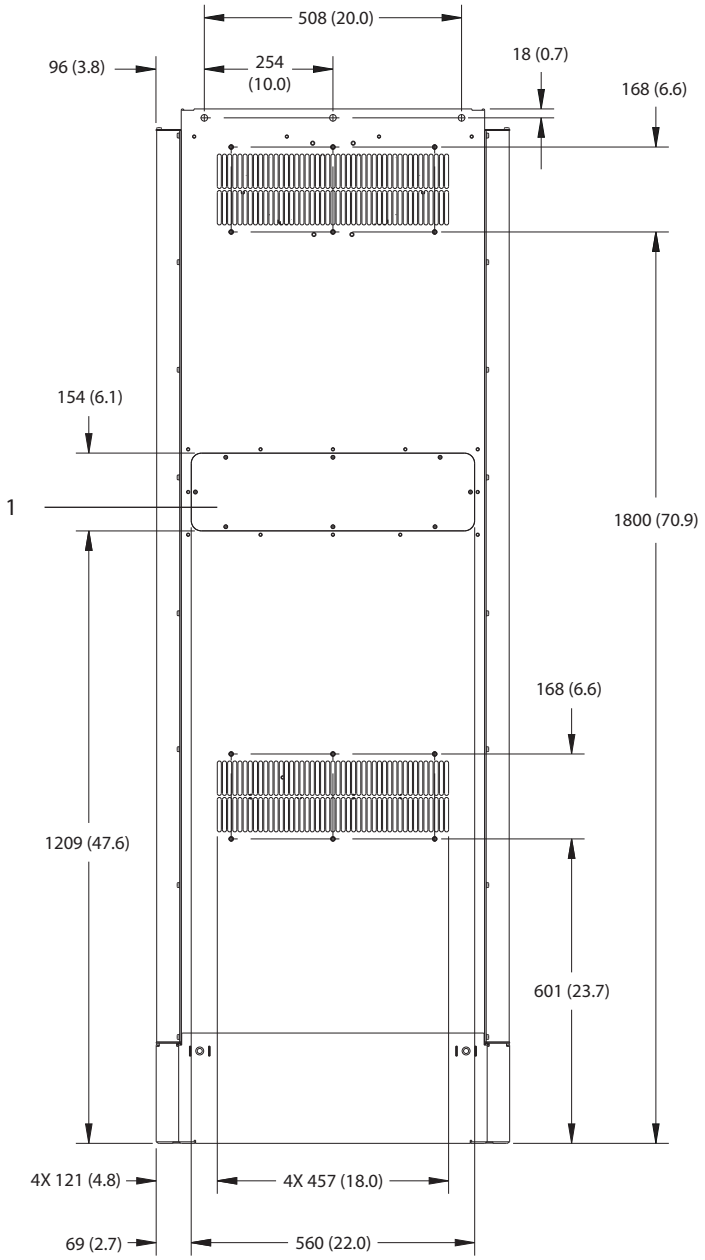
 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.



1	Панель заглушек

Рисунок 8.77 Вид сбоку E2

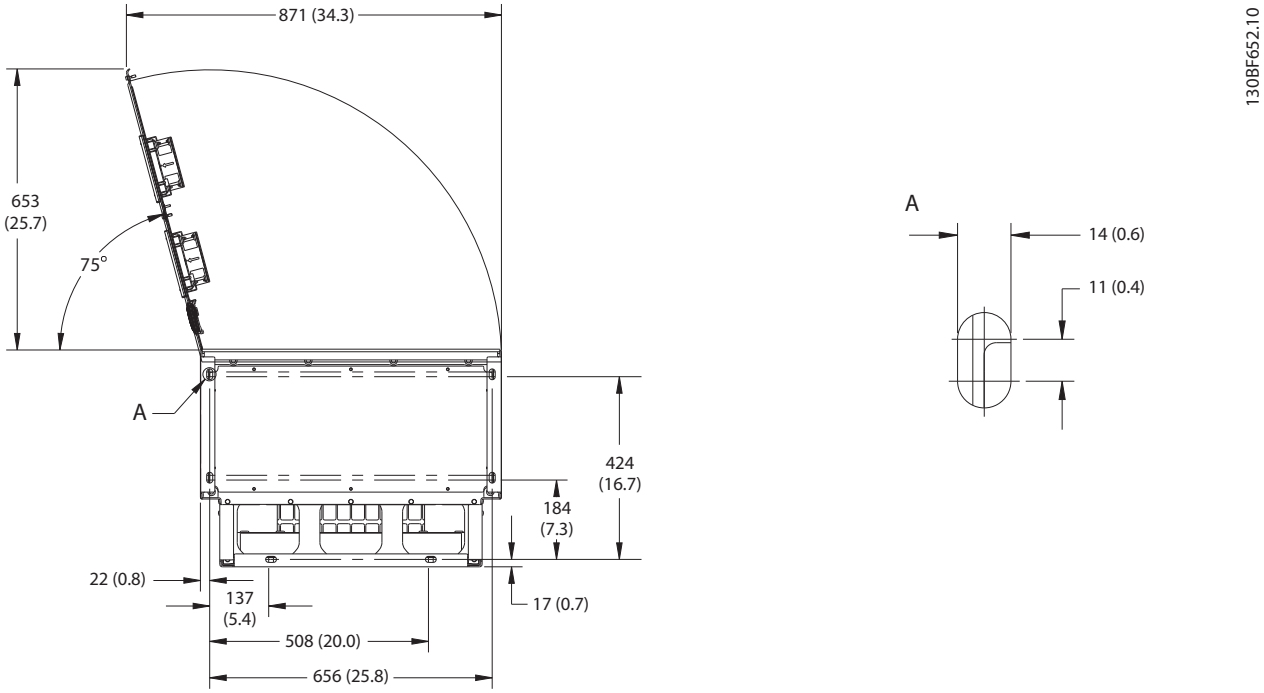
Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

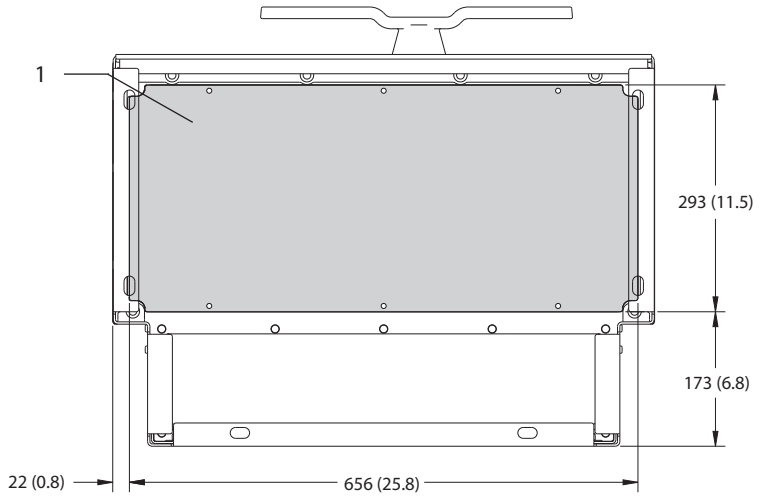


1	Панель доступа к радиатору (опция)

Рисунок 8.78 Вид сзади E2h

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.



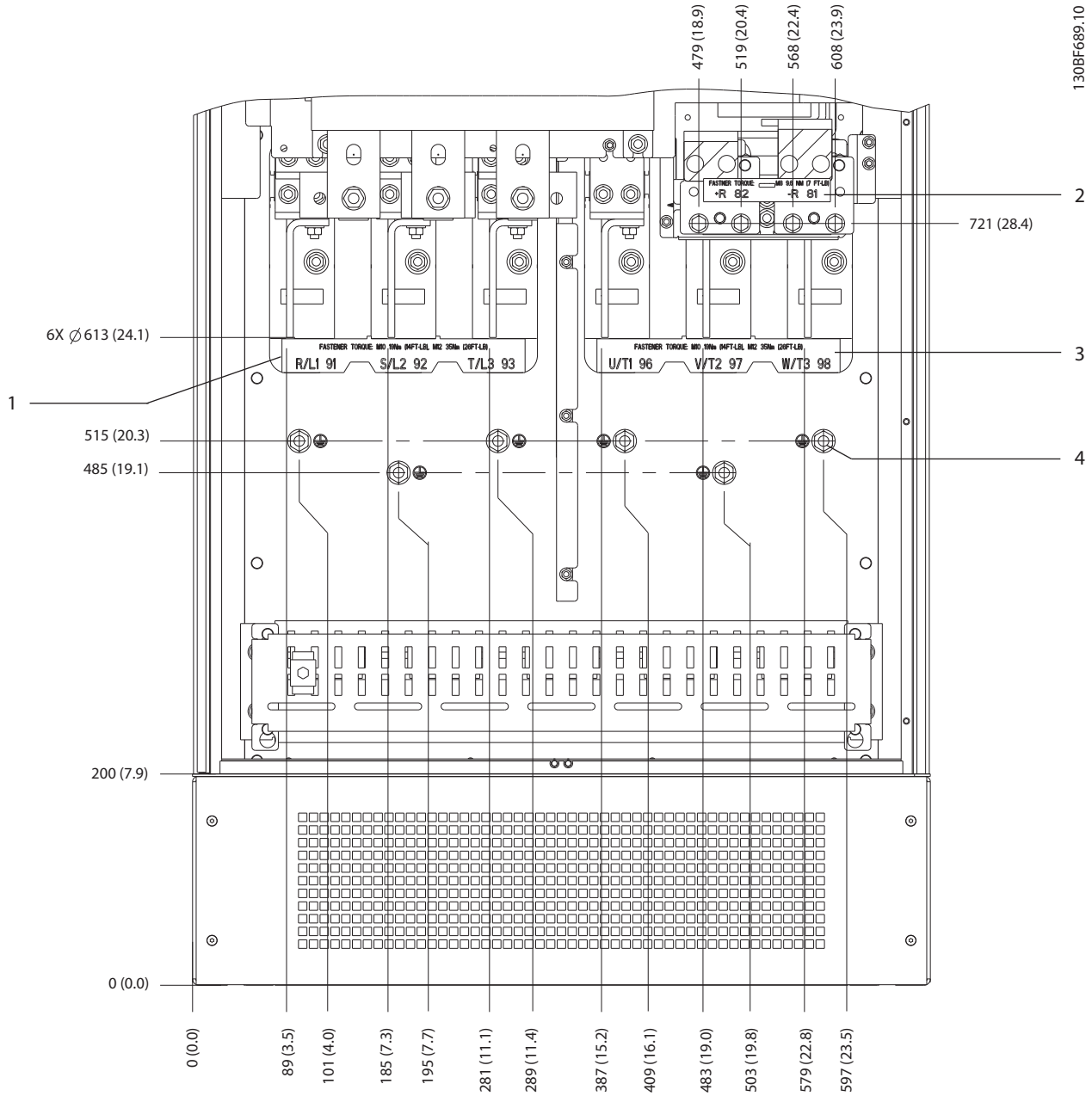


1	Панель уплотнений

Рисунок 8.79 Пространство для открытия дверей и размеры панели уплотнений для E2h

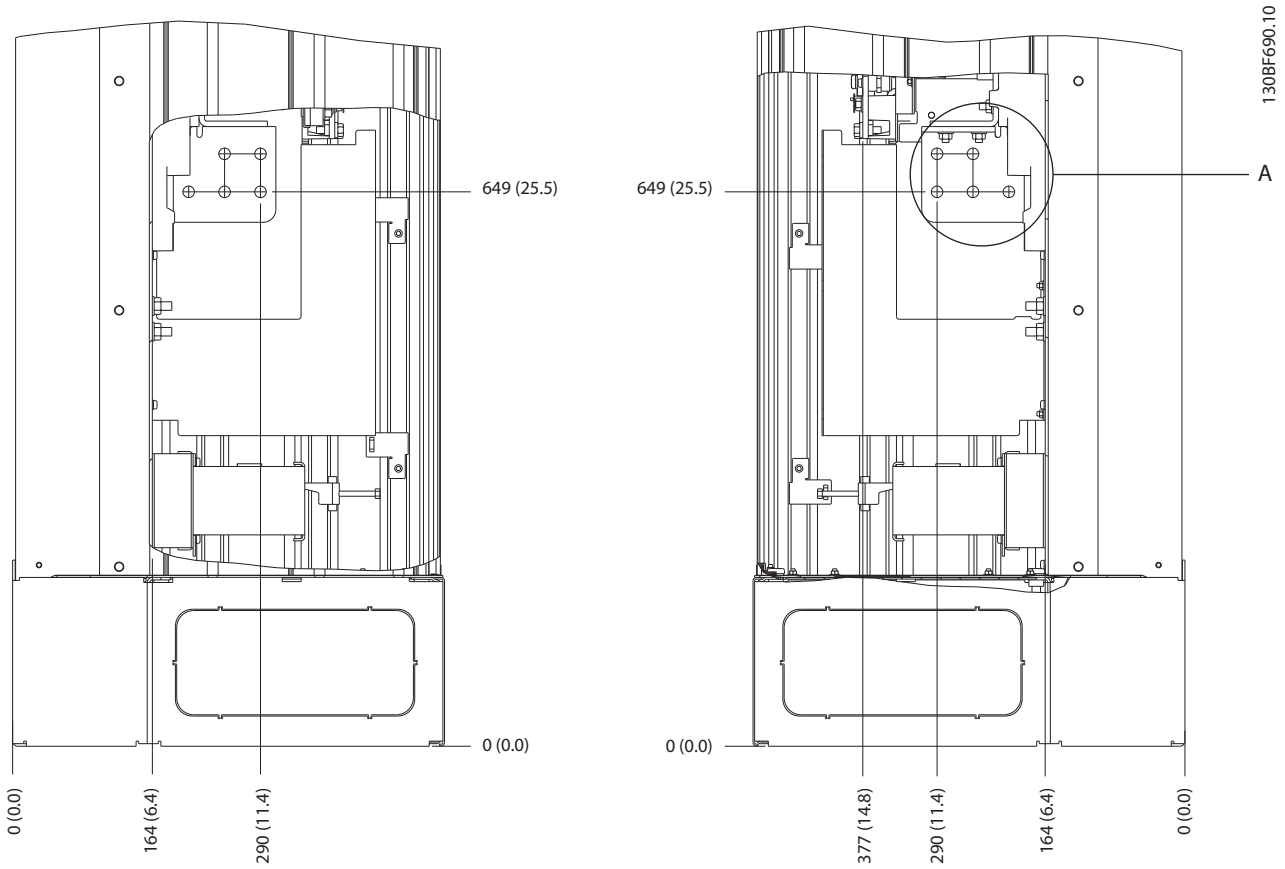
 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

8.10.2 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 8.80 Размеры клемм корпуса E2h (вид спереди)



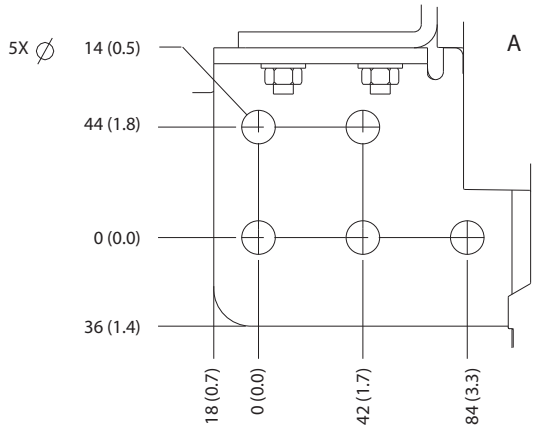


Рисунок 8.81 Размеры клемм E2h (вид сбоку)

Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

8.11 Внешние размеры и размеры клемм корпуса E3h

8.11.1 Внешние размеры E3h

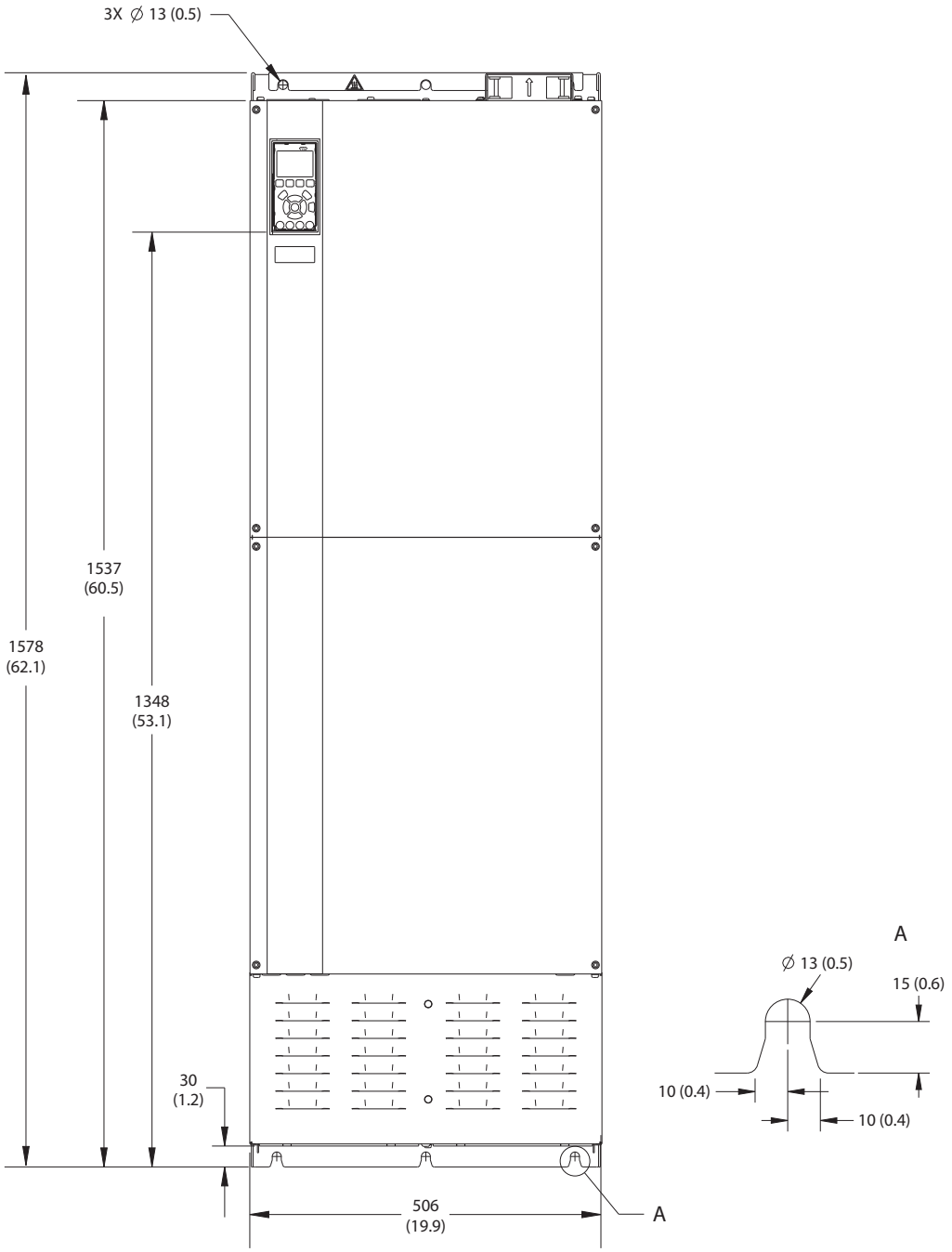


Рисунок 8.82 Вид спереди E3h

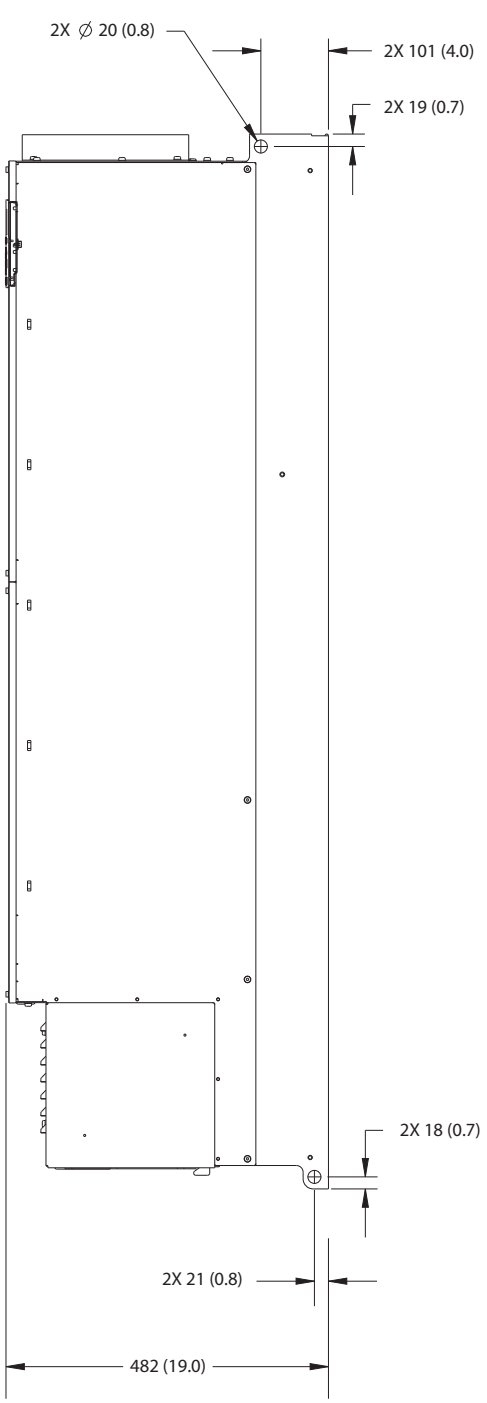
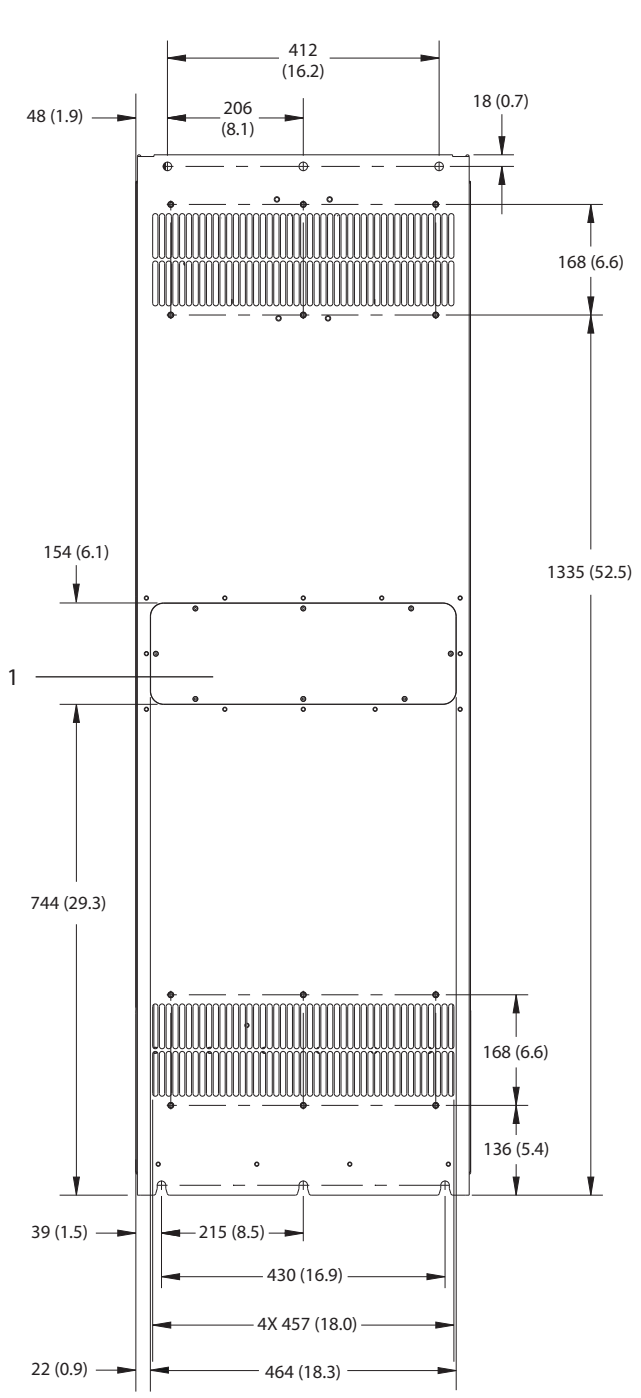


Рисунок 8.83 Вид сбоку E3h

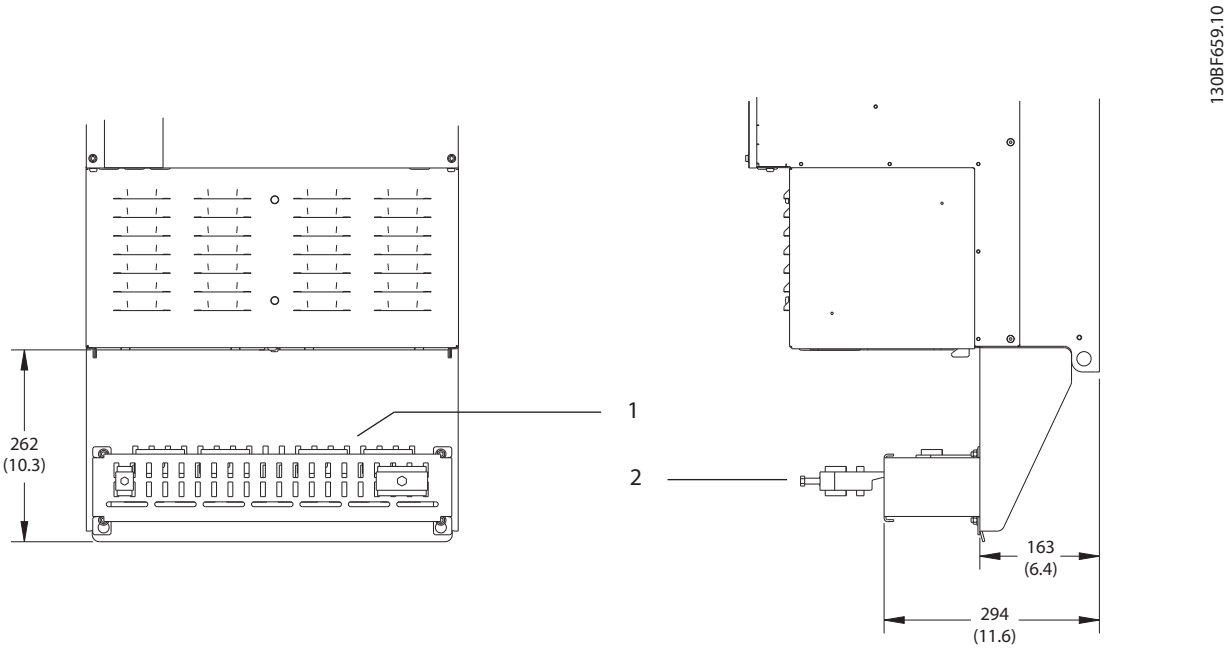
 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

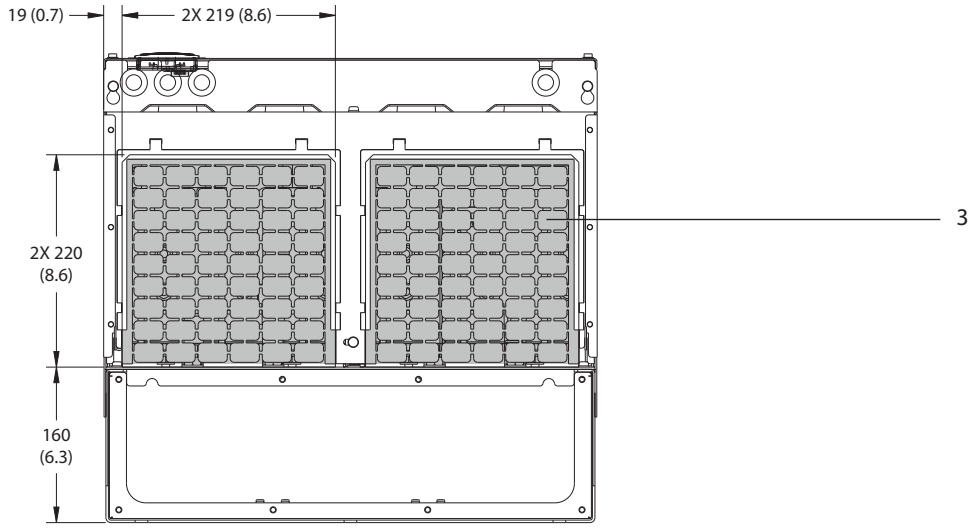


1	Панель доступа к радиатору (опция)

Рисунок 8.84 Вид сзади E3h

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.



