ENGINEERING TOMORROW

Руководство по проектированию

VLT® Parallel Drive Modules

250–1200 кВт

www.DanfossDrives.com

Оглавление

1 Введение 5
1.1 Цель «Руководства по проектированию» 5
1.2 Версия документа и программного обеспечения 5
1.3 Дополнительные ресурсы 5

2 Техника безопасности 7
2.1 Символы безопасности 7
2.2 Квалифицированный персонал 7
2.3 Меры предосторожности 7

3 Разрешения и сертификаты 9
3.1 Маркировка CE 9
3.2 Директива по низковольтному оборудованию 9
3.3 Директива по электромагнитной совместимости 9
3.4 Директива о машинном оборудовании 9
3.5 Соответствие техническим условиям UL 10
3.6 Символ соответствия нормативным требованиям RCM Mark 10
3.7 Правила экспортного контроля 10

4 Обзор изделия 11
4.1 Листок технических данных модуля привода 11
4.2 Листок технических данных системы с двумя приводами 12
4.3 Листок технических данных системы с четырьмя приводами 13
4.4 Внутренние компоненты 14
4.5 Примеры охлаждения в обратном канале 16

5 Особенности изделия 18
5.1 Автоматизированные функции 18
5.2 Программируемые функции 20
5.3 Safe Torque Off (STO) 22
5.4 Мониторинг системы 24

6 Технические характеристики 26
6.1 Габариты модуля привода 26
6.2 Размеры полки управления 29
6.3 Размеры системы с двумя приводами 30
6.4 Размеры системы с четырьмя приводами 34
6.5 Технические характеристики, зависящие от мощности 42
6.5.1 VLT® HVAC Drive FC 102 42
6.5.2 VLT® AQUA Drive FC 202 46
6.5.3 VLT® AutomationDrive FC 302 51

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

6.6 Питание модуля привода 56
6.7 Выходная мощность и другие характеристики двигателя 56
6.8 Технические характеристики 12-импульсного трансформатора 56
6.9 Условия окружающей среды для модулей привода 57
6.10 Технические характеристики кабелей 57
6.11 Вход/выход и характеристики цепи управления 57
6.12 Технические характеристики снижения номинальных характеристик 61

7 Сведения для заказа 65
7.1 Форма для заказа 65
7.2 Конфигуратор привода 65
7.3 Дополнительные устройства и принадлежности 71
7.3.1 Модуль ввода/вывода общего назначения MCB 101 72
7.3.2 Гальваническая развязка в VLT® General Purpose I/O MCB 101 72
7.3.3 Цифровые входы, клемма X30/1–4 73
7.3.4 Аналоговые входы, клемма X30/11, 12 73
7.3.5 Цифровые выходы, клемма X30/6, 7 73
7.3.6 Аналоговый выход, клемма X30/8 73
7.3.7 VLT® Encoder Input MCB 102 74
7.3.8 VLT® Resolver Input MCB 103 75
7.3.9 VLT® Relay Card MCB 105 77
7.3.10 VLT® 24 V DC Supply MCB 107 79
7.3.11 VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 80
7.3.12 VLT® Extended Relay Card MCB 113 81
7.3.13 Тормозные резисторы 83
7.3.14 Синусоидные фильтры 83
7.3.15 Фильтры dU/dt 83
7.3.16 Комплект дистанционного монтажа для LCP 83
7.4 Контрольный список проектирования системы 84

8 Соображения относительно установки 86
8.1 Рабочая среда 86
8.2 Минимальные системные требования 87
8.3 Требования к сертификации и разрешениям на электрическую часть 89
8.4 Предохранители и автоматические выключатели 90

9 Гармоники и ЭМС 92
9.1 Общие вопросы защиты от излучений в соответствии с требованиями ЭМС 92
9.2 Результаты испытаний ЭМС 93
9.3 Требования по излучению 97
9.4 Требования к помехоустойчивости 98

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

9.5 Рекомендации относительно ЭМС 99
9.6 Общие аспекты гармоник 102
9.7 Анализ гармоник 102
9.8 Влияние гармоник в системе распределения мощности 103
9.9 Стандарты и требования к ограничению гармоник 104
9.10 Соответствие требованиям по гармоникам для VLT® Parallel Drive Modules 104
9.11 Гальваническая развязка 104

10 Двигатель 106
10.1 Кабели двигателей 106
10.2 Изоляция обмотки двигателя 106
10.3 Подшипниковые токи двигателя 106
10.4 Тепловая защита двигателя 107
10.5 Подключения клемм двигателя 109
10.6 Экстремальные условия работы 113
10.7 Условия du/dt 115
10.8 Параллельное соединение двигателей 116

11 Сеть 118
11.1 Конфигурации сети питания 118
11.2 Подключения клемм сети питания 118
11.3 12-импульсная конфигурация с разъединителем 118

12 Подключение элементов управления 121
12.1 Прокладка кабелей управления 121
12.2 Клеммы управления 122
12.3 Релейный выход [двоичный] 125

13 Торможение 126
13.1 Типы торможения 126
13.2 Тормозной резистор 126

14 Контроллеры 131
14.1 Общие сведения об управлении скоростью и крутящим моментом 131
14.2 Принцип управления 131
14.3 Структура управления в VVC+ Усовершенствованное векторное управление 134
14.4 Структура управления в режиме регулирования магнитного потока без датчика 135
14.5 Структура управления по магнитному потоку с обратной связью от двигателя 135
14.6 Внутреннее регулирование тока в режиме VVC+ 136
14.7 Местное и дистанционное управление 136
14.8 Интеллектуальная логика 137

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

15 Формирование заданий 140

15.1 Пределы задания 141

15.2 Масштабирование предустановленных заданий 142

15.3 Масштабирование заданий и сигналов ОС на аналоговом и импульсном входах 142

15.4 Зона нечувствительности около нуля 143

16 ПИД-регуляторы 148

16.1 ПИД-регулирование скорости 148

16.2 ПИД-регулирование процесса 152

16.3 Оптимизация ПИД-регулятора 157

17 Примеры применения 159

17.1 Автоматическая адаптация двигателя (ААД) 159

17.2 Задание скорости через аналоговый вход 159

17.3 Пуск/останов 160

17.4 Внешний сброс аварийной сигнализации 161

17.5 Задание скорости с помощью ручного потенциометра 161

17.6 Повышение/понижение скорости 162

17.7 Подключение сети RS485 162

17.8 Термистор двигателя 162

17.9 Настройка реле с помощью интеллектуального логического управления 163

17.10 Управление механическим тормозом 164

17.11 Подключение энкодера 164

17.12 Направление энкодера 165

17.13 Приводная система с обратной связью 165

17.14 Программирование предельного крутящего момента и останова 165

18 Приложение 167

18.1 Заявление об отказе от ответственности 167

18.2 Условные обозначения 167

18.3 Глоссарий 167

Алфавитный указатель 171

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

1 Введение

1.1 Цель «Руководства по проектированию»

Это руководство по проектированию предназначено для инженеров-проектировщиков и системных инженеров, консультантов про проектированию, а также специалистов по применениям и продуктам. В Руководстве представлена техническая информация, необходимая для понимания возможностей преобразователя частоты при интегрировании в системы управления и мониторинга двигателей. Приведены подробные сведения, касающиеся эксплуатации и требований, а также рекомендации по интеграции в системы. Представлена информация относительно характеристик входной мощности, выходных сигналов управления двигателем и окружающих условий для работы преобразователя частоты.

Включено также описание функций безопасности, мониторинга состояний неисправностей, отчетов о рабочем состоянии, возможностях последовательной связи и программируемых параметрах. Также представлены сведения о конструктивных особенностях, например требования к месту установки, кабелям, предохранителям, цепи управления, размеру и весу блоков, а также приведена другая важная информация, необходимая для планирования интеграции в систему.

Анализ подробной информации о продукте на этапе проектирования позволяет разработать хорошо спланированную систему с оптимальной функциональностью и эффективностью.

VLT® является зарегистрированным товарным знаком.

1.2 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
MG37N2xx	Обновлены технические характеристики	7.5x

Таблица 1.1 Версия документа и программного обеспечения

1.3 Дополнительные ресурсы

Существует дополнительная информация о расширенных функциях и программировании преобразователя частоты.

- В *Руководстве по установке* VLT® Parallel Drive Modules *250–1200 кВт* описан механический и электрический монтаж модулей привода.
- *Руководство пользователя модулей VLT® Parallel Drive Modules 250–1200 кВт* содержит подробные инструкции по пусконаладке, базовому рабочему программированию и функциональным проверкам. Дополнительно приводятся описания интерфейса пользователя, примеры применения, сведения о поиске и устранении неполадок, а также технические характеристики.
- См. руководства по программированию VLT® HVAC Drive FC 102, VLT® AQUA Drive FC 202 и VLT® AutomationDrive FC 302, применимые к серии VLT® Parallel Drive Modules, используемой в создании системы привода. Руководство по программированию содержит более подробное описание работы с параметрами и примеры применения.
- *Руководство по ремонту преобразователей частоты серии VLT® FC Series, D-frame* содержит подробные сведения о техническом обслуживании, включая информацию, применимую к VLT® Parallel Drive Modules.
- В документе *VLT® Frequency Converters – Safe Torque Off* содержатся указания по технике безопасности, а также описание работы и технические характеристики функции Safe Torque Off.
- В *Руководстве по проектированию для VLT® Brake Resistor MCE 101* описано, как выбрать подходящий тормозной резистор для конкретного применения.
- В *Руководстве по проектированию для VLT® FC-Series Output Filter* описано, как выбрать подходящий выходной фильтр для конкретного применения.
- *Инструкции по установке комплекта шины для VLT® Parallel Drive Modules* содержат подробные сведения по установке комплекта шины.
- *Инструкции по установке комплекта воздуховода для* VLT® Parallel Drive Modules содержат подробные сведения по установке комплекта воздуховода.

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

1

Дополнительные публикации и руководства можно запросить в компании Danfoss. См. . *drives.danfoss.com/knowledge-center/technical-documentation/* .

 Danfoss A/S © 11/2016 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

Правильная и надежная транспортировка, хранение и установка необходимы для беспроблемной и безопасной работы VLT® Parallel Drive Modules. Установка этого оборудования должна выполняться только квалифицированным персоналом.

Квалифицированный персонал определяется как обученный персонал, уполномоченный проводить монтаж 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!

Подключенная к сети переменного тока система привода находятся под высоким напряжением. Эксплуатация и обслуживание системы должны выполняться только квалифицированным персоналом; несоблюдение этого требования может привести к смерти или получению серьезных травм.

- Монтаж системы должен выполняться только квалифицированным персоналом.

⚠ВНИМАНИЕ!

ВРЕМЯ РАЗРЯДКИ

Модуль привода содержит конденсаторы цепи постоянного тока. В результате подачи сетевого питания на привод эти конденсаторы могут оставаться заряженными даже после отключения питания. Высокое напряжение может присутствовать даже в том случае, если индикаторы предупреждений погасли. Несоблюдение 20-минутного периода ожидания после отключения питания перед началом обслуживания или ремонта может привести к летальному исходу или серьезным травмам.

1. **Остановите двигатель.**
2. **Отсоедините сеть переменного тока и дистанционно расположенные источники питания цепи постоянного тока, в том числе резервные аккумуляторы, ИБП и подключения к цепи постоянного тока других приводов.**
3. **Отсоедините или заблокируйте двигатель с постоянными магнитами.**
4. **Перед выполнением работ по обслуживанию и ремонту следует подождать как минимум 20 минут до полной разрядки конденсаторов.**

Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

2

⚠ВНИМАНИЕ!

ОПАСНОСТЬ ТОКА УТЕЧКИ (> 3,5 мА)

Токи утечки превышают 3,5 мА. Неправильное заземление системы привода может привести к летальному исходу или серьезным травмам. Соблюдайте национальные и местные нормы, относящиеся к защитному заземлению оборудования с током утечки > 3,5 мА. Технология преобразователей частоты предполагает высокочастотное переключение при высокой мощности. Такое переключение генерирует токи утечки в проводах заземления. Ток при отказе в системе привода, возникающий на выходных силовых клеммах, иногда содержит компонент постоянного тока, который может приводить к зарядке конденсаторов фильтра и к образованию переходных токов заземления. Ток утечки на землю зависит от конфигурации системы, в том числе от наличия фильтров ВЧ-помех, экранированных кабелей двигателя и мощности системы привода.
Если ток утечки превышает 3,5 мА, в соответствии со стандартом EN/IEC 61800-5-1 (стандарт по системам силового привода) требуются особые меры.

Заземление следует усилить одним из следующих способов:

- **Правильное заземление оборудования должно быть устроено сертифицированным специалистом-электромонтажником.**
- **Используйте провод заземления сечением не менее 10 мм² (6 AWG).**
- **Используйте два отдельных провода заземления, каждый из которых соответствует нормативным размерам.**

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

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

3 Разрешения и сертификаты

Преобразователи частоты разрабатываются в соответствии с требованиями описанных в этом разделе директив.

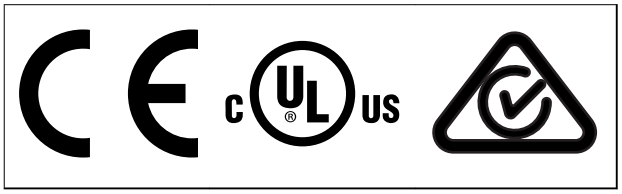


Таблица 3.1 Разрешения

3.1 Маркировка CE

Маркировка CE (Communauté européenne) указывает, что производитель продукта выполнил все применимые директивы ЕС. К конструированию и производству преобразователей частоты применяются следующие директивы ЕС: директива по низковольтному оборудованию, директива по электромагнитной совместимости, а также (для устройств со встроенными защитными функциями) директива о машинном оборудовании.

Маркировка CE предназначена для устранения технических препятствий свободной торговле между ЕС и странами EACT внутри еврозоны. Маркировка CE не определяет качество изделия. По маркировке CE нельзя определить технические характеристики.

3.2 Директива по низковольтному оборудованию

В соответствии с директивой по низковольтному оборудованию 2014/35/EU преобразователи частоты классифицируются как электронные компоненты и должны иметь маркировку CE. Директива относится ко всему электрическому оборудованию, в котором используются напряжения в диапазонах 50–1000 В перем. тока или 75–1500 В пост. тока.

Директива требует, чтобы конструкция оборудования обеспечивала отсутствие риска для безопасности и здоровья людей и животных и сохранение материальной ценности оборудования при условии правильной установки и обслуживания, а также использования по назначению. Компания Danfoss ставит знак CE согласно директиве о низковольтном оборудовании и по запросу предоставляет декларацию соответствия.

3.3 Директива по электромагнитной совместимости

Электромагнитная совместимость (ЭМС) означает, что взаимные помехи между различными устройствами не влияют на работу оборудования. Базовое требование по защите из директивы по электромагнитной совместимости 2014/30/EU 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, а также должны иметь приемлемый уровень устойчивости к ЭМП при условии правильной установки и обслуживания, а также использования по назначению.

Преобразователь частоты можно использовать как отдельное устройство или как часть более сложной установки. 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 директивы по ЭМС.

3.4 Директива о машинном оборудовании

Преобразователи частоты классифицируются как электронные компоненты и попадают под действие директивы по низковольтному оборудованию, однако преобразователи частоты со встроенными защитными функциями должны соответствовать директиве о машинном оборудовании 2006/42/EC. Преобразователи частоты без функции защиты не подпадают под действие данной директивы. Если преобразователь частоты входит состав системы механизмов, Danfoss предоставляет информацию по вопросам безопасности, связанным с преобразователем частоты.

Директива 2006/42/EC о машинном оборудовании относится к машинам, состоящим из набора соединенных между собой компонентов или устройств, как минимум одно из которых способно физически двигаться. Директива требует, чтобы конструкция оборудования обеспечивала отсутствие риска для безопасности и здоровья людей и животных и сохранение материальной ценности оборудования при условии правильной установки и обслуживания, а также использования по назначению.

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 © 11/2016 Все права защищены.