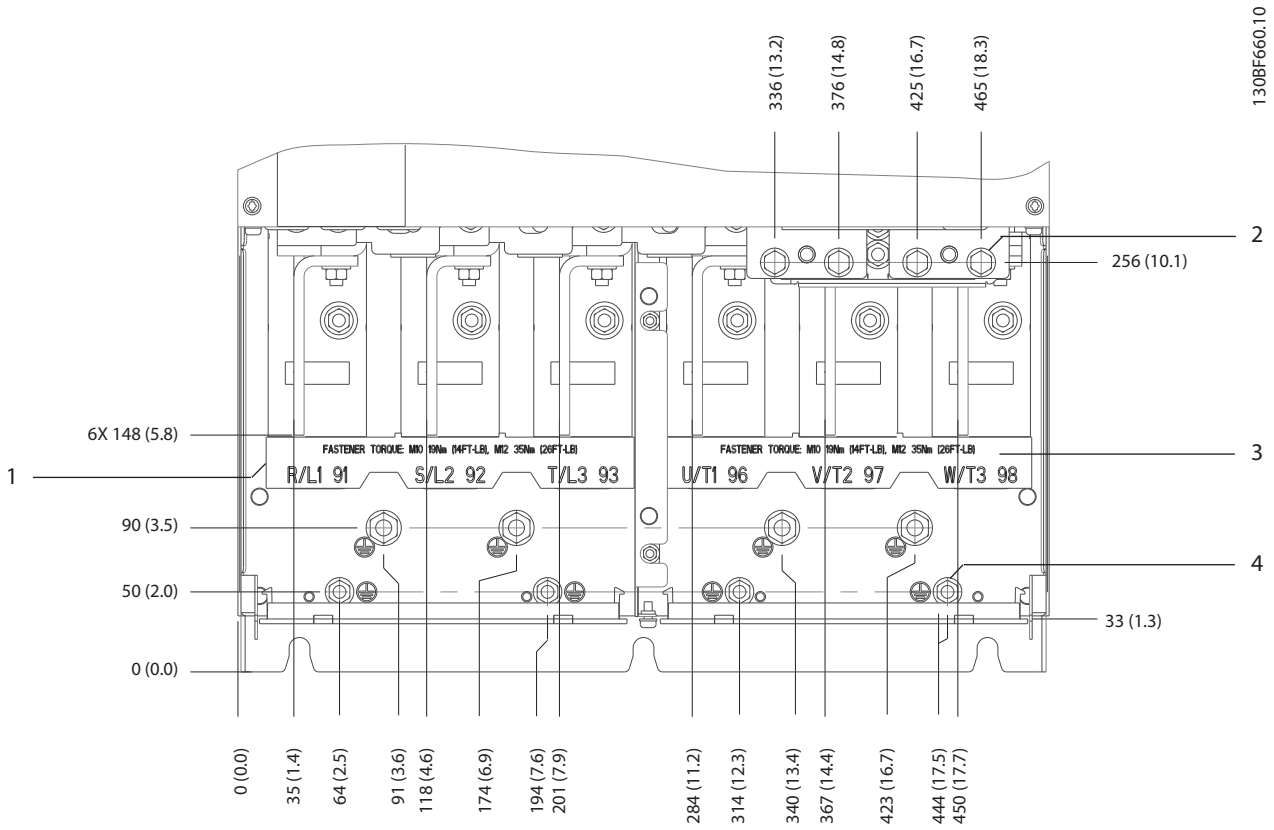


1	Клеммы для заделки экранов ВЧ-помех (входят в стандартную комплектацию при заказе дополнительного устройства защиты от ВЧ-помех)
2	Кабельный зажим, соответствующий требованиям ЭМС
3	Панель уплотнений

Рисунок 8.85 Клеммы для заделки экранов ВЧ-помех и размеры панели уплотнений для E3h

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

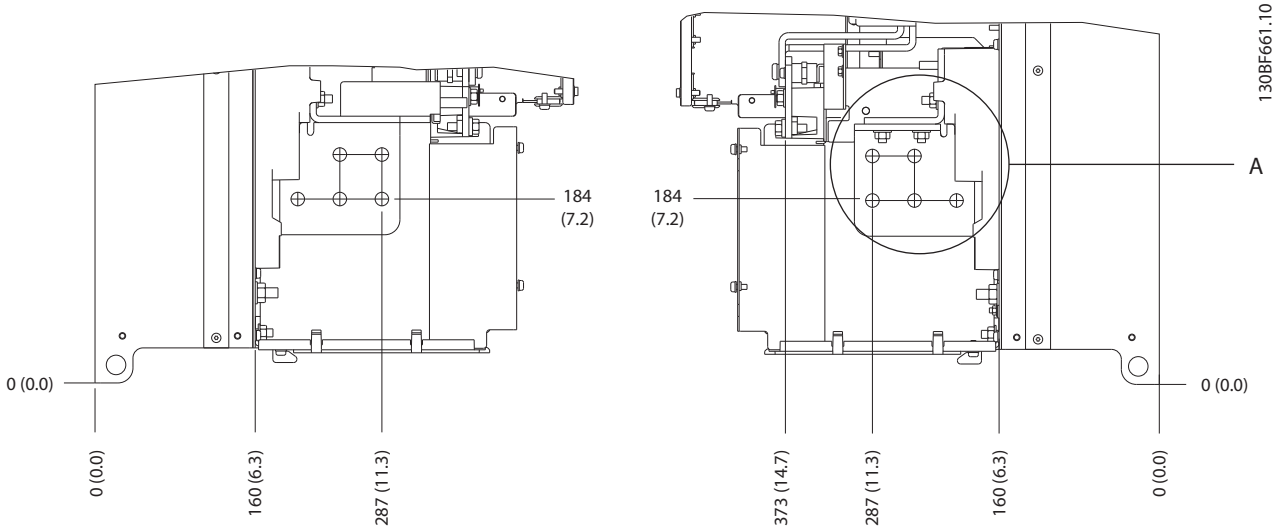
8.11.2 Размеры клемм корпуса E3h



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

Рисунок 8.86 Размеры клемм E3h (вид спереди)

Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.



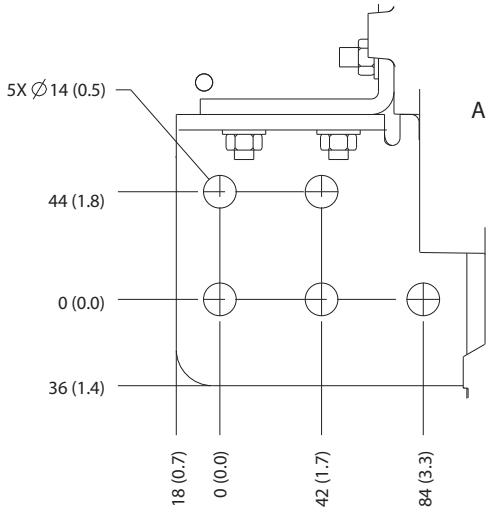
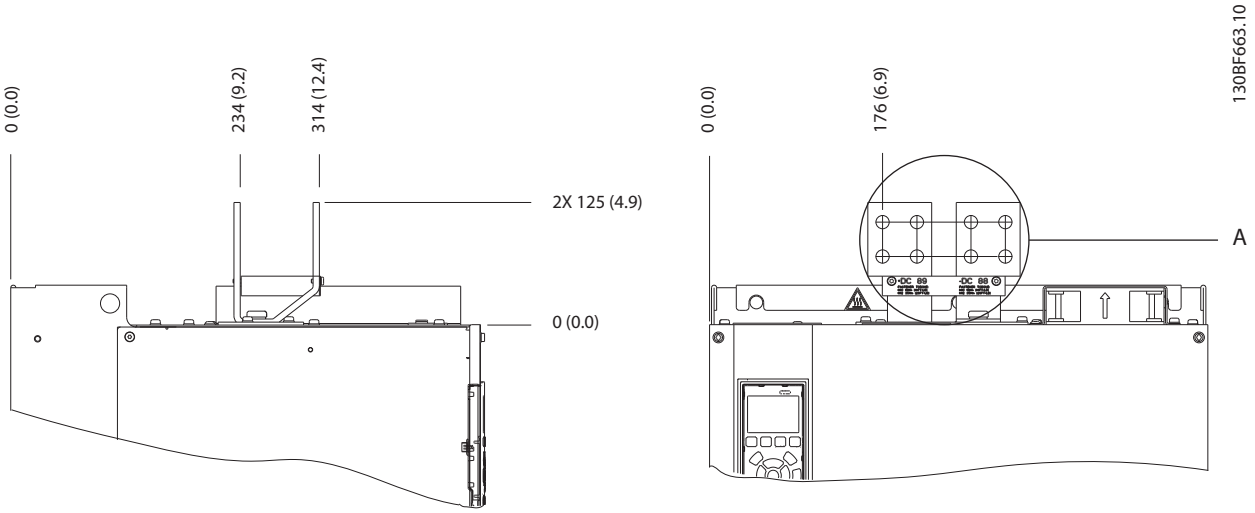


Рисунок 8.87 Размеры клемм подключения сети питания, двигателя и заземления для E3h (вид сбоку)

Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.



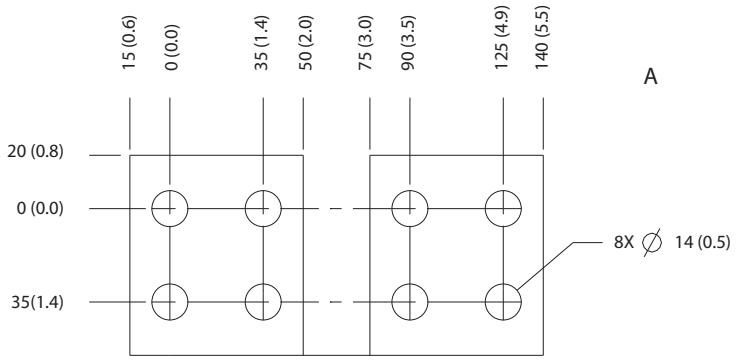


Рисунок 8.88 Размеры клемм подключения цепи разделения нагрузки/рекуперации в корпусе E3h

Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

8.12 Внешние размеры и размеры клемм корпуса E4h

8.12.1 Внешние размеры E4h

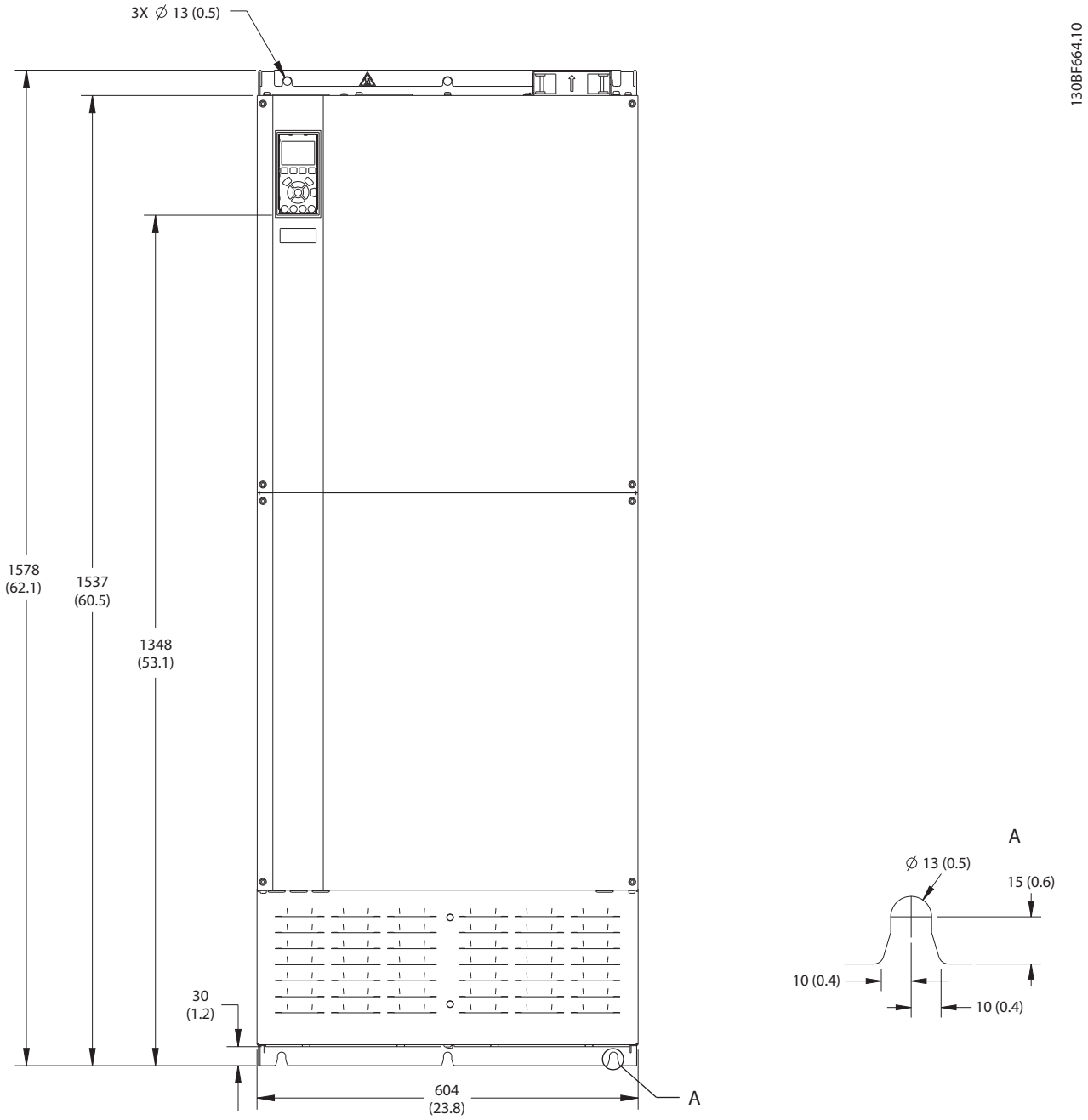


Рисунок 8.89 Вид спереди E4h

Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

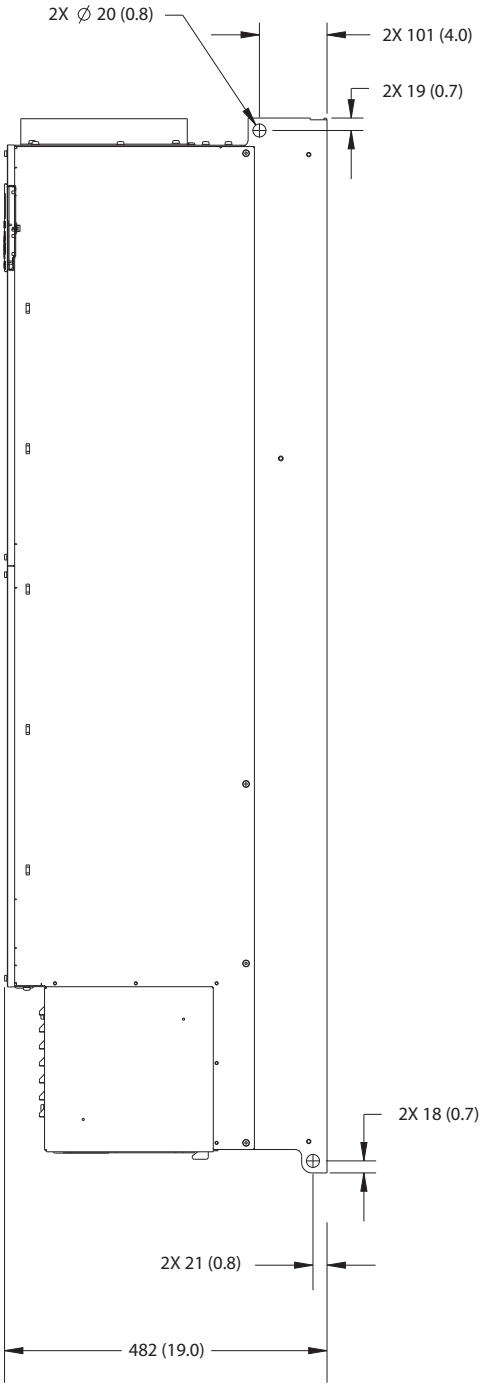
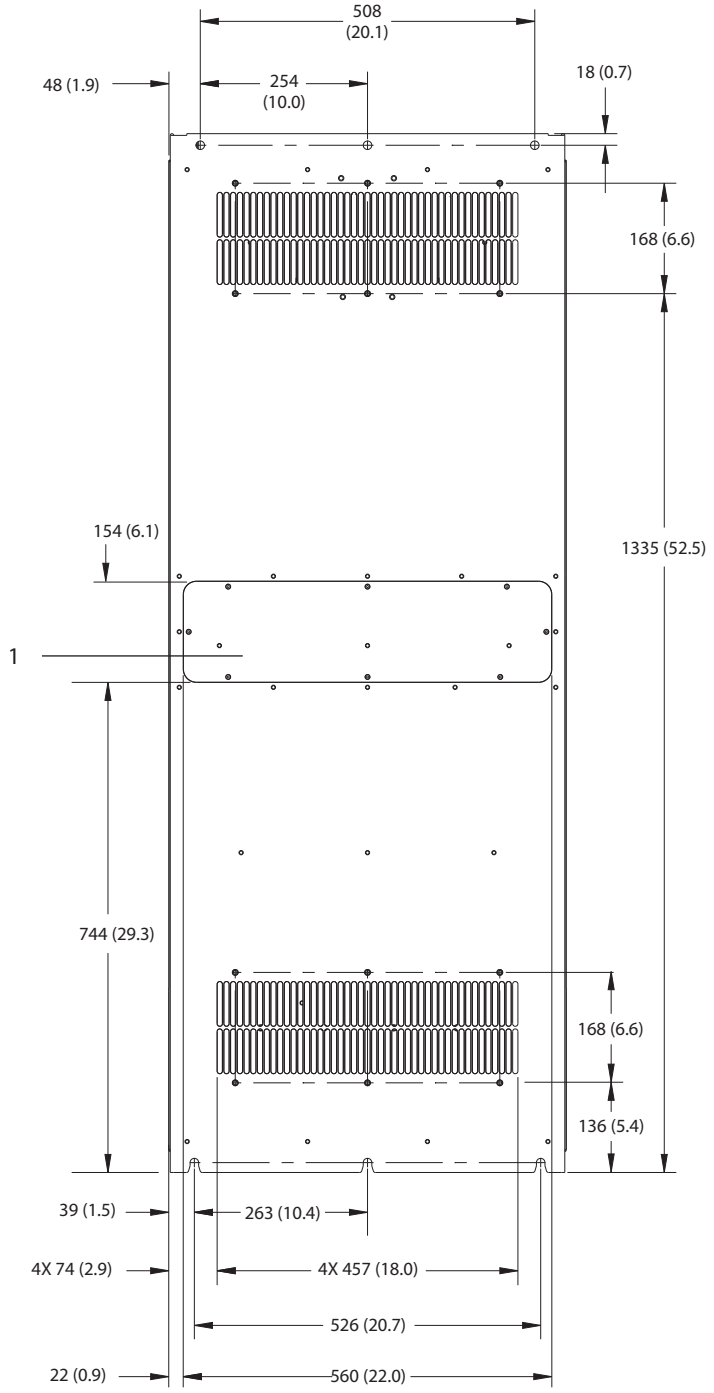


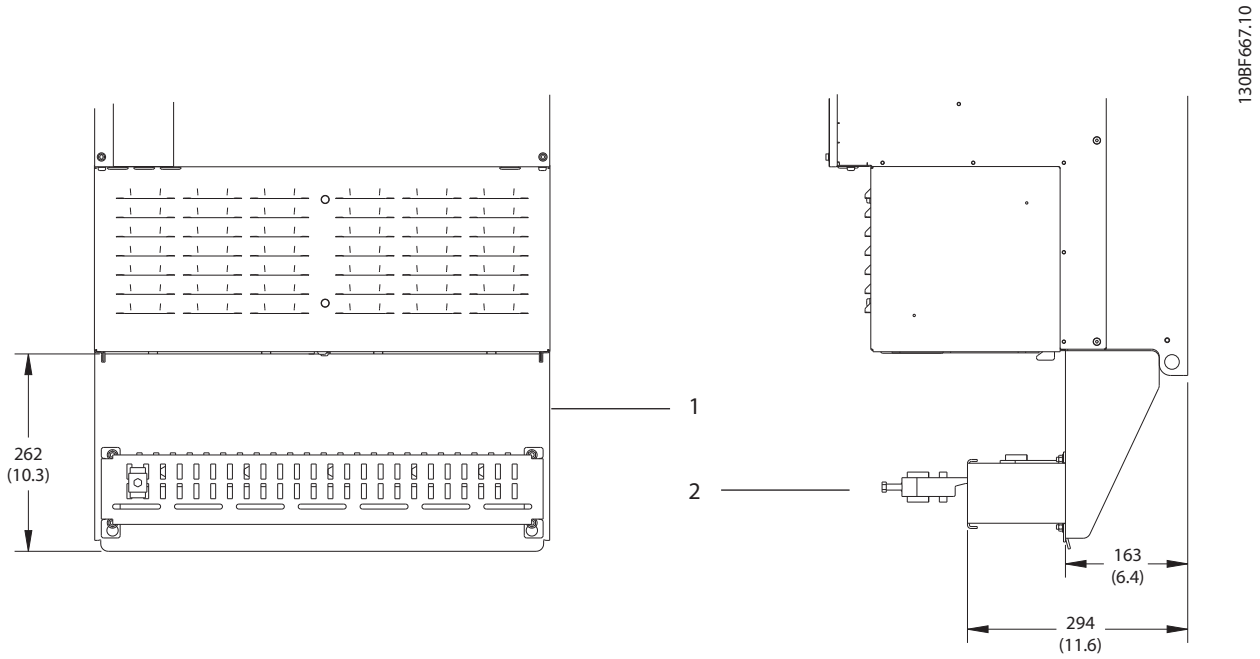
Рисунок 8.90 Вид сбоку E4h

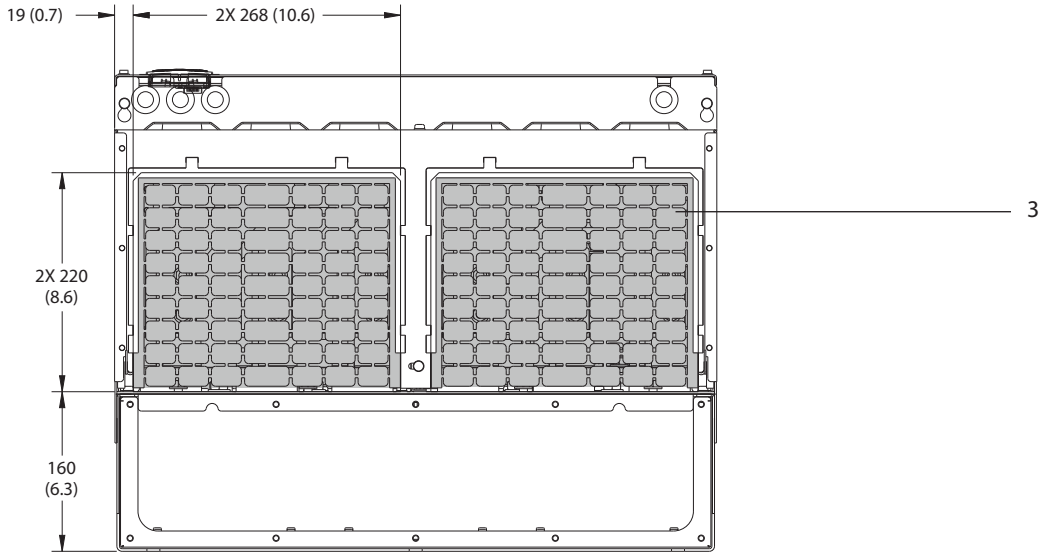
 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.



1	Панель доступа к радиатору (опция)

Рисунок 8.91 Вид сзади E4h



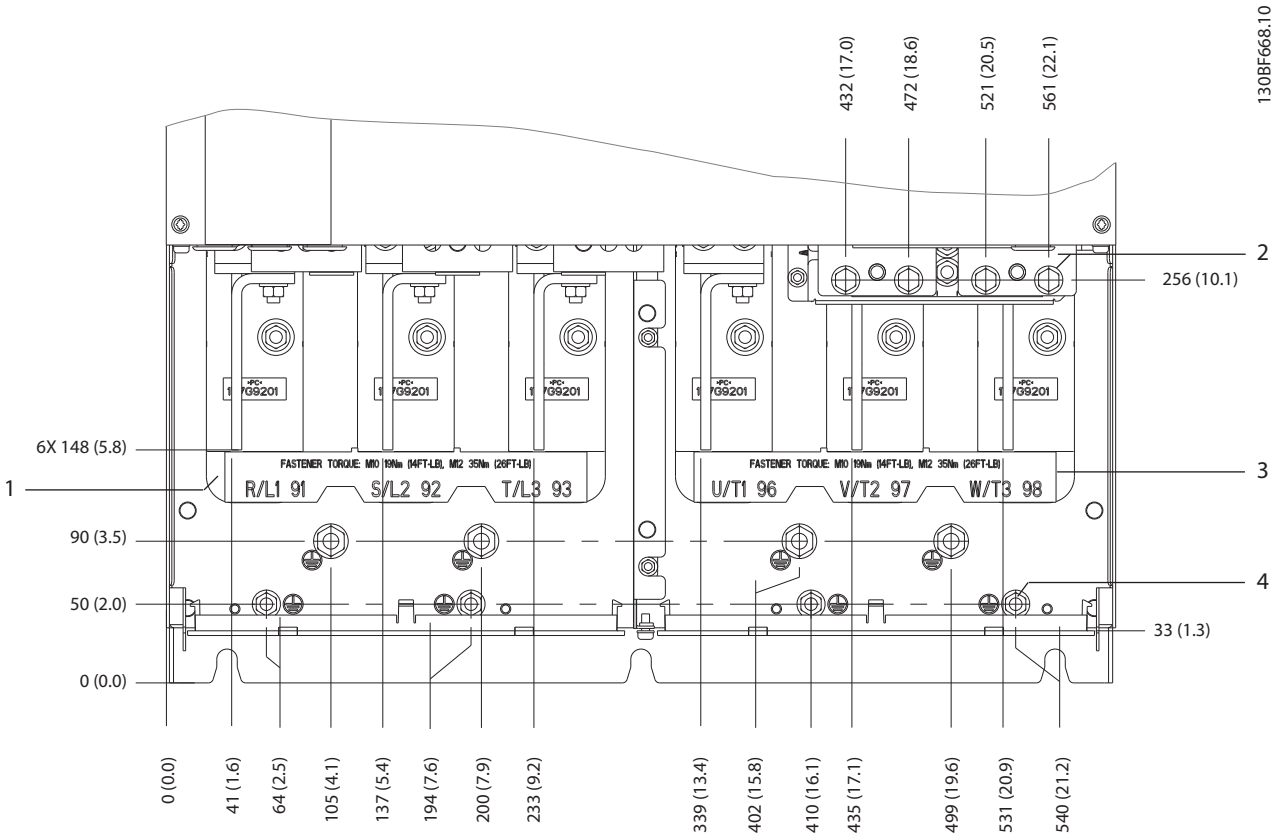


1	Клеммы для заделки экранов ВЧ-помех (входят в стандартную комплектацию при заказе дополнительного устройства защиты от ВЧ-помех)
2	Кабельный зажим, соответствующий требованиям ЭМС
3	Панель уплотнений

Рисунок 8.92 Клеммы для заделки экранов ВЧ-помех и размеры панели уплотнений для E4h

Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

8.12.2 Размеры клемм E4h



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

Рисунок 8.93 Размеры клемм E4h (вид спереди)

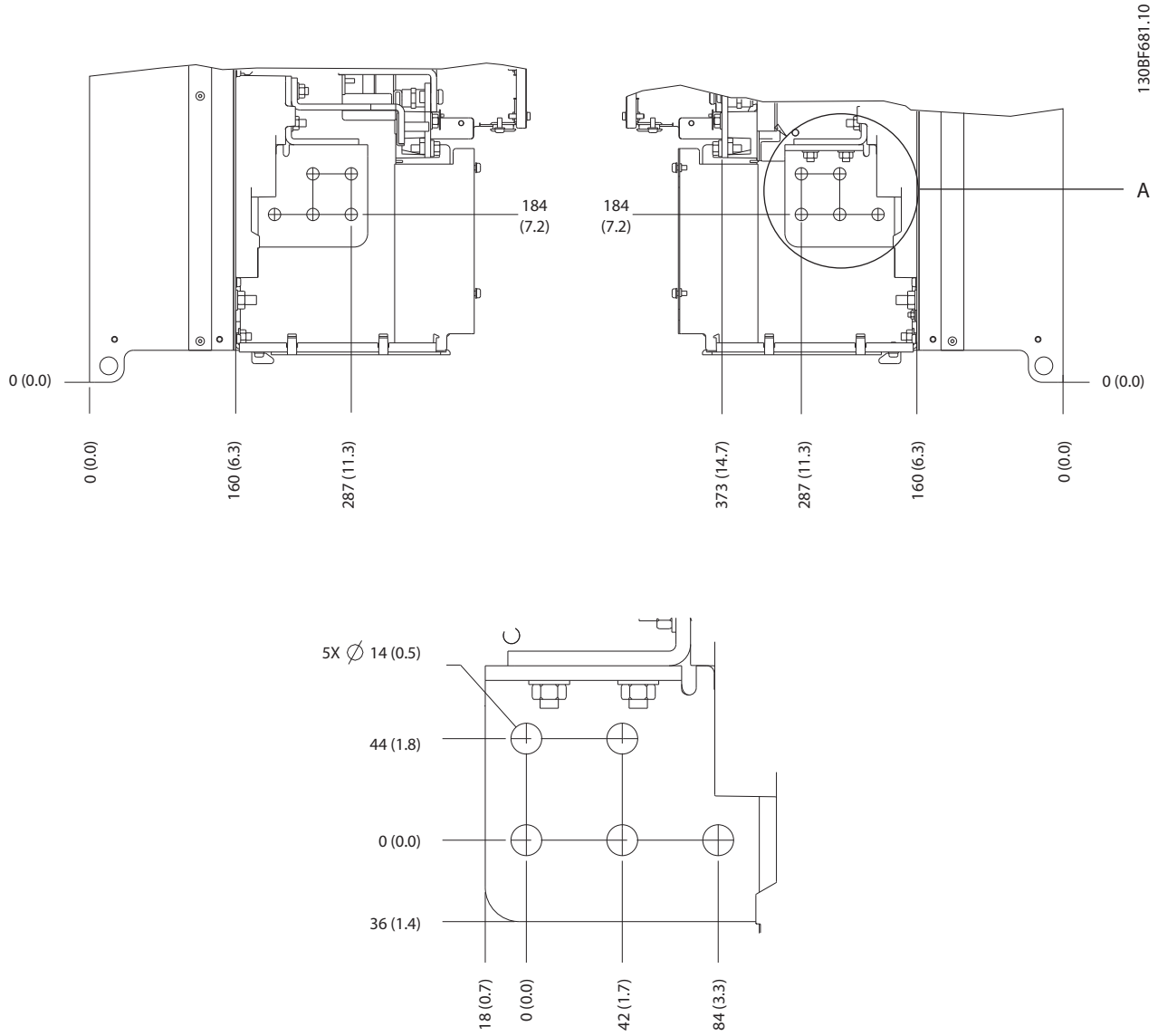
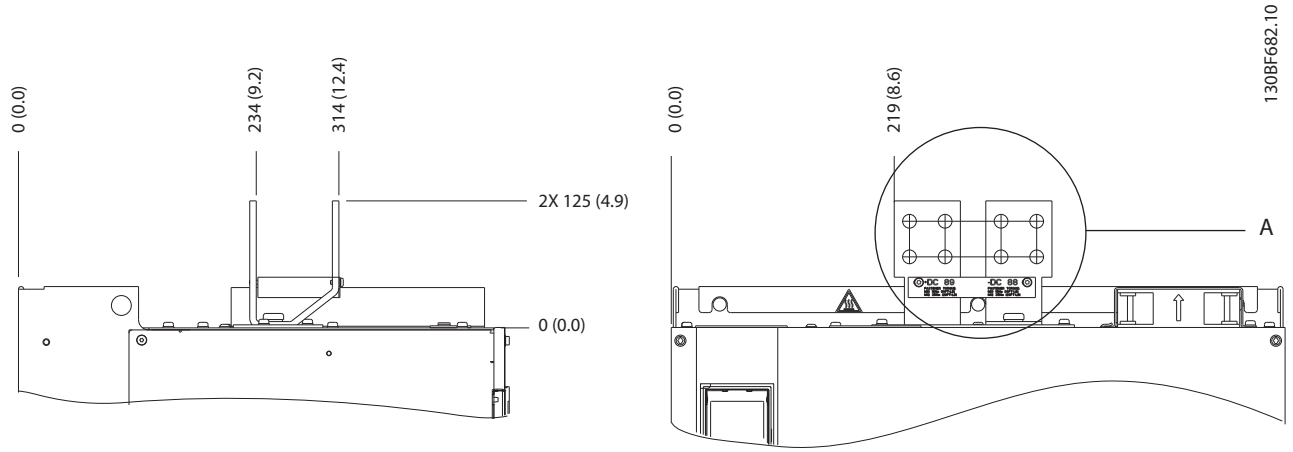


Рисунок 8.94 Размеры клемм подключения сети питания, двигателя и заземления в корпусе E4h (вид сбоку)

Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.



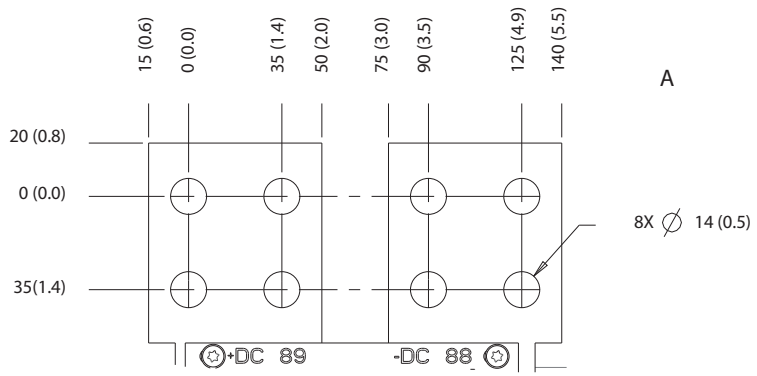


Рисунок 8.95 Размеры клемм подключения цепи разделения нагрузки/рекуперации в корпусе E4h

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

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.**

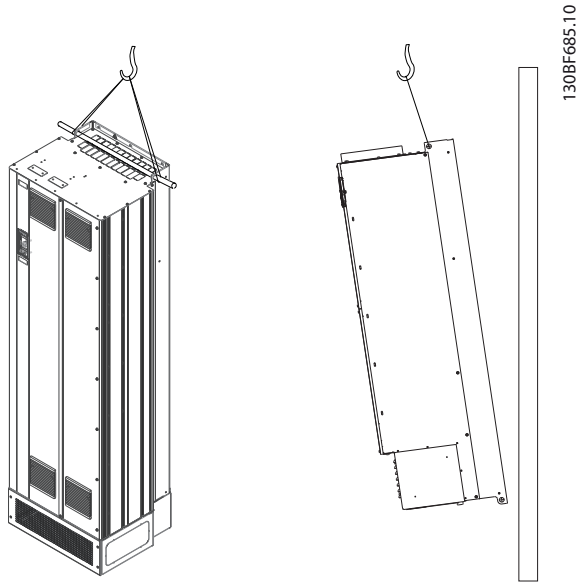


Рисунок 9.1 Рекомендуемый способ подъема

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.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

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

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.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

УВЕДОМЛЕНИЕ

МОНИТОРИНГ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕРМИСТОРНОГО ДАТЧИКА ДВИГАТЕЛЯ

Преобразователи частоты с дополнительной платой VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 сертифицированы в соответствии со стандартами PTB 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.

Корпус	Монтаж на стене/в шкафу	Монтаж на подставке (обособленная установка)
D1h	X	X
D2h	X	X
D3h	X[1)]	–
D4h	X[1)]	–
D5h	–	X
D6h	–	X
D7h	–	X
D8h	–	X
E1h	–	X
E2h	–	X
E3h	X[2)]	–
E4h	X[2)]	–

Таблица 9.1 Конфигурации монтажа

1) Может монтироваться на стену, но в связи с предусмотренной для этого преобразователя частоты степенью защиты Danfoss рекомендует монтировать его на щите внутри корпуса.

2) Преобразователь частоты можно установить одним из следующих способов.

- *Вертикально, на задней пластине щита.*
- *Вертикально, вверх ногами на задней пластине щита. Обращайтесь на завод.*
- *Горизонтально на задней поверхности преобразователя частоты, на задней пластине щита. Обращайтесь на завод.*
- *Горизонтально, на боковой поверхности преобразователя частоты, на нижней пластине щита. Обращайтесь на завод.*

Что следует учесть при установке:

- Установите устройство как можно ближе к двигателю. Максимальные длины кабелей двигателей см. в .
- Обеспечьте устойчивость устройства, смонтировав его на твердой поверхности.
- Убедитесь, что место, подготовленное для монтажа, выдержит массу устройства.
- Убедитесь, что вокруг устройства достаточно пространства для надлежащего охлаждения. См. *глава 5.13 Обзор охлаждения в тыльном канале*.
- Убедитесь, что имеется возможность открывания дверцы.
- Устройте ввод кабелей снизу.

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

9

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

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 теплопотери 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 [м³/ч (куб. см в мин)]	Вентилятор радиатора [м³/ч (куб. см в мин)]
D1h	102 (60)	420 (250)
D2h	204 (120)	840 (500)
D3h	102 (60)	420 (250)
D4h	204 (120)	840 (500)
D5h	102 (60)	420 (250)
D6h	102 (60)	420 (250)
D7h	204 (120)	840 (500)
D8h	204 (120)	840 (500)

Таблица 9.2 Интенсивность циркуляции воздуха в корпусах D1h–D8h

Типоразмер	Дверной/верхний вентилятор [м³/ч (куб. см в мин)]	Вентилятор радиатора [м³/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 9.3 Интенсивность циркуляции воздуха в корпусах E1h–E4h

9.6 Снижение номинальных характеристик

Снижение номинальных характеристик является способом уменьшения выходного тока для того, чтобы избежать отключения преобразователя частоты при достижении высоких температур в корпусе. Если есть основания ожидать, что преобразователь частоты будет работать в экстремальных условиях, можно выбрать более мощный преобразователь частоты, чтобы исключить необходимость снижения номинальных характеристик. Это называется снижением номинальных характеристик вручную. В остальных случаях преобразователь частоты автоматически уменьшает выходной ток, чтобы исключить возникновение перегрева вследствие экстремальных условий.

Снижение номинальных характеристик вручную

Danfoss рекомендует выбрать преобразователь частоты на один типоразмер больше (например, P710 вместо P630), если присутствуют следующие условия:

- Низкая скорость — длительная работа на низких оборотах в применениях с постоянным крутящим моментом.
- Низкое давление воздуха — эксплуатация на высотах выше 1000 м (3281 фут).
- Высокая температура окружающей среды — работа при температуре окружающей среды 10 °C (50 °F).
- Высокая частота коммутации.
- Длинные кабели электродвигателя.
- Кабели с большим сечением.

Автоматическое снижение номинальных характеристик

Чтобы устранить перегрев в корпусе, преобразователь частоты автоматически изменяет частоту коммутации или схему коммутации (PWM на SFAVM) при обнаружении следующих рабочих условий:

- Высокая температура на плате управления или радиаторе.
- Высокая нагрузка на двигатель или низкая скорость двигателя.
- Повышенное напряжение в цепи постоянного тока.

УВЕДОМЛЕНИЕ

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

9.6.1 Снижение номинальных характеристик при работе на низких скоростях

Когда двигатель подключен к преобразователю частоты, необходимо обеспечить достаточное охлаждение двигателя. Требуемый уровень охлаждения зависит от следующих факторов:

- Нагрузка на двигателе.
- Рабочая скорость.
- Продолжительность работы.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

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 1000 м (3281 фут) снижение номинальных параметров не требуется. При высоте более 1000 м (3281 фут) необходимо снижать допустимую температуру окружающей среды (T_{AMB}) или максимальный выходной ток ($I_{VLT,MAX}$). См. *Рисунок 9.2*.

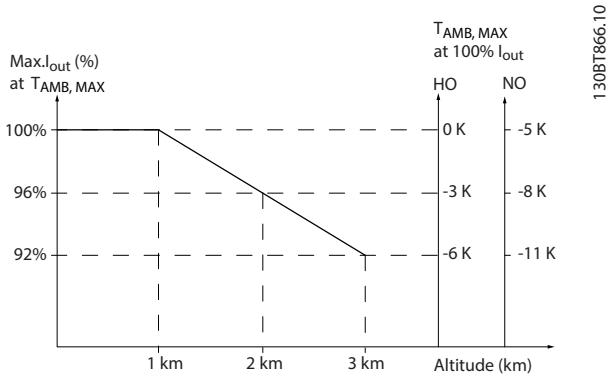


Рисунок 9.2 Снижение выходного тока в зависимости от высоты над уровнем моря при температуре окружающей среды $T_{AMB,MAX}$

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

СНИЖЕНИЕ НОМИНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК В СООТВЕТСТВИИ С ЗАВОДСКИМИ НАСТРОЙКАМИ

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 9.4* по *Таблица 9.5*, 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 *fsw* показывает частоту коммутации.

9

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

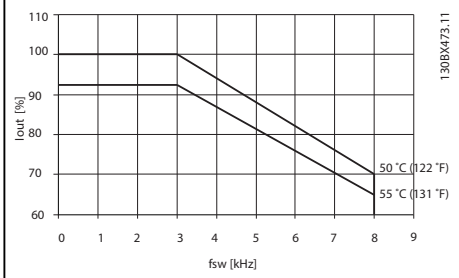
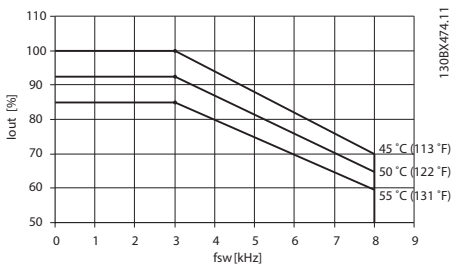
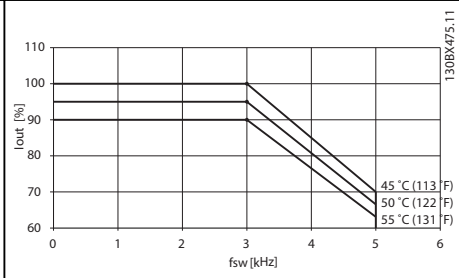
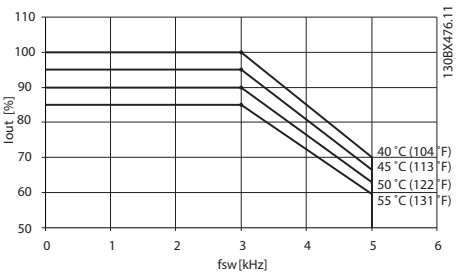
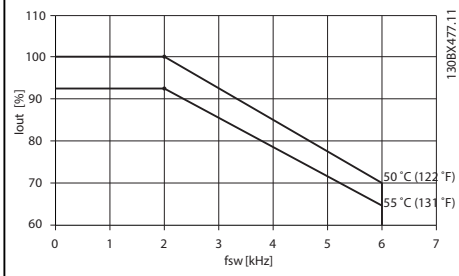
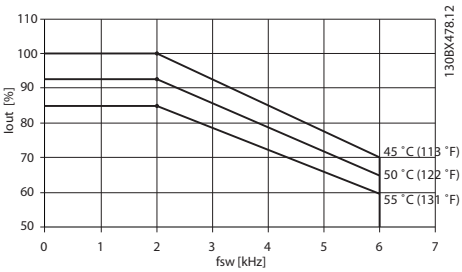
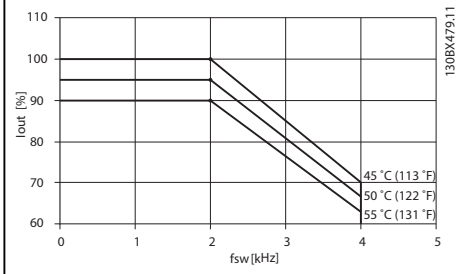
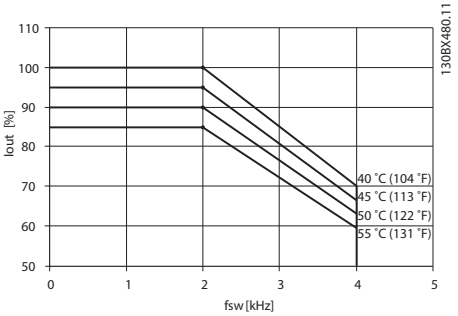
Корпус	Метод коммутации	Высокая перегрузка (HO), 150 %	Нормальная перегрузка (NO), 110 %
D1h–D8h N90–N250 380–480 В	60 AVM		
	SFAVM		
E1h–E4h N315–N500 380–480 В	60 AVM		
	SFAVM		

Таблица 9.4 Таблицы снижения номинальных характеристик для преобразователей частоты с номинальным напряжением 380–480 В

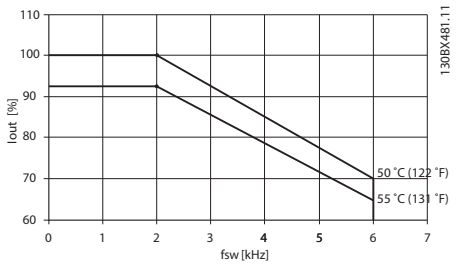
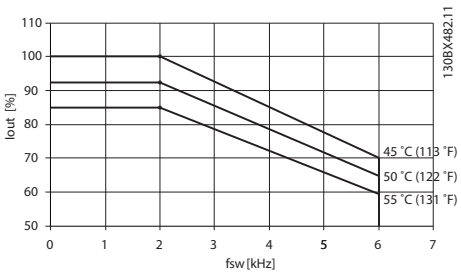
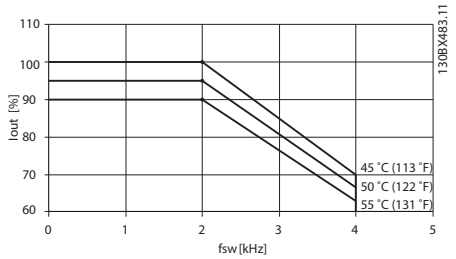
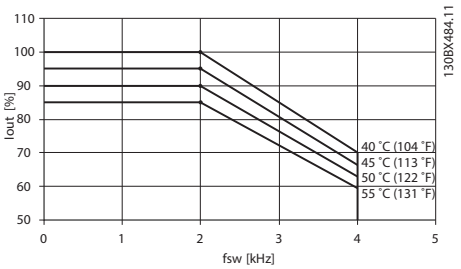
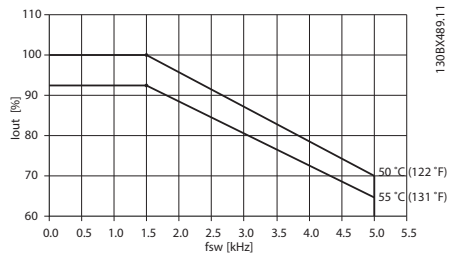
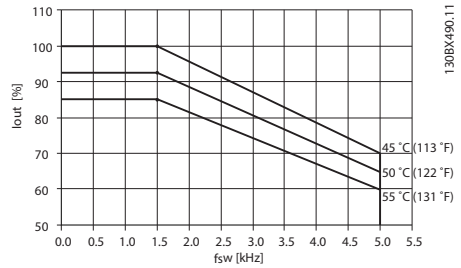
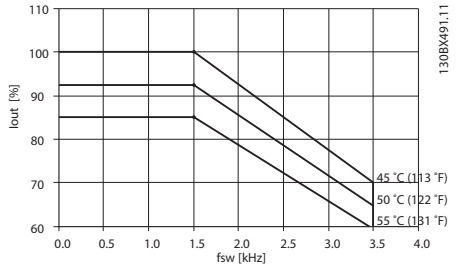
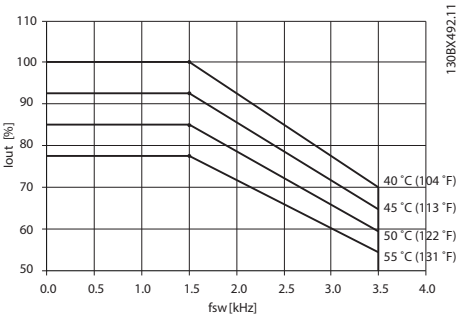
Корпус	Метод коммутации	Высокая перегрузка (HO), 150 %	Нормальная перегрузка (NO), 110 %
D1h–D8h N55K–N315 525–690 В	60 AVM		
	SFAVM		
E1h–E4h N355–N710 525–690 В	60 AVM		
	SFAVM		

Таблица 9.5 Таблицы снижения номинальных характеристик для преобразователей частоты с номинальным напряжением 525–690 В

9

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

10 Вопросы электрического монтажа

10.1 Инструкции по технике безопасности

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

⚠ВНИМАНИЕ!

ИНДУЦИРОВАННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ

Индуцированное 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.**

10

⚠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 B.**

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 двигателя от перегрузки не включена в заводских настройках. Для добавления данной функции установите *параметр 1-90 Motor Thermal Protection* в значение *[ЭТР: отключение]* или *[ЭТР: предупрежд.]*. 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 Motor Thermal Protection* значение *[ЭТР: отключение]* или *[ЭТР: предупрежд.]*, защита двигателя от перегрузки будет отключена и перегрев двигателя может привести к повреждению имущества.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

10.2 Схема подключений

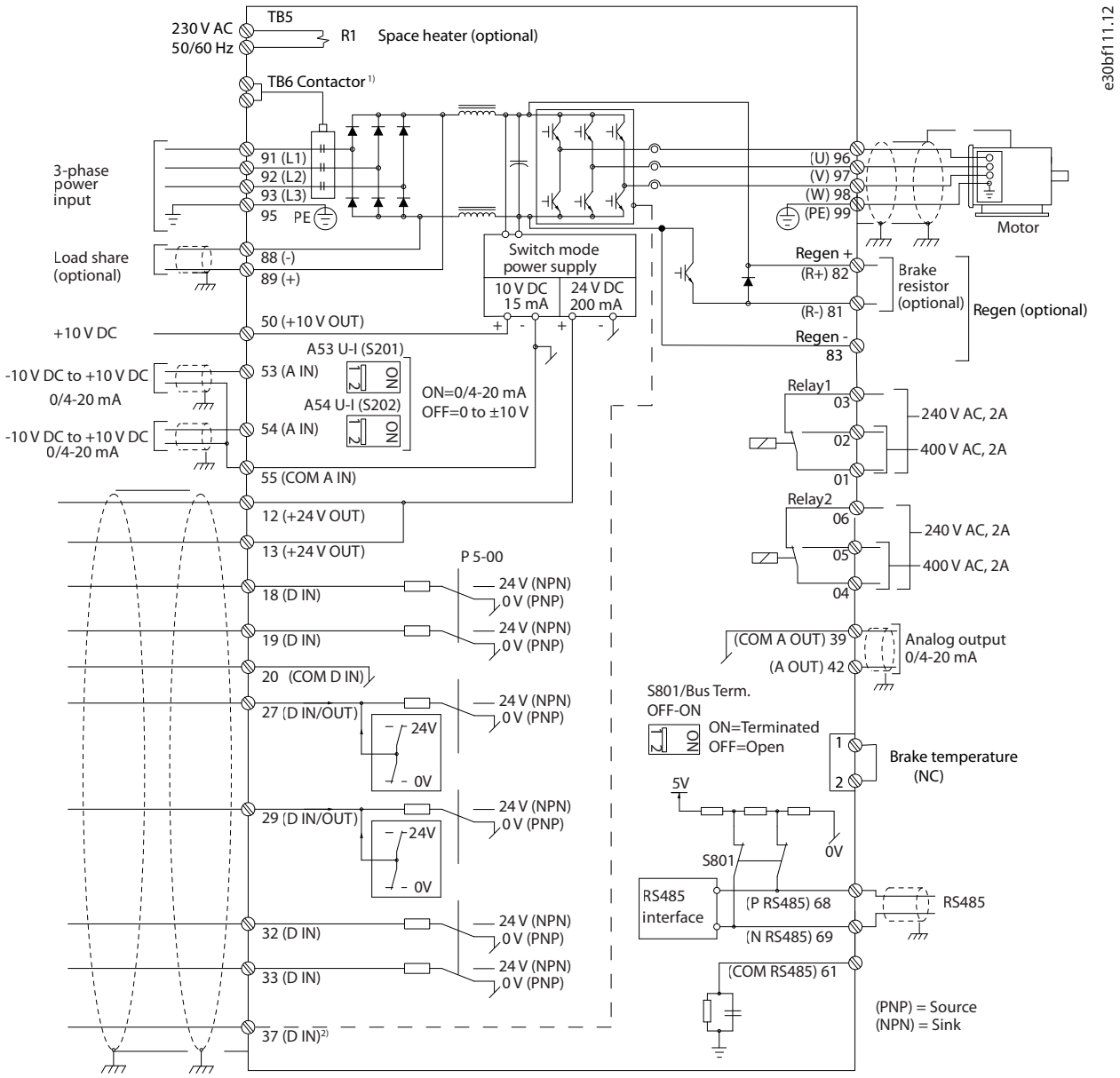


Рисунок 10.1 Схема основных подключений

A = аналоговый, D = цифровой

1) Клемма 37 (опция) используется для функции Safe Torque Off. Инструкции по установке функции Safe Torque Off см. в документе «Преобразователи частоты VLT® — Руководство по эксплуатации функции Safe Torque Off».

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

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 10.15 Монтаж с учетом требований ЭМС*. Защита с помощью плавких предохранителей должна соответствовать местным нормам и правилам.

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

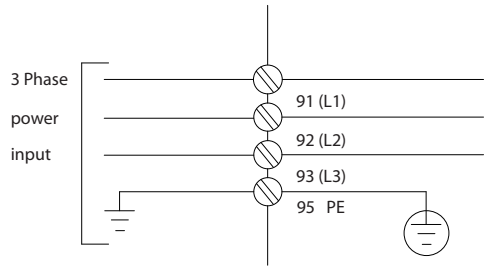


Рисунок 10.2 Подключение кабеля электропитания

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 Switching Frequency*.

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.
–	W2	U2	V2		6 проводов от двигателя.
–	U1	V1	W1	PE[1)]	Соединение по схеме звезды: U2, V2, W2 U2, V2 и W2 соединяются отдельно.

Таблица 10.1

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.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

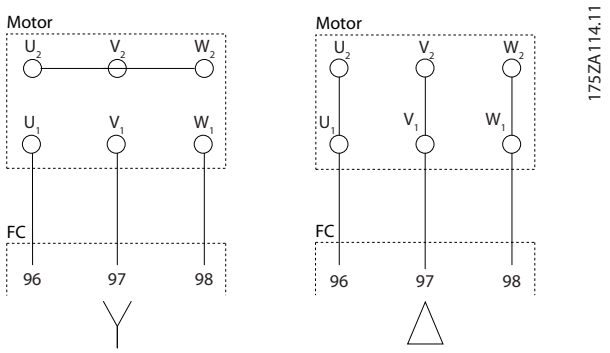


Рисунок 10.3 Подключение кабеля электродвигателя

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 5.11 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 Подключение кабеля электродвигателя

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 модуле возникает короткое замыкание, то излишнее рассеяние мощности в тормозном резисторе может быть предотвращено отключением преобразователя частоты от питающей сети с помощью сетевого выключателя или контактора.

10.3.5 Подключение персонального компьютера

Для управления преобразователем частоты с ПК установите программу настройки MCT 10. ПК подключается стандартным кабелем USB (хост/устройство) или через интерфейс RS485. Подробнее о RS485 см. в *разделе, посвященном установке и настройке RS485* в *Руководстве по проектированию VLT® AQUA Drive FC 202, 355–1400 кВт*.

USB является последовательной шиной с четырьмя экранированными проводами, из которых контакт провода 4 является заземлением и подключен к экрану порта USB в компьютере. Все стандартные ПК выпускаются без гальванической развязки порта USB. Чтобы предотвратить повреждение хост-контроллера USB через USB-кабель, следуйте рекомендациям по заземлению, изложенным в *руководстве по эксплуатации*.

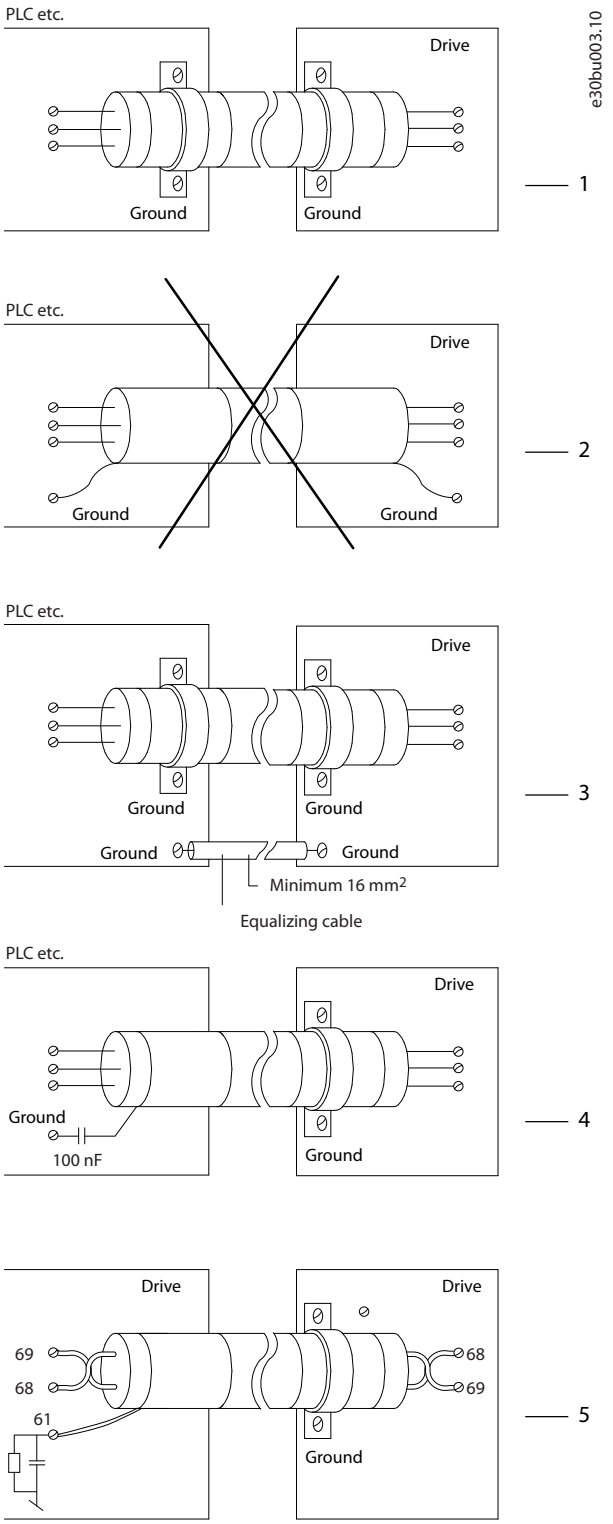
 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

Для защиты хост-контроллера USB в ПК от разности потенциалов заземления при подключении ПК к преобразователю частоты по USB-кабелю Danfoss рекомендует использовать изолятор USB с гальванической развязкой. Кроме того, рекомендуется не использовать сетевой кабель ПК с заземляющим контактом, когда ПК подключен к преобразователю частоты по USB-кабелю. Эти рекомендации позволяют снизить разность потенциалов заземления, но не устраняют все различия потенциалов при заземлении и экране, подключенных к порту USB на ПК.

10.4 Проводка и клеммы элементов управления

Кабели управления должны быть экранированными, и экран должен быть подключен на обоих концах с помощью кабельных зажимов к металлическому шкафу устройства.

О правильном заземлении кабелей управления см. *Рисунок 10.4*.



1	Для обеспечения наилучшего электрического контакта кабели управления и кабели для последовательной связи должны быть закреплены с помощью кабельных зажимов на обоих концах.
2	Не используйте скрученные концы оплетки кабеля (скрутки). Они увеличивают импеданс экрана на высоких частотах.

3	Если потенциалы земли преобразователя частоты и PLC различаются, могут возникнуть электрические помехи, нарушающие работу всей системы. Эта проблема решается прокладкой выравнивающего кабеля рядом с кабелем управления. Мин. поперечное сечение кабеля: 16 мм² (6 AWG).
4	Если используются очень длинные кабели управления, могут возникать контуры заземления 50/60 Гц. Подключите один конец экрана к земле через конденсатор емкостью 100 нФ (обеспечив короткие выводы).
5	При использовании кабелей последовательной связи для устранения низкочастотных паразитных токов между двумя преобразователями частоты нужно подключить один конец экрана к клемме 61. Эта клемма подключается к заземлению через внутреннюю резистивно-емкостную цепь (RC-цепь). Для снижения помех между проводниками при дифференциальном включении используйте кабели с витыми парами.

Рисунок 10.4 Примеры заземления

10.4.1 Прокладка кабелей управления

Закрепите стяжками и проложите все провода управления, как показано на *Рисунок 10.5*. 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 10.5*.

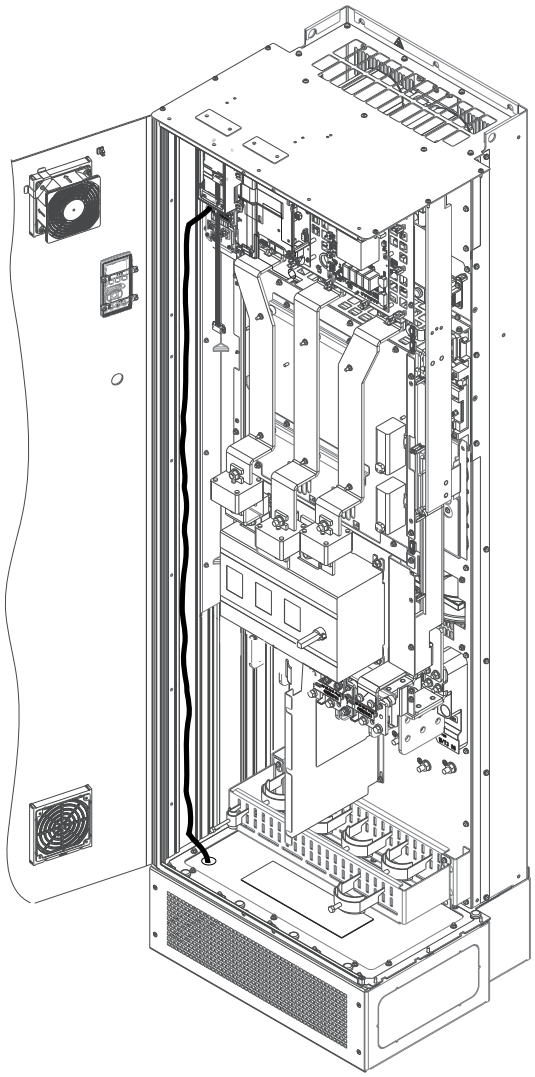


Рисунок 10.5 Маршрут прокладки проводки платы управления для E1h. Маршрут прокладки в корпусах E2h и D1h–D8h аналогичен.