уместным законодательным нормам и мерам предосторожности. Danfoss указывает на соответствие директиве о машинном оборудовании для преобразователей частоты с интегрированными защитными функциями, а также на возможность получения декларации о соответствии по запросу.

3.5 Соответствие техническим условиям UL

Чтобы убедиться, что преобразователь частоты соответствует требованиям безопасности UL, см. *глава 8.3 Требования к сертификации и разрешениям на электрическую часть*.

3.6 Символ соответствия нормативным требованиям RCM Mark

Знак RCM (Regulatory Compliance Mark) обозначает соответствие требованиям действующих технических стандартов по электромагнитной совместимости (ЭМС). Наличие знака RCM Mark является обязательным условием для поставки электрических и электронных устройств на рынки Австралии и Новой Зеландии. Нормативы RCM Mark относятся только к кондуктивным и излучаемым помехам. Для преобразователей частоты применимы предельные значения излучений, указанные в EN/IEC 61800-3. По запросу может быть предоставлена декларация соответствия.

3.7 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 правил указывается в сопроводительной документации преобразователя частоты.

В случае ре-экспорта соответствие действующим правилам экспортного контроля обеспечивается экспортером.

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

4 Обзор изделия

4.1 Листок технических данных модуля привода

- Номинальная мощность для устройств, рассчитанных на напряжение 380–500 В
  - НО: 160–250 кВт (250–350 л. с.).
- Номинальная мощность для 525–690 В
  - НО: 160–315 кВт (200–450 л. с.).
- Масса
  - 125 кг (275 фунтов).
- Класс защиты
  - IP 00.
  - NEMA Тип 00

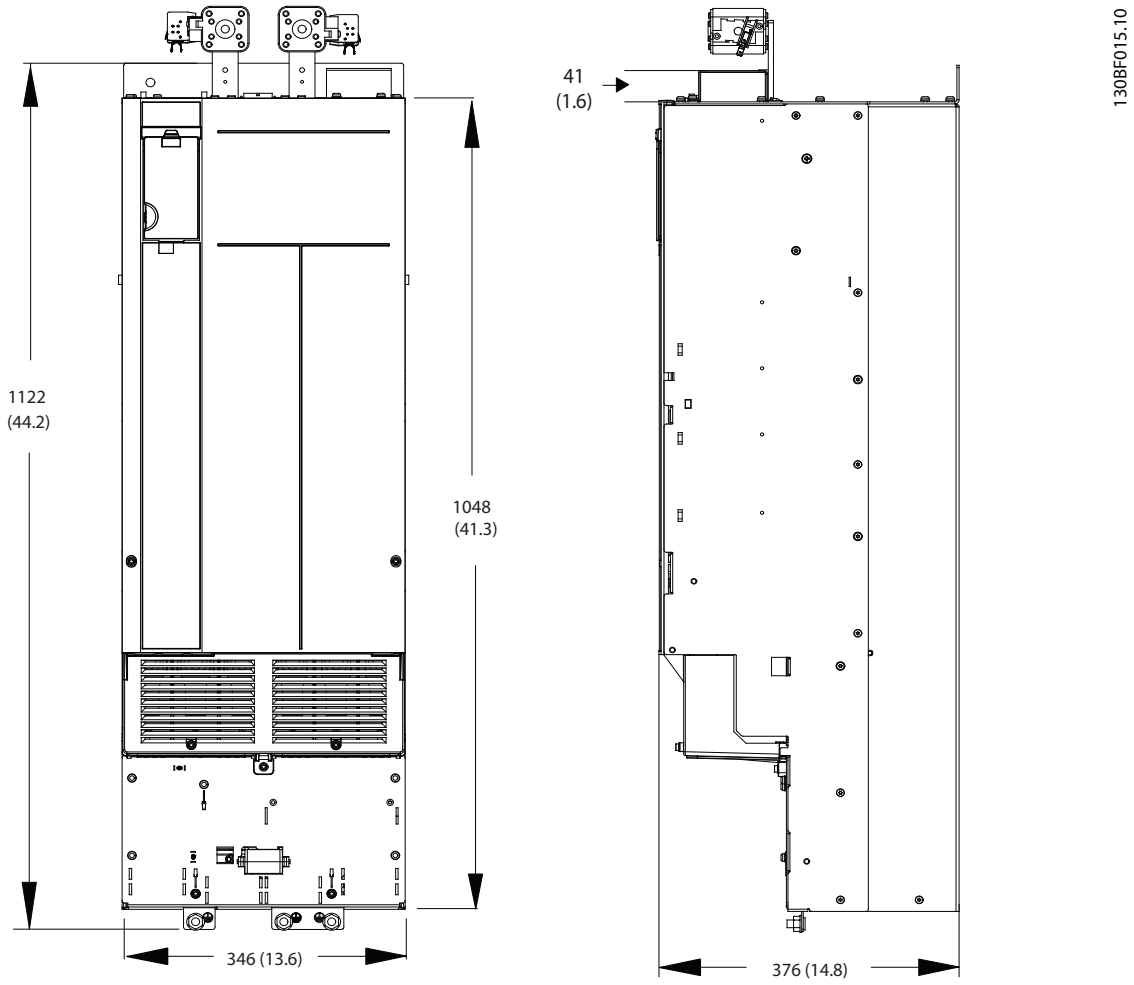


Рисунок 4.1 Габариты модуля привода

Дополнительное оборудование Danfoss:

- Система с 2 модулями привода
- Система с 4 модулями привода

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

4.2 Листок технических данных системы с двумя приводами

- Номинальная мощность для устройств, рассчитанных на напряжение 380–500 В
  - HO: 250–450 кВт (350–600 л. с.).
  - NO: 315–500 кВт (450–600 л. с.).
- Номинальная мощность для 525–690 В
  - HO: 250–560 кВт (300–600 л. с.).
  - NO: 315–630 кВт (350–650 л. с.).
- Масса
  - 450 кг (992 фунта).
- Класс защиты
  - IP54 (на иллюстрации). Степень защиты IP определяется требованиями заказчика.
  - NEMA Тип 12 (на иллюстрации)

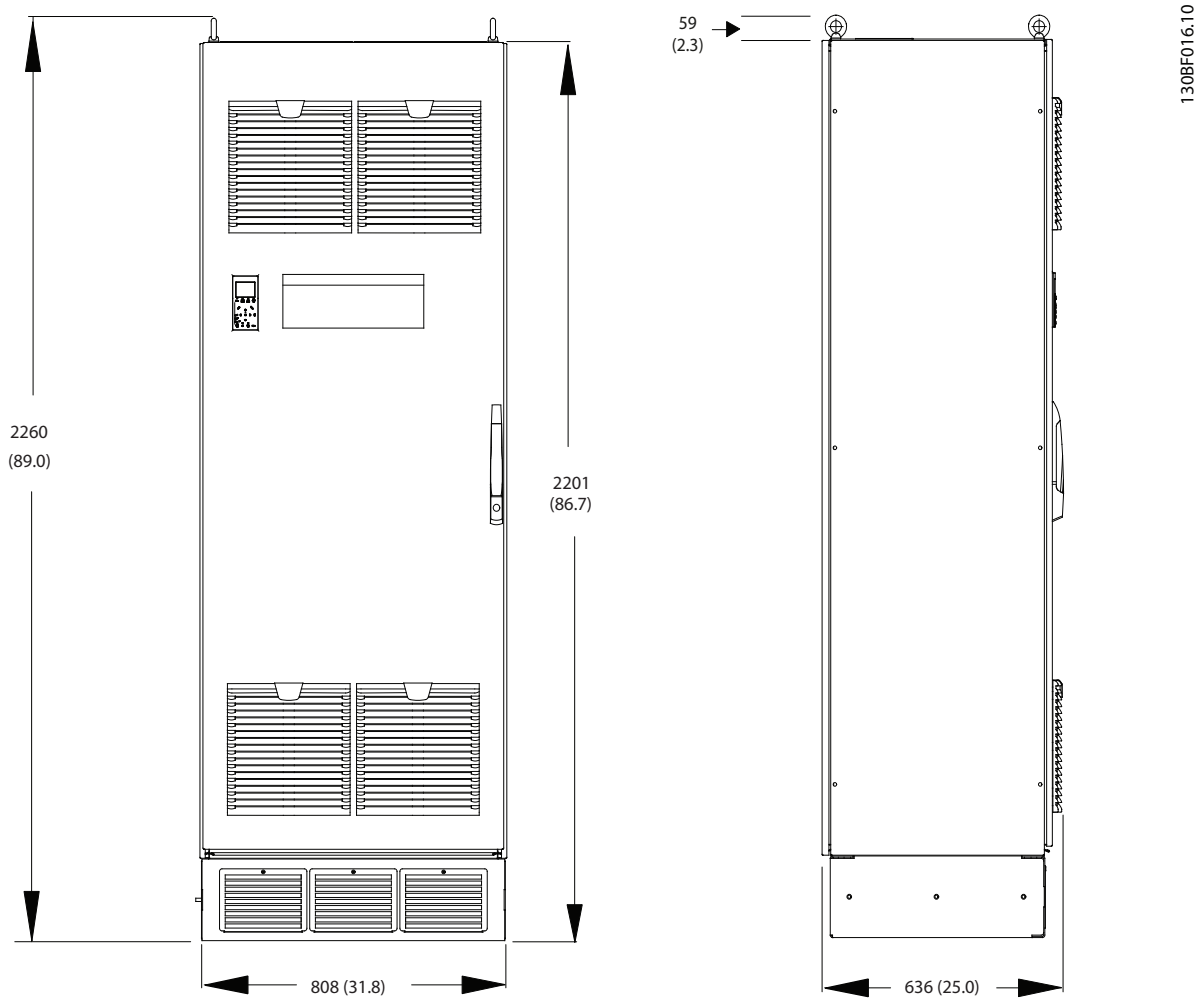


Рисунок 4.2 Система с двумя приводами с минимальными требованиями к размерам шкафа

Дополнительное оборудование Danfoss:

- Комплект 6-импульсной шины
- Комплект 12-импульсной шины
- Комплект охлаждения с входом сзади/выходом сзади
- Комплект охлаждения с входом сзади/выходом сверху
- Комплект охлаждения с входом снизу/выходом сзади
- Комплект охлаждения с входом снизу/выходом сверху

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

4.3 Листок технических данных системы с четырьмя приводами

- Номинальная мощность для устройств, рассчитанных на напряжение 380–500 В
  - HO: 500–800 кВт (650–1200 л. с.).
  - NO: 560–1000 кВт (750–1350 л. с.).
- Номинальная мощность для 525–690 В
  - HO: 630–1000 кВт (650–1150 л. с.).
  - NO: 710–1200 кВт (750–1350 л. с.).
- Масса
  - 910 кг (2000 фунтов).
- Класс защиты
  - IP54 (на иллюстрации). Степень защиты IP определяется требованиями заказчика.
  - NEMA Тип 12 (на иллюстрации)

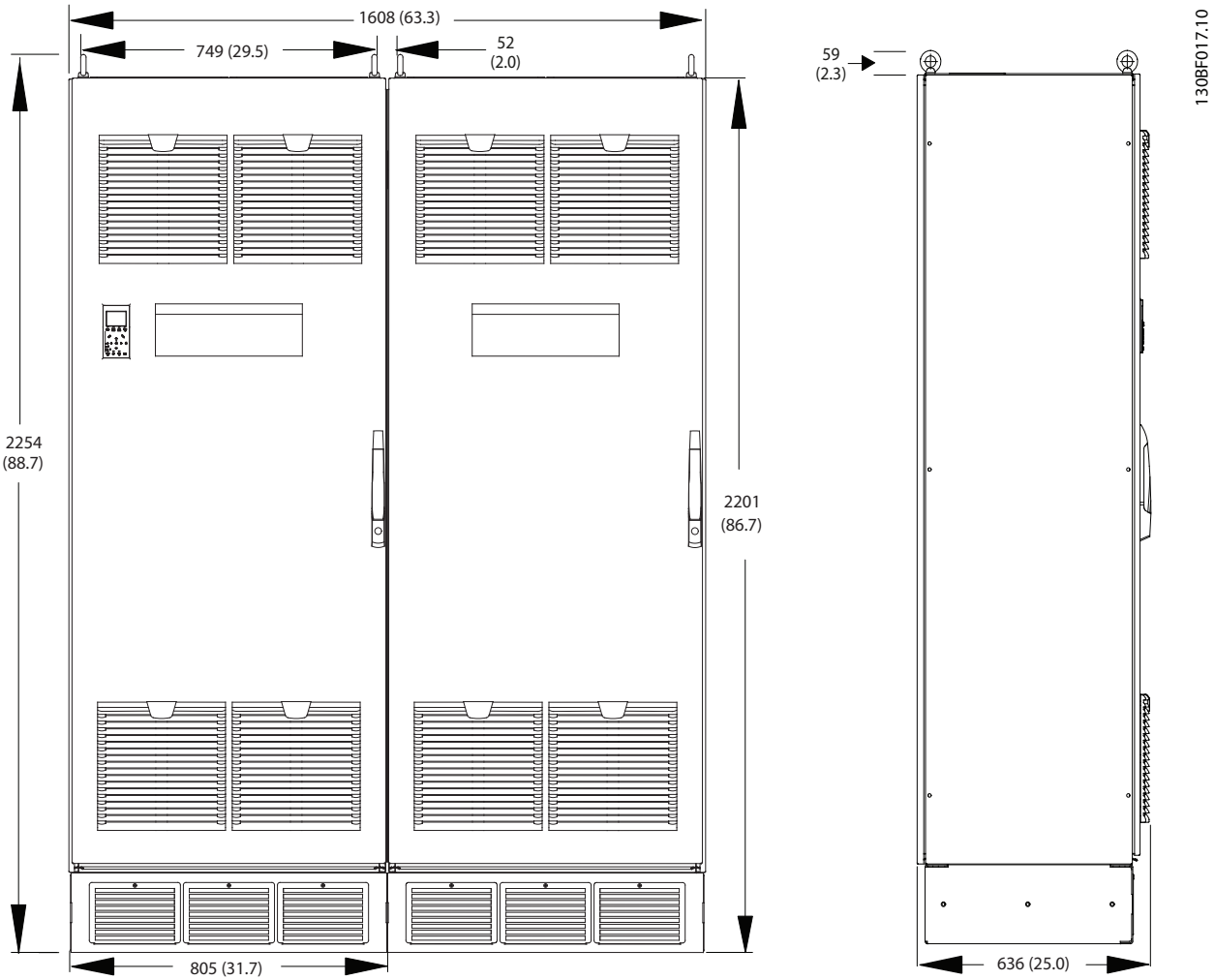


Рисунок 4.3 Система с четырьмя приводами с минимальными требованиями к размерам шкафа

Дополнительное оборудование Danfoss:

- Комплект 6-импульсной шины
- Комплект 12-импульсной шины
- Комплект охлаждения с входом сзади/выходом сзади
- Комплект охлаждения с входом сзади/выходом сверху
- Комплект охлаждения с входом снизу/выходом сзади
- Комплект охлаждения с входом снизу/выходом сверху

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

4.4 Внутренние компоненты

Система привода проектируется установщиком с использованием базового комплекта VLT® Parallel Drive Modules и комплектов других выбранных дополнительных компонентов таким образом, чтобы соответствовать заданным требованиям к мощности. Базовый комплект состоит из соединительных компонентов и двух или четырех модулей привода, соединяемых параллельно.