10.4.2 Клеммы управления

На *Рисунок 10.6* показаны съемные разъемы преобразователя частоты. Функции клемм и настройки по умолчанию приведены в *Таблица 10.5 — Таблица 10.7*.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

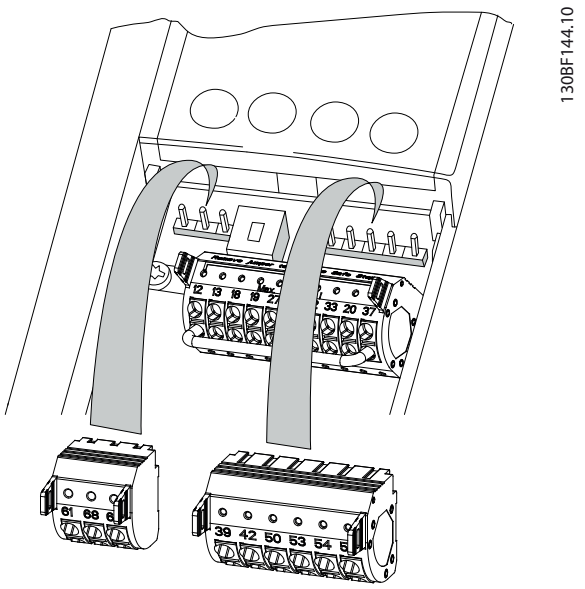
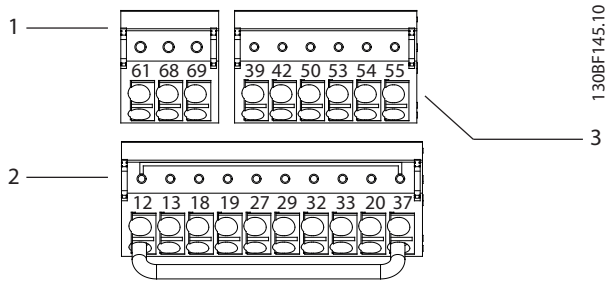


Рисунок 10.6 Расположение клемм управления



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

Рисунок 10.7 Номера клемм на разъемах

Клемма	Параметр	Установка по умолчанию	Описание
61	–	–	Встроенный резистивно-емкостной фильтр для подключения экрана кабеля 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.).
69 (-)	*Группа параметров 8-3* Настройки порта ПЧ*	–	

Таблица 10.5 Описание клемм последовательной связи

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.
18	*Параметр 5-10 Terminal 18 Digital Input*	*[8] Пуск*	Цифровые входы.
19	*Параметр 5-11 Terminal 19 Digital Input*	*[10] Реверс*	
32	*Параметр 5-14 Terminal 32 Digital Input*	*[0] Не используется*	
33	*Параметр 5-15 Terminal 33 Digital Input*	*[0] Не используется*	
27	*Параметр 5-12 Terminal 27 Digital Input*	*[2] Выбег, инверсный*	Для цифрового входа или выхода. По умолчанию настроены в качестве входов.
29	*Параметр 5-13 Terminal 29 Digital Input*	*[14] Фикс. част.*	
20	–	–	Общая клемма для цифровых входов и потенциал 0 В для питания 24 В.

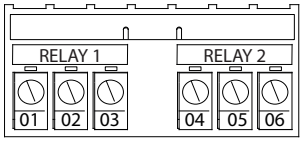
Клемма	Параметр	Установка по умолчанию	Описание
37	–	STO	Если не используется поставляемая по заказу функция STO, между клеммами 12 (или 13) и 37 должна быть установлена перемычка. Такая конфигурация позволяет преобразователю частоты работать с заводскими настройками по умолчанию.

Таблица 10.6 Описания клемм цифровых входов/выходов

Клемма	Параметр	Установка по умолчанию	Описание
39	–	–	Клемма общего провода для аналогового выхода.
42	*Параметр 6-50 Terminal 42 Output*	*[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 10.8 Клеммы реле 1 и реле 2

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

Клемма	Параметр	Установка по умолчанию	Описание
01, 02, 03	*Параметр 5-40 Function Relay* [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 Function Relay* [1]	*[0] Не используется*	

Таблица 10.8 Описание клемм реле

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

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

Рекомендуемые предохранители D1h–D8h

Для корпусов D1h–D8h рекомендуются предохранители типа aR. См. *Таблица 10.9*.

Модель	380–480 В	525–690 В
N75K	–	ar-160
N90K	–	ar-315
N110K	ar-315	ar-315
N132	ar-350	ar-315
N160	ar-400	ar-315
N200	ar-500	ar-550
N250	ar-630	ar-550
N315	ar-800	ar-550
N400	–	ar-550

Таблица 10.9 Номиналы силовых/полупроводниковых предохранителей для D1h–D8h

Модель	Возможные предохранители							
	Bussman	Littelfuse	Littelfuse	Bussmann	Siba	Ferraz-Shawmut	Ferraz-Shawmut (Европа)	Ferraz-Shawmut (Сев. Америка)
N110	170M2619	LA50QS300-4	L50S-300	FWH-300A	20 189 20.315	A50QS300-4	6,9URD31D08A0315	A070URD31KI0315
N132	170M2620	LA50QS350-4	L50S-350	FWH-350A	20 189 20.350	A50QS350-4	6,9URD31D08A0350	A070URD31KI0350
N160	170M2621	LA50QS400-4	L50S-400	FWH-400A	20 189 20.400	A50QS400-4	6,9URD31D08A0400	A070URD31KI0400
N200	170M4015	LA50QS500-4	L50S-500	FWH-500A	20 610 31.550	A50QS500-4	6,9URD31D08A0550	A070URD31KI0550
N250	170M4016	LA50QS600-4	L50S-600	FWH-600A	20 610 31.630	A50QS600-4	6,9URD31D08A0630	A070URD31KI0630
N315	170M4017	LA50QS800-4	L50S-800	FWH-800A	20 610 31.800	A50QS800-4	6,9URD32D08A0800	A070URD31KI0800

Таблица 10.10 Возможные силовые/полупроводниковые предохранители для D1h–D8h, 380–480 V

Модель	Bussmann	Siba	Ferraz-Shawmut (Европа)	Ferraz-Shawmut (Сев. Америка)
N75K	170M2616	20 610 31.160	6,9URD30D08A0160	A070URD30KI0160
N90K	170M2619	20 610 31.315	6,9URD31D08A0315	A070URD31KI0315
N110K	170M2619	20 610 31.315	6,9URD31D08A0315	A070URD31KI0315
N132	170M2619	20 610 31.315	6,9URD31D08A0315	A070URD31KI0315
N160	170M2619	20 610 31.315	6,9URD31D08A0315	A070URD31KI0315
N200	170M4015	20 620 31.550	6,9URD32D08A0550	A070URD32KI0550
N250	170M4015	20 620 31.550	6,9URD32D08A0550	A070URD32KI0550
N315	170M4015	20 620 31.550	6,9URD32D08A0550	A070URD32KI0550
N400	170M4015	20 620 31.550	6,9URD32D08A0550	A070URD32KI0550

Таблица 10.11 Возможные силовые/полупроводниковые предохранители для D1h–D8h, 525–690 В

Bussmann	Номинальные характеристики
LPJ-21/2SP	2,5 A, 600 В

Таблица 10.12 Рекомендации по предохранителям обогревателя в корпусах D1h–D8h

Если преобразователь частоты поставляется без сетевого расцепителя, контактора или автоматического выключателя, номинальный ток короткого замыкания (SCCR) преобразователя частоты составляет 100 000 ампер при всех напряжениях (380–690 В).

Если преобразователь частоты поставляется с сетевым расцепителем, номинальный ток короткого замыкания (SCCR) преобразователя частоты составляет 100 000 ампер при всех напряжениях (380–690 В).

Если преобразователь частоты поставляется с автоматическим выключателем, номинальный ток короткого замыкания (SCCR) зависит от напряжения. См. *Таблица 10.13*.

Корпус	415 В	480 В	600 В	690 В
D6h	120000 A	100000 A	65000 A	70000 A
D8h	100000 A	100000 A	42000 A	30000 A

Таблица 10.13 D6h и D8h, поставляемые с автоматическим выключателем

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

Если преобразователь частоты проставляется только с контактором и защищен внешними предохранителями в соответствии с *Таблица 10.14*, SCCR преобразователя частоты имеет следующие значения:

Корпус	415 В IEC[1)]	480 В UL[2)]	600 В UL[2)]	690 В IEC[1)]
D6h	100000 A	100000 A	100000 A	100000 A
D8h (за исключением модели N315 T4)	100000 A	100000 A	100000 A	100000 A
D8h (только модель N315 T4)	100000 A	Проконсультируйтесь с изготовителем	Неприменимо	Неприменимо

Таблица 10.14 D6h и D8h, поставляемые с контактором

[1)] С предохранителем Bussmann типа LPJ-SP или Gould Shawmut типа AJT. Номиналы предохранителей макс. 450 A для D6h и макс. 900 A для D8h.

[2)] Для аттестации UL в параллельных цепях должны использоваться предохранители Class J или L. Номиналы предохранителей макс. 450 A для D6h и макс. 600 A для D8h.

Рекомендуемые предохранители для E1h–E4h

Предохранители, указанные в *Таблица 10.15*, могут использоваться в схеме, способной (в зависимости от номинального напряжения преобразователя частоты) выдавать симметричный эффективный ток 100 000 A. При использовании правильных предохранителей номинальный ток короткого замыкания (SCCR) в преобразователе частоты составляет 100 000 A (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.

Входное напряжение [В]	Номер для заказа Bussmann
380–480	170M7309
525–690	170M7342

Таблица 10.15 Возможные предохранители для E1h–E4h

Bussmann	Номинальные характеристики
LPJ-21/2SP	2,5 A, 600 В

Таблица 10.16 Рекомендации по предохранителям обогревателя в корпусах E1h–E2h

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 (л. с.)]	Номинальный ток короткого замыкания (A)	Требования к защите
380–480	355–450 (500–600)	42000	Автоматический выключатель
		100000	Предохранитель Class L, 800 A
380–480	500–560 (650–750)	42000	Автоматический выключатель
		100000	Предохранитель Class L, 1200 A
525–690	450–630 (450–650)	40000	Автоматический выключатель
		100000	Предохранитель Class L, 800 A
525–690	710–800 (750–950)	42000	Автоматический выключатель
		100000	Предохранитель Class L, 1200 A

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

10.6 Двигатель

С преобразователем частоты могут использоваться любые трехфазные стандартные асинхронные двигатели.

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

Таблица 10.17 Клеммы управления двигателем, /обеспечивающие вращение по часовой стрелке (заводская настройка)

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

Проверку вращения можно выполнить с помощью параметра *параметр 1-28 Motor Rotation Check* и выполнения шагов, изображенных на *Рисунок 10.9*.

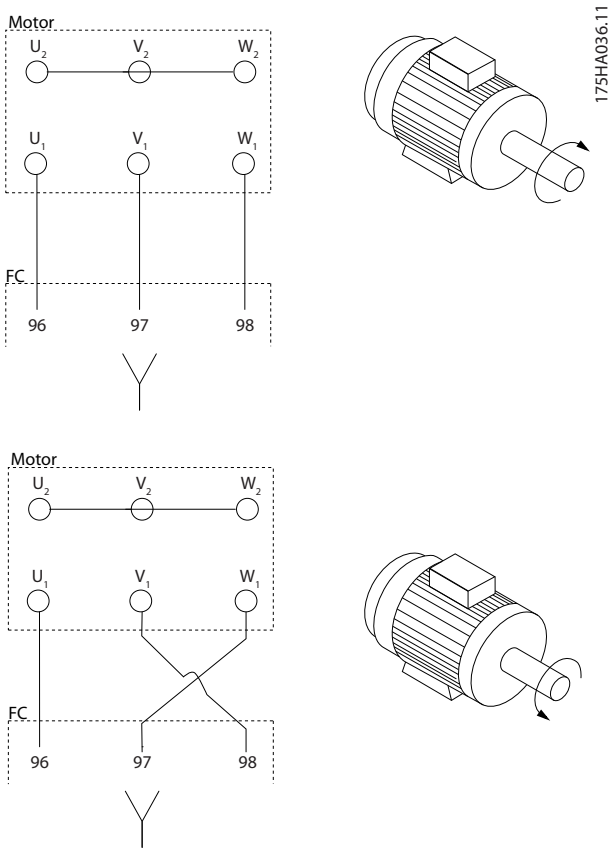


Рисунок 10.9 Изменение направления вращения двигателя

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

10.6.1 Тепловая защита двигателя

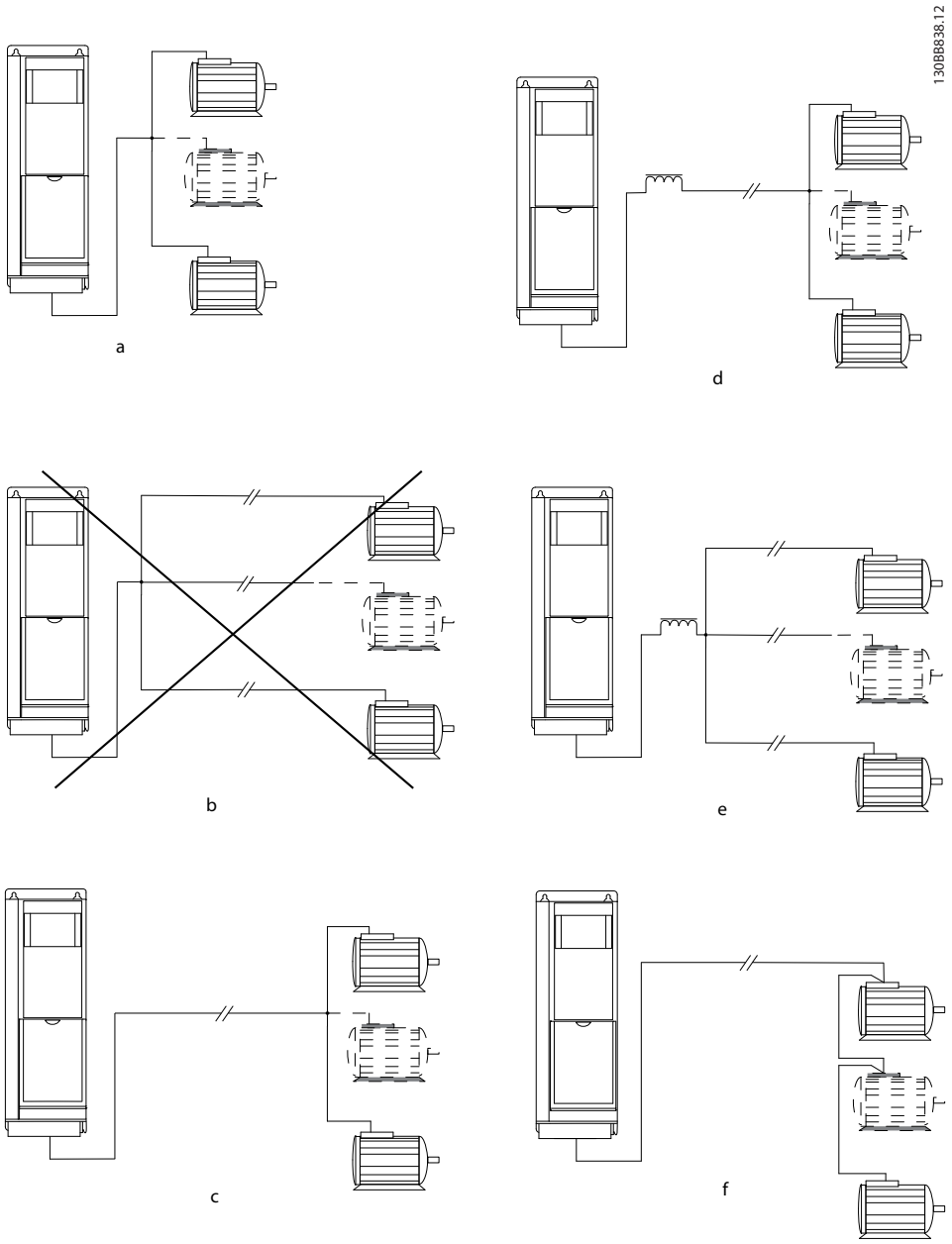
Электронное тепловое реле преобразователя частоты имеет аттестацию UL для защиты от перегрузки одного двигателя, когда для *параметр 1-90 Motor Thermal Protection* установлено значение *ЭТР: отключение*, а для *параметр 1-24 Motor Current* — значение номинального тока двигателя (см. паспортную табличку 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 Motor Thermal Protection* установлено значение *[20] ATEX ETR* и используется MCB 112, можно работать с двигателем Ex-e во взрывоопасных зонах. Подробнее о настройке электродвигателей Ex-e с целью обеспечения безопасной работы см. *руководство по программированию*.

10.6.2 Параллельное подключение двигателей

Преобразователь частоты может управлять несколькими параллельно подключенными двигателями. Различные схемы параллельного подключения двигателей см. в *Рисунок 10.10*. 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 Motor Feedback Source* использоваться не может, а параметр *параметр 1-01 Motor Control Principle* должен иметь значение *[0] U/f*.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.



A	Монтаж с кабелями, соединенными в общий жгут, как показано на A и B, 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 10.10 Различное схемы параллельного подключения двигателей

10.6.3 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 10.18*. 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 10.18 Номиналы изоляции двигателя

10.6.4 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 VLT® Brake Resistor MCE 101*.

Если величина кинетической энергии, передаваемой в резистор в каждом интервале торможения, не известна, среднюю мощность можно рассчитать на основе времени цикла и времени торможения (прерывистый рабочий цикл). Прерывистый рабочий цикл резистора показывает интервал времени, в течение которого резистор включен. На *Рисунок 10.11* показан типичный цикл торможения.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

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)

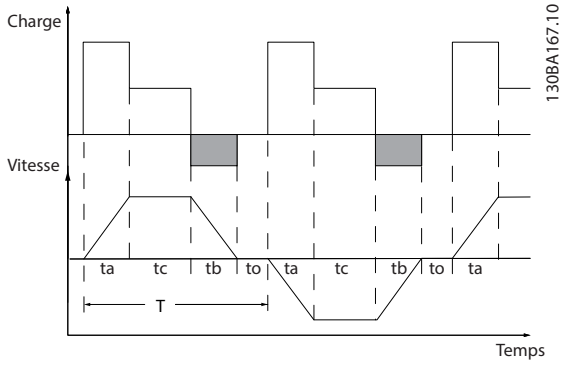


Рисунок 10.11 Типичный цикл торможения

	Модель					
	N110K	**N132**	**N160**	**N200**	**N250**	**N315**
Длительность цикла (с)	600	600	600	600	600	600
Рабочий цикл торможения при полном (100 %) крутящем моменте	Непрерывный	Непрерывный	Непрерывный	Непрерывный	Непрерывный	Непрерывный
Рабочий цикл торможения при крутящем моменте 150/160 %	10%	10%	10%	10%	10%	10%

Таблица 10.19 Тормозная способность, D1h–D8h, 380–480 В

		Модель				
		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 при перегрузке [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 при перегрузке [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 10.20 Тормозная способность, E1h–E4h, 380–480 В

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

	Модель								
	N75K	N90K	N110K	N132	N160	N200	N250	N315	N400
Длительность цикла (с)	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Рабочий цикл торможения при полном (100 %) крутящем моменте	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Рабочий цикл торможения при крутящем моменте 150/160 %	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Таблица 10.21 Тормозная способность, D1h–D8h, 525–690 В

		Модель					
		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 при перегрузке [45 °C (113 °F)]	Длительность цикла (с)	300	300	300	300	300	300
	Ток (%)	113	100	80	80	94	84
	Время торможения (с)	30	30	30	30	30	30
Торможение при номинальных условиях [25 °C (77 °F)]	Длительность цикла (с)	600	600	600	600	600	60
	Ток (%)	89	79	63	63	71	63
	Время торможения (с)	240	240	240	240	240	240
Торможение при перегрузке [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 10.22 Тормозная способность, E1h–E4h, 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. Остающиеся 90 % времени цикла используются для рассеяния избыточного тепла.

УВЕДОМЛЕНИЕ

Убедитесь, что резистор подходит для обработки требуемого времени торможения.

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

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

где

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

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

Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

Напряжение	Тормоз активен	Предупреждение перед отключением	Отключение (аварийное)
380–480 В[1)]	810 В	828 В	855 В
525–690 В	1084 В	1109 В	1130 В

Таблица 10.23 Пределы торможения FC 102

*1) * Зависит от типоразмера по мощности*

УВЕДОМЛЕНИЕ

Убедитесь, что тормозной резистор способен выдержать напряжение 410 В, 820 В, 850 В, 975 В или 1130 В. Тормозные резисторы Danfoss доступны в номиналах, подходящих для использования во всех преобразователях частоты Danfoss.

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

$$R_{рек.}\,[Ом] = \frac{U^2_{пост.\,тока}\,x\,100}{P_{двиг.}\,x\,M_{торм.,(\%)}\,x\eta_{VLT}\,x\,\eta_{двиг.}}$$

Типичное значение $\eta_{двиг.}$ равно 0,90
Типичное значение η_{VLT} равно 0,98

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

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

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

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

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

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 или пробой на землю, 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. Если не обеспечить пожаробезопасность среды, в которой установлен тормозной резистор, оборудование может быть повреждено, а персонал может получить серьезные травмы.

- **Тормозной резистор должен быть установлен в безопасном месте, недоступном для случайного контакта и вдали от легковоспламеняющихся материалов.**

10.7.2 Управление с помощью функции торможения

Для защиты тормозного резистора от перегрузки или перегрева в случае неисправности в преобразователе частоты может использоваться реле/цифровой выход. 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 или замыкания на землю в тормозном модуле или проводке. Если в тормозном IGBT происходит короткое замыкание, Danfoss рекомендует отключить тормоз.

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 Brake Power Limit (kW)*. В параметре *Параметр 2-13 Brake Power Monitoring* выбирается функция, которая будет выполняться, когда мощность, передаваемая на тормозной резистор, превысит предел, установленный в параметре *параметр 2-12 Brake Power Limit (kW)*.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

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 Over-voltage Control* 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 Motor Construction* установлено значение *[1] Неявнопо. 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

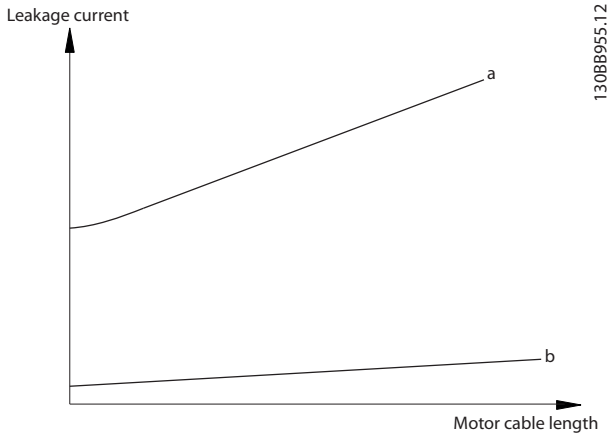


Рисунок 10.12 Влияние длины кабеля двигателя и типоразмера по мощности на ток утечки. Типоразмер по мощности a > типоразмера по мощности b

Ток утечки зависит также от линейных искажений.

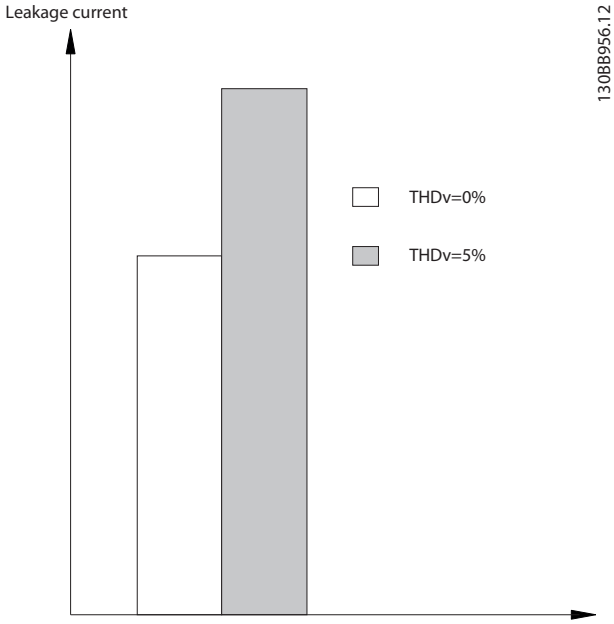


Рисунок 10.13 Влияние искажения в цепи на ток утечки

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.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

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 B, 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.

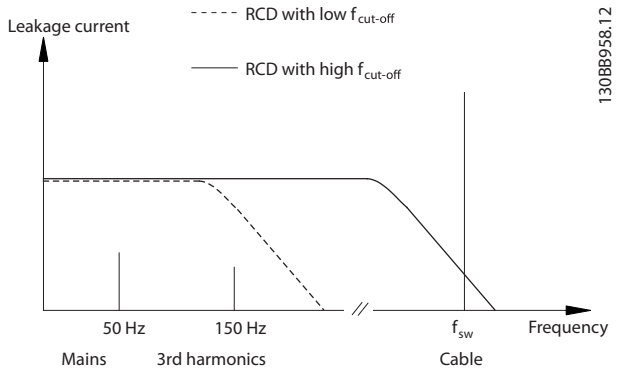


Рисунок 10.14 Основные источники тока утечки

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

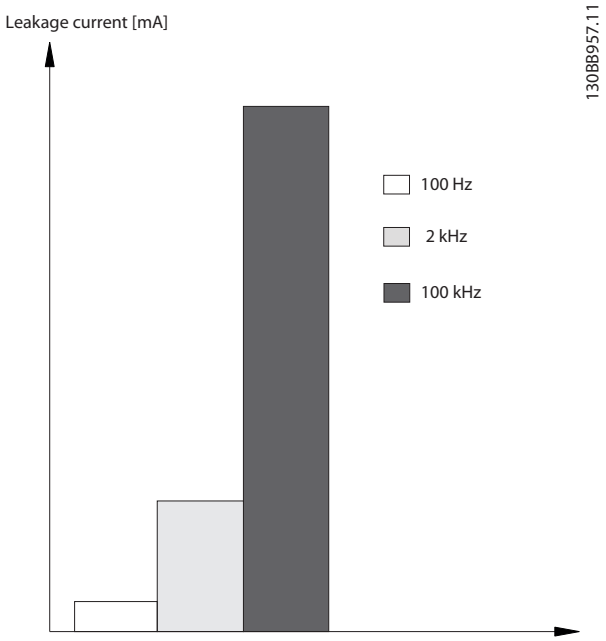


Рисунок 10.15 Влияние предельной частоты датчиков остаточного тока (RCD) на ток утечки

10.10 Сеть IT

Питание от сети, изолированной от земли

Если преобразователь частоты питается от сети, изолированной от земли (сеть IT, незаземленный треугольник или заземленный треугольник), или от сети TT/TN-S с заземленным плечом, выключатель фильтра ВЧ-помех рекомендуется перевести в положение OFF (Выкл.) с помощью *параметр 14-50 RFI Filter* на преобразователе частоты и *параметр 14-50 RFI Filter* на фильтре. Для получения дополнительной информации см. стандарт IEC 364-3. В выключенном режиме конденсаторы фильтра, подключенные между шасси и цепью постоянного тока, отключаются, чтобы избежать повреждения цепи постоянного тока и уменьшить емкостные токи на землю (в соответствии с IEC 61800-3). Если требуются оптимальные характеристики ЭМС, в случае подключенных параллельных двигателей или при длине кабеля двигателя более 25 м (82 фута), Danfoss рекомендует установить для *параметр 14-50 RFI Filter* значение [Вкл.]. См. также *Примечание к VLT® в сети IT.* Необходимо использовать датчики контроля изоляции, предназначенные для применения с силовой электроникой (IEC 61557-8).

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

10.11 КПД

КПД преобразователя частоты (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.

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

КПД несколько снижается при задании частоты коммутации выше 5 кГц. КПД 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 10.16*. 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* .

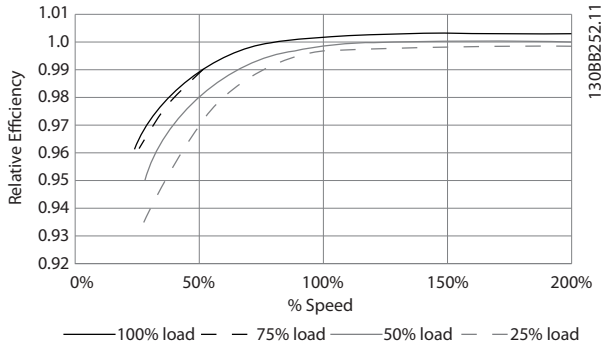


Рисунок 10.16 Типичные кривые КПД

Пример: Предположим наличие преобразователя частоты со следующими характеристиками: 160 кВт, 380–480 В переменного тока, нагрузка 25 %, скорость 50 %. На *Рисунок 10.16* показано 0,97 — номинальный КПД для преобразователя частоты с мощностью 160 кВт составляет 0,98. Фактический КПД равен: 0,97 x 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 10.24*.

Размер корпуса	Шум при полной скорости вентилятора [дБА]
D1h/D3h/D5h/D6h	73
D2h/D4h/D7h/D8h	75
E1h–E4h	80

Таблица 10.24 Акустический шум

10

Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

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.*

10

При переключении транзистора в инверторном мосте напряжение на двигателе увеличивается со скоростью dU/dt, зависящей от кабеля двигателя (типа, сечения, длины, наличия или отсутствия экранирования) и 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. При малой длине кабеля (несколько метров) время нарастания и пиковое напряжение уменьшаются. 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 60034-25:2007 (ред. 2.0) в части, касающейся двигателей, сконструированных для управления посредством преобразователей частоты. Преобразователь частоты соответствует также IEC 60034-17:2006 (ред. 4) в части, касающейся обычных двигателей, управляемых преобразователями частоты.

Диапазон высокой мощности

Типоразмеры по мощности, перечисленные в таблицах с *Таблица 10.25* по *Таблица 10.36*, при соответствующих напряжениях сети удовлетворяют требованиям IEC 60034-17:2006 (ред. 4) в части, касающейся обычных двигателей, управляемых преобразователями частоты, IEC 60034-25:2007 (ред. 2.0) 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 10.25* по *Таблица 10.36*, не соответствуют требованиям, предъявляемым к двигателям общего назначения в NEMA MG 1-1998, часть 30.2.2.8.