Базовый комплект содержит следующие компоненты:

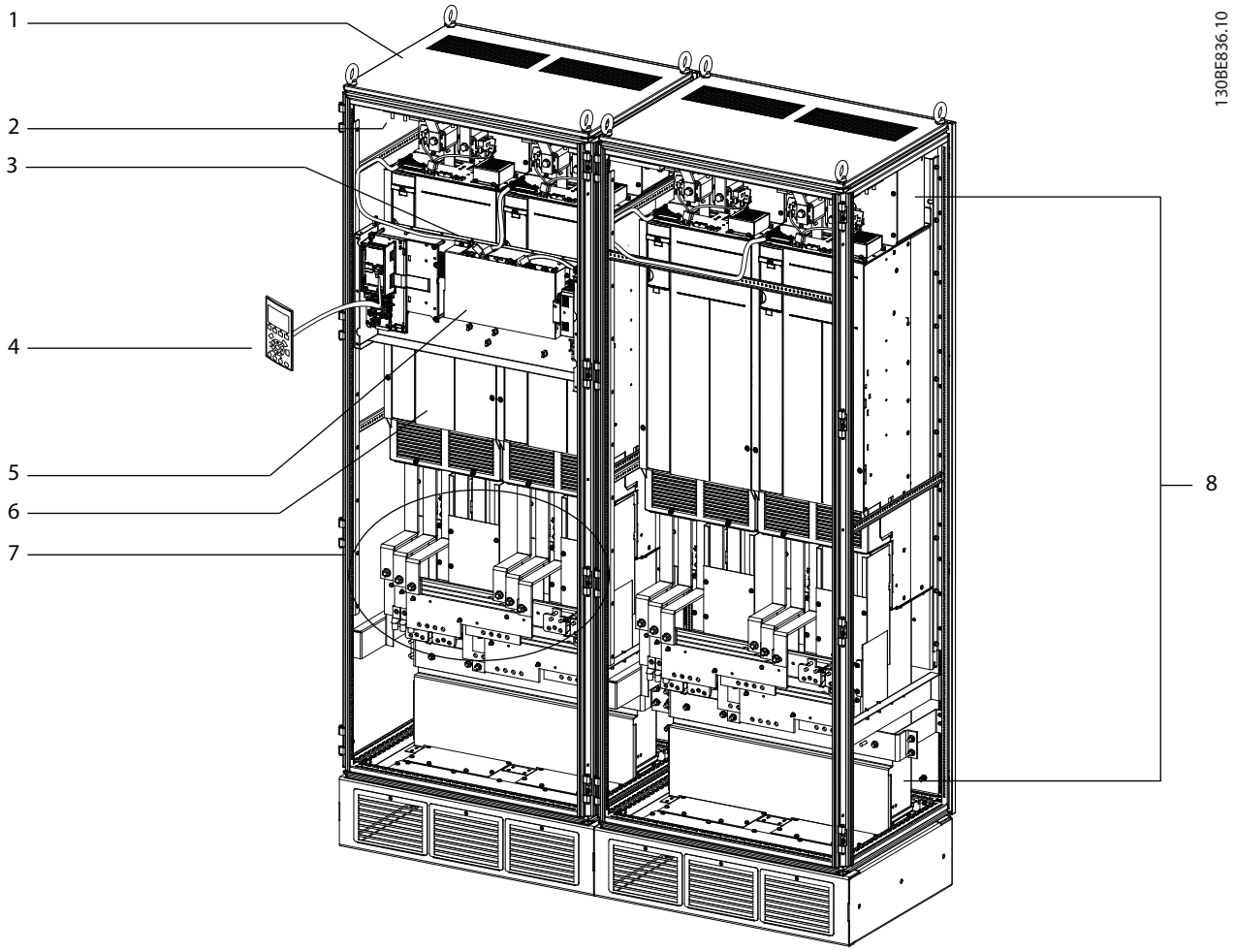
- Модули привода
- Полка управления
- Жгуты проводов
  - Плоский кабель с 44-контактными разъемами (на обоих концах кабеля).
  - Кабель реле с 16-контактным разъемом (на одном конце кабеля).
  - Кабель микропереключателя с 2-контактным разъемом (на одном конце кабеля) для предохранителя постоянного тока.
- Предохранители постоянного тока
- Микропереключатели

Другие компоненты, такие как комплекты шин и воздуховодов тыльного канала охлаждения, доступны для использования в конкретной системе привода.

На *Рисунок 4.4* показана система с четырьмя модулями привода. Система, в которой используются два модуля привода, аналогична, за исключением используемых соединительных элементов. На иллюстрации с системой привода показан комплект охлаждения и дополнительный комплект шины. Однако установщик может использовать другие способы подключения, в том числе шины или электрические кабели, изготовленные под заказ.

УВЕДОМЛЕНИЕ

За детали конструкции системы привода, в том числе детали соединений, несет ответственность установщик. Кроме того, если установщик не использует дизайн, рекомендованный Danfoss, он должен получить отдельные разрешения регулирующих органов.



Область	Название	Функции
1	Шкаф (предоставляется установщиком)	Используется для размещения модулей привода и других компонентов системы привода.
2	Шины постоянного тока (часть дополнительного комплекта шин)	Используются для параллельного подключения клемм постоянного тока модулей привода. Комплект можно заказать в Danfoss или у любого другого изготовителя электрических щитов.
3	Жгут проводов	Используется для соединения различных компонентов в полке управления.
4	LCP	Локальный модуль управления, показан установленным на дверь шкафа. Позволяет оператору отслеживать параметры системы и двигателя и управлять их работой.
5	Полка управления	Состоит из платы MDCIC (Multi-Drive Control Interface Card, плата интерфейса управления несколькими устройствами), платы управления, LCP, реле безопасности и импульсного блока питания (SMPS). Плата MDCIC обеспечивает сопряжение LCP и платы управления с силовой платой питания в каждом из модулей привода.
6	Модули привода	Для создания систем привода можно параллельно установить 2 или 4 модуля.
7	Комплект шины (опция)	Используется для параллельного подключения клемм двигателя, сетевого питания и заземления модулей привода. Комплект можно дополнительно заказать в Danfoss или приобрести у любого другого изготовителя электрических щитов.
8	Комплект охлаждения с входом снизу/выходом сзади (опция)	Используется для забора воздуха внутрь корпуса от его основания, направления воздуха через тыльный канал модуля привода и вывода воздуха наружу через верхнюю часть корпуса. Снижает температуру внутри корпуса на 85 %. Комплект можно заказать в Danfoss как дополнительное оборудование. См. *глава 4.5.1 Примеры охлаждения в обратном канале*.

Рисунок 4.4 Обзор системы с четырьмя приводами без экранов ЭМП/ЭМС

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

4

4.5 Примеры охлаждения в обратном канале

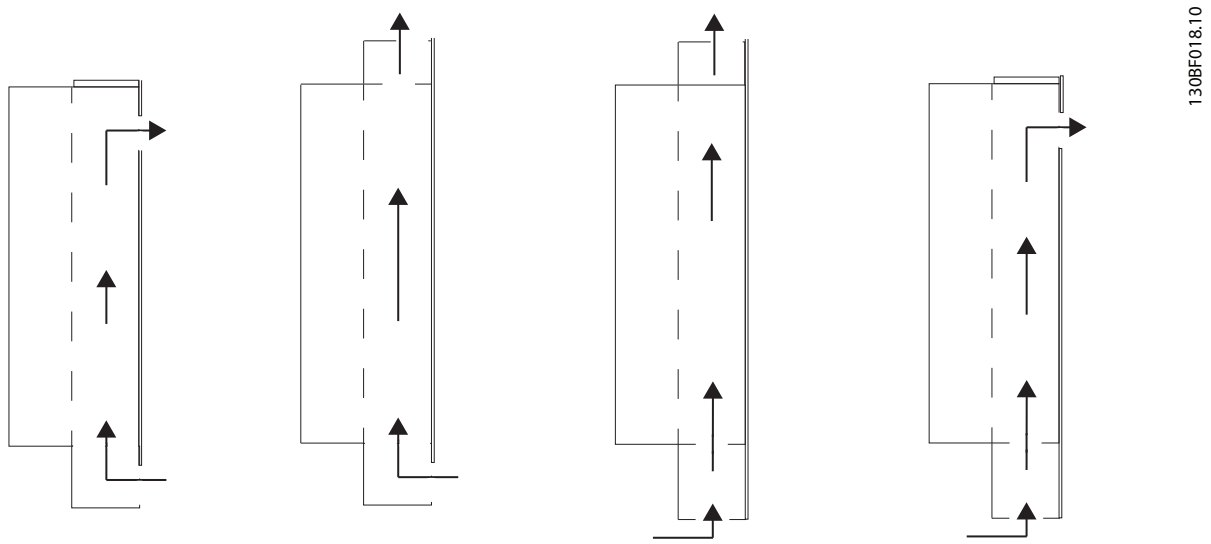


Рисунок 4.5 Поток воздуха в комплекте охлаждения (слева направо), вход — сзади/выход — сзади, вход — сзади/вход — сверху, вход — снизу/вход — сверху, вход — снизу/выход — сзади

Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

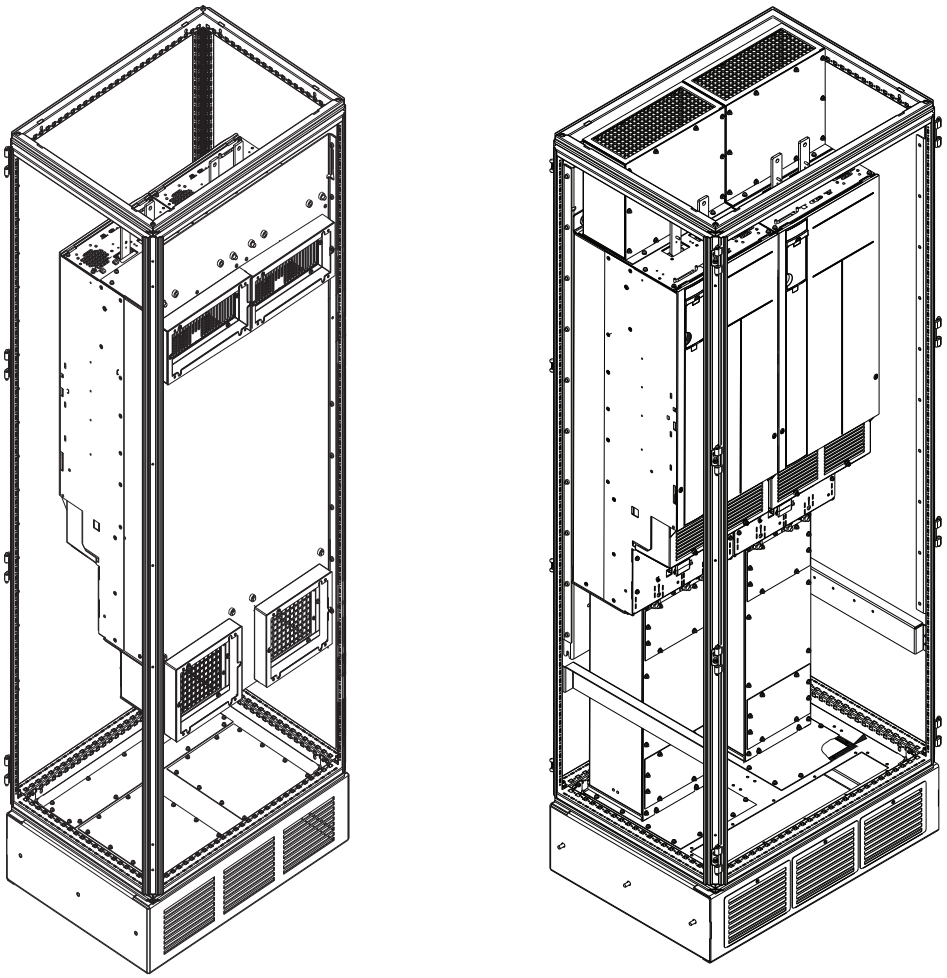


Рисунок 4.6 Шкаф с двумя приводами и комплектом охлаждения с входом сзади/выходом сзади (слева) и входом снизу/выходом сверху (справа)

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

5 Особенности изделия

5.1 Автоматизированные функции

Автоматизированные функции делятся на 3 категории:

- По умолчанию включен, но может быть отключен путем программирования.
- По умолчанию выключен, но может быть включен путем программирования.
- Всегда включен.

5.1.1 Автоматическая оптимизация энергопотребления

Автоматическая оптимизация энергопотребления (АОЭ) используется в приложениях HVAC. Когда эта функция действует, 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. КПД двигателя повышается, нагрев уменьшается, двигатель работает тише. Выбирать кривую В/Гц не требуется, так как преобразователь частоты автоматически регулирует напряжение двигателя.

5.1.2 Автоматическая модуляция частоты коммутации

Преобразователь частоты генерирует короткие электрические импульсы и формирует волну переменного тока. Скорость, с которой проходят эти импульсы, называется несущей частотой. Низкая несущая частота (малая периодичность импульсов) вызывает шум в двигателе, поэтому предпочтительно использование более высокой несущей частоты. Однако высокая несущая частота приводит нагреву преобразователя частоты, который может ограничить ток, подаваемый на двигатель. Использование биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT) позволяет обеспечить высокоскоростную коммутацию.

Автоматическая модуляция частоты коммутации автоматически регулирует эти характеристики, обеспечивая максимально возможную несущую частоту без перегрева преобразователя частоты. Благодаря регулируемой высокой несущей 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.

5.1.3 Снижение номинальных параметров при высокой несущей частоте

Преобразователь частоты рассчитан на непрерывную работу при полной нагрузке с несущими частотами в диапазоне от минимальной до максимальной (см. *Таблица 5.1*). Если несущая частота выше максимальной, выходной ток преобразователя частоты автоматически понижается.

Мощность кВт (л. с.)	Частота коммутации Гц	Минимум Гц	Максимум Гц	Заводская установка Гц
250 (350)	3000	2000	8000	3000
315 (450)	2000	1500	6000	2000
355 (500)	2000	1500	6000	2000
400 (550)	2000	1500	6000	2000
450 (600)	2000	1500	6000	2000
500 (650)	2000	1500	6000	2000
560 (750)	2000	1500	6000	2000
630 (900)	2000	1500	6000	2000
710 (1000)	2000	1500	6000	2000
800 (1200)	2000	1500	6000	2000

Таблица 5.1 Рабочие диапазоны несущей частоты для 380–500 В

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

Мощность кВт (л. с.)	Частота коммутации Гц	Минимум Гц	Максимум Гц	Заводская установка Гц
250 (300)	3000	2000	8000	3000
315 (350)	2000	1500	6000	2000
355 (400)	2000	1500	6000	2000
400 (400)	2000	1500	6000	2000
500 (500)	2000	1500	6000	2000
560 (600)	2000	1500	6000	2000
630 (650)	2000	1500	6000	2000
710 (750)	2000	1500	6000	2000
800 (950)	2000	1500	6000	2000
900 (1050)	2000	1500	6000	2000
1000 (1150)	2000	1500	6000	2000

Таблица 5.2 Рабочие диапазоны несущей частоты для 525–690 В

5.1.4 Автоматическое снижение номинальных характеристик при избыточной температуре

Автоматическое снижение номинальных характеристик при избыточной температуре действует с целью предотвращения отключения преобразователя частоты при высокой температуре. Внутренние датчики температуры определяют условия работы, защищая силовые компоненты от перегрева. Преобразователь может автоматически снижать несущую частоту для поддержания рабочей температуры в безопасных пределах. После снижения несущей частоты преобразователь также может снизить выходную частоту и ток почти на 30 %, чтобы избежать отключения вследствие перегрева.

5.1.5 Автоматическое изменение скорости

Двигатель, который пытается разгонять нагрузку слишком быстро для доступного тока, может вызвать срабатывание защиты преобразователя. То же самое верно и для слишком быстрого замедления. Автоматическое линейное управление разгоном и изменением защищает от таких ситуаций, продлевая время изменения скорости (разгона или замедления) вращения двигателя в соответствии с доступным током.

5.1.6 Регулятор пределов тока

Если допустимая нагрузка по току превышает допустимую при нормальном функционировании преобразователя частоты (из-за заниженного размера преобразователя или двигателя), предел по току обеспечивает снижение выходной частоты для замедления двигателя и снижения нагрузки. Доступен регулируемый таймер, который позволяет ограничить длительность работы в этом режиме 60 секундами или менее. По умолчанию задано заводское ограничение в 110 % от номинального тока двигателя, чтобы минимизировать перегрузки от чрезмерного тока.

5.1.7 Защита от короткого замыкания

Преобразователь частоты обеспечивает встроенную защиту с быстродействующим контуром отключения в случае короткого замыкания. Ток, измеренный на каждой из трех фаз. Если ток превышает допустимое значение, то через 5–10 мс все транзисторы в преобразователе отключаются. Эта схема обеспечивает наиболее быстрое обнаружение тока и самую высокую степень защиты от ложного срабатывания. Короткое замыкание между двумя выходными фазами может привести к отключению вследствие перегрузка по току.