10.13.1 Результаты испытания dU/dt для корпусов D1h–D8h

Результаты испытания для 380–480 В

Мощность [кВт (л. с.)]	Длина кабеля [м (фут)]	Напряжение сети [В]	Время нарастания [мкс]	Пиковое напряжение [В]	dU/dt [В/мкс]
110–160 (150–250)	30 (98)	500	0,26	1180	2109
	150 (492)	500	0,21	1423	3087
	300 (984)	500	0,56	1557	1032
200–315 (300–450)	30 (98)	500	0,63	1116	843
	150 (492)	500	0,80	1028	653
	300 (984)	500	0,71	835	651

Таблица 10.25 Результаты испытания dU/dt по стандарту NEMA для корпусов D1h–D8h с неэкранированными кабелями и без использования выходного фильтра, 380–480 В

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

Мощность [кВт (л. с.)]	Длина кабеля [м (фут)]	Напряжение сети [В]	Время нарастания [мкс]	Пиковое напряжение [В]	dU/dt [В/мкс]
110–160 (150–250)	30 (98)	500	0,71	1180	1339
	150 (492)	500	0,76	1423	1497
	300 (984)	500	0,91	1557	1370
200–315 (300–450)	30 (98)	500	1,10	1116	815
	150 (492)	500	2,53	1028	321
	300 (984)	500	1,29	835	517

Таблица 10.26 Результаты испытания dU/dt по стандарту IEC для корпусов D1h–D8h 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]
110–160 (150–250)	30 (98)	500	–	–	–
	150 (492)	500	0,28	1418	2105
	300 (984)	500	0,21	1530	2450
200–315 (300–450)	30 (98)	500	–	–	–
	150 (492)	500	0,23	1261	2465
	300 (984)	500	0,96	1278	597

Таблица 10.27 Результаты испытания dU/dt по стандарту NEMA для корпусов D1h–D8h 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]
110–160 (150–250)	30 (98)	500	–	–	–
	150 (492)	500	0,66	1418	1725
	300 (984)	500	0,96	1530	1277
200–315 (300–450)	30 (98)	500	–	–	–
	150 (492)	500	0,56	1261	1820
	300 (984)	500	0,78	1278	1295

Таблица 10.28 Результаты испытания dU/dt по стандарту IEC для корпусов D1h–D8h с экранированными кабелями и без использования выходного фильтра, 380–480 В

Результаты испытания для 525–690 В

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

Мощность [кВт (л. с.)]	Длина кабеля [м (фут)]	Напряжение сети [В]	Время нарастания [мкс]	Пиковое напряжение [В]	dU/dt [В/мкс]
75–160 (75–200)	30 (98)	690	–	–	–
	150 (492)	690	1,11	2135	1535
	300 (984)	690	1,28	2304	1433
200–400 (250–400)	30 (98)	690	–	–	–
	150 (492)	690	0,42	996	1885
	300 (984)	690	1,38	2163	1253

Таблица 10.29 Результаты испытания dU/dt по стандарту IEC для корпусов D1h–D8h с неэкранированными кабелями и без использования выходного фильтра, 525–690 В

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

Мощность [кВт (л. с.)]	Длина кабеля [м (фут)]	Напряжение сети [В]	Время нарастания [мкс]	Пиковое напряжение [В]	dU/dt [В/мкс]
75–160 (75–200)	30 (98)	690	–	–	–
	150 (492)	690	1,03	2045	1590
	300 (984)	690	1,41	2132	1217
200–400 (250–400)	30 (98)	690	–	–	–
	150 (492)	690	1,00	2022	1617
	300 (984)	690	1,15	2097	1459

Таблица 10.30 Результаты испытания dU/dt по стандарту IEC для корпусов D1h–D8h с экранированными кабелями и без использования выходного фильтра, 525–690 В

10.13.2 Результаты испытания dU/dt для корпусов E1h–E4h

Результаты испытания для 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 10.31 Результаты 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 10.32 Результаты 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

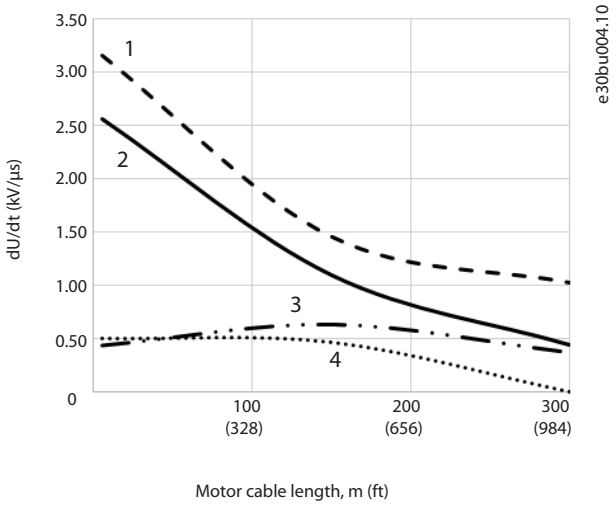
Таблица 10.33 Результаты испытания dU/dt по стандарту NEMA для корпусов E1h–E4h с экранированными кабелями и без использования выходного фильтра, 380–480 В

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

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

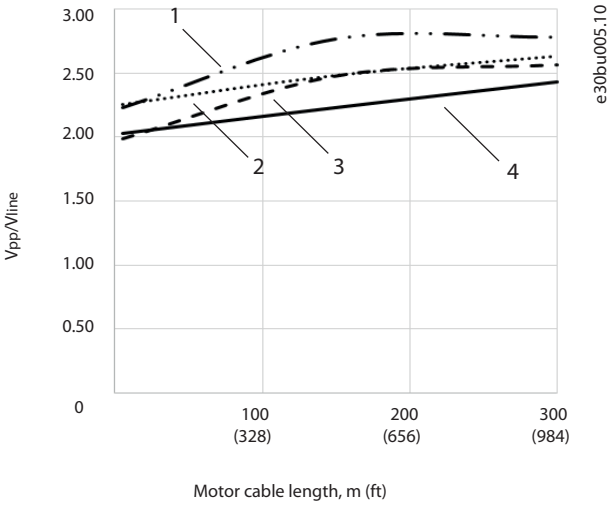
Таблица 10.34 Результаты испытания dU/dt по стандарту IEC для корпусов E1h–E4h с экранированными кабелями и без использования выходного фильтра, 380–480 В

На *Рисунок 10.17— Рисунок 10.20* показана типичная скорость нарастания напряжения и пиковые напряжения на клеммах двигателя для экранированных и неэкранированных кабелей в различных конфигурациях. Эти значения верны для работы в установившемся режиме и в диапазоне эффективного входного напряжения преобразователя частоты V_{line}. Когда преобразователь частоты работает в режиме торможения, напряжение промежуточной цепи постоянного тока увеличивается на 20 %. Этот эффект аналогичен увеличению напряжения сети на 20 %. Учитывайте это увеличение напряжения при анализе изоляции двигателя для систем торможения.



1	Неэкранированный кабель без фильтра
2	Экранированный кабель без фильтра
3	Неэкранированный кабель с фильтром dU/dt
4	Экранированный кабель с фильтром dU/dt

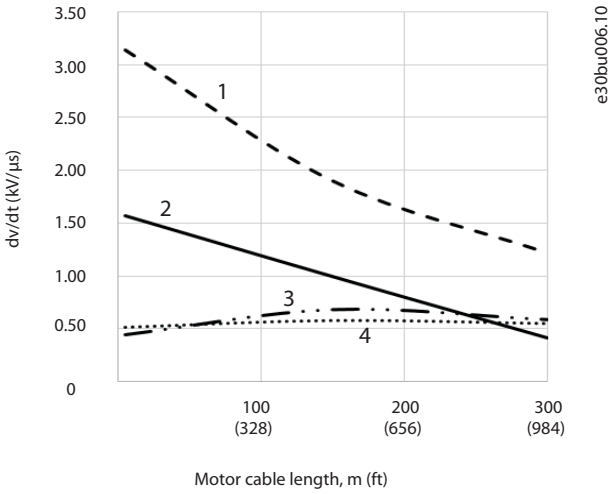
Рисунок 10.17 dU/dt на клеммах двигателя для корпусов E1h/E3h, 380–480 В



1	Неэкранированный кабель с фильтром dU/dt
2	Экранированный кабель с фильтром dU/dt
3	Экранированный кабель без фильтра
4	Неэкранированный кабель без фильтра

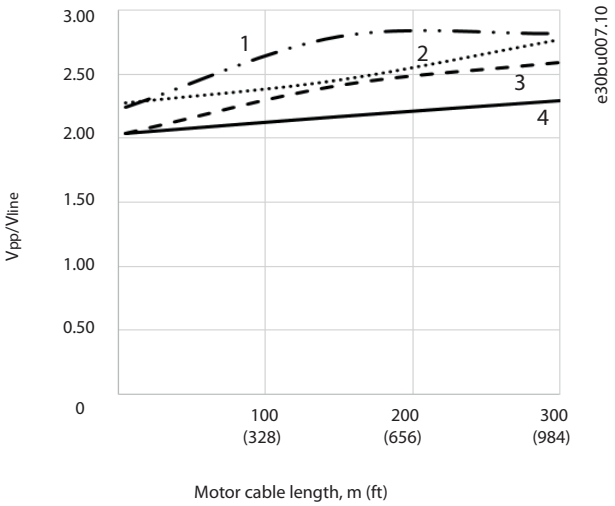
Рисунок 10.18 Пиковые напряжения на клеммах двигателя для корпусов E1h/E3h, 380–480 В

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.



1	Экранированный кабель без фильтра
2	Неэкранированный кабель без фильтра
3	Неэкранированный кабель с фильтром dU/dt
4	Экранированный кабель с фильтром dU/dt

Рисунок 10.19 Пиковые напряжения на клеммах двигателя для корпусов E2h/E4h, 380–480 В



1	Неэкранированный кабель с фильтром dU/dt
2	Экранированный кабель с фильтром dU/dt
3	Экранированный кабель без фильтра
4	Неэкранированный кабель без фильтра

Рисунок 10.20 Пиковые напряжения на клеммах двигателя для корпусов E2h/E4h, 380–480 В

10

Результаты испытания для 525–690 В

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

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 10.35 Результаты 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

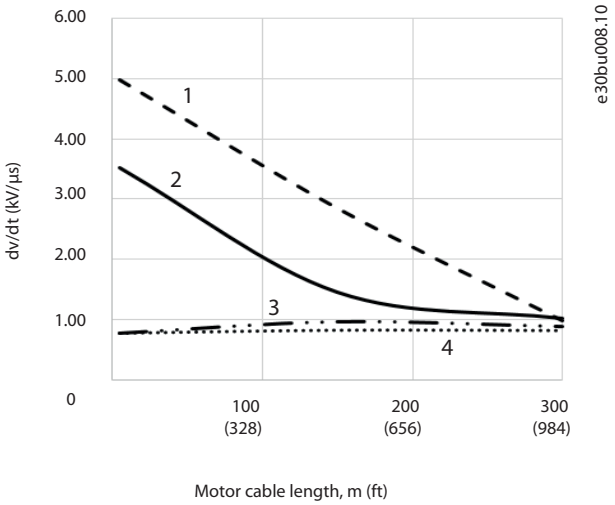
Таблица 10.36 Результаты испытания dU/dt по стандарту IEC для корпусов E1h–E4h с экранированными кабелями и без использования выходного фильтра, 525–690 В

На *Рисунок 10.21— Рисунок 10.24* показана типичная скорость нарастания напряжения и пиковые напряжения на клеммах двигателя для экранированных и неэкранированных кабелей в различных конфигурациях.

Эти значения верны для работы в установившемся режиме и в диапазоне эффективного входного напряжения преобразователя частоты V_{line}. Когда преобразователь частоты работает в режиме торможения, напряжение

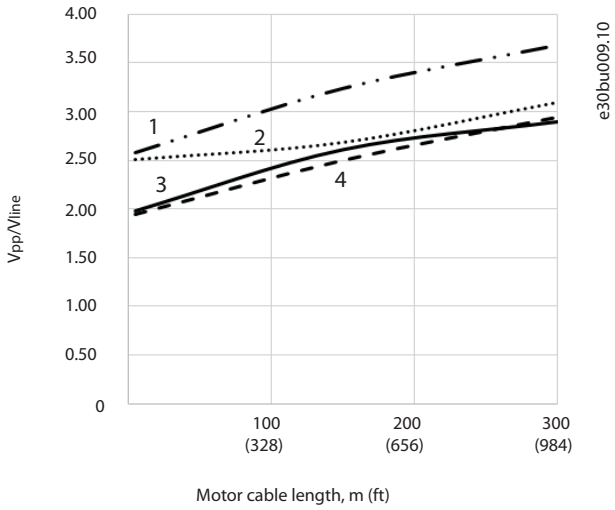
 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

промежуточной цепи постоянного тока увеличивается на 20 %. Этот эффект аналогичен увеличению напряжения сети на 20 %. Учитывайте это увеличение напряжения при анализе изоляции двигателя для систем торможения.



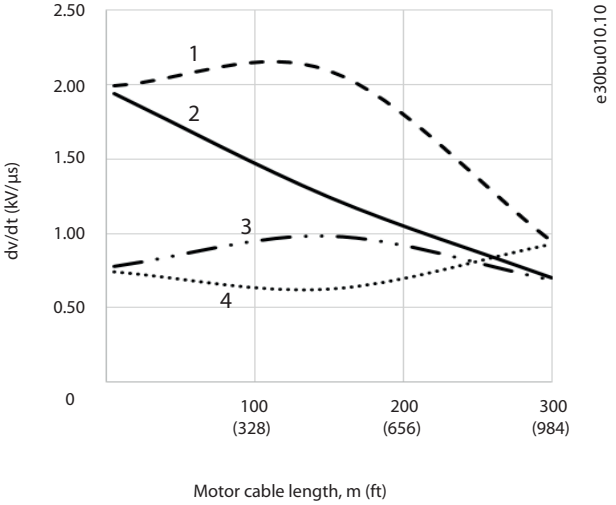
1	Неэкранированный кабель без фильтра
2	Экранированный кабель без фильтра
3	Неэкранированный кабель с фильтром dU/dt
4	Экранированный кабель с фильтром dU/dt

Рисунок 10.21 dU/dt на клеммах двигателя для корпусов E2h/E4h, 525–690 В



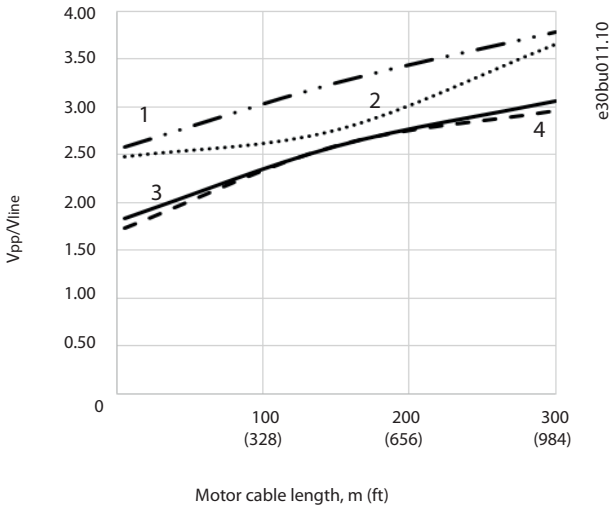
1	Неэкранированный кабель с фильтром dU/dt
2	Экранированный кабель с фильтром dU/dt
3	Экранированный кабель без фильтра
4	Неэкранированный кабель без фильтра

Рисунок 10.22 Пиковые напряжения на клеммах двигателя для корпусов E2h/E4h, 525–690 В



1	Экранированный кабель без фильтра
2	Неэкранированный кабель без фильтра
3	Неэкранированный кабель с фильтром dU/dt
4	Экранированный кабель с фильтром dU/dt

Рисунок 10.23 Пиковые напряжения на клеммах двигателя для корпусов E2h/E4h, 525–690 В



1	Неэкранированный кабель с фильтром dU/dt
2	Экранированный кабель с фильтром dU/dt
3	Экранированный кабель без фильтра
4	Неэкранированный кабель без фильтра

Рисунок 10.24 Пиковые напряжения на клеммах двигателя для корпусов E2h/E4h, 525–690 В

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

10.14 Обзор требований электромагнитной совместимости (ЭМС)

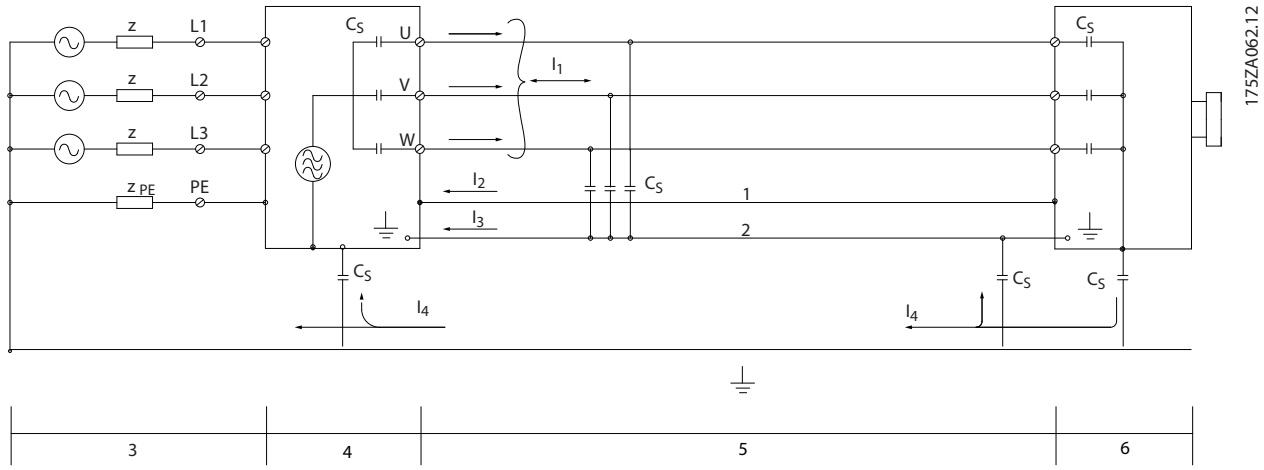
Электрические устройства и формируют помехи, и сами подвергаются воздействию помех, возникших в других источниках. Электромагнитная совместимость (ЭМС) таких эффектов зависит от мощности и гармонических характеристик этих устройств.

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 10.25*. Экранированные кабели двигателя имеют более высокую емкость между фазовыми проводами и экраном и между экраном и землей. Эта дополнительная емкость кабеля вместе с другой паразитной емкостью и индуктивностью двигателя изменяет уровень электромагнитного излучения, создаваемого устройством. Изменение уровня происходит главным образом в электромагнитном излучении на частотах менее 5 МГц. Поскольку ток утечки (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	I_1	Синфазный ток утечки
3	Питание от сети перем. тока	I_2	Экранированный кабель двигателя
4	Преобразователь частоты	I_3	Защитное заземление (четвертый провод в кабелях подключения двигателя)
5	Экранированный кабель двигателя	I_4	Нежелательный синфазный ток
6	Двигатель	–	–

Рисунок 10.25 Электрическая модель с возможными токами утечки

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

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		**Кондуктивные помехи**			**Излучаемые помехи**		
Стандарты/ требования	**EN 55011**	**Класс B** Жилищно-коммунальные объекты, предприятия торговли и легкой промышленности	**Класс A, группа 1** Промышленные условия	**Класс A, группа 2** Промышленные условия	**Класс B** Жилищно-коммунальные объекты, предприятия торговли и легкой промышленности	**Класс A, группа 1** Промышленные условия	**Класс A, группа 2** Промышленные условия
	EN/IEC 61800-3	**Категория C1** Условия эксплуатации 1 (жилище и офис)	**Категория C2** Условия эксплуатации 1 (жилище и офис)	**Категория C3** Условия эксплуатации 2 (промышленные)	**Категория C1** Условия эксплуатации 1 (жилище и офис)	**Категория C2** Условия эксплуатации 1 (жилище и офис)	**Категория C3** Условия эксплуатации 1 (жилище и офис)
H2							
FC 202	110–560 кВт 380–480 В	Нет	Нет	150 м (492 фута)	Нет	Нет	Да
	90–800 кВт 525–690 В	Нет	Нет	150 м (492 фута)	Нет	Нет	Да
H4							
FC 202	110–560 кВт 380–480 В	Нет	150 м (492 фута)	150 м (492 фута)	Нет	Да	Да
	90–800 кВт 525–690 В	–	–	–	–	–	–

Таблица 10.37 Результаты испытаний на ЭМС (излучение помех и помехоустойчивость)

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 10.38*.

Преобразователи частоты соответствуют описанным в IEC/EN 61800-3 (2004)+AM1 (2011), категория C3, требованиям к ЭМС для оборудования, потребляющего ток более 100 A на фазу и установленного во вторых условиях эксплуатации. Проверка соответствия выполнена с использованием экранированного кабеля двигателя длиной 150 м (492 фута).

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

Категория (EN 61800-3)	Определение	Кондуктивные помехи (EN 55011)
C1	Преобразователи частоты с напряжением питания ниже 1000 В для работы в первых условиях эксплуатации (в жилых помещениях и в офисах).	Класс B
C2	Преобразователи частоты с напряжением питания ниже 1000 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 A, группа 1
C3	Преобразователи частоты с напряжением питания ниже 1000 В для работы во вторых условиях эксплуатации (производственная среда).	Класс A, группа 2
C4	Вторые условия эксплуатации со следующими характеристиками: • Напряжение питания, равное или превышающее 1000 В. • Номинальный ток, равный или превышающий 400 А. • Предназначенные для использования в сложных системах.	Ограничительный предел отсутствует. Требуется планирование соответствия требованиям ЭМС.

Таблица 10.38 Требования по излучению

Если используются базовые стандарты на излучение, преобразователи частоты должны соответствовать *Таблица 10.39*.

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 B
Вторые условия эксплуатации (производственная среда)	Стандарт на излучение EN/IEC 61000-6-4 для производственной среды.	Класс A, группа 1

Таблица 10.39 Пределы согласно базовым стандартам на излучение

10

10.14.3 Требования к помехоустойчивости

Требования к помехоустойчивости для преобразователей частоты зависят от условий эксплуатации. Требования для производственной среды являются более высокими, нежели требования для среды в жилых помещениях или офисах. Все преобразователи частоты Danfoss соответствуют требованиям для работы как в производственной среде, так и в жилых помещениях и офисах.

Для подтверждения устойчивости к влиянию переходных процессов были проведены следующие испытания преобразователя частоты (с дополнительными устройствами, если они существенны), с использованием экранированного кабеля управления, блока управления с потенциометром, кабеля двигателя и двигателя. Испытания проводились в соответствии со следующими базовыми стандартами. Подробнее см. *Таблица 10.40*.

- **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.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

- **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	**B**	**B**	**B**	**A**	**A**
Сеть	4 кВ CM	2 кВ/2 Ом DM 4 кВ/12 Ом CM	–	–	10 В (эфф.)
Двигатель	4 кВ CM	4 кВт/2 Ом[1)]	–	–	10 В (эфф.)
Тормоз	4 кВ CM	4 кВт/2 Ом[1)]	–	–	10 В (эфф.)
Разделение нагрузки	4 кВ CM	4 кВт/2 Ом[1)]	–	–	10 В (эфф.)
Цепи управления	2 кВ CM	2 кВ/2 Ом[1)]	–	–	10 В (эфф.)
Стандартная шина	2 кВ CM	2 кВ/2 Ом[1)]	–	–	10 В (эфф.)
Провода реле	2 кВ CM	2 кВ/2 Ом[1)]	–	–	10 В (эфф.)
Дополнительные устройства для системы и периферийной шины	2 кВ CM	2 кВ/2 Ом[1)]	–	–	10 В (эфф.)
Кабель для LCP	2 кВ CM	2 кВ/2 Ом[1)]	–	–	10 В (эфф.)
Внешнее питание 24 В пост. тока	2 В CM	0,5 кВ/2 Ом DM 1 кВ/12 Ом CM	–	–	10 В (эфф.)
Корпус	–	–	8 кВ AD 6 кВ CD	10 В/м	–

Таблица 10.40 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; CM: 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 жилых районах это изделие может стать причиной радиопомех, и этом в случае может потребоваться принятие соответствующих мер защиты.

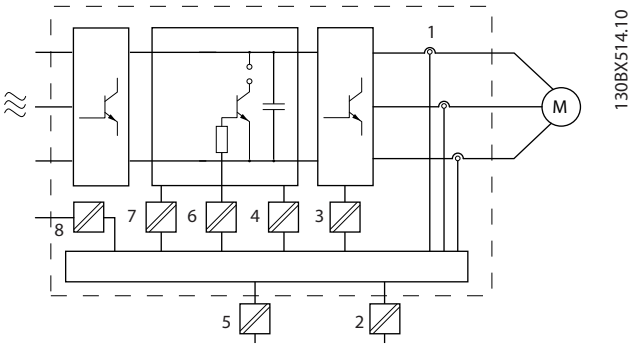
Соответствие требованиям PELV и гальванической развязки

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 10.26*). Описанные компоненты соответствуют требованиям PELV и гальванической развязки.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.



1	Преобразователи тока
2	Гальваническая развязка для стандартного интерфейса шины RS485.
3	Плата приводов 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 10.26 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 10.27*.

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 плиту. 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

Используйте экранированные кабели для подключения двигателя и устройств управления. Прокладывайте кабель сети питания, кабель двигателя и кабели управления отдельно друг от друга. Несоблюдение требований к изоляции этих кабелей 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).

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

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.

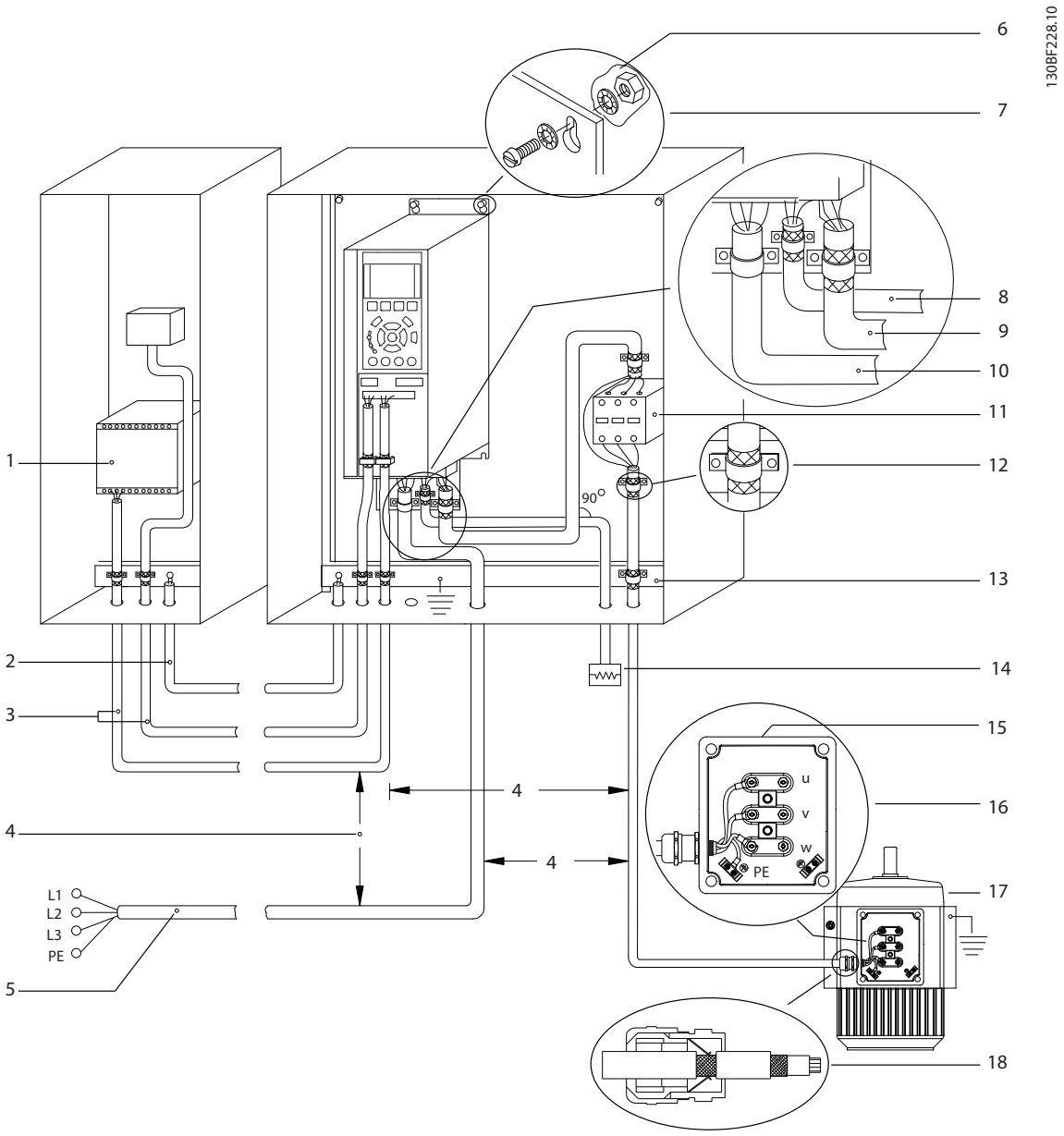
При установке на большой (выше 2000 м (6500 футов)) высоте над уровнем моря обратитесь в Danfoss относительно требований PELV.

УВЕДОМЛЕНИЕ

СООТВЕТСТВИЕ PELV

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

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.



1	PLC	10	Кабель сети питания (неэкранированный)
2	Уравнительный кабель сечением минимум 16 мм² (6 AWG)	11	Выходной контактор
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	Звездообразные шайбы	16	Подключение к двигателю
8	Кабель тормоза (экранированный)	17	Двигатель
9	Кабель двигателя (экранированный)	18	Кабельное уплотнение, соответствующее требованиям ЭМС

Рисунок 10.27 Пример правильной установки в соответствии с требованиями ЭМС

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

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 10.41 Сокращения, относящиеся к гармоникам

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

Таблица 10.42 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

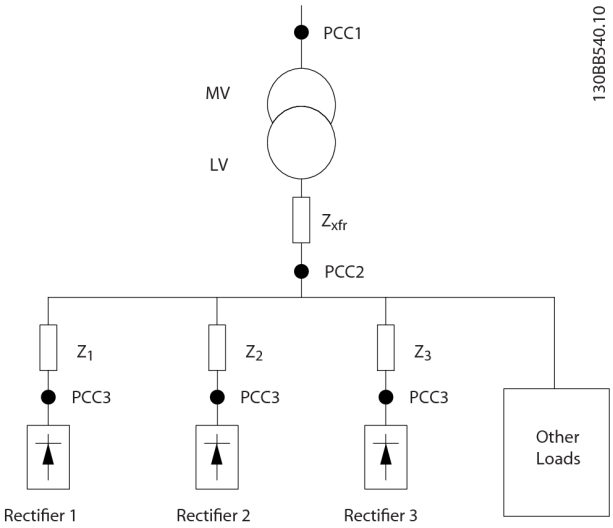
Таблица 10.43 Токи гармоник в сравнении с эффективным значением входногоТок

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:

$$THDi = \frac{\sqrt{U25 + U27 + ... + U2n}}{U}$$

10.16.2 Влияние гармоник в системе распределения мощности

На *Рисунок 10.28* 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 10.28 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,

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

невозможно предсказать искажение напряжения в PCC. Чтобы предсказать искажение в PCC, 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 PCC ($S_{к.з.}$) и номинальной кажущейся мощностью нагрузки ($S_{оборуд.}$). ($S_{оборуд.}$).$R_{sce} = \frac{S_{к.з.}}{S_{оборуд.}}$

где $S_{к.з.} = \frac{U^2}{Z_{питания}}$ 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

10

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 10.44 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 (PCC) 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 токов. В ситуациях, когда общее гармоническое искажение THD(V) = 8 %, предельные значения для PCC 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 (PCC) 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.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

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 $Vk_{линии}$ < 10 %).

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 10.45 Уровни совместимости для гармоник

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

Таблица 10.46 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® Low Harmonic Drives
- VLT® Advanced Harmonic Filters
- VLT® Advanced Active Filters

Выбор решения зависит от нескольких факторов.

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

10.16.6 Расчет гармоник

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

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

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.

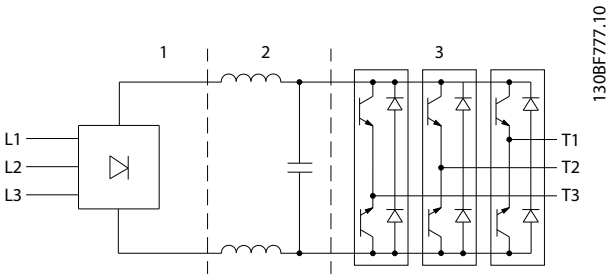
Преобразователь частоты функционально можно разделить на следующие четыре основные области:

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.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

Активное задание

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

Подробнее см. *руководство по программированию*.

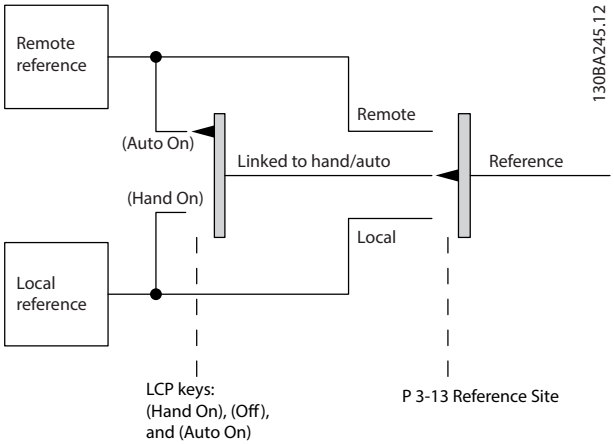


Рисунок 11.2 Выбор активного задания

Кнопки LCP	*Параметр 3-13 Reference Site*	Активное задание
[Hand On] (Ручной режим)	Связанное Ручн/Авто	Местное
[Hand On] (Ручн. режим)⇒(Off (Выкл.))	Связанное Ручн/Авто	Местное
[Auto On] (Автоматический режим)	Связанное Ручн/Авто	Дистанционное
[Auto On] (Автом. режим)⇒(Off (Выкл.))	Связанное Ручн/Авто	Дистанционное
Все кнопки	Местное	Местное
Все кнопки	Дистанционное	Дистанционное

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:

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

где X — внешнее задание, предустановленное задание или сумма этих заданий, а Y — *параметр 3-14 Preset Relative Reference* в [%].

Если значение Y, *параметр 3-14 Preset Relative Reference*, установлено равным 0 %, функция масштабирования на задание действовать не будет.

11

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

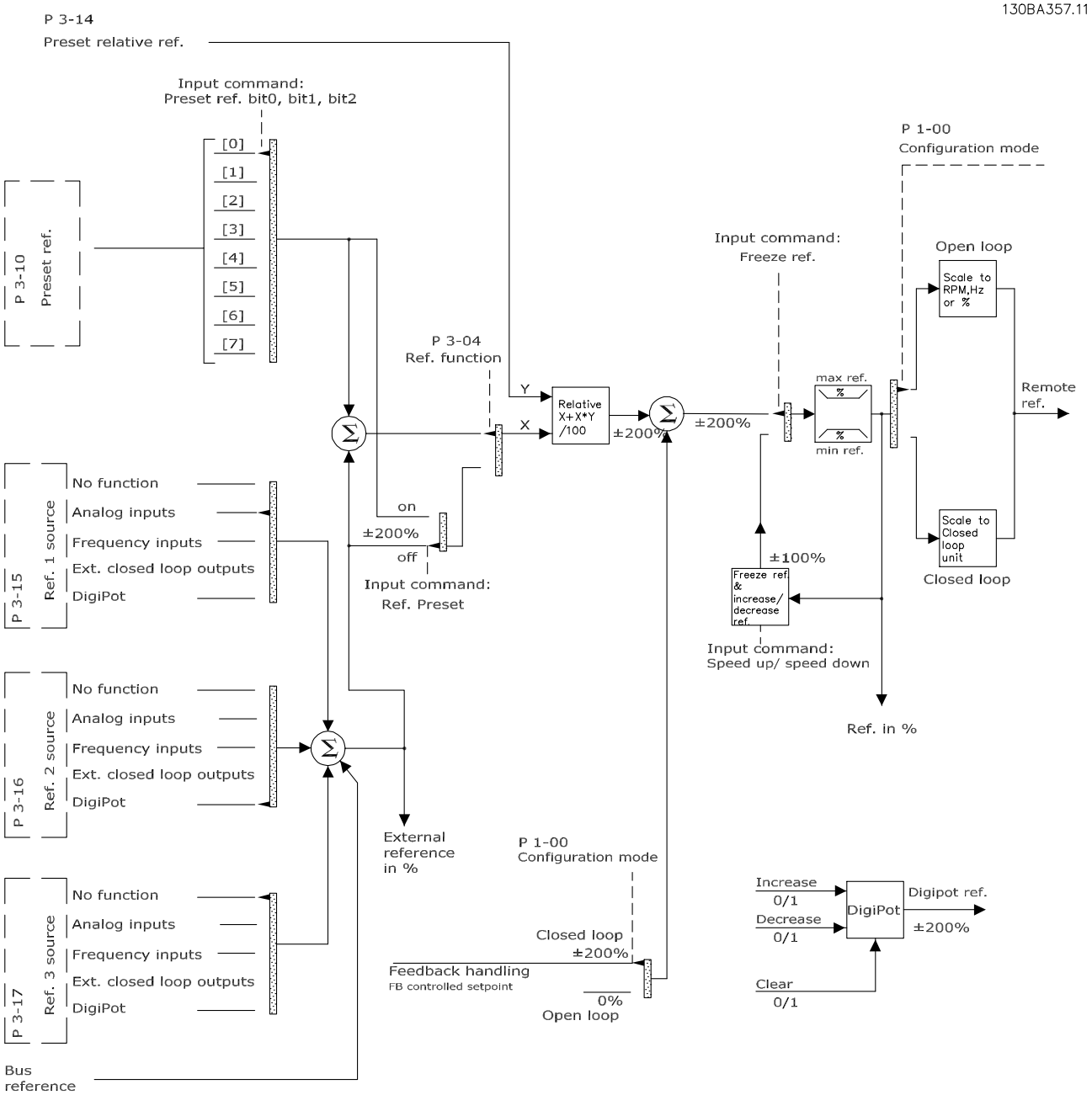


Рисунок 11.3 Дистанционное формирование задания

11

11.2.3 Формирование обратной связи

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

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

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

Несколько зон (уставка/обратная связь)
Скоростью преобразователя частоты управляет пара уставка/сигнал обратной связи с наибольшей разностью. Максимальное значение стремится поддерживать все зоны на уровне или ниже соответствующих уставок, а 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).

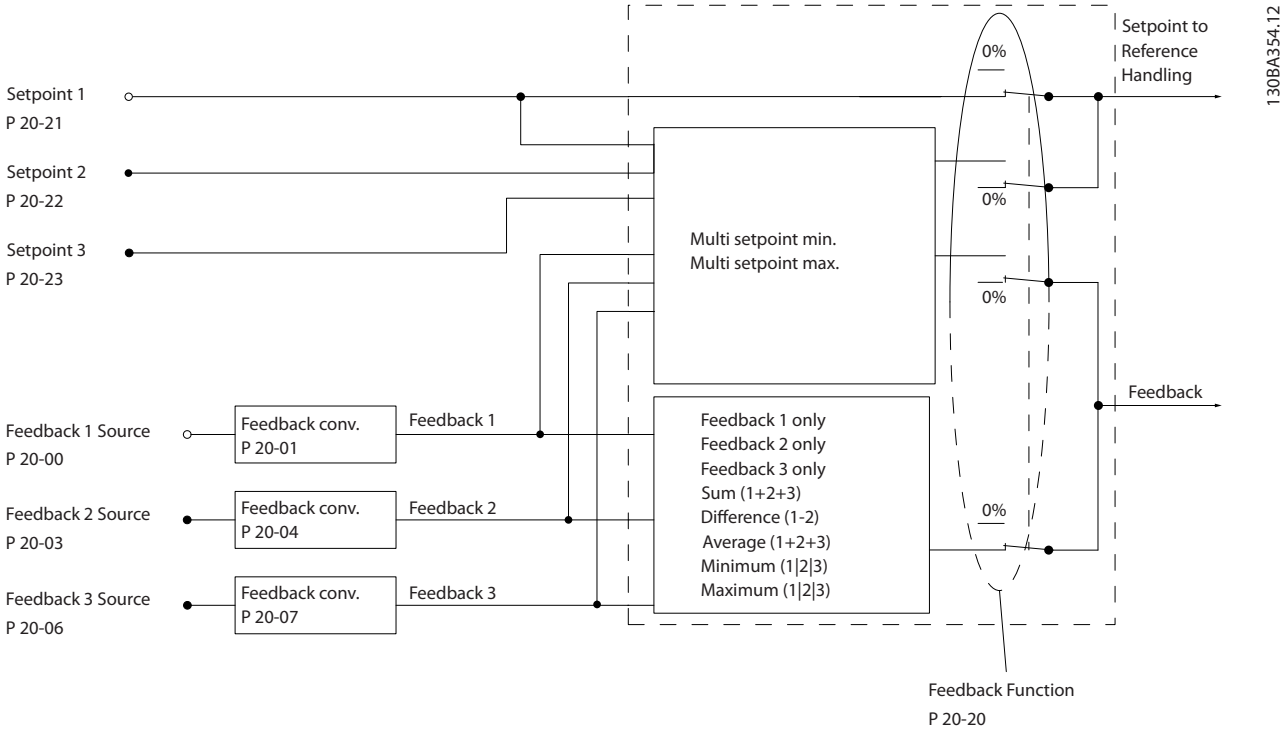


Рисунок 11.4 Блок-схема обработки сигнала обратной связи

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*.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

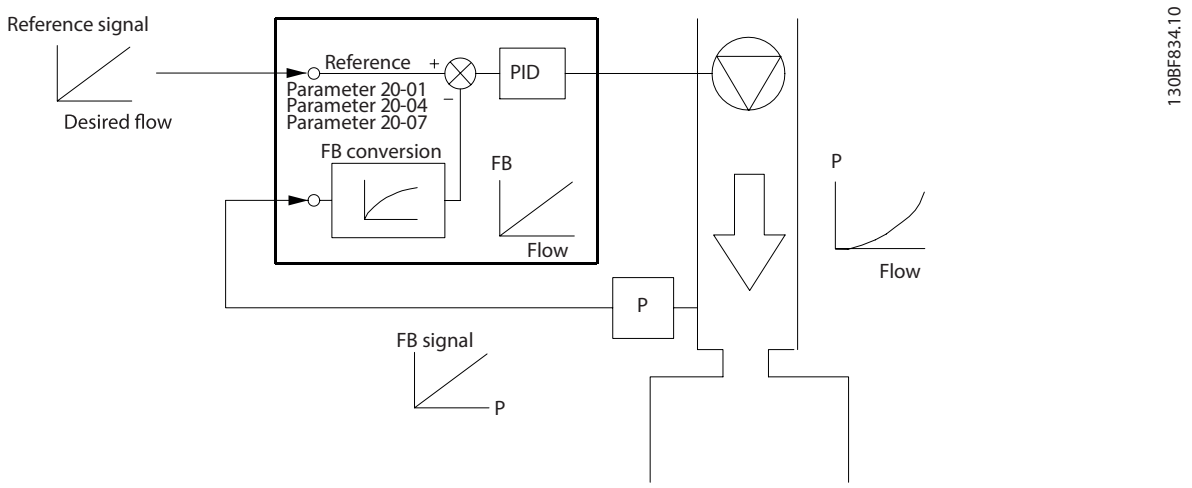


Рисунок 11.5 Преобразование обратной связи

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 Configuration Mode*.

Возможно использование следующих структур управления:

Структура управления с разомкнутым контуром

- Скорость вращения (об/мин)
- Усилие при затяжке (Н·м)

Структура управления с замкнутым контуром

- Скорость вращения (об/мин)
- Усилие при затяжке (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*.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

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.

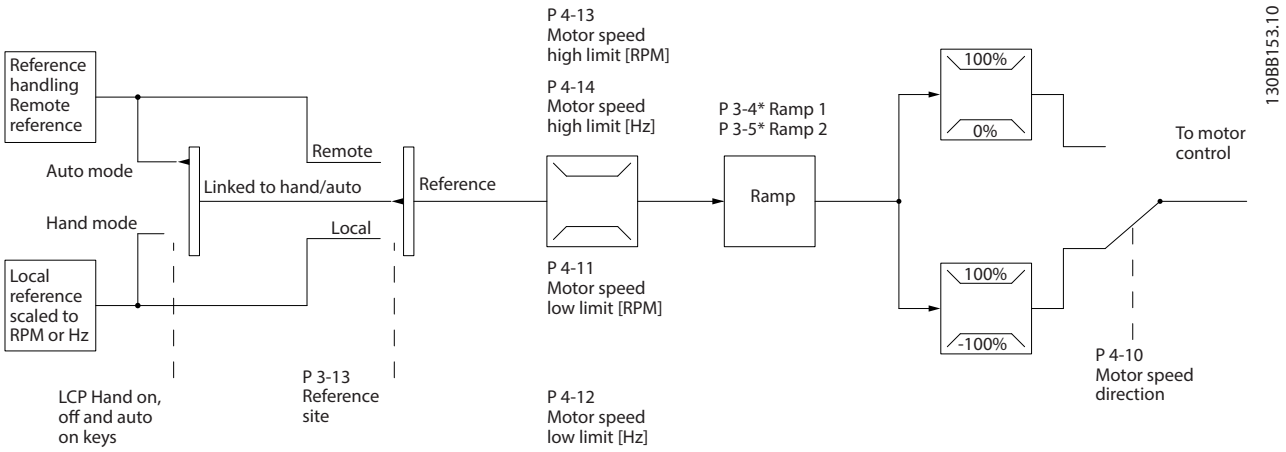


Рисунок 11.6 Блок-схема структуры управления с разомкнутым контуром

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

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

выбирает, какой вход следует использовать в качестве обратной связи ПИД-регулятора скорости в *параметр 7-00 Speed PID Feedback Source*.

- 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 Configuration Mode* — 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 Speed Limit Factor Source*. Для использования функции регулирования крутящего момента рекомендуется провести процедуру полной ААД, поскольку правильные данные двигателя чрезвычайно важны для оптимальной работы.
- Управление технологическим процессом. Используется для регулирования параметров применения, измеряемых различными датчиками (например, датчиком давления, температуры, расхода) и корректируемых подключенным двигателем с помощью насоса или вентилятора.

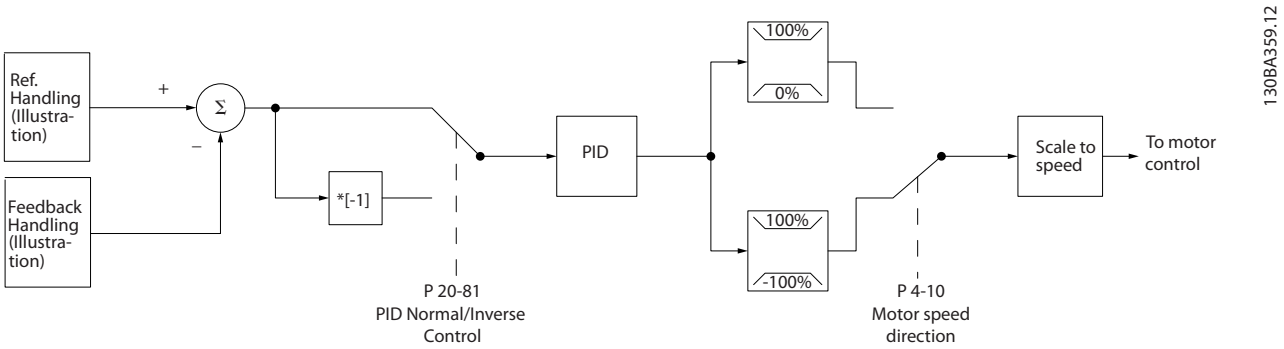


Рисунок 11.7 Блок-схема регулятора с замкнутым контуром

11

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.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

11.2.7.1 Структура управления в VVC+

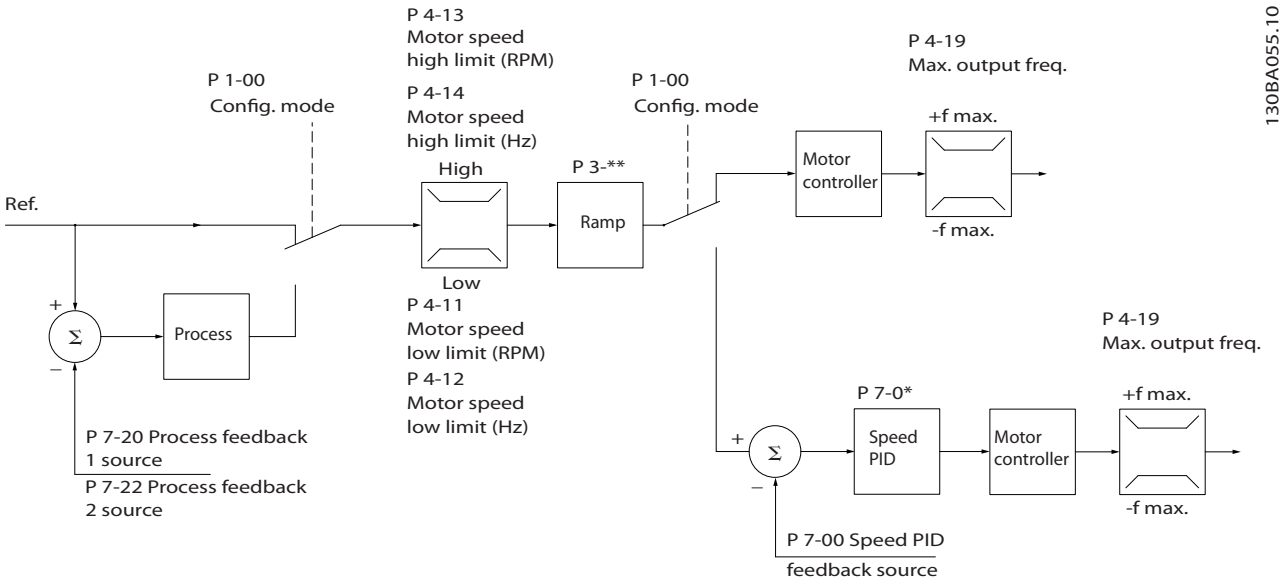


Рисунок 11.8 Структура управления в режиме VVC+ для конфигураций с разомкнутым и замкнутым контуром

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 Motor Control Principle* установлено значение *[1] VVC+*, а для *параметр 1-00 Configuration Mode* — значение *[0] Ск-сть, без обр. св.* Если параметр *параметр 1-00 Configuration Mode* 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 Configuration Mode*. Параметры ПИД-регулятора процесса находятся в *группах параметров 7-2* ОС д/управл. проц.)* и *7-3* Упр.ПИД-рег.проц.*

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

11.2.7.2 Структура управления в режиме регулирования магнитного потока без датчика

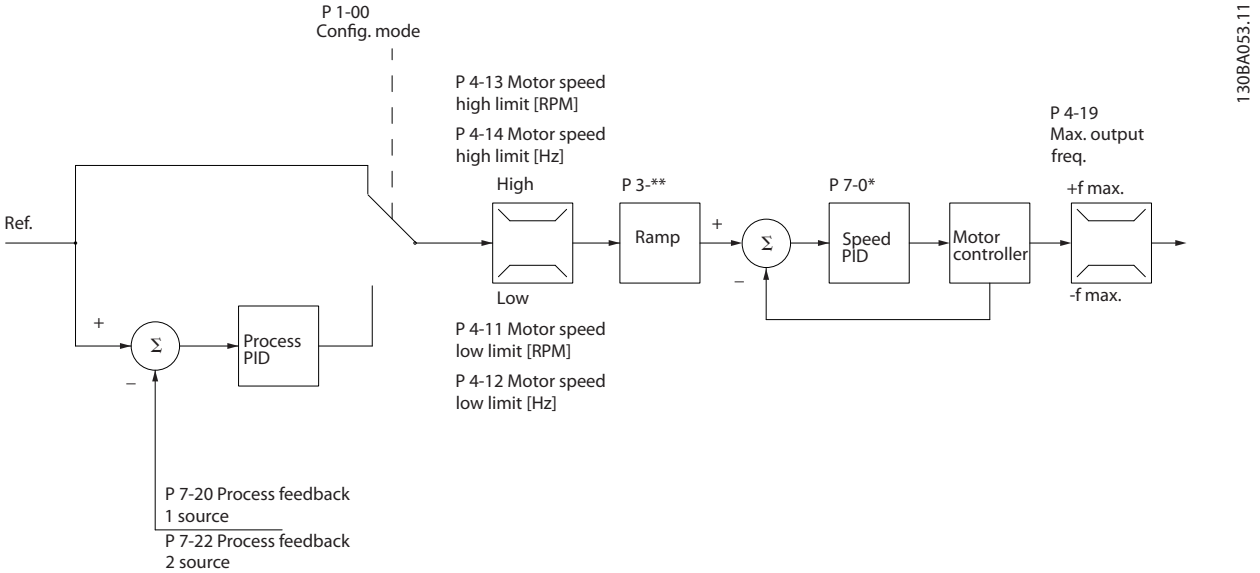


Рисунок 11.9 Структура управления в режиме регулирования магнитного потока без датчика для конфигураций с разомкнутым и замкнутым контуром

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 Motor Control Principle* имеет значение *[2] Flux без датчика*, а *параметр 1-00 Configuration Mode* — 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 Configuration Mode*, чтобы использовать ПИД-регулятор процесса для регулирования с обратной связью в управляемой системе. Параметры ПИД-регулятора процесса находятся в *группах параметров 7-2* ОС д/управл. проц.)* и *7-3* Упр.ПИД-рег.проц.*

11.2.7.3 Структура управления по магнитному потоку с обратной связью от двигателя

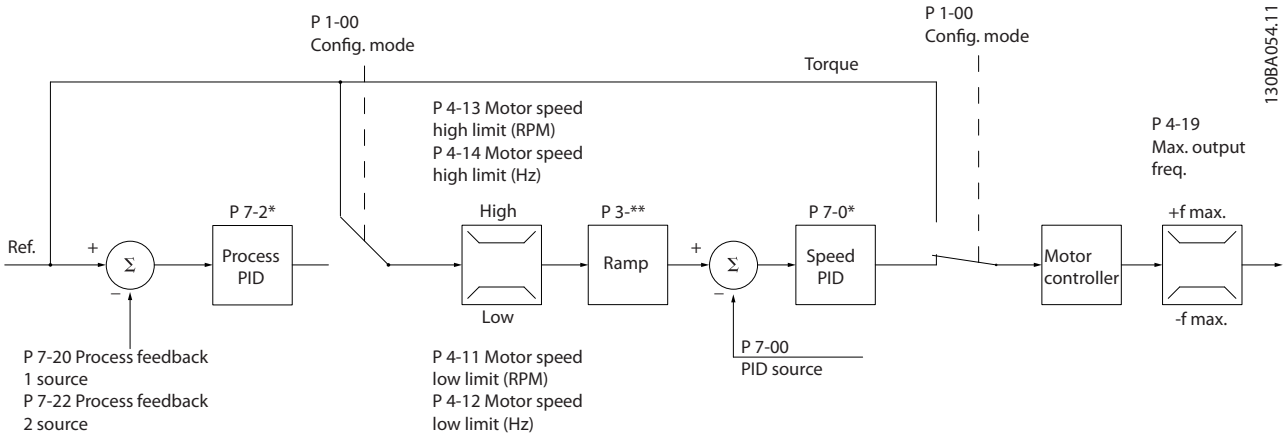


Рисунок 11.10 Конфигурация структуры управления по магнитному потоку с обратной связью от двигателя

В конфигурации на *Рисунок 11.10* управление двигателем осуществляется по сигналу обратной связи от энкодера или резолвера, установленного непосредственно на валу двигателя (настраивается в пар. *параметр 1-02 Flux Motor*

Feedback Source). Результирующее задание может использоваться в качестве входного сигнала для ПИД-регулятора скорости или непосредственно как задание крутящего момента.

Для *Параметр 1-01 Motor Control Principle* установлено значение *[3] Flux с ОС от двигат.*, а для *параметр 1-00 Configuration Mode* — 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 Motor Control Principle*). 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 крутящий момент двигателя превышает предельные значения крутящего момента, установленные в *параметр 4-16 Torque Limit Motor Mode*, *параметр 4-17 Torque Limit Generator Mode* и *параметр 4-18 Current Limit*, 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.

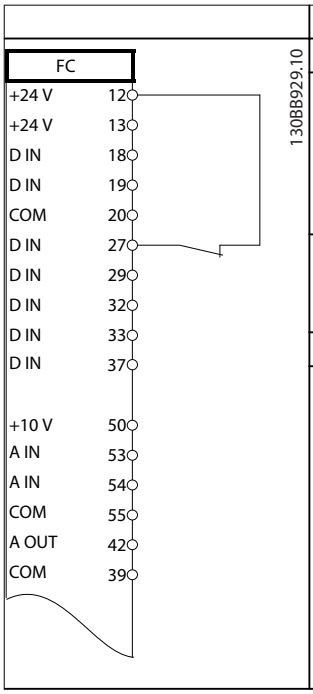
 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

12 Примеры применения

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

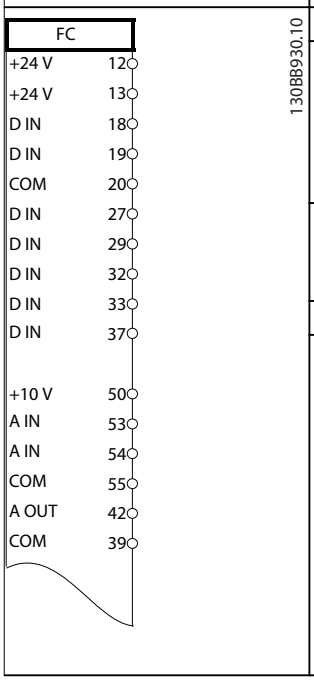
- Настройки параметров являются региональными по умолчанию, если не указано иное (выбирается в *параметр 0-03 Regional Settings*).
- Параметры, имеющие отношение к клеммам, а также их значения указаны рядом со схемами.
- При необходимости отображаются настройки переключателей для аналоговых терминалов клемм A53 или A54.
- 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	
Функция	**Настройка**
Параметр 1-29 Automatic Motor Adaptation (AMA)	*[1] Включ. полной ААД*
Параметр 5-12 Terminal 27 Digital Input	*[2]* Выбег, инверсный*
* = Значение по умолчанию	
Примечания/комментарии. Настройте *группу параметров 1-2* Данные двигателя* в соответствии с характеристиками двигателя, взятыми с паспортной таблички.	

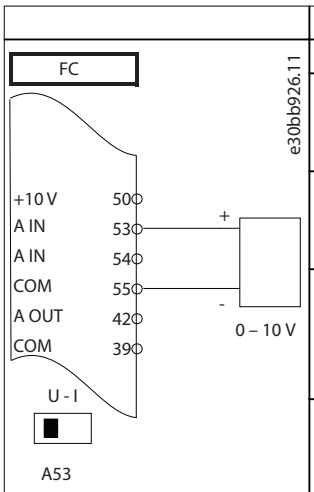
Таблица 12.1 Конфигурация проводки для ААД с подключенной клеммой T27



Параметры	
Функция	**Настройка**
Параметр 1-29 Automatic Motor Adaptation (AMA)	*[1] Включ. полной ААД*
Параметр 5-12 Terminal 27 Digital Input	*[0] Не используется*
* = Значение по умолчанию	
Примечания/комментарии. Настройте *группу параметров 1-2* Данные двигателя* в соответствии с характеристиками двигателя, взятыми с паспортной таблички.	

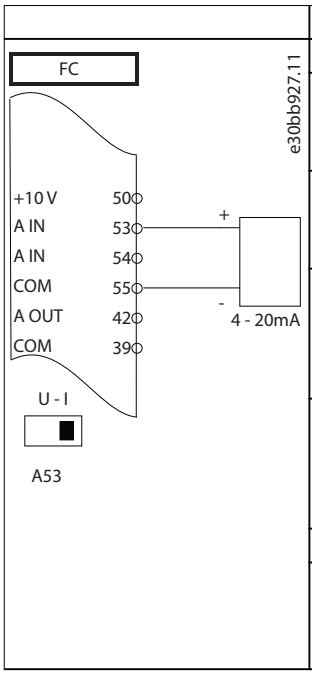
Таблица 12.2 Конфигурация проводки для ААД без подключенной клеммы T27

12.2 Конфигурация проводки для аналогового задания скорости



Параметры	
Функция	**Настройка**
Параметр 6-10 Terminal 53 Low Voltage	0,07 В*
Параметр 6-11 Terminal 53 High Voltage	10 В*
Параметр 6-14 Terminal 53 Low Ref./ Feedb. Value	0 об/мин
Параметр 6-15 Terminal 53 High Ref./ Feedb. Value	1500 об/мин
* = Значение по умолчанию	
Примечания/комментарии.	

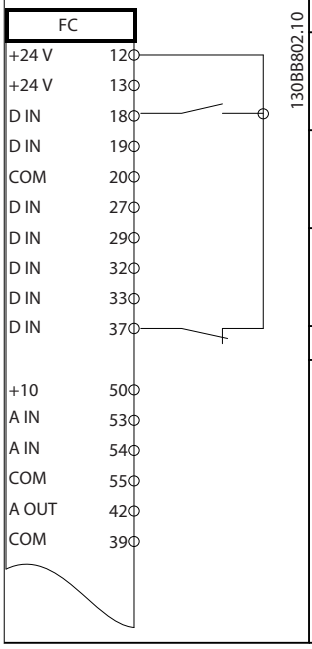
Таблица 12.3 Конфигурация проводки для аналогового задания скорости (напряжение)



Параметры	
Функция	**Настройка**
Параметр 6-12 Terminal 53 Low Current	4 мА*
Параметр 6-13 Terminal 53 High Current	20 мА*
Параметр 6-14 Terminal 53 Low Ref./ Feedb. Value	0 об/мин
Параметр 6-15 Terminal 53 High Ref./ Feedb. Value	1500 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**
Параметр 5-10 Terminal 18 Digital Input	*[8] Пуск**
Параметр 5-12 Terminal 27 Digital Input	*[0] Не используется*
Параметр 5-19 Terminal 37 Digital Input	*[1] Авар.сигн.без оп.ост*
* = Значение по умолчанию	
Примечания/комментарии. Если для *параметр 5-12 Terminal 27 Digital Input* выбрано значение *[0] Не используется*, перемычка на клемму 27 не требуется.	