5.1.8 Защита от замыкания на землю

После получения обратной связи от датчиков тока схема управления суммирует трехфазные токи от каждого модуля привода. Если сумма всех трехфазных токов не равна нулю, это указывает на утечку тока. Если отклонение от нуля превышает заданную величину, преобразователь частоты выдает сигнал о коротком замыкании на землю.

5.1.9 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

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

автоматический перезапуск, после временной потери напряжения преобразователь частоты автоматически включается. При подхвате вращающегося двигателя преобразователь частоты синхронизируется с вращением двигателя перед включением.

5.1.10 Плавный пуск двигателя

Преобразователь частоты подает на двигатель величину тока, необходимую для преодоления инерции нагрузки и раскрутки двигателя до нужной скорости. При этом на неподвижный или медленно вращающийся двигатель не подается полное напряжение электросети, что привело бы к высокому выделения тепла и большому току. Такая встроенная функция плавного пуска функция снижает тепловую нагрузку и механические напряжения, продлевает срок службы двигателя и обеспечивает более тихую работу системы.

5.1.11 Подавление резонанса

Высокочастотный резонанс в двигателе можно устранить путем подавления резонанса. Доступны автоматическое демпфирование и демпфирование выбранной вручную частоты.

5.1.12 Вентиляторы с управлением по температуре

Внутренние вентиляторы охлаждения управляются по температуре, определяемой датчиками в преобразователе частоты. При работе с низкой нагрузкой, в режиме ожидания или резерва охлаждающие вентиляторы часто не вращаются. Эта функция уменьшает шум, повышает эффективность и продлевает срок службы вентилятора.

5.1.13 Соответствие требованиям ЭМС

Электромагнитные помехи или радиочастотные помехи (ВЧ-помехи) — это помехи, которые могут повлиять на работу электрических цепей в связи с электромагнитной индукцией или электромагнитным излучением из внешнего источника. Преобразователь частоты рассчитан на соответствие требованиям стандартов по ЭМС IEC/EN 61800-3. Подробнее о характеристиках ЭМС см. *глава 9.2 Результаты испытаний ЭМС*.

5.2 Программируемые функции

Для улучшения характеристик системы в преобразователе частоты программируются следующие наиболее часто используемые функции. Они требуют лишь минимального программирования или настройки. Учет наличия этих функций может помочь при оптимизации проекта системы, а также, возможно, позволит исключить введение избыточных компонентов или функционала. Подробные инструкции по включению этих функций см. в *руководстве по программированию* конкретного устройства.

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. Это позволяет преобразователю частоты рассчитать оптимальные производительность и КПД для двигателя. Выполнение процедуры ААД также максимизирует эффект функции автоматической оптимизации энергии в преобразователе частоты. ААД выполняется без вращения двигателя и без отсоединения двигателя от нагрузки.

5.2.2 Тепловая защита двигателя

Тепловая защита двигателя может быть обеспечена двумя способами.

В одном из методов используется термистор двигателя. Преобразователь частоты контролирует температуру двигателя для определения условий перегрева при различных скоростях и нагрузках.

Во втором методе вычисляется температура 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 I^2t.

5.2.3 Встроенный ПИД-регулятор

В преобразователе частоты имеется встроенный пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД) регулятор, который 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 обеспечить самостоятельное управление скоростью двигателя,

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

реагируя на сигналы обратной связи от удаленных датчиков.

Преобразователь частоты принимает два сигнала обратной связи от двух различных устройств. Эта функция позволяет управлять системами с различными требованиями к обратной связи. Чтобы оптимизировать производительность системы, преобразователь частоты принимает решения по управлению на основе сравнения двух сигналов.

5.2.4 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.

5.2.5 Подхват вращающегося двигателя

Подхват вращающегося двигателя позволяет преобразователю частоты синхронизировать свою работу с вращением двигателя и разогнать двигатель до полной скорости в любом из направлений. Эта функция предотвращает отключение из-за превышения потребляемого тока. Она также минимизирует механические нагрузки в системе, так как в двигателе не происходит резкого изменения скорости при запуске преобразователя частоты.

5.2.6 Режим ожидания

Режим ожидания автоматически останавливает двигатель, когда в течение определенного времени потребность системы в его работе низка. Если потребность системы возрастает, преобразователь перезапускает двигатель. Режим ожидания обеспечивает энергосбережение и уменьшает износ двигателя. В отличие от таймеров, преобразователь всегда готов к запуску при достижении установленного уровня потребности, при котором и происходит пробуждение.

5.2.7 Разрешение работы

Перед запуском преобразователь может ожидать дистанционного сигнала готовности системы. Если эта функция активна, преобразователь остается остановленным, пока не получит разрешения на запуск. Сигнал разрешения работы гарантирует, что система или вспомогательное оборудование находятся в надлежащем состоянии, прежде чем преобразователю будет разрешено запустить двигатель.

5.2.8 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. Такая кривая с переменным крутящим моментом отличается от наблюдаемой в преобразователях с переменным крутящим моментом, которые выдают уменьшенный крутящий момент при низких скоростях, а также от наблюдаемой в преобразователях частоты с постоянным крутящим моментом, для которых при скорости меньшей, чем полная, характерны чрезмерное напряжение, тепловыделение и шум от двигателя.

5.2.9 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.

5.2.10 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.

5.2.11 4 программируемых набора 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

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

ночью, летом и зимой или для управления несколькими двигателями. Активный набор параметров показан на LCP.

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

5.2.12 Торможение постоянным током

В некоторых применениях может потребоваться торможение двигателя для его замедления или останова. Подача постоянного тока на двигатель тормозит двигатель и может исключить потребность в отдельном тормозе для двигателя. Торможение постоянным током может активироваться при заданной частоте или при получении сигнала. Также можно запрограммировать интенсивность торможения.

5.2.13 Высокий пусковой крутящий момент

Для работы с высокой инерцией или высоким уровнем трения доступен дополнительный крутящий момент при пуске. В течение ограниченного промежутка времени может быть установлен пусковой ток в 110 % или 160 % от максимума.

5.2.14 Обход

Имеется возможность автоматического или ручного обхода. Обход позволяет двигателю работать на полной скорости, когда преобразователь частоты не работает, и позволяет проводить плановое техническое обслуживание или выполнять аварийный обход.

5.2.15 Поддержание электроснабжения при потере мощности

При потере мощности преобразователь частоты продолжает работать, пока напряжение в звене постоянного тока не снизится до минимального рабочего уровня, соответствующего напряжению, которое на 15 % ниже минимального номинального напряжения питания преобразователя. Преобразователи частоты предназначены для работы при 380–460 В, 550–600 В, некоторые — при 690 В. Время защитного поддержания электроснабжения при потере мощности зависит, помимо нагрузки, от преобразователя частоты и сетевого напряжения в момент потери мощности.

5.2.16 Перегрузка

Когда крутящий момент, необходимый для поддержания или увеличения определенной частоты, превышает предел по току, преобразователь частоты пытается продолжить работу. Он автоматически уменьшает скорость разгона или уменьшает выходную частоту. Если перегрузка по току сглаживается недостаточно, преобразователь отключается и показывает ошибку в течение 1.5 с. Уровень предела по току программируется. Задержка отключения при превышении тока используется для указании времени, в течении которого преобразователь частоты работает на указанном пределе по току перед отключением. Предельный уровень может быть установлен в виде значения от 0 до 60 с, или в виде бесконечной работы, которая будет зависеть от преобразователя частоты и тепловой защиты двигателя.

5.3 Safe Torque Off (STO)

VLT® AutomationDrive FC 302 поставляется в стандартной комплектации с функцией Safe Torque Off, подключаемой через клемму управления 37. Функция STO доступна в VLT® HVAC Drive FC 102 и VLT® AQUA Drive FC 202.

Функция STO отключает управляющее напряжение на силовых полупроводниках выходной ступени преобразователя частоты, что в свою очередь препятствует генерированию напряжения, требуемого для вращения двигателя. Если активировано безопасное отключение крутящего момента (Клемма 37), преобразователь частоты подает аварийный сигнал, затем выполняется отключение устройства и двигатель останавливается с выбегом. Потребуется произвести перезапуск вручную. Функция безопасного отключения крутящего момента может использоваться для аварийной остановки преобразователя частоты. В нормальном режиме работы, когда Safe Torque Off не требуется, следует использовать функцию обычного останова преобразователя частоты. При использовании автоматического перезапуска следует соблюдать требования, указанные в стандарте ISO 12100-2, параграф 5.3.2.5.

Функция Safe Torque Off в сочетании с VLT® AutomationDrive FC 302 может использоваться с асинхронными и синхронными двигателями, а также с двигателями с постоянными магнитами. В силовых полупроводниковых приборах возможно возникновение двух отказов. Если при использовании синхронных двигателей или двигателей с постоянными магнитами в полупроводниковых силовых приборах возникает 2 отказа, это может вызвать остаточное вращение в двигателе. Угол поворота вала можно рассчитать как 360/(число полюсов). Это следует учитывать в системах с синхронными двигателями и двигателями с постоянными магнитами, и необходимо принять меры, исключающие возникновение проблем, влияющих на безопасность. Такая ситуация невозможна с асинхронными двигателями.

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

5.3.1 Условия исполнения обязательств

За знание персоналом порядка установки и эксплуатации функции безопасного отключения крутящего момента отвечает пользователь. Необходимо:

- Прочитать и понимать нормы и правила техники безопасности, относящиеся к предупреждению несчастных случаев.
- Понимать общие инструкции и инструкции по технике безопасности, приведенные в данном описании, а также в расширенном описании в документе *VLT® Frequency Converters – Safe Torque Off Operating Guide*
- Хорошо знать общие стандарты и стандарты в области техники безопасности, относящиеся к тем или иным применениям.

Понятие «пользователь» в данном контексте определяется как «интегратор, оператор или персонал, выполняющий ремонт и техническое обслуживание».

5.3.2 Дополнительная информация

Подробную информацию о функции Safe Torque Off, включая сведения о монтаже и вводе в эксплуатацию, см. в документе*VLT® Frequency Converters – Safe Torque Off Operating Guide*.

5.3.3 Установка внешнего устройства безопасности в сочетании с VLT® PTC Thermistor Card MCB 112

Если подключен сертифицированный на взрывобезопасность модуль термистора MCB 112, использующий клемму 37 в качестве канала защитного выключения, выход X44/12 у MCB 112 должен быть связан по схеме «И» с датчиком обеспечения безопасности (например, кнопкой аварийного останова, защитным выключателем и т. п.), активизирующим функцию Safe Torque Off. Выходной сигнал на клемму 37 функции Safe Torque Off имеет высокий уровень (24 В) только в том случае, если и сигнал от выхода X44/12 MCB 112, и сигнал от датчика обеспечения безопасности имеют высокий уровень. Если хотя бы один из этих двух сигналов имеет низкий уровень, выходной сигнал на клемму 37 также будет иметь низкий уровень. Устройство безопасности с такой логикой типа «И» само должно соответствовать требованиям стандарта IEC 61508, SIL 2. Соединение между выходом устройства безопасности с логической схемой «И» и клеммой 37 функции Safe Torque Off должно быть защищено от короткого замыкания. На *Рисунок 5.1* показан вход перезапуска для внешнего устройства безопасности. В этой установке, например, для параметра *параметр 5-19 Клемма 37, безопасный останов* может быть установлено значение *[7] PTC 1 и реле W* или [*8] PTC 1 и реле A/W*. Подробнее см. *Инструкции по эксплуатации VLT® PTC Thermistor Card MCB 112*.

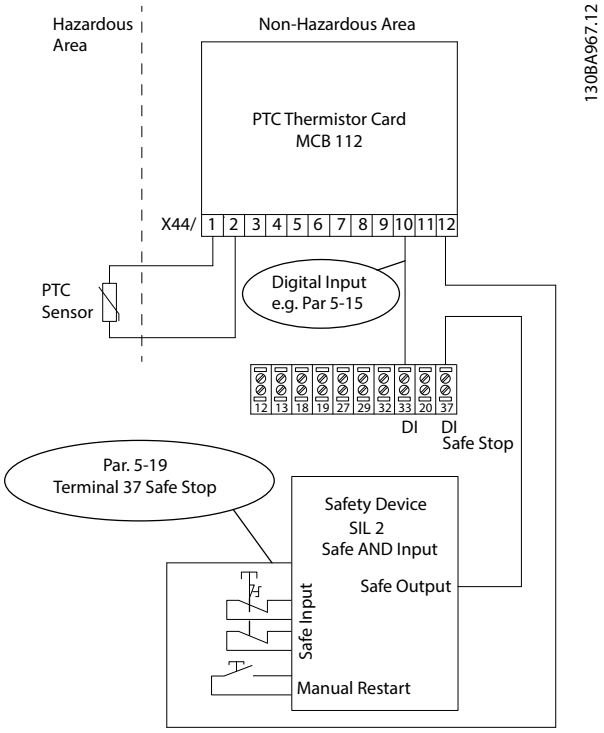


Рисунок 5.1 Иллюстрация важных особенностей установки комбинации безопасного отключения крутящего момента и системы, в которой используется MCB 112

Настройки параметров для внешнего устройства безопасности в сочетании с MCB 112

При подключенном устройстве MCB 112 становятся доступными дополнительные значения (*[4]–[9]*) для параметра *параметр 5-19 Клемма 37, безопасный останов* (Клемма 37 функции Safe Torque Off). Значения *[1]* Авар. сигн. безоп. ост.* и *[3] Пред.о безоп.ост.* в *параметр 5-19 Клемма 37, безопасный останов* также остаются доступными, но должны использоваться только для установок без MCB 112 или внешних устройств безопасности. Если в *параметр 5-19 Клемма 37, безопасный останов* по ошибке выбрано значение *[1]* Авар. сигн. безоп. ост.* или *[3] Пред.о безоп.ост.* и происходит срабатывание MCB 112, преобразователь частоты реагирует подачей *аварийного сигнала 72, Опасный отказ* и останавливает двигатель выбегом безопасно, без автоматического перезапуска.

Значения *[4] Ав. сигн. PTC 1* и *[5] PTC 1 Предупр.* в *параметр 5-19 Клемма 37, безопасный останов* выбираются только когда MCB 112 использует функцию безопасного отключения крутящего момента. Если в *параметр 5-19 Клемма 37, безопасный останов* по ошибке выбрано значение *[4]* или *[5]* и внешнее устройство безопасности вызывает срабатывание

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

функции Safe Torque Off, преобразователь частоты реагирует подачей *аварийного сигнала 72 Опасный отказ* и останавливает преобразователь частоты выбегом без автоматического перезапуска.
Для сочетания внешнего устройства безопасности и MCB 112 в *параметр 5-19 Клемма 37, безопасный останов* должны быть выбраны значения *[6]–[9]*.

УВЕДОМЛЕНИЕ

***[7] PTC 1 и реле W* и *[8] PTC 1 и реле A/W* в *параметр 5-19 Клемма 37, безопасный останов* становятся доступными для программирования автоматического перезапуска, если внешнее устройство безопасности снова деактивировано.**

5

Автоматический перезапуск допускается только в следующих ситуациях:

- Предотвращение непредусмотренного пуска реализуется другими частями установки с безопасным отключением крутящего момента.
- Имеется возможность обеспечить физически отсутствие людей в опасной зоне в случаях, когда безопасное отключение крутящего момента не активировано. В частности, необходимо соблюдать требования параграфа 5.3.2.5 стандарта ISO 12100-2 2003.

Подробнее о MCB 112 см. *глава 7.3.11 VLT® PTC Thermistor Card MCB 112* и *Руководство по эксплуатации VLT® PTC Thermistor Card MCB 112*.

5.4 Мониторинг системы

Преобразователь частоты контролирует множество аспектов работы системы, в том числе:

- состояние сети,
- нагрузку двигателя и его характеристики,
- состояние преобразователя частоты,

Предупреждение или аварийный сигнал не обязательно означают, что проблема связана с самим преобразователем частоты. Это может быть состояние, которое имеет место вне преобразователя, но контролируемое по предельным характеристикам. Преобразователь частоты имеет возможность выдавать различные предварительно запрограммированные реакции на отказы, предупреждения и аварийные сигналы. Для улучшения производительности системы или внесения изменений в ее работу могут быть выбраны дополнительные функции подачи аварийных сигналов и предупреждений.