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

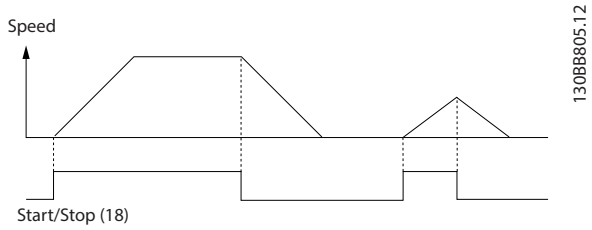
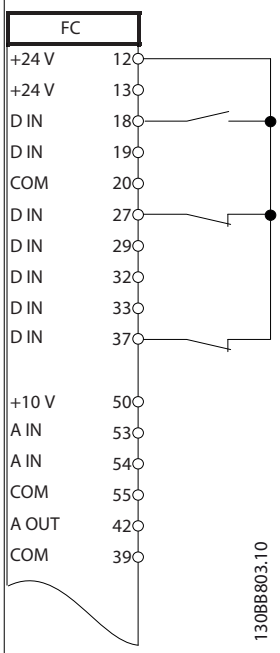


Рисунок 12.1 Пуск/останов с Safe Torque Off



Параметры	
Функция	**Настройка**
Параметр 5-10 Terminal 18 Digital Input	*[9] Импульсный запуск*
Параметр 5-12 Terminal 27 Digital Input	*[6] Останов, инверсный*
* = Значение по умолчанию	
Примечания/комментарии. Если для *параметр 5-12 Terminal 27 Digital Input* выбрано значение *[0] Не используется*, перемычка на клемму 27 не требуется.	

Таблица 12.6 Конфигурация проводки для импульсного пуска/останова

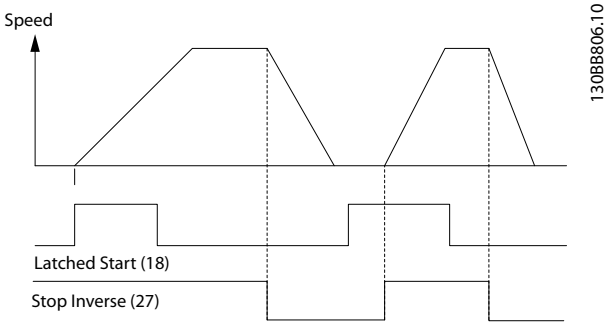
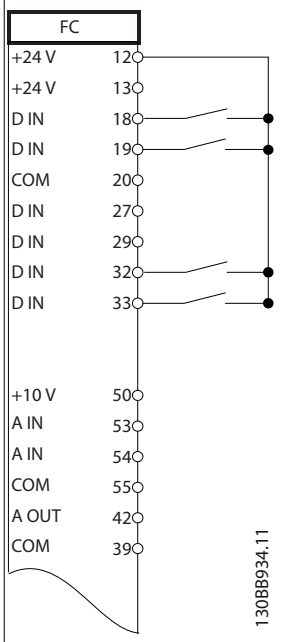


Рисунок 12.2 Импульсный запуск/останов, инверсный

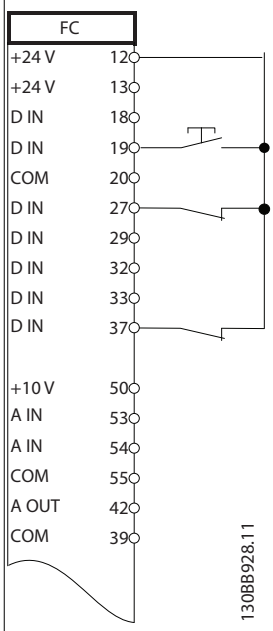
12



Параметры	
Функция	**Настройка**
Параметр 5-10 Terminal 18 Digital Input	*[8] Пуск*
Параметр 5-11 Terminal 19 Digital Input	*[10] Реверс*
Параметр 5-12 Terminal 27 Digital Input	*[0] Не используется*
Параметр 5-14 Terminal 32 Digital Input	*[16] Предуст. зад., бит 0*
Параметр 5-15 Terminal 33 Digital Input	*[17] Предуст. зад., бит 1*
Параметр 3-10 Preset Reference	
Предуст. задание 0 Предуст. задание 1 Предуст. задание 2 Предуст. задание 3	25% 50% 75% 100%
* = 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

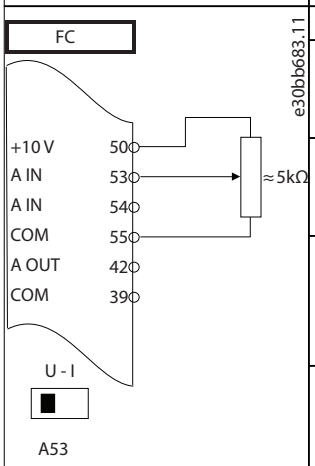


Параметры	
Функция	**Настройка**
Параметр 5-11 Terminal 19 Digital Input	*[1] Сброс*
* = Значение по умолчанию	
Примечания/комментарии.	

Таблица 12.8 Конфигурация проводки для внешнего сброса аварийной сигнализации

12

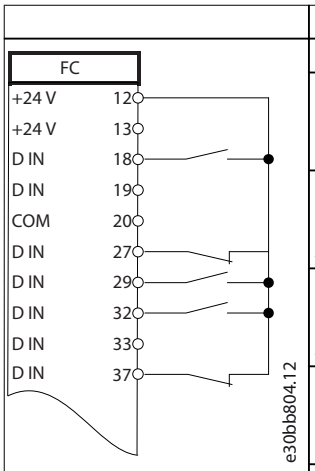
12.5 Конфигурация проводки для задания скорости с помощью ручного потенциометра



Параметры	
Функция	**Настройка**
Параметр 6-10 Terminal 53 Low Voltage	0,07 В*
Параметр 6-11 Terminal 53 High Voltage	10 В*
Параметр 6-14 Terminal 53 Low Ref./ Feedb. Value	0 об/мин
Параметр 6-15 Terminal 53 High Ref./ Feedb. Value	1500 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



Параметры	
Функция	**Настройка**
Параметр 5-10 Terminal 18 Digital Input	*[8] Пуск**
Параметр 5-12 Terminal 27 Digital Input	*[19] Зафиксиров. задание*
Параметр 5-13 Terminal 29 Digital Input	*[21] Увел. скор.*
Параметр 5-14 Terminal 32 Digital Input	*[22] Сниж. скор.*
* = Значение по умолчанию	
Примечания/комментарии.	

Таблица 12.10 Конфигурация проводки для повышения/понижения скорости

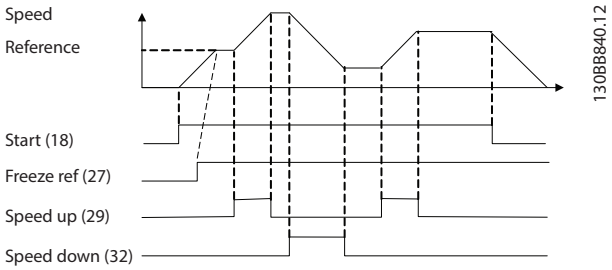
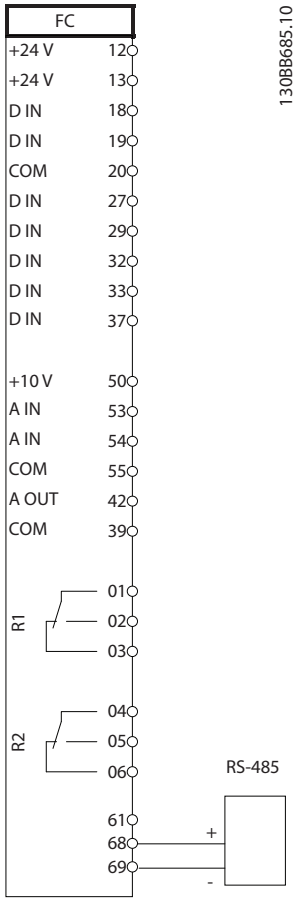


Рисунок 12.3 Повышение/понижение скорости

12.7 Конфигурация проводки для подключения сети RS485



Параметры	
Функция	**Настройка**
Параметр 8-30 Protocol	ПЧ*
Параметр 8-31 Address	1*
Параметр 8-32 Baud Rate	9600*
* = Значение по умолчанию	
Примечания/комментарии. Выберите протокол, адрес и скорость передачи с помощью этих параметров.	

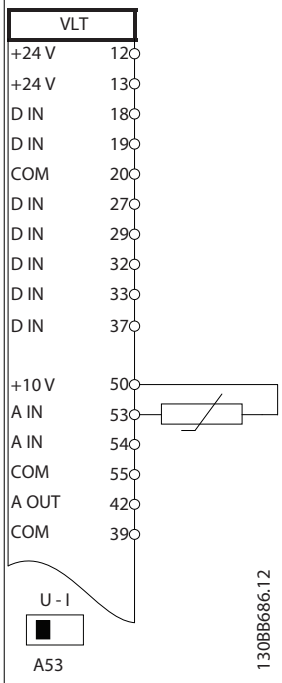
Таблица 12.11 Конфигурация проводки для подключения сети RS485

12

12.8 Конфигурация проводки для термистора двигателя

УВЕДОМЛЕНИЕ

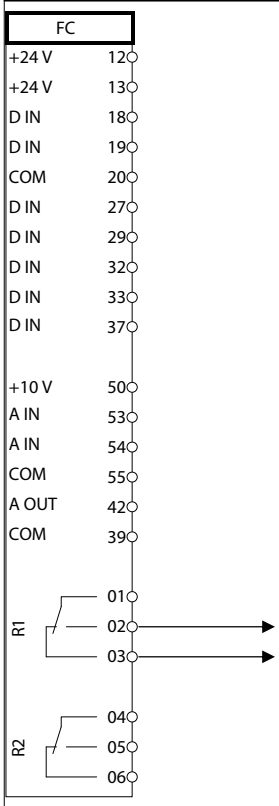
В термисторах следует использовать усиленную/двойную изоляцию в соответствии с требованиями к изоляции PELV.



Параметры	
Функция	**Настройка**
Параметр 1-90 Motor Thermal Protection	*[2] Откл. по термистору*
Параметр 1-93 Thermistor Source	*[1] Аналоговый вход 53*
* = Значение по умолчанию	
Примечания/комментарии. Если требуется только предупреждение, в *параметр 1-90 Motor Thermal Protection* следует выбрать *[1] Предупр.по термист.*	

Таблица 12.12 Конфигурация проводки для термистора двигателя

12.9 Конфигурация проводки для настройки реле с помощью интеллектуального логического управления



Параметры	
Функция	**Настройка**
Параметр 4-30 Motor Feedback Loss Function	*[1] Warning (Предупреждение)*
Параметр 4-31 Motor Feedback Speed Error	100 об/мин
Параметр 4-32 Motor Feedback Loss Timeout	5 с
Параметр 7-00 Speed PID Feedback Source	*[2] MCB 102*
Параметр 17-11 Resolution (PPR)	1024*
Параметр 13-00 SL Controller Mode	*[1] Вкл.*
Параметр 13-01 Start Event	*[19] Предупреждение*
Параметр 13-02 Stop Event	*[44] Кнопка сброса*
Параметр 13-10 Comparator Operand	*[21] № предупреждения*
Параметр 13-11 Comparator Operator	*[1] ≈ (равно)**
Параметр 13-12 Comparator Value	90
Параметр 13-51 SL Controller Event	*[22] Компаратор 0*
Параметр 13-52 SL Controller Action	*[32] Ус.н.ур.на цфв.вых.А*

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

	Параметры	
	Функция	Настройка
	Параметр 5-40 Function Relay	*[80] Цифр. выход SL A*
	* = 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, преобразователь частоты 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

12.10 Конфигурация проводки для погружного насоса

Система состоит из погружного насоса, управляемого Danfoss VLT® AQUA Drive, и датчика давления. Датчик формирует сигнал обратной связи 4–20 мА на преобразователь частоты, который поддерживает постоянное давление путем управления скоростью насоса. Для подбора преобразователя частоты для работы с погружным насосом следует учитывать некоторые важные моменты. Преобразователь частоты следует выбирать в соответствии с током двигателя.

- CAN-двигатель — это двигатель с оболочкой из нержавеющей стали между ротором и статором, обеспечивающей более широкой и более устойчивый к намагничиванию, чем в нормальном двигателе, воздушный зазор. Более слабое магнитное поле позволяет создавать двигатели с более высоким номинальным током, чем у обычного двигателя с аналогичной номинальной мощностью.
- В насосе имеются упорные подшипники, которые выходят из строя при работе ниже минимальной скорости, которая обычно составляет 30 Гц.
- У погружных насосов реактивность двигателя имеет нелинейный характер и поэтому автоматическая адаптация (ААД) к ним неприменима. Обычно погружные насосы работают с длинными кабелями, которые могут компенсировать нелинейную реактивность и дать возможность использовать ААД. Если ААД не работает, характеристики двигателя можно задать в *группе параметров 1-3* Доп. данн.двигателя* (см. технические данные двигателя). Если ААД выполнена успешно, преобразователь частоты компенсирует падение напряжения в длинных кабелях двигателя. Если дополнительные данные двигателя заданы вручную, для оптимизации производительности системы необходимо учитывать длину кабеля двигателя.
- Важно, чтобы система могла работать с минимальным износом насоса и двигателя. Синусоидный фильтр Danfoss может снизить нагрузку на изоляцию двигателя и увеличить срок его службы (проверьте фактическую изоляцию двигателя и уточните данные du/dt преобразователя частоты). Большинство производителей погружных насосов требуют использования выходных фильтров.
- Ввиду того, что специальный кабель насоса, который способен противостоять сырости в колодце, как правило, не экранирован, характеристики ЭМС могут ухудшиться. Выходом может стать применение экранированного кабеля над колодцем и установка экрана на трубопроводе подачи из колодца, если он из стали. Синусоидный фильтр также понижает уровень электромагнитных помех от неэкранированных кабелей двигателя.

Ввиду эксплуатации во влажных условиях может также применяться специальный CAN-двигатель. Система проектируется в соответствии с выходным током так, чтобы он мог вращать двигатель при номинальной мощности.

Для предотвращения повреждения упорных подшипников насоса и быстрого обеспечения достаточного охлаждения двигателя, следует как можно быстрее разогнать насос из режима останова до минимальной скорости. Большинство производителей погружных насосов рекомендуют разгонять насос до минимальной скорости (30 Гц) не более, чем за 2–3 с. VLT® AQUA Drive FC 202 имеет встроенную функцию начального разгона и финального торможения для таких применений. Начальный разгон и финальное торможение — это две индивидуальные настройки. Если разрешен начальный разгон, насос быстро разгоняется от нуля до минимальной скорости, после чего автоматически переходит на обычный режим разгона. При окончательном торможении при останове имеет место противоположный процесс: скорость уменьшается от минимальной скорости до нуля. Также рассмотрите возможность включения расширенного мониторинга минимальной скорости, описанного в *глава 5.9 Описание улучшенного отслеживания минимальной скорости*.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

Чтобы обеспечить дополнительную защиту насоса, используйте функцию обнаружения работы всухую. Подробнее см. *руководство по программированию*.

Для предотвращения гидроудара может быть включен режим заполнения трубы. Преобразователь частоты Danfoss может наполнять вертикальные трубы, используя ПИД-контроллер для медленного увеличения давления с заданной оператором скоростью (ед. изм./с). Если этот режим включен, то когда после запуска достигается минимальная скорость, преобразователь частоты переходит в режим заполнения трубы. Давление медленно повышается до заданной оператором уставки давления в заполненной трубе, после чего преобразователь частоты автоматически блокирует режим наполнения и продолжает работать в обычном замкнутом контуре.

Электрическая схема соединений

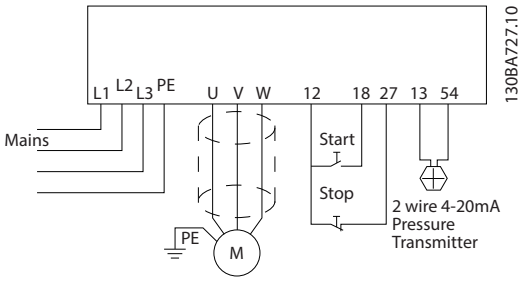


Рисунок 12.4 Проводка в системах с погружным насосом

УВЕДОМЛЕНИЕ

Для аналогового входа 2 (клемма 54) установите режим работы с мА (переключатель 202).

Установки параметров

Параметр
Параметр 1-20 Motor Power [kW]/параметр 1-21 Motor Power [HP]
Параметр 1-22 Motor Voltage
Параметр 1-24 Motor Current
Параметр 1-28 Motor Rotation Check
Установите для параметра *параметр 1-29 Automatic Motor Adaptation (AMA)* значение *[2] Включ.упрощ. ААД.*

Таблица 12.14 Параметры, относящиеся к системе погружного насоса

Параметр	Настройка
Параметр 3-02 Minimum Reference	Единица минимального задания соответствует указанной в *параметр 20-12 Reference/ Feedback Unit*
Параметр 3-03 Maximum Reference	Единица измерения максимального задания соответствует указанной в *параметр 20-12 Reference/ Feedback Unit*
Параметр 3-84 Initial Ramp Time	(2 с)
Параметр 3-88 Final Ramp Time	(2 с)
Параметр 3-41 Ramp 1 Ramp Up Time	(8 с, в зависимости от типоразмера)
Параметр 3-42 Ramp 1 Ramp Down Time	(8 с, в зависимости от типоразмера)
Параметр 4-11 Motor Speed Low Limit [RPM]	(30 Гц)
Параметр 4-13 Motor Speed High Limit [RPM]	(50/60 Гц)
Используйте *Мастер настройки параметров замкнутого контура* в разделе *быстрого меню⇒«Настройки функций»* для настройки обратной связи в ПИД-контроллере.	

Таблица 12.15 Пример настроек для системы погружного насоса

Параметр	Настройка
Параметр 29-00 Pipe Fill Enable	Запрещено
Параметр 29-04 Pipe Fill Rate	(Ед. изм. сигнала ОС)
Параметр 29-05 Filled Setpoint	(Ед. изм. сигнала ОС)

Таблица 12.16 Пример настроек для режим заполнения трубы

Производительность

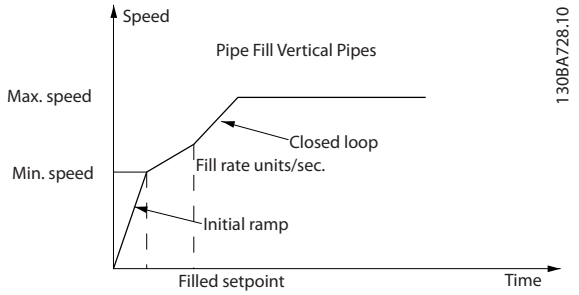


Рисунок 12.5 Кривая производительности для режима заполнения трубы

12.11 Конфигурация проводки для каскад-контролера

На *Рисунок 12.6* 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.

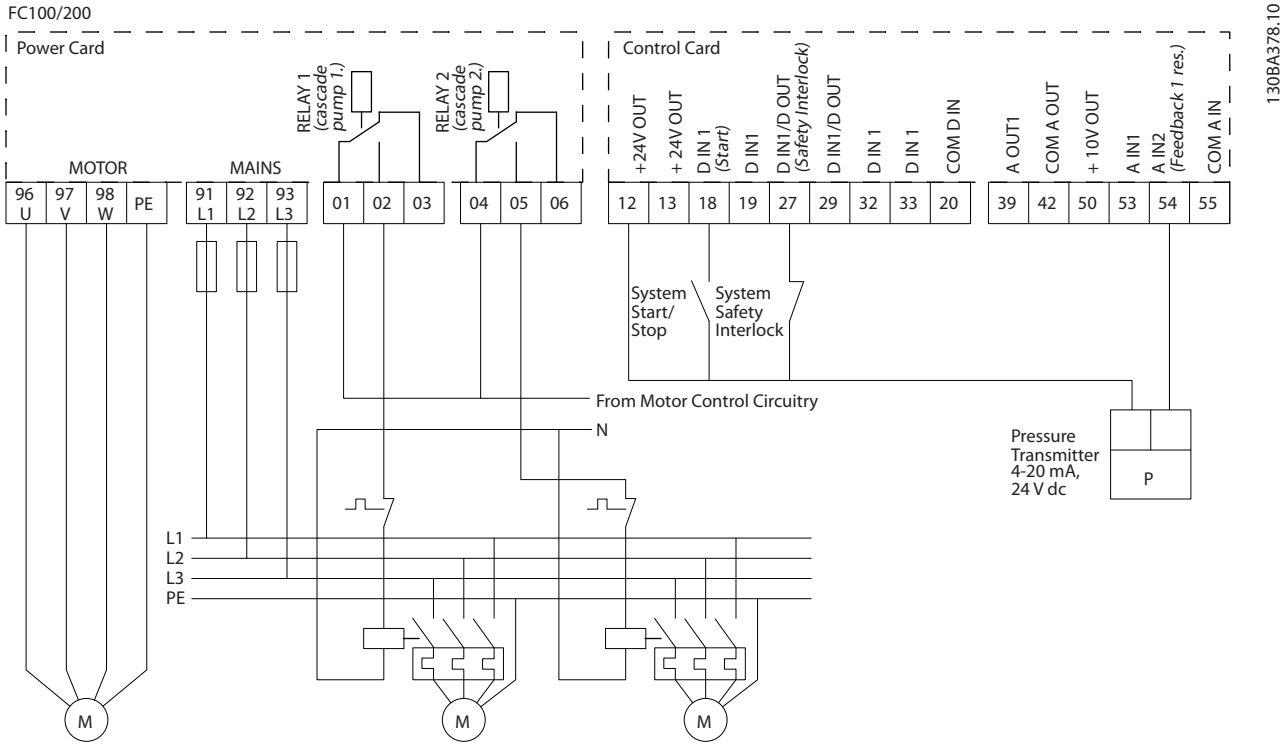


Рисунок 12.6 Схема электрических соединений каскадного контролера

12

12.12 Конфигурация проводки для насосов с фиксированной и переменной скоростью

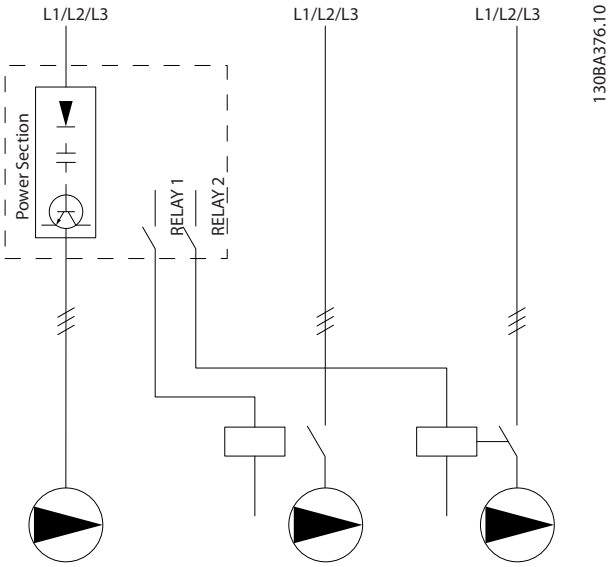


Рисунок 12.7 Схема подключения насосов с фиксированной и переменной скоростью

12.13 Конфигурация проводки для чередования ведущего насоса

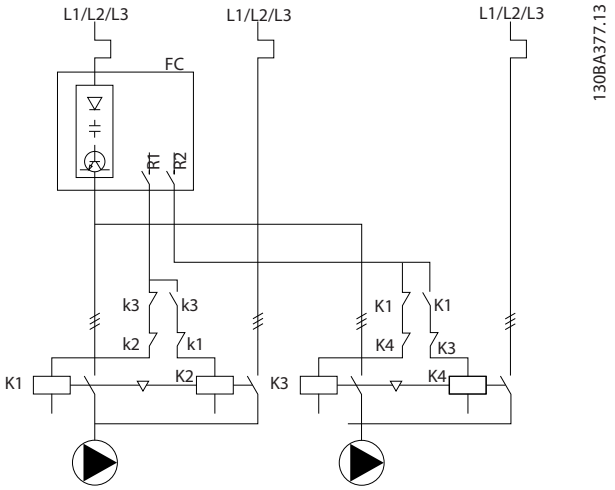


Рисунок 12.8 Схема соединений для чередования ведущего насоса.

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) — это реле, встроенные 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.

Подробное описание ввода в эксплуатацию для смешанных систем с насосами и главными/подчиненными устройствами см. в *Инструкциях по эксплуатации VLT® Cascade Controller Options MCO 101/102*.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

13 Заказ преобразователя частоты

13.1 Конфигуратор преобразователя частоты

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

130BC530.10

Таблица 13.1 Строка кода типа

Группа изделия	1–6	
Модель	7–10	
Напряжение сети	11–12	
Корпус	13–15	
Аппаратная конфигурация	16–23	
Фильтр ВЧ-помех	16–17	
Тормоз	18	
Дисплей (LCP)	19	
Покрытие печатной платы	20	
Доп. устройство сети питания	21	
Адаптация A	22	
Адаптация B	23	
Выпуск ПО	24–27	
Язык программного обеспечения	28	
Доп. устройства A	29–30	
Доп. устройства B	31–32	
Доп. устройства C0, MCO	33–34	
Доп. устройства C1	35	
Программное обеспечение доп. устройств C	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 нужно передать 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-202N355T5E20H4BGCXXXSXXXXA0BXCXXXXD0

Значения символов в строке см. в *Таблица 13.4*. В примере выше показан преобразователь со встроенной платой PROFIBUS DP-V1 и резервным источником питания 24 В.

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.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

13.1.1 Код типа для оформления заказа на корпуса D1h–D8h

Описание	Поз.	Возможный выбор
Группа изделия	1-6	FC-202
Модель	7–10	N55: 55 кВт (75 л. с.) N75: 75 кВт (100 л. с.) N90: 90 кВт (125 л. с.) N110: 110 кВт (150 л. с.) N132: 132 кВт (200 л. с.) N160: 160 кВт (250 л. с.) N200: 200 кВт (300 л. с.) N250: 250 кВт (350 л. с.) N315: 315 кВт (400–450 л. с.)
Напряжение сети	11-12	T4: 380–480 В перем. тока T7: 525–690 В перем. тока
Корпус	13-15	E20: IP20 (шасси — для установки во внешнем корпусе) E2S: IP20/шасси — типоразмер D3h E21: IP21 (NEMA 1) E2D: IP 21 / Тип 1 — типоразмер D1h E54: IP54 (NEMA 12) E5D: IP 54 / Тип 12 — типоразмер D1h E2M: IP21 (NEMA 1) с сетевым экраном E5M: IP54 (NEMA 12) с сетевым экраном C20: IP20 (шасси) + тыльный канал из нержавеющей стали C2S: IP20/шасси с тыловым каналом из нержавеющей стали — типоразмер D3h H21: IP21 (NEMA 1) + обогреватель H54: IP54 (NEMA 12) + нагреватель
Фильтр ВЧ-помех	16-17	H2: фильтр ВЧ-помех, класс A2 (стандартный) H4: фильтр ВЧ-помех, класс A1[1)]
Тормоз	18	X: тормозной IGBT отсутствует B: тормозной IGBT установлен R: клеммы рекуперации S: тормоз + рекуперация (только IP20)
Дисплей	19	G: графическая панель местного управления (LCP) N: цифровая панель местного управления (NLCP) X: без панели местного управления
Покрытие печатной платы	20	C: печатная плата с покрытием R: печатная плата с покрытием + защищенное исполнение
Доп. устройство сети питания	21	X: без доп. устройства сети 3: сетевой расцепитель и предохранитель 4: сетевой контактор + предохранители 7: предохранитель A: предохранитель и разделение нагрузки (только IP20) D: клеммы цепи разделения нагрузки (только IP20) E: сетевой расцепитель + контактор + предохранители J: автоматический выключатель + предохранители
Адаптация	22	X: стандартные точки ввода кабеля
Адаптация	23	X: без адаптации Q: панель доступа к радиатору
Выпуск ПО	24-27	Действующее ПО
Язык программного обеспечения	28	X: стандартный пакет языков

Таблица 13.3 Код типа для оформления заказа на корпуса D1h–D8h

[1)] В наличии для всех корпусов типоразмера D.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

13.1.2 Код типа для оформления заказа на корпуса E1h–E4h

Описание	Позиция	Возможные варианты
Группа изделия	1–6	FC-202
Модель	7–10	N355: 355 кВт (500 л. с.) N400: 400 кВт (550–600 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.)
Напряжение сети	11–12	T4: 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 A2 (C3) H4: фильтр ВЧ-помех, класс A1 (C2)
Тормоз	18	X: без тормозного прерывателя B: установлен тормозной прерыватель T: Safe Torque Off (STO) U: тормозной прерыватель + Safe Torque Off R: клеммы режима рекуперации S: тормозной прерыватель + клеммы рекуперации (только корпуса E3h/E4h)
Дисплей	19	X: без LCP G: графическая LCP (LCP-102) J: без LCP + USB-порт с подключением через дверь L: графическая LCP + USB-порт с подключением через дверь
Покрытие печатной платы	20	C: печатная плата с покрытием R: печатная плата с покрытием 3C3 + защищенное исполнение
Доп. устройство сети питания	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 A	22	X: без доп. устройств
Аппаратное обеспечение, адаптация B	23	X: без доп. устройств Q: доступ к радиатору

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

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

Таблица 13.4 Код типа для оформления заказа на корпуса E1h–E4h

13.1.3 Заказ дополнительного оборудования для всех корпусов VLT® AQUA Drive FC 202

Описание	Поз.	Возможные варианты
Доп. устройства A	29–30	AX: без доп. устройства A A0: VLT® PROFIBUS DP V1 MCA 101 A4: VLT® DeviceNet MCA 104 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: 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 BR: VLT® Encoder Input MCB 102 BY: VLT® Extended Cascade Controller MCO 101
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: VLT® 24 V DC Supply MCB 107

Таблица 13.5 Код типа для оформлении заказа дополнительного оборудования FC 202

13

13.2 Номера для заказа дополнительных устройств и принадлежностей

13.2.1 Номера для заказа дополнительных устройств A: сетевые шины

Описание	Номер для заказа	
	Без покрытия	С покрытием
VLT® PROFIBUS DP MCA 101	130B1100	130B1200
VLT® DeviceNet MCA 104	130B1102	130B1202
VLT® PROFINET MCA 120	130B1135	130B1235
VLT® EtherNet/IP MCA 121	130B1119	130B1219
VLT® Modbus TCP MCA 122	130B1196	130B1296

Таблица 13.6 Номера для заказа дополнительных устройств A

Информацию о совместимости периферийной шины и дополнительных устройств для прикладных задач с более старыми версиями программного обеспечения можно получить у поставщика Danfoss.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

13.2.2 Номера для заказа дополнительных устройств B: функциональные расширения

Описание	Номер для заказа	
	Без покрытия	С покрытием
VLT® General Purpose I/O MCB 101	130B1125	130B1212
VLT® Relay Card MCB 105	130B1110	130B1210
VLT® Analog I/O MCB 109	130B1120	130B1220
VLT® PTC Thermistor Card MCB 112	–	130B1137
VLT® Sensor Input MCB 114	130B1172	130B1272
VLT® Extended Cascade Controller MCO 101	130B1108	130B1208