В этом разделе описываются распространенные функции аварийных сигналов и предупреждений. Учет наличия этих функций может помочь при оптимизации проекта системы, а также, возможно, позволит исключить введение избыточных компонентов или функционала.

5.4.1 Работа при превышении температуры

По умолчанию, при перегреве преобразователь частоты выдает аварийный сигнал и отключается. Если выбрать функцию *Autoderate and Warning (Автомат. сниж. номинальных характеристик и предупреждение)*, преобразователь частоты выдаст предупреждение о неоптимальном состоянии, но продолжит работу и попытается выполнить самоохлаждение — вначале посредством снижения частоты коммутации. Затем при необходимости будет снижена выходная частота.

5.4.2 Предупреждение о высоком и низком задании

В режиме разомкнутого контура сигнал задания напрямую контролирует скорость преобразователя частоты. При достижении запрограммированного максимального или минимального значения на дисплее появляется мигающее предупреждение о высоком или низком задании.

5.4.3 Предупреждение о высоком и низком сигнале обратной связи

В режиме замкнутого контура преобразователь частоты контролирует выбранные верхнее и нижнее значения обратной связи. В соответствующих случаях на дисплее мигает предупреждение о низком или высоком значении. Преобразователь может также контролировать сигналы обратной связи в режиме разомкнутого контура. Хотя в разомкнутом контуре сигналы не влияют на работу преобразователя, они могут быть полезны для индикации состояния системы локально или по последовательной связи.
Преобразователь частоты способен работать с 39 различными единицами измерения.

5.4.4 Асимметрия напряжения питания или потеря фазы

Повышенные пульсации тока на шине постоянного тока указывают либо на асимметрию фаз сети, либо потерю фазы. В случае потери фазы к преобразователю по умолчанию выдается аварийный сигнал и выполняется останов преобразователя, чтобы защитить конденсаторы шины постоянного тока. Также доступны варианты выдачи предупреждения и снижения выходного тока до 30 % от полного или выдачи предупреждения и продолжения нормальной работы. До устранения асимметрии фаз может понадобиться, чтобы блок работал, подключенный к сети с асимметрией.

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

5.4.5 Предупреждение о высокой частоте

Функция полезна при постепенном включении дополнительного оборудования (например, насосов или вентиляторов охлаждения): при высокой скорости преобразователь может выдавать предупреждение. В преобразователь можно ввести конкретное значение высокой частоты. Если выходная частота превышает установленный предел предупреждения, устройство выдает на дисплей предупреждение о высокой частоте. Цифровой выходной сигнал от преобразователя может запускать внешние устройства.

5.4.6 Предупреждение о низкой частоте

В процессе вывода оборудования из работы преобразователь может выдавать предупреждение, если скорость двигателя становится низкой. Можно задать конкретные значения низкой частоты для выдачи предупреждения и для отключения внешних устройств. Предупреждение о низкой частоте не подается, когда преобразователь частоты остановлен или когда запуск уже выполнен, но рабочая частота еще не достигнута.

5.4.7 Предупреждение о высоком токе

Эта функция аналогична предупреждению о высокой частоте (см. *глава 5.4.5 Предупреждение о высокой частоте*) с тем отличием, что функция высокого тока выдает предупреждение и включает внешнее оборудование. Эта функция не активна, когда преобразователь частоты остановлен или когда запуск уже выполнен, но установленный рабочий ток еще не достигнут.

5.4.8 Предупреждение о низком токе

Эта функция аналогична предупреждению о низкой частоте (см. *глава 5.4.6 Предупреждение о низкой частоте*) с тем отличием, что функция низкого тока выдает предупреждение и выключает внешнее оборудование. Эта функция не активна, когда преобразователь частоты остановлен или когда запуск уже выполнен, но установленный рабочий ток еще не достигнут.

5.4.9 Предупреждение об отсутствии нагрузки/обрыве ремня

Эта функция может использоваться отслеживания состояния клиновидного ремня. После сохранения в преобразователе нижнего предела по току, преобразователь может быть запрограммирован при обнаружении потери нагрузки выдавать аварийный сигнал и отключаться или продолжать работу и выдавать предупреждение.

5.4.10 Потеря последовательного интерфейса

Преобразователь частоты может обнаруживать пропадание последовательной связи. Можно выбрать временную задержку до 18 000 секунд, чтобы исключить реакцию в связи с нарушением работы шины последовательной связи. При превышении времени задержки соответствующее параметры позволяют:

- Поддерживать последнюю заданную скорость.
- Переходить к максимальной скорости.
- Переходить на предустановленную скорость.
- Останавливаться и выдавать предупреждение.

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

6 Технические характеристики

6.1 Габариты модуля привода

6.1.1 Внешние габариты

На *Рисунок 6.1* показаны размеры модуля привода, необходимые при установке.

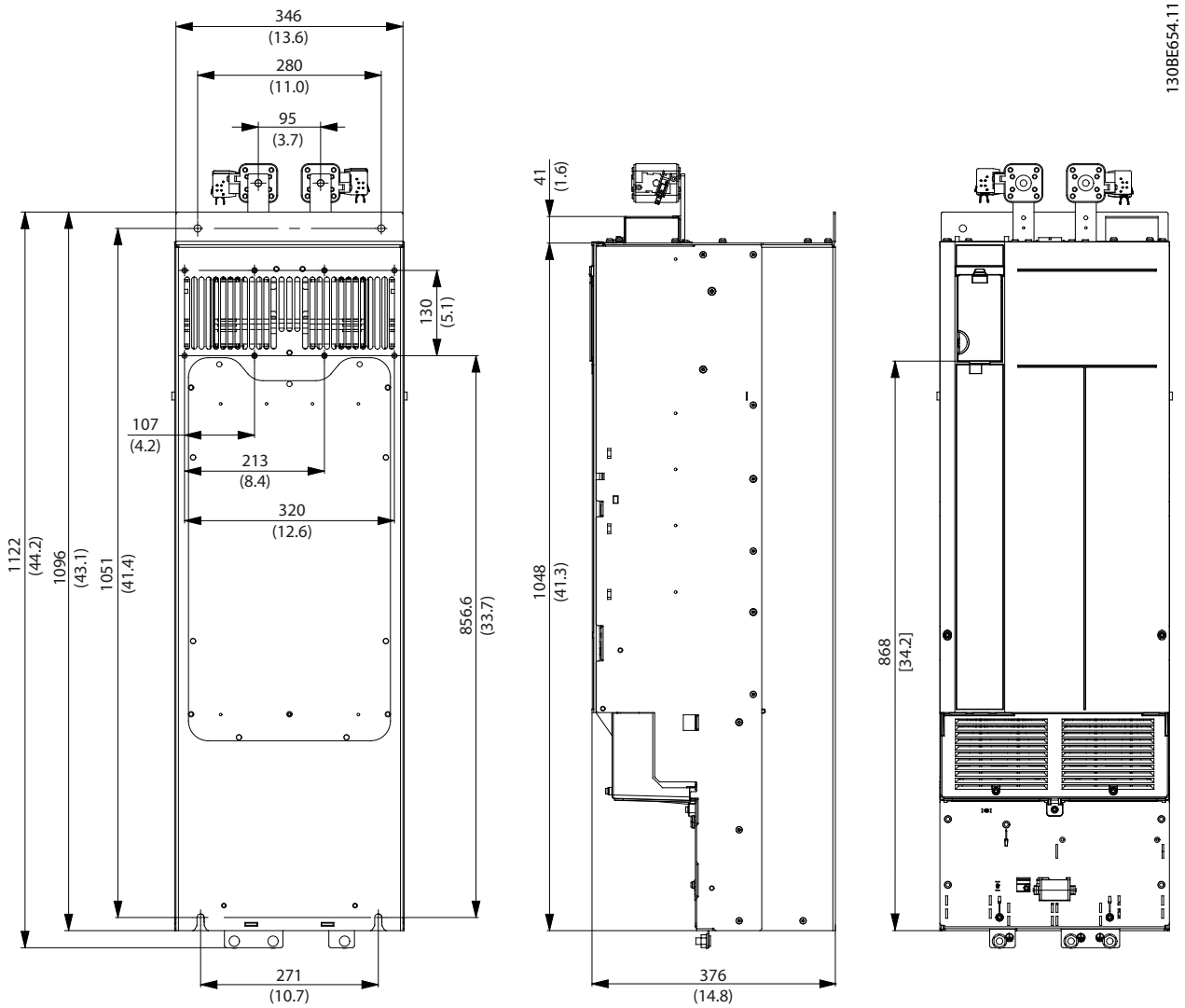


Рисунок 6.1 Установочные размеры VLT® Parallel Drive Modules

Описание	Макс. масса [кг (фунт)]	Длина x ширина x глубина [мм (дюйм)]
Модуль привода	125 (275)	1121,7 x 346,2 x 375 (44,2 x 13,6 x 14,8)

Таблица 6.1 Масса и размеры модуля привода

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

6.1.2 Размеры клемм

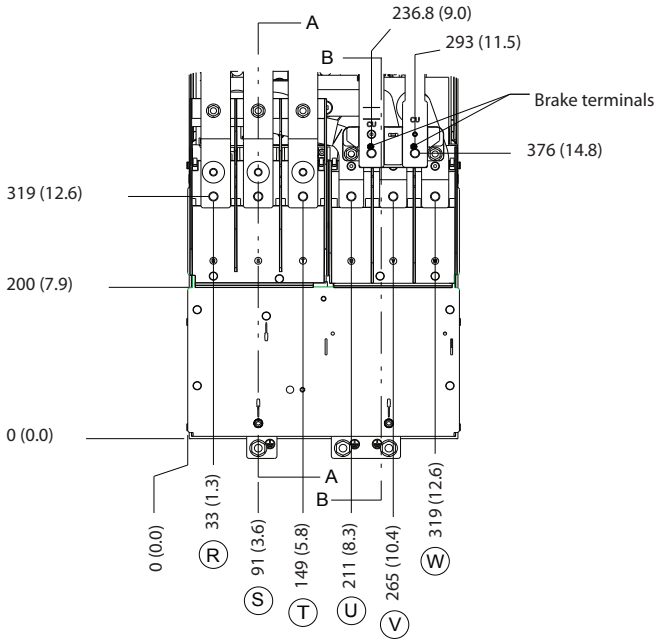


Рисунок 6.2 Размеры клемм модуля привода (вид спереди)

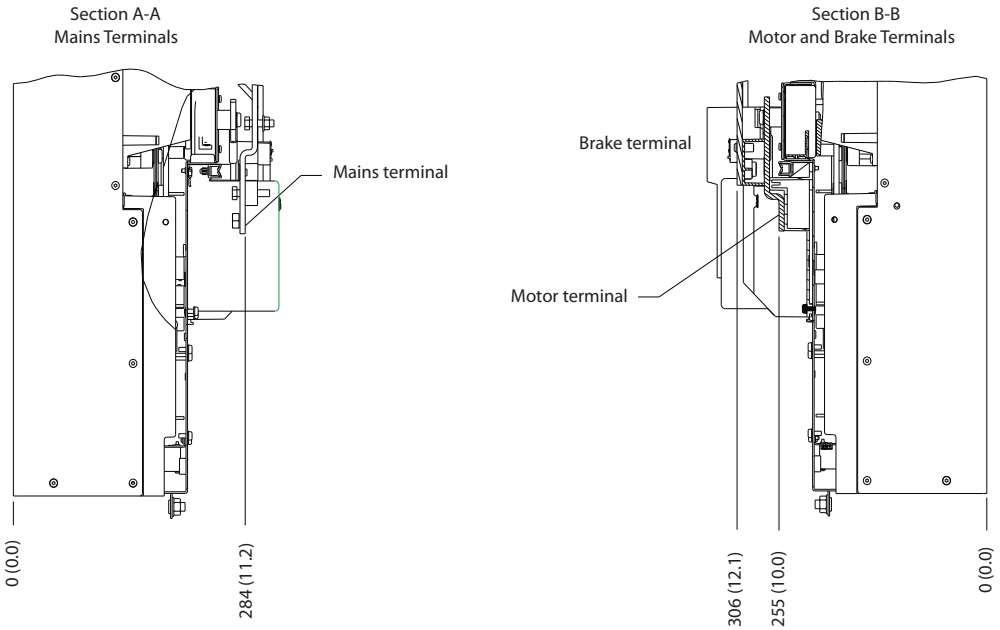


Рисунок 6.3 Размеры клемм модуля привода (вид сбоку)

Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

6.1.3 Размеры шины постоянного тока

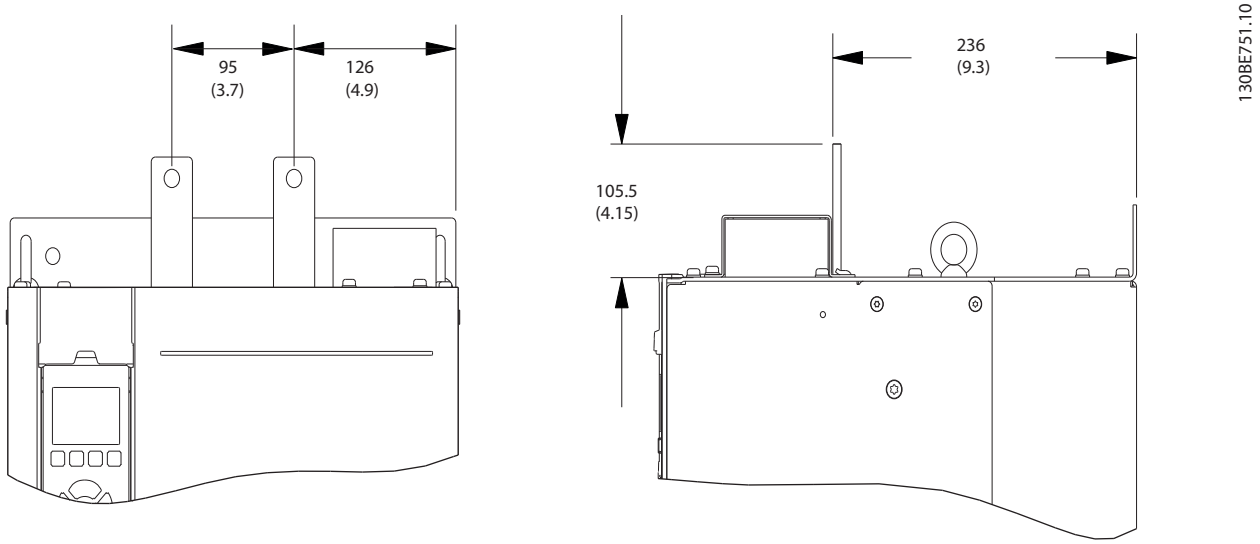


Рисунок 6.4 Размеры шины постоянного тока (вид спереди и сбоку)

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

6.2 Размеры полки управления

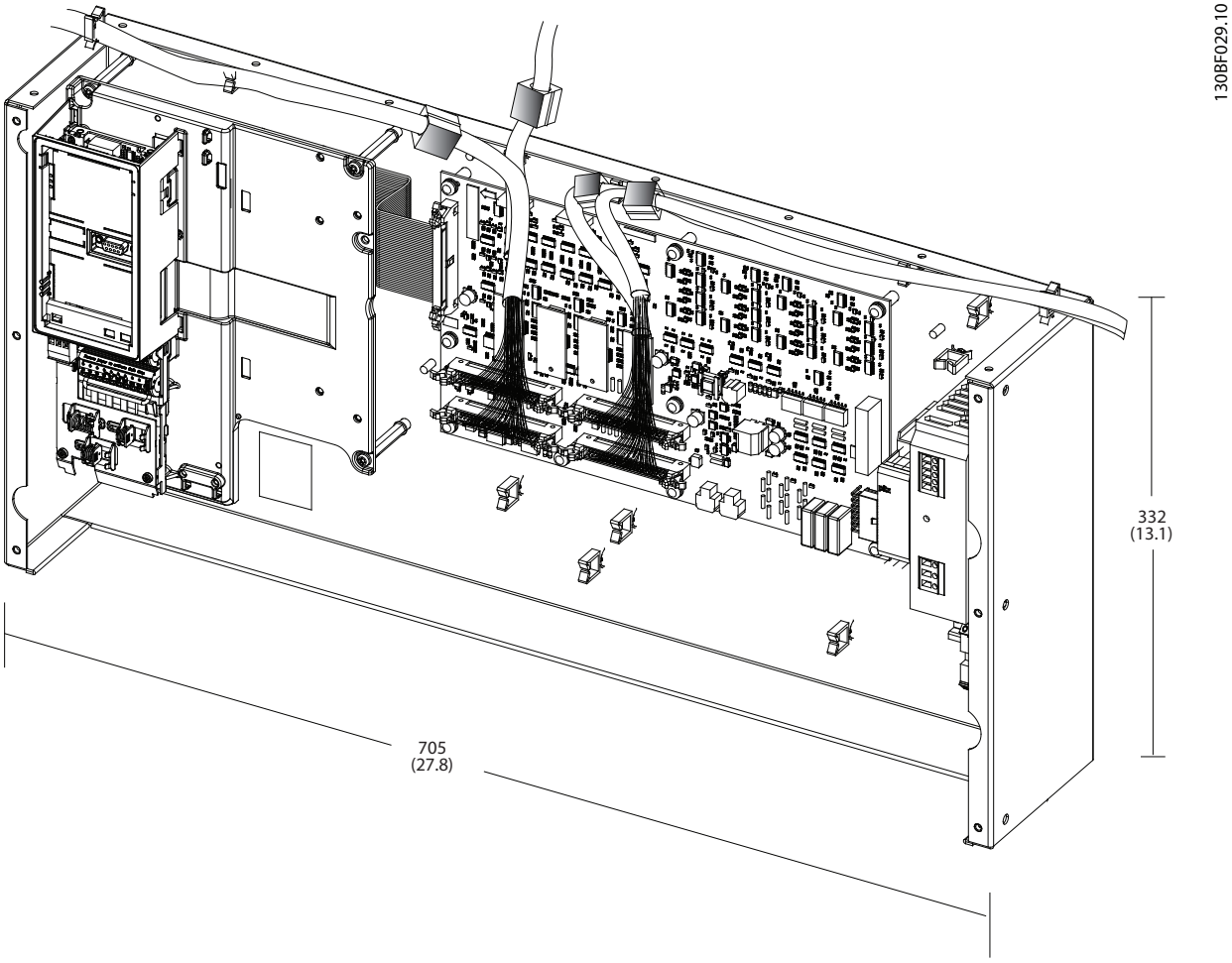


Рисунок 6.5 Размеры полки управления

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

6.3 Размеры системы с двумя приводами

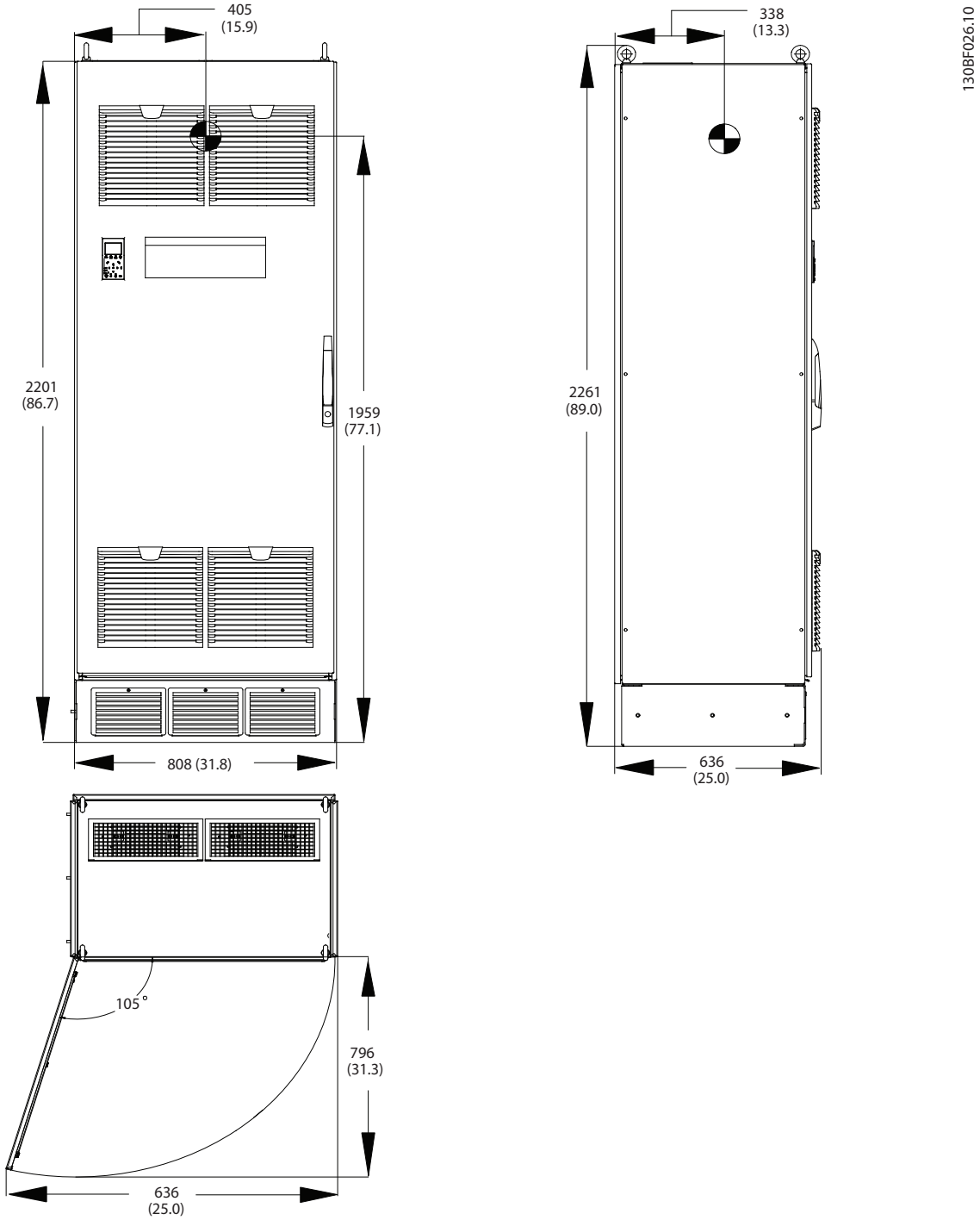
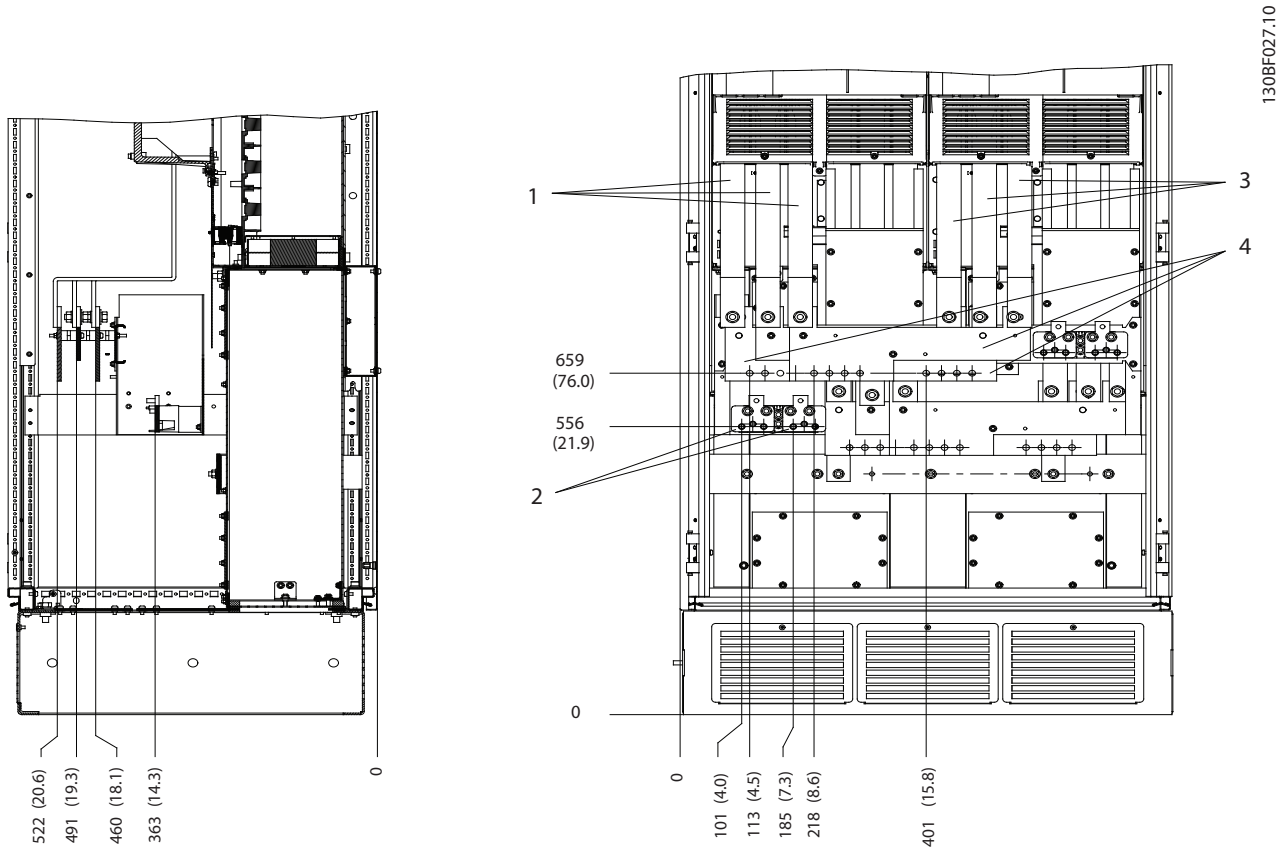


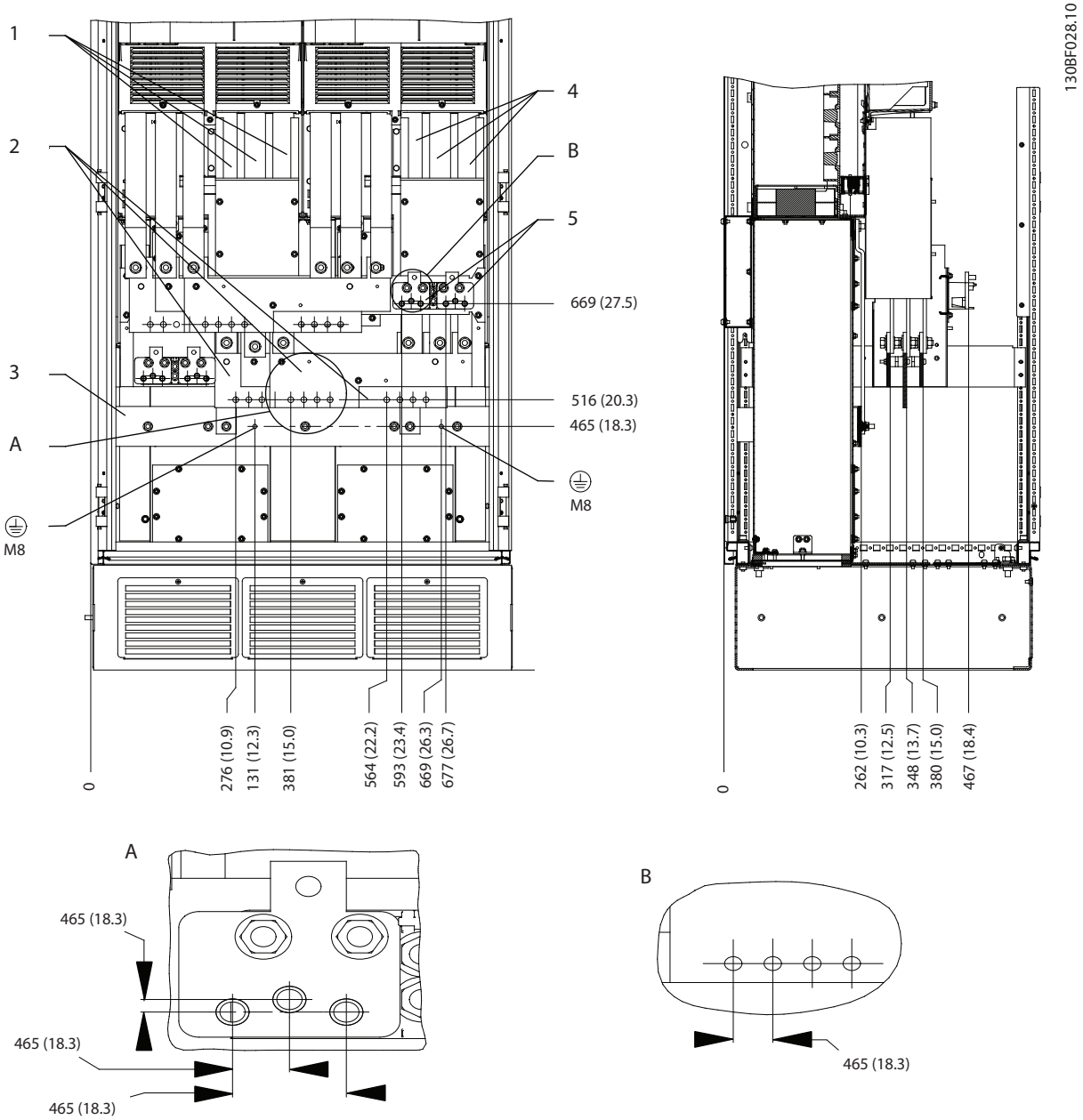
Рисунок 6.6 Внешние размеры системы с двумя приводами (вид спереди, сбоку и при открытой двери)



1	Соединительные шины сети питания (модуль 1)	3	Соединительные шины сети питания (модуль 2)
2	Клеммы подключения тормоза	4	Сетевые клеммы

Рисунок 6.7 Клеммы сети питания в системе с двумя приводами (вид сбоку и спереди)

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.