Таблица 13.7 Номера для заказа дополнительных устройств B

13.2.3 Номера для заказа дополнительных устройств C: платы управления перемещением и релейные платы

Описание	Номер для заказа	
	Без покрытия	С покрытием
VLT® Extended Relay Card MCB 113	130B1164	130B1264
VLT® Advanced Cascade Controller MCO 102	130B1154	130B1254

Таблица 13.8 Номера для заказа дополнительных устройств C

13.2.4 Номера для заказа дополнительных устройств D: резервный источник питания 24 В

Описание	Номер для заказа	
	Без покрытия	С покрытием
VLT® 24 V DC Supply MCB 107	130B1108	130B1208

Таблица 13.9 Номера для заказа дополнительных устройств D

13.2.5 Коды для заказа программного обеспечения

Описание	Номер для заказа
VLT® Средство конфигурирования MCT 10 — 1 пользователь.	130B1000
VLT® Средство конфигурирования MCT 10 — 5 пользователей.	130B1001
VLT® Средство конфигурирования MCT 10 — 10 пользователей.	130B1002
VLT® Средство конфигурирования MCT 10 — 25 пользователей.	130B1003
VLT® Средство конфигурирования MCT 10 — 50 пользователей.	130B1004
VLT® Средство конфигурирования MCT 10 — 100 пользователей.	130B1005
VLT® Средство конфигурирования MCT 10 — неограниченное число пользователей.	130B1006

Таблица 13.10 Коды для заказа программного обеспечения

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

13.2.6 Коды для заказа комплектов для D1h–D8h

Тип	Описание	Номер для заказа
Различные устройства		
Погодозащитный козырек NEMA 3R, D1h	Козырек предназначен для для защиты преобразователя частоты от прямого воздействия солнечных лучей, снега и попадания мусора. Преобразователи частоты, использующие этот тип защиты, должны заказываться у завода-изготовителя с использованием опции «NEMA 3R Ready». В коде типа эта опция обозначается как «E5S».	176F6302
Погодозащитный козырек NEMA 3R, D2h	Козырек предназначен для для защиты преобразователя частоты от прямого воздействия солнечных лучей, снега и попадания мусора. Преобразователи частоты, использующие этот тип защиты, должны заказываться у завода-изготовителя с использованием опции «NEMA 3R Ready». В коде типа эта опция обозначается как «E5S».	176F6303
NEMA 3R для комплекта охлаждения с входом сзади/выходом сзади внутри сварного корпуса, D3h	Обеспечивает степень защиты NEMA 3R или NEMA 4. Такие корпуса предназначены для использования вне помещений, обеспечивая защиту от погодных условий.	176F3521
NEMA 3R для комплекта охлаждения с входом сзади/выходом сзади внутри корпуса Rittal, D3h	Обеспечивает степень защиты NEMA 3R или NEMA 4. Такие корпуса предназначены для использования вне помещений, обеспечивая защиту от погодных условий.	176F3633
NEMA 3R для комплекта охлаждения с входом сзади/выходом сзади внутри сварного корпуса, D4h	Обеспечивает степень защиты NEMA 3R или NEMA 4. Такие корпуса предназначены для использования вне помещений, обеспечивая защиту от погодных условий.	176F3526
NEMA 3R для комплекта охлаждения с входом сзади/выходом сзади внутри корпуса Rittal, D3h	Обеспечивает степень защиты NEMA 3R или NEMA 4. Такие корпуса предназначены для использования вне помещений, обеспечивая защиту от погодных условий.	176F3634
Переходная пластина, D1h/D3h	Эта пластина используется при замене D1/D3 на D1h/D3h при использовании одной и той же конфигурации монтажа.	176F3409
Переходная пластина, D2h/D4h	Эта пластина используется при замене D2/D4 на D2h/D4h при использовании одной и той же конфигурации монтажа.	176F3410
Комплект воздуховода тыльного канала, D3h	Комплект воздуховода, с помощью которого корпус получает конфигурацию со входом снизу/выходом сверху или только с вентиляцией сверху. Размер корпуса: 1800 мм (70,9 дюйма).	176F3627
Комплект воздуховода тыльного канала, D3h	Комплект воздуховода, с помощью которого корпус получает конфигурацию со входом снизу/выходом сверху или только с вентиляцией сверху. Размер корпуса: 2000 мм (78,7 дюйма).	176F3629
Комплект воздуховода тыльного канала, D4h	Комплект воздуховода, с помощью которого корпус получает конфигурацию со входом снизу/выходом сверху или только с вентиляцией сверху. Размер корпуса: 1800 мм (70,9 дюйма).	176F3628
Комплект воздуховода тыльного канала, D4h	Комплект воздуховода, с помощью которого корпус получает конфигурацию со входом снизу/выходом сверху или только с вентиляцией сверху. Размер корпуса: 2000 мм (78,7 дюйма).	176F3630
Подставка, D1h	Имеет высоту 400 мм (15,7 дюйма) и предназначена для монтажа преобразователя на полу. На передней стороне подставки имеются отверстия для впуска охлаждающего воздуха к силовым компонентам.	176F3631
Подставка, D2h	Имеет высоту 400 мм (15,7 дюйма) и предназначена для монтажа преобразователя на полу. На передней стороне подставки имеются отверстия для впуска охлаждающего воздуха к силовым компонентам.	176F3632

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

Тип	Описание	Номер для заказа	
Подставка, D5h/D6h	Имеет высоту 200 мм (7,9 дюйма) и предназначена для монтажа преобразователя на полу. На передней стороне подставки имеются отверстия для впуска охлаждающего воздуха к силовым компонентам.	176F3452	
Подставка, D7h/D8h	Имеет высоту 200 мм (7,9 дюйма) и предназначена для монтажа преобразователя на полу. На передней стороне подставки имеются отверстия для впуска охлаждающего воздуха к силовым компонентам.	176F3539	
Верхний ввод кабелей периферийной шины, D1h–D8h	Позволяет подвести кабели периферийной шины через верхнюю часть преобразователя частоты. При установке комплект имеет степень защиты IP20/шасси, но для повышения класса защиты можно использовать другой ответный коннектор.	176F3594	
USB-разъем в двери, D1h–D8h (IP20/шасси)	Набор удлинителей USB для доступа к управлению преобразователем частоты через портативный компьютер без открытия корпуса преобразователя.	Обращайтесь на завод	
USB-разъем в двери, D1h–D8h (IP21/тип 1 и IP54/тип 12)	Набор удлинителей USB для доступа к управлению преобразователем частоты через портативный компьютер без открытия корпуса преобразователя.	Обращайтесь на завод	
Опция входной платы, D1h–D8h	Используется для добавления плавких предохранителей, расцепителей/предохранителей, фильтров ВЧ-помех, фильтров ВЧ-помех/предохранителей и фильтров ВЧ-помех/расцепителей/предохранителей.	Обращайтесь на завод	
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		**Стандартный**	**Нержавеющая сталь**
Вход сзади/выход сзади (корпуса, иные чем Rittal), D3h	Позволяет охлаждающему воздуху входить внутрь и выходить наружу через заднюю часть преобразователя частоты. Не включает пластины для монтажа в корпусах. Этот комплект используется только для корпуса D3h.	176F3519	176F3520
Вход сзади/выход сзади (корпуса, иные чем Rittal), D4h	Позволяет охлаждающему воздуху входить внутрь и выходить наружу через заднюю часть преобразователя частоты. Не включает пластины для монтажа в корпусах. Этот комплект используется только для корпуса D4h.	176F3524	176F3525
Вход снизу/выход сзади, D1h/D3h	Позволяет охлаждающему воздуху входить внутрь в основании корпуса и выходить наружу через заднюю часть преобразователя частоты. Этот комплект используется только для корпусов D1h/D3h.	176F3522	176F3523
Вход снизу/выход сзади, D2h/D4h	Позволяет охлаждающему воздуху входить внутрь в основании корпуса и выходить наружу через заднюю часть преобразователя частоты. Этот комплект используется только для корпусов D2h/D4h.	176F3527	176F3528
Вход снизу/выход сзади, D1h	Позволяет охлаждающему воздуху входить внутрь и выходить наружу через заднюю часть преобразователя частоты. Этот комплект используется только для корпуса D1h.	176F3648	176F3656
Вход снизу/выход сзади, D2h	Позволяет охлаждающему воздуху входить внутрь и выходить наружу через заднюю часть преобразователя частоты. Этот комплект используется только для корпуса D2h.	176F3649	176F3657
Вход снизу/выход сзади, D3h	Позволяет охлаждающему воздуху входить внутрь и выходить наружу через заднюю часть преобразователя частоты. Этот комплект используется только для корпуса D3h.	176F3625	176F3654

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

Тип	Описание	Номер для заказа	
Вход снизу/выход сзади, D4h	Позволяет охлаждающему воздуху входить внутрь и выходить наружу через заднюю часть преобразователя частоты. Этот комплект используется только для корпуса D4h.	176F3626	176F3655
Вход сзади/выход сзади, D5h/D6h	Позволяет охлаждающему воздуху входить внутрь и выходить наружу через заднюю часть преобразователя частоты. Этот комплект используется только для корпусов D5h/D6h.	176F3530	–
Вход сзади/выход сзади, D7h/D8h	Позволяет охлаждающему воздуху входить внутрь и выходить наружу через заднюю часть преобразователя частоты. Этот комплект используется только для корпусов D7h/D8h.	176F3531	–
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 LCP, крепеж, кабель 3 м (9 футов) 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 (9 футов)) и прокладку.	130B1117	
Внешние дополнительные устройства			
EtherNet/IP	Главное устройство Ethernet.	175N2584	

Таблица 13.11 Комплекты, доступные для корпусов D1h–D8h

13.2.7 Номера для заказа комплектов для E1h–E4h

Тип	Описание	Номер для заказа	
Различные устройства			
Верхний ввод PROFIBUS, E1h–E4h	Верхний ввод для корпуса со степенью защиты IP54.	176F1742	
USB-порт в двери, E1h–E4h	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		**Стандартный**	**Нержавеющая сталь**
Вход снизу/выход вверху, 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 вверху, 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	–

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

Тип	Описание	Номер для заказа	
Вход снизу/выход вверху, 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 корпуса 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 корпуса 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 корпуса 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 корпуса 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 вверху, E3h	Позволяет охлаждающему воздуху входить внутрь в задней части корпуса и выходить наружу через верхнюю часть преобразователя частоты. Этот комплект используется только для корпуса E3h.	176F6615	–
Вход сзади/выход вверху, E4h	Позволяет охлаждающему воздуху входить внутрь в задней части корпуса и выходить наружу через верхнюю часть преобразователя частоты. Этот комплект используется только для корпуса 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 LCP, крепеж, кабель 3 м (9 футов) 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 (9 футов)) и прокладку.	130B1117	
Внешние дополнительные устройства			
EtherNet/IP	Главное устройство Ethernet.	175N2584	

Таблица 13.12 Комплекты, доступные для корпусов E1h–E4h

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

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.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

14 Приложение

14.1 Сокращения и символы

60° AVM	Асинхронная векторная модуляция 60°
A	Ампер
AC	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
DC	Постоянный ток
DI	Цифровой вход
DM	Дифференциальный режим
D-TYPE	В зависимости от типа привода
ЭМС	Электромагнитная совместимость
ЭДС	Электродвижущая сила
ЭТР	Электронное тепловое реле
°F	Градусы Фаренгейта
f_{JOG}	Частота двигателя в случае активизации функции фиксации частоты
f_M	Частота двигателя
f_{MAX}	Максимальная выходная частота, выдаваемая на выходе преобразователя частоты
f_{MIN}	Минимальная частота двигателя на выходе преобразователя частоты
$f_{M,N}$	Номинальная частота двигателя
FC	Преобразователь частоты (привод)
FSP	Насос с фиксированной скоростью
HIPERFACE®	HIPERFACE® является зарегистрированным товарным знаком компании Stegmann
HO	Повышенная перегрузка (HO)
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	Local control panel = панель местного управления
Младший бит	Младший значащий бит
м	метр
мА	Миллиампер
MCM, mcm	Млн круглых мил
MCT	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	Синхронная скорость двигателя.
Оперативные/ автономные параметры	Оперативные параметры вступают в действие сразу же после изменения их значений
$P_{торм.,\ длит.}$	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
$P_{M,N}$	Номинальная мощность двигателя
Двигатель с ПМ	С двигателем с постоянными магнитами
ПИД-регулятор процесса	Пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор, поддерживает необходимую скорость, давление, температуру и т. д.
$R_{торм.,\ ном.}$	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

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

$R_{мин.}$	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
с	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_{LIM}	Предел момента
ТТЛ	Импульсы энкодера TTL (5 В) — транзисторная логика
$U_{M,N}$	Номинальное напряжение двигателя
Соответствие UL	Underwriters Laboratories (Организация в США, занимающаяся сертификацией в области безопасности оборудования)
В	Вольты
VSP	Насос с переменной скоростью
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

$$n_s = \frac{2 \times пар.\,.\ 1-23 \times 60\ c}{пар.\,.\ 1-39}$$

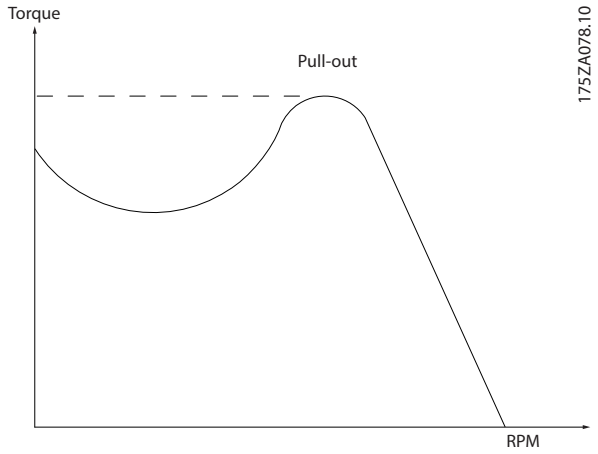


Рисунок 14.1 График момента опрокидывания

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

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

Инициализация
Если выполняется инициализация (*параметр 14-22 Operation Mode*), 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.

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

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

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

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

Импульсный вход/инкрементный 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.

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

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.

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.

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

Алфавитный указатель

C

CAN-двигатель ... 207

D

DeviceNet ... 40, 214

DU/dt
- Краткое описание ... 176
- Результаты испытания для D1h–D8h ... 176
- Результаты испытания для E1h–E4h ... 178

E

EtherNet/IP ... 40

M

Modbus
- Дополнительный модуль ... 41

O

Отключение
- Точки для преобразователей частоты 380–480 В ... 44
- Точки для преобразователей частоты 525–690 В ... 48

P

PELV ... 21, 57, 185

PLC ... 161

PROFIBUS ... 40, 214

PROFINET ... 40

R

RS485
- Клеммы ... 162
- Конфигурация проводки ... 205
- Схема подключений ... 157
- Шина стандарта ПЧ ... 223

S

Safe Torque Off
- Конфигурация проводки ... 203
- Краткое описание ... 26
- Расположение клемм ... 163
- Руководство по эксплуатации ... 5
- Соответствие директиве о машинном оборудовании ... 8
- Схема подключений ... 157

SmartStart ... 27

STO ... 5
- см. также *Safe Torque Off*

U

UL
- Класс защиты корпуса ... 10

V

VVC+ ... 199, 201

А

Автоматическая адаптация двигателя (ААД)
- Конфигурация проводки ... 202
- Краткое описание ... 21
- Погружной насос ... 207

Автоматическая модуляция частоты коммутации ... 20

Автоматическая оптимизации энергопотребления (АОЭ) ... 20

Автоматический выключатель ... 165, 174

Автоматический режим ... 192

Активное задание ... 193

Акустический шум ... 175

Анализ рядов Фурье ... 189

Аналоговый
- Конфигурация проводки для задания скорости ... 202
- Описания входов/входов и настройки по умолчанию ... 163
- Спецификации входа ... 56
- Спецификации выхода ... 57

Асимметрия напряжения ... 19

Б

Быстрое меню ... 27

В

Вентиляторы
- с управлением по температуре ... 21
- Требуемая интенсивность циркуляции воздуха ... 152

Версии ПО ... 214

Взрывоопасная атмосфера ... 150

Влажность ... 149

Внешние размеры
- D1h ... 60
- D2h ... 66
- D3h ... 72
- D4h ... 77
- D5h ... 82
- D6h ... 91
- D7h ... 102
- D8h ... 112
- E1h ... 123
- E2h ... 129
- E3h ... 135
- E4h ... 142

Время нарастания ... 176

Время разрядки ... 6

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

ВЧ-помехи
Использование переключателя с сетью IT..... 174
Расположение клемм для заделки экранов E3h..... 138
Расположение клемм для заделки экранов E4h..... 145
Фильтр..... 185

Выпрямитель..... 192

Высота над уровнем моря..... 153

Выход
Контактор..... 174, 188
Переключатель..... 19
Технические характеристики..... 57

Вычисления
THDi..... 189
Масштабированное задание..... 193
Отношение короткого замыкания..... 190
Программное обеспечение для расчета гармоник..... 191
Рабочий цикл резистора..... 170
Тормозной момент..... 172
Тормозной резистор..... 171

Г

Газы..... 150

Гальваническая развязка..... 21, 57, 185

Гармоники
Краткое описание..... 189
Определение коэффициента мощности..... 222
Подавление..... 191
Стандарты EN..... 190
Стандарты IEC..... 190
Фильтр..... 43

Д

Датчик..... 162

Датчик остаточного тока..... 173, 174

Двигатель
CAN-двигатель..... 207
Ex-d..... 41
Ex-e..... 22
Вращение..... 166
Изоляция..... 169
Кабели..... 166, 173
Класс защиты..... 150
Конфигурация проводки для термистора..... 206
Напряжение изоляции..... 207
Обнаружение обрыва фазы..... 19
Обратная связь..... 200
Определение момента опрокидывания..... 222
Ослабление подшипниковых токов..... 169
Параллельное подключение..... 167
Паспортная табличка..... 23
Полный крутящий момент..... 24
Спецификации выходных параметров..... 55
Схема подключений..... 157
Тепловая защита..... 21, 167
Ток утечки..... 173

Директива ErP..... 9

Директива о машинном оборудовании..... 9

Дистанционное задание..... 193

Дополнительные платы
Каскад-контроллер..... 27
Наличие корпуса..... 14
Номенклатура и коды для оформления заказа..... 214, 215
Релейные платы..... 42
Сетевой протокол..... 40
Управление перемещением..... 42
Функциональные расширения..... 41

Дополнительный вход датчика..... 41

Дополнительный модуль входов/выходов общего назначения..... 41

Ж

Жилые районы..... 183

З

Задание
Активное задание..... 193
Ввод скорости..... 202, 203
Дистанционное задание..... 193
Дистанционное формирование..... 193

Заземление..... 21, 160, 173

Запасные части..... 220

Защита корпуса..... 10

Защита
Асимметрия напряжения питания..... 19
Короткое замыкание..... 18
Номинальные характеристики..... 10
Перегрузка..... 19
Перегрузка по току..... 156
Перенапряжение..... 18
Степень защиты корпуса..... 14
Тепловая двигателя..... 21
Функция торможения..... 19

Защита от перегрузки по току..... 156

Знак EAC..... 9

Знак RCM..... 9

И

Излучаемые помехи..... 183

Изоляция..... 169

Импульсный вход
Конфигурация проводки для пуска/останова..... 203
Спецификации аналогового входа..... 57

Инвертор..... 192

Интеллектуальное логическое управление
Конфигурация проводки..... 0 , 207
Краткое описание..... 25

Источник питания 24 В пост. тока..... 162

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

К

Кабели
Выравнивающие... 161
двигателей... 166
Макс. число и размер на фазу... 44, 46
Отверстие... 60, 66, 82, 91, 102, 112, 123
Подключение электропитания... 158
Прокладка... 161
Технические характеристики... 44, 48, 56
Типы и номиналы кабелей... 156
Тормоз... 159
Управление... 160
Экранирование... 158, 186

Кабели управления... 160

Кабельный зажим... 160

Каскад-контроллер
Использование с контактором... 28
Краткое описание... 27
Схема соединений... 209

Квалифицированный персонал... 6

Кинетический резерв... 24

Класс защиты корпуса NEMA... 10

Клеммы
RS485... 162
Аналоговый выход/выход... 163
Клемма 37... 163
реле... 163
Описания элементов управления и настройки по умолчанию... 162
Последовательная связь... 162
Разделение нагрузки... 159
Тормозной резистор... 159
Цифровой вход/выход... 163

Клеммы управления... 162

Код типа... 211

Компенсация скольжения... 223

Комплекты
Наличие корпуса... 17
Номера для заказа... 218, 219
Описания... 218, 219

Конденсация... 149

Кондуктивные помехи... 183

Конфигурации монтажа... 151

Конфигурация проводки для внешнего сброса аварийной сигнализации... 204

Конфигурация проводки для пуска/останова... 203, 204

Короткое замыкание
Защита... 18
Номинал SCCR... 165
Определение... 223
Расчет коэффициента... 190
Торможение... 35, 172

КПД
Вычисление... 175
Использование AAD... 21
Технические характеристики... 44, 48
Формула КПД преобразователя частоты... 221

Крутящий момент
Управление... 198
Характеристика... 55

М

Маркировка CE... 8

Масштабированное задание... 193

Модуляция... 20, 221, 222

Момент опрокидывания... 222

Мониторинг взрывоопасных сред (ATEX)... 22, 150

Монтаж
Квалифицированный персонал... 6
Требования... 151
Электрический... 156

Монтаж на большой высоте над уровнем моря... 187

Мощность
Коэффициент... 222
Номинальные значения... 12, 44, 48
Подключения... 158
Потери... 44, 48
Технические характеристики... 44, 46

Н

Насос
Включение... 30
КПД... 29

Низковольтное оборудование
Директива... 8

Номенклатура и коды для оформления заказа... 211

О

Обогреватель
Использование... 149
Схема подключений... 157

Обратная связь
Обработка... 195
Преобразование... 195
Сигнал... 197

Общая точка нескольких присоединений... 189

Окружающая среда... 55, 149

Останов выбегом... 31

Охлаждение
Обзор охлаждения в тыльном канале... 37
Предупреждение о пыли... 150
Требования... 151

Охлаждение с помощью вентиляционного канала... 151

Охлаждение через тыльный канал... 37, 151

Очистка... 31

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

П

Панель заглушек... 124

Панель уплотнений... 60, 66, 82, 91, 102, 112, 123

Перегрев... 223

Перегрузка
- Предельные значения... 19
- Проблемы с гармониками... 189
- Электронная тепловая перегрузка... 22

Перезапуск... 24

Переключатели
- Расцепитель... 165

Переключатель
- A53 и A54... 56, 163

Перенапряжение
- Альтернативная функция торможения... 173
- Защита... 18
- Торможение... 42

Периодическая формовка... 149

Персональный компьютер... 159

ПИД-регулятор
- Контроллер... 21
- Регулятор... 195, 198

Плата расширения релейных выходов... 42

Плата термистора PTC... 41

Плата управления
- Технические характеристики... 59
- Точка отключения из-за перегрева... 44, 46
- Характеристики RS485... 57

Погружной насос
- MCO... 208
- Используется в сочетании с улучшенным отслеживанием минимальной скорости... 34
- Схема соединений... 207

Подавление резонанса... 21

Подключение к ПК... 159

Подтверждение потока... 33

Подхват вращающегося двигателя... 24

Подъем... 149

Пользовательский ввод... 192

Последовательная связь... 162

Потенциометр... 163, 205

Правила экспортного контроля... 10

Пре-/постсмазка... 32, 33

Предохранители
- Для использования с силовыми подключениями... 158
- Защита от перегрузки по току... 156
- Технические характеристики... 163

Предпусковой нагрев... 24

Предупреждение о высоком напряжении... 6

Предупреждения... 6, 156

Преобразователь частоты
- Габариты серий... 14
- Конфигуратор... 211
- Номинальная мощность... 14
- Требования к зазорам... 151

Провода... 156
- см. также *Кабели*

Производственные среды... 183

Пропуск частоты... 24

Пространство для открытия дверей... 60, 66, 82, 91, 102, 112, 123

Р

Работа на низкой скорости... 152

Рабочий цикл
- Вычисление... 170
- Определение... 222

Радиатор
- Панель доступа... 125
- Точка отключения из-за перегрева... 44, 46
- Требуемая интенсивность циркуляции воздуха... 152
- Чистка... 150

Радиочастотные помехи... 21

Разделение нагрузки
- Защита от короткого замыкания... 18
- Клеммы... 36, 159
- Краткое описание... 35
- Предупреждение... 6
- Схема подключений... 157

Размеры
- D1h, внешние... 60
- D1h, клеммы... 64
- D2h, внешние... 66
- D2h, клеммы... 70
- D3h, внешние... 72
- D3h, клеммы... 75
- D4h, внешние... 77
- D4h, клеммы... 80
- D5h, клеммы... 87
- D6h, клеммы... 96
- D7h, клеммы... 108
- D8h, внешние... 112
- D8h, клеммы... 117
- Внешние D5h... 82
- Внешние D6h... 91
- Внешние D7h... 102
- Внешние E2h... 129
- Внешние E3... 135
- Внешние E4h... 142
- Внешние размеры E1h... 123
- Клеммы E2... 133
- Клеммы E3h... 139
- Клеммы E4h... 146
- Обзор серий продукции... 14
- клемм корпуса E1h... 127

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

Размеры клемм
D1h... 64
D2h... 70
D3h... 75
D4h... 80
D5h... 87
D6h... 96
D7h... 108
D8h... 117
E1h... 127
E2h... 133
E3h... 139
E4h... 146

Разрешение CSA/cUL... 9

Расцепитель... 165

Регулирование магнитного потока
Структура управления в режиме регулирования магнитного потока без датчика... 200
Структура управления по магнитному потоку с обратной связью от двигателя... 200

Режим заполнения трубы... 208

Режим разомкнутого контура
Блок-схема... 196
Дополнительная плата каскад-контроллера... 28
Краткое описание... 196

Режим с замкнутым контуром
Блок-схема... 197
Краткое описание... 196

Резистивное торможение... 34

Рекуперация
Клеммы... 75, 127
Краткое описание... 36
Наличие... 14

Реле
Дополнительная плата расширения релейных выходов... 42
Дополнительный модуль... 41
Каскад-контроллер... 27
Клеммы... 163
Монтаж с учетом требований ADN... 7
Плата... 42
Технические характеристики... 58

Ротор... 19

Руководство по программированию... 5

Руководство по эксплуатации... 5

Ручной режим... 192

С

Сертификат TÜV... 9

Сертификат UKrSEPRO... 9

Сертификация для применения на море... 9

Сетевой протокол... 40, 161

Сеть IT... 174

Сеть питания
Колебания... 20
Пропадание напряжения... 24
Технические характеристики... 54
Характеристики источника питания... 54
Экран... 7

Синусоидный фильтр... 42, 158

Скорость
Конфигурация проводки для задания скорости... 205
Конфигурация проводки для повышения/понижения скорости... 205
Обратная связь от ПИД-регулятора... 197
Управление... 198

Скрутки... 186

Снижение номинальных характеристик
Автоматическая функция... 20
Влияние температур... 55, 151
Высокая частота коммутации... 20
Высота над уровнем моря... 153
Описание и причины... 152
Работа на низкой скорости... 152
Температура и частота коммутации... 153

Сокращения... 222

Соответствие
ADN... 7
Директивы... 8

Соответствие UL
Знак листинга... 9

Спецификации входа... 56

Степень защиты IP... 10

Схема подключений
Преобразователь частоты... 157
Типичные примеры применения... 202

Схема соединений
Каскад-контроллер... 209
Фиксированный насос с переменной скоростью... 210
Чередование ведущего насоса... 210

Т

Температура... 150

Термистор
Конфигурация проводки... 206
Определение... 223
Прокладка кабелей... 161
Расположение клемм... 163

Техника безопасности
Инструкции... 6
Руководство по эксплуатации... 156

Техобслуживание... 150

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

Ток
Внутренний регулятор тока... 201
Искажение... 190
Номинальный выходной ток... 221
Ослабление помех двигателя... 169
Основной ток... 189
Переходные токи на землю... 174
гармоник... 189
утечки... 173
Формула предела по току... 221

Ток утечки... 7, 173

Торможение
Динамическое торможение... 34
Использование в качестве альтернативной функции торможения... 173
Предельные значения... 172
Таблица способности... 171
Управление с помощью функции торможения... 172

Торможение переменным током... 34

Торможение постоянным током... 34

Тормозной резистор
Выбор... 169
Клеммы... 159
Краткое описание... 42
Номенклатура и коды для оформления заказа... 220
Определение... 222
Руководство по проектированию... 5
Схема подключений... 157
Формула номинальной мощности... 221

Трансформатор... 189

Требования к помехоустойчивости... 184

Требования по излучению... 183

У

Улучшенное отслеживание минимальной скорости... 34

Управление
Описание работы... 192
Структуры... 196
Типы... 198
Характеристики... 59

Управление полосами... 30

Управление технологическим процессом... 198

Условия окружающей среды
Краткое описание... 149
Технические характеристики... 55

Условные обозначения... 5

Ф

Фильтр синфазных помех... 43

Фильтры
Номенклатура и коды для оформления заказа... 220
Синусоидный фильтр... 42, 158
Фильтр dU/dt... 43
Фильтр ВЧ-помех... 185
Фильтр гармоник... 43
Фильтр синфазных помех... 43

Формула
Выходной ток... 221
КПД преобразователя частоты... 221
Номинальная мощность тормозного резистора... 221
Предел по току... 221

Х

Характеристики USB... 59

Хранение... 149

Хранение конденсаторов... 149

Ц

Циркуляция воздуха
Интенсивность... 152
Конфигурации... 37, 39

Цифровой
Описания входов/входов и настройки по умолчанию... 163
Спецификации входа... 56
Спецификации выходных параметров... 57

Ч

Частота коммутации
Использование с RCD... 174
Подключение электропитания... 158
Синусоидный фильтр... 42, 158
Снижение номинальных характеристик... 20, 153

Ш

Шина постоянного тока
Клеммы... 159
Описание работы... 192

Э

Экранирование
Кабели... 158, 160
Клемма экрана ВЧ-помех... 138
Сеть питания... 7
Скрученные концы... 186

Электрические характеристики... 44, 48

Электрические характеристики, 380–480 В... 45

Электрические характеристики, 525–690 В... 48

Электромагнитные помехи... 21

Электронная тепловая перегрузка... 22

Электронное тепловое реле (ЭТР)... 156

ЭМС
Директива... 8
Монтаж... 188
Общие вопросы... 182
Помехи... 186
Результаты испытаний... 183
Совместимость... 185

Энергия
Класс КПД... 55

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

Я

Языковые пакеты..... 211

 Danfoss A/S © 12/2017 Все права защищены.

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

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

130R0798 MG22B250 12/2017