1	Соединительные шины двигателя (модуль 1)	4	Соединительные шины двигателя (модуль 2)
2	Клеммы подключения электродвигателя	5	Клеммы подключения тормоза
3	Клеммы заземления	–	–

Рисунок 6.8 Клеммы двигателя и заземления в системе с двумя приводами (вид спереди и сбоку)

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

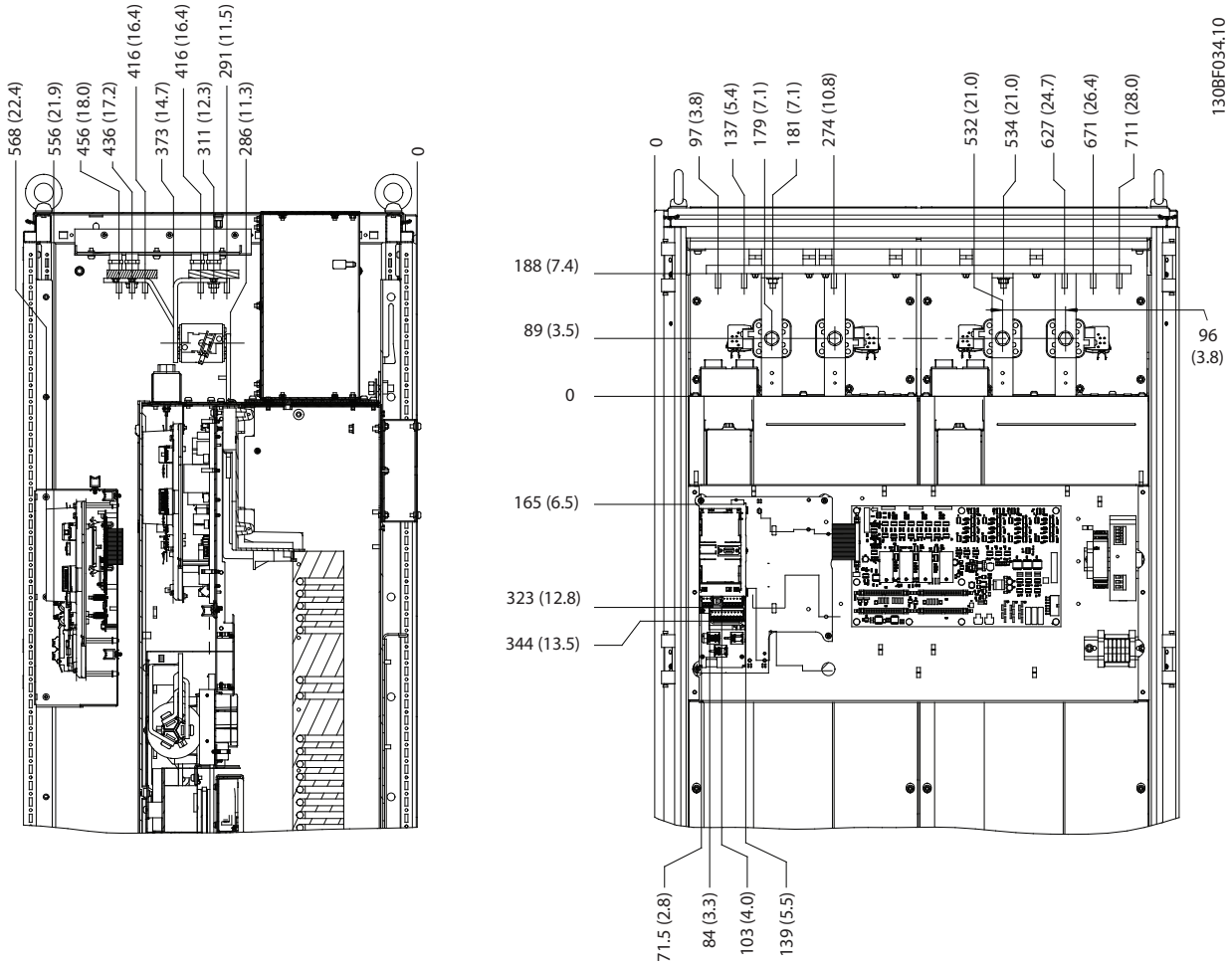


Рисунок 6.9 Шина пост. тока и реле в системе с двумя приводами (вид сбоку и спереди)

6

Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

6.4 Размеры системы с четырьмя приводами

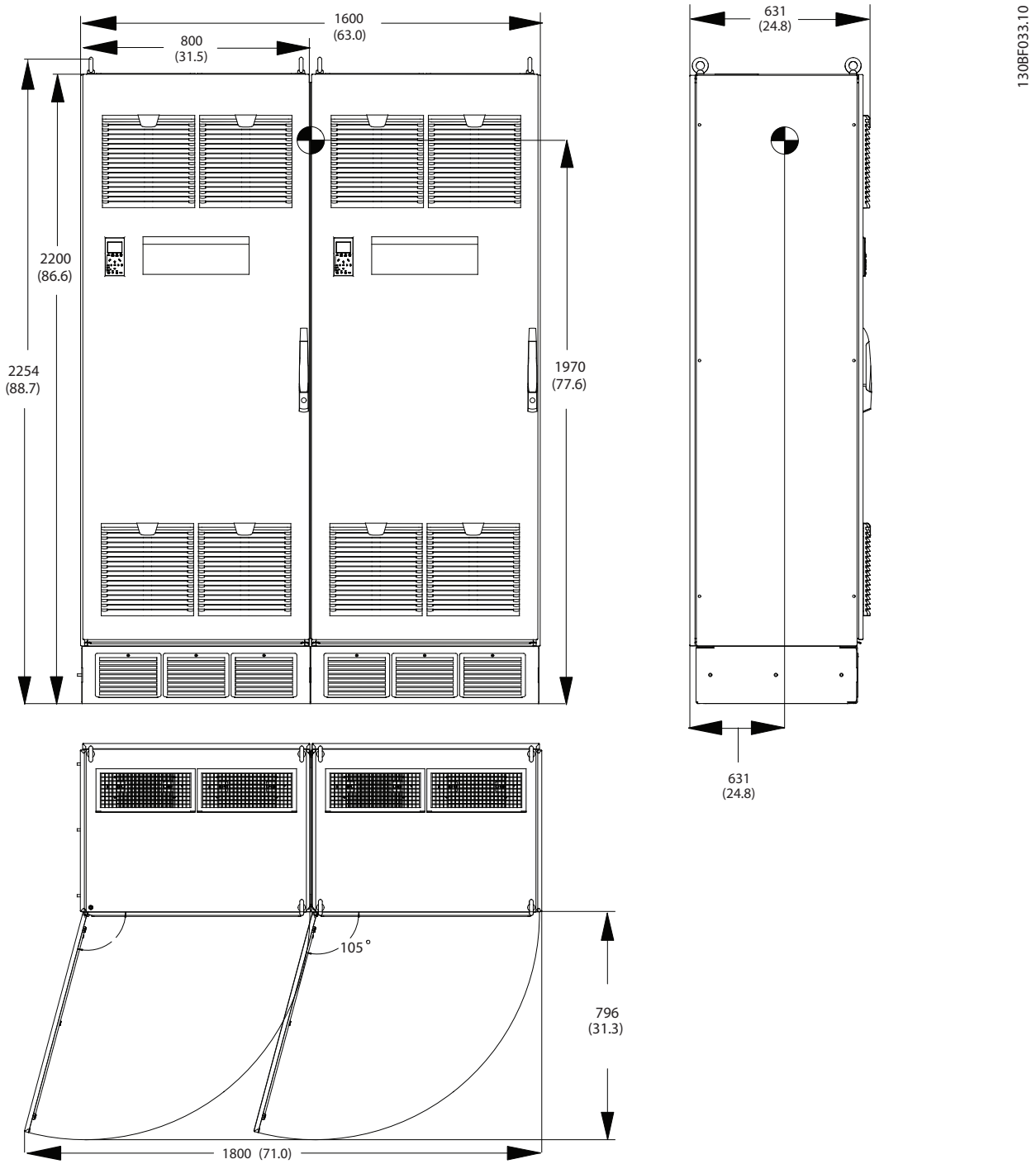


Рисунок 6.10 Внешние размеры системы с четырьмя приводами (вид спереди, сбоку и при открытой двери)

Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

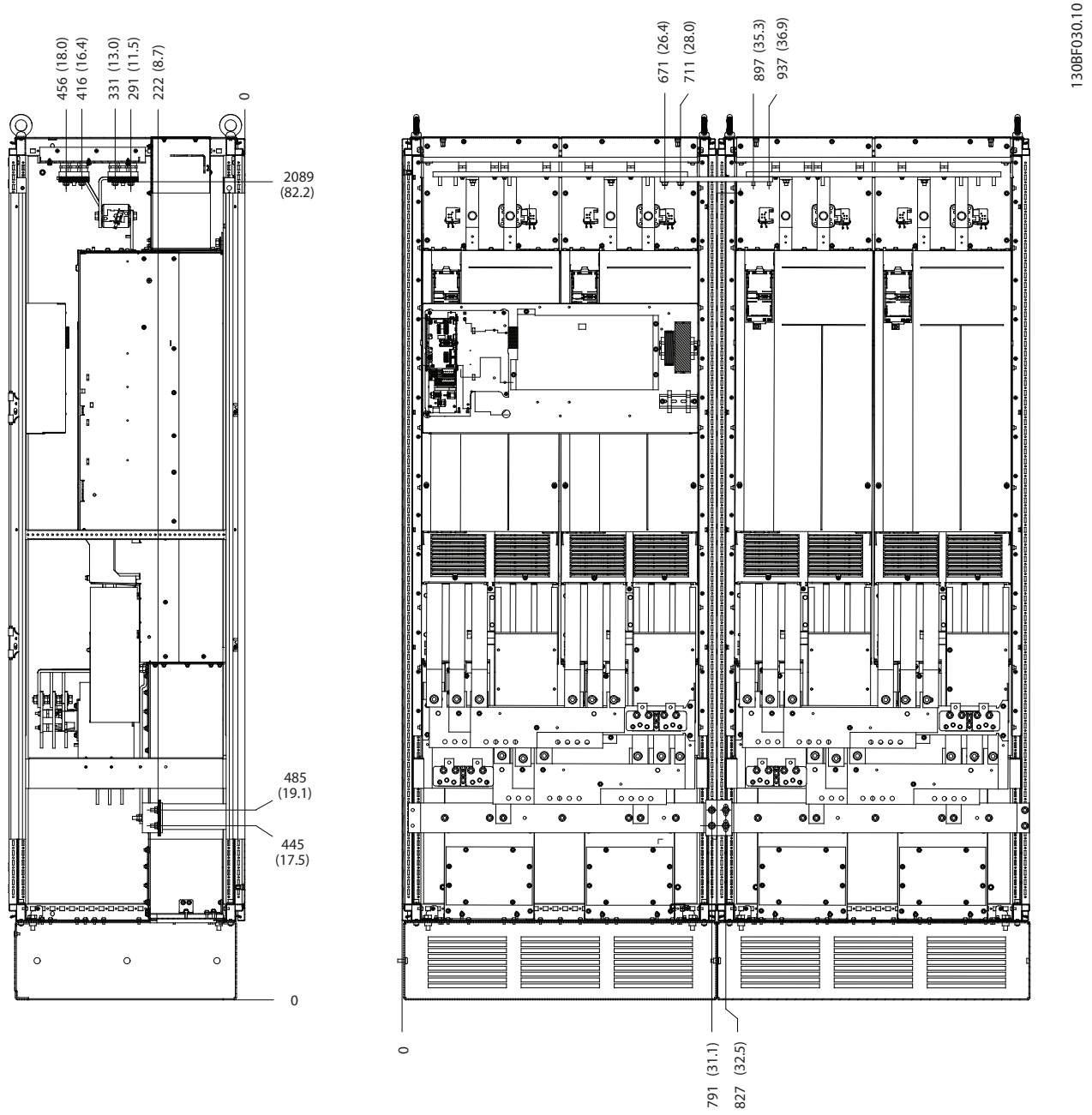
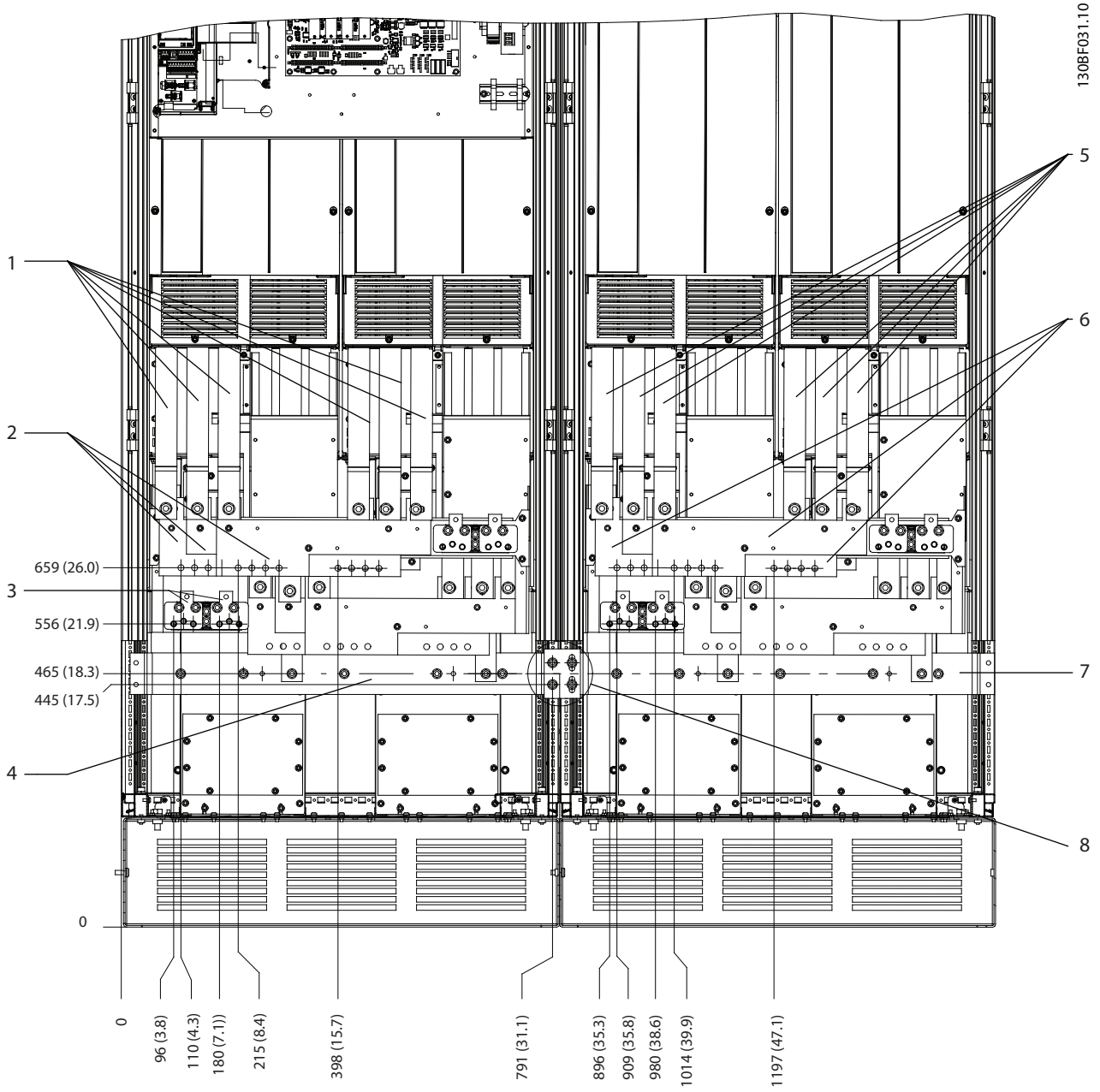


Рисунок 6.11 Соединительные перемычки для системы с четырьмя приводами (вид сбоку и спереди)

Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.



1	Соединительные шины сети питания (модули 1 и 2)	5	Соединительные шины сети питания (модули 3 и 4)
2	Клеммы сети питания (модули 1 и 2)	6	Клеммы сети питания (модули 3 и 4)
3	Клеммы тормоза (модули 1 и 2)	7	Клеммы заземления (модули 3 и 4)
4	Клеммы заземления (модули 1 и 2)	8	Подключение клеммы заземления (см. *Рисунок 6.13*)

Рисунок 6.12 Клеммы сети питания и заземления в системе с четырьмя приводами (вид спереди)

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

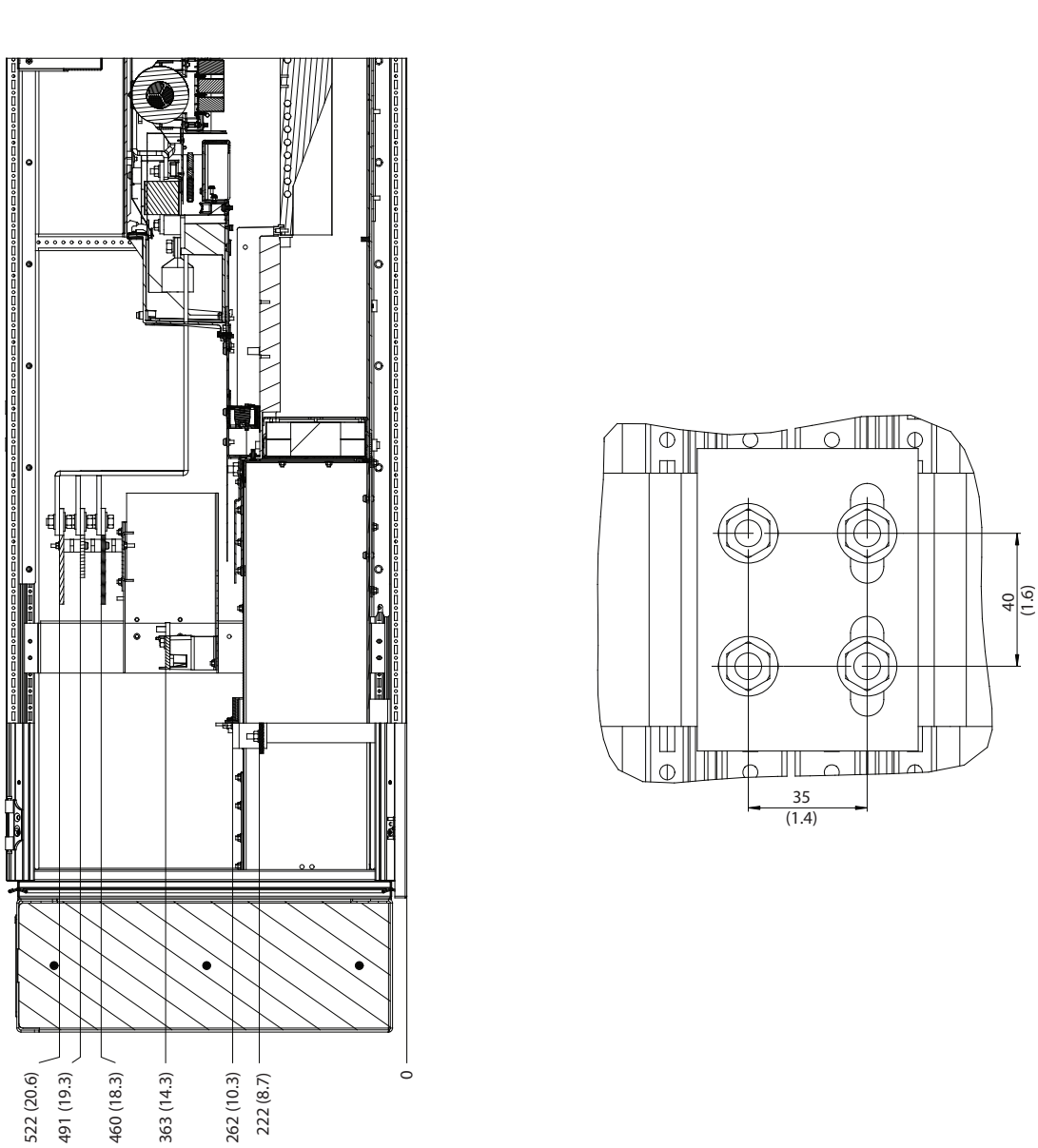
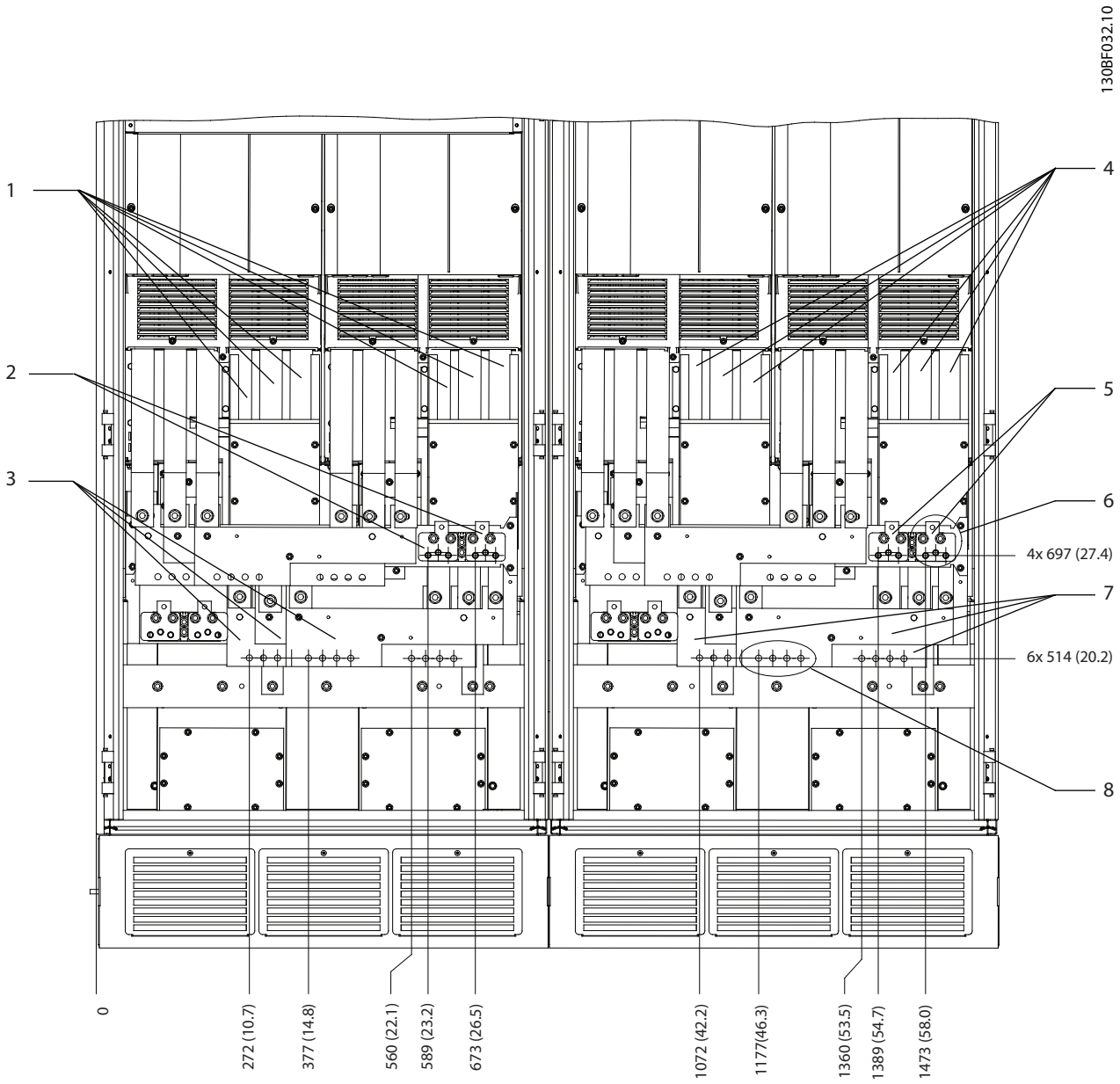


Рисунок 6.13 Клеммы сети питания и заземления в системе с четырьмя приводами (вид сбоку — слева, и вид с подключением клеммы заземления — справа)



1	Соединительные шины двигателя (модули 1 и 2)	5	Клеммы подключения тормоза (модули 3 и 4)
2	Клеммы тормоза (модули 1 и 2)	6	Детальное изображение клеммы тормоза (см. *Рисунок 6.15*)
3	Клеммы подключения двигателя (модули 1 и 2)	7	Клеммы подключения двигателя (модули 3 и 4)
4	Соединительные шины двигателя (модули 3 и 4)	8	Детальное изображение клеммы двигателя (см. *Рисунок 6.15*)

Рисунок 6.14 Клеммы двигателя и тормоза в системе с четырьмя приводами (вид спереди)

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

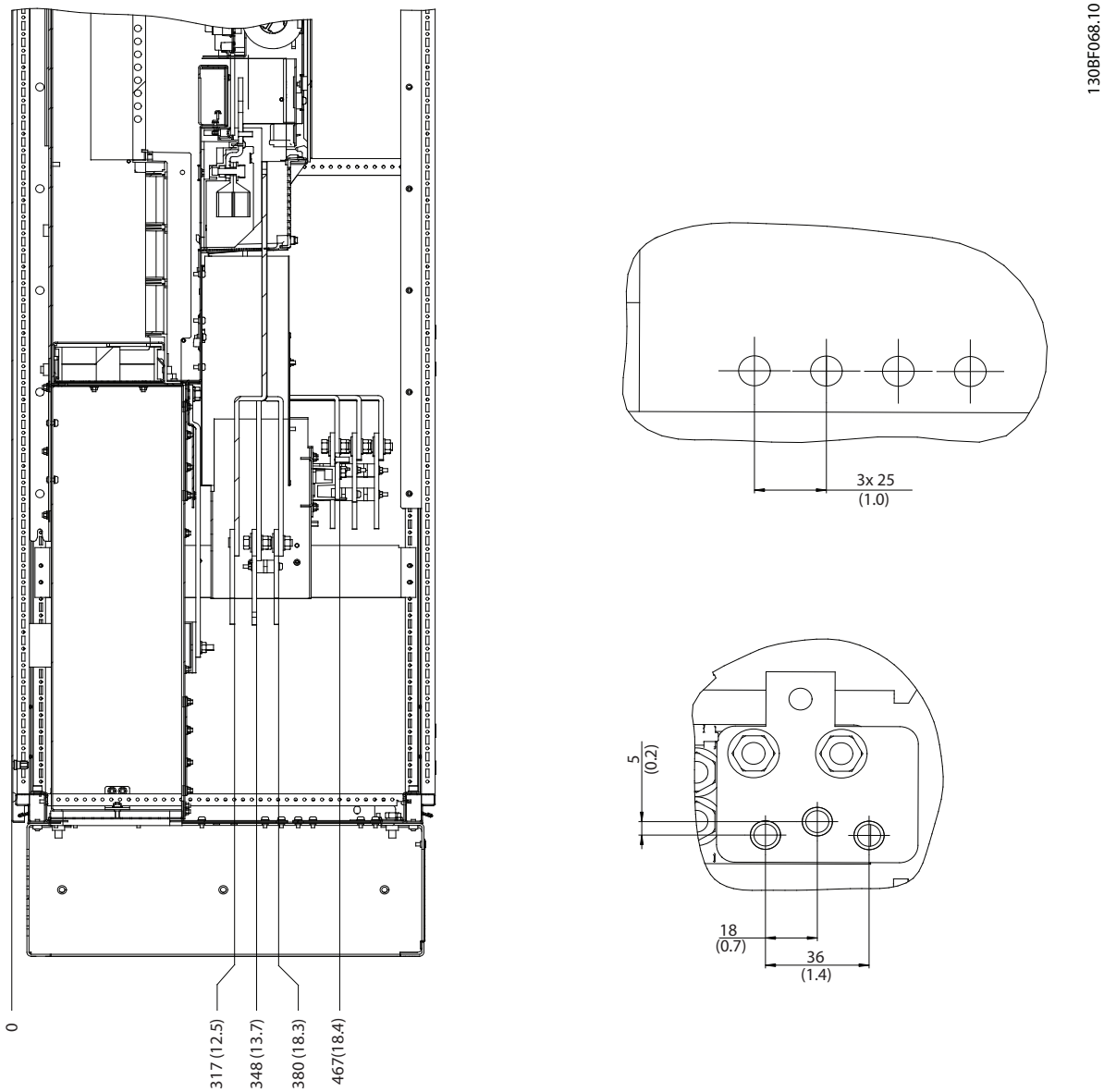
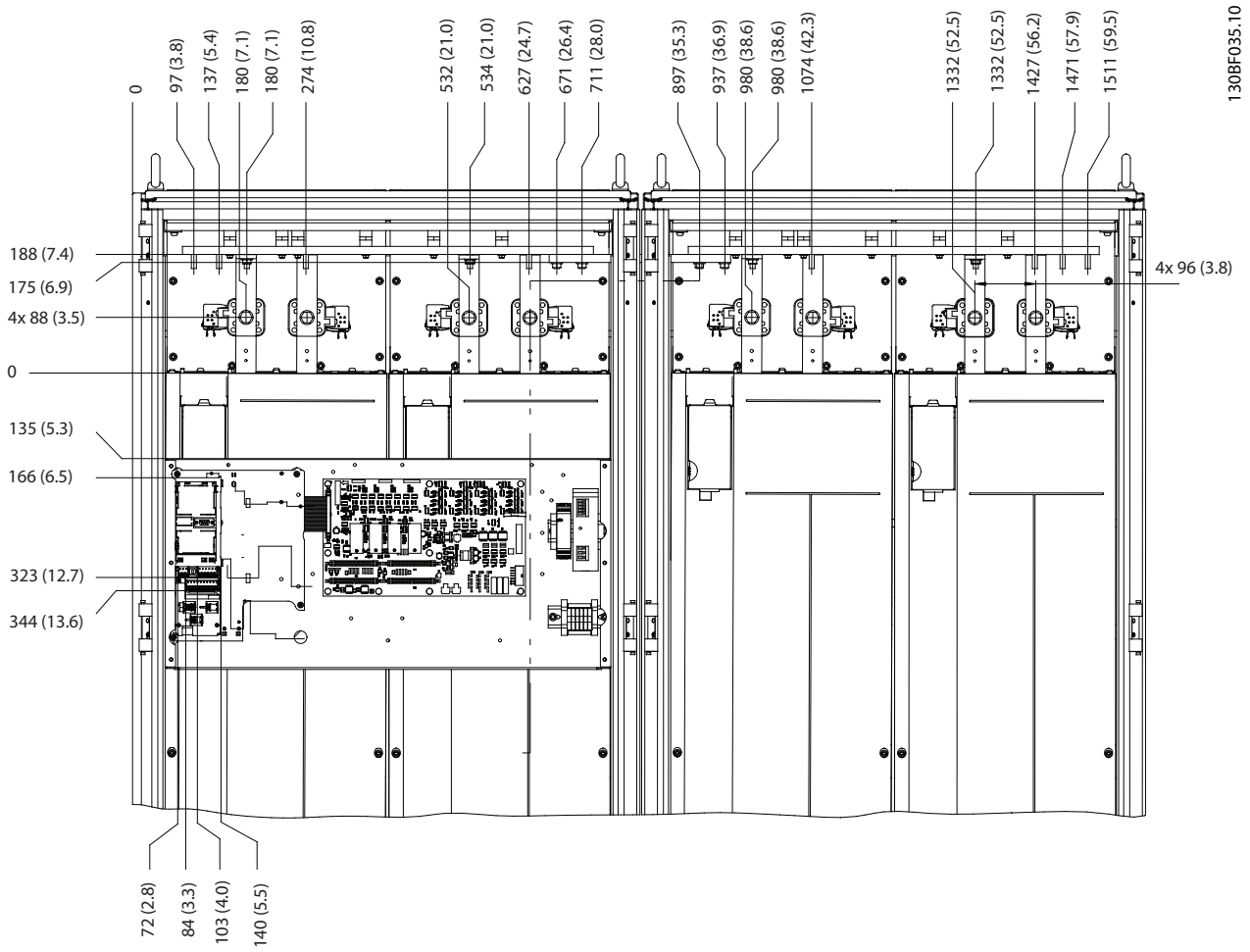
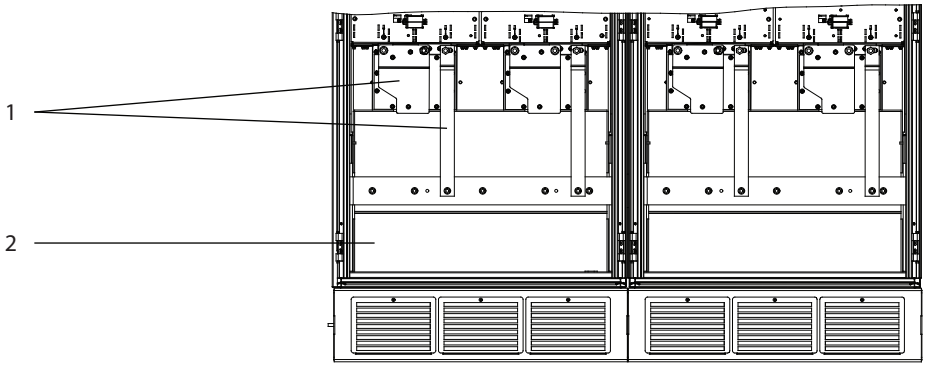


Рисунок 6.15 Клеммы двигателя и тормоза в системе с четырьмя приводами (вид сбоку — иллюстрация слева, клеммы двигателя — сверху справа, тормозные клеммы — снизу справа)

Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.





1	Соединительные шины заземления (модуль 1)	2	Экран заземления (модуль 1)

Рисунок 6.16 Шина постоянного тока/реле и экран заземления в системе с четырьмя приводами (вид спереди)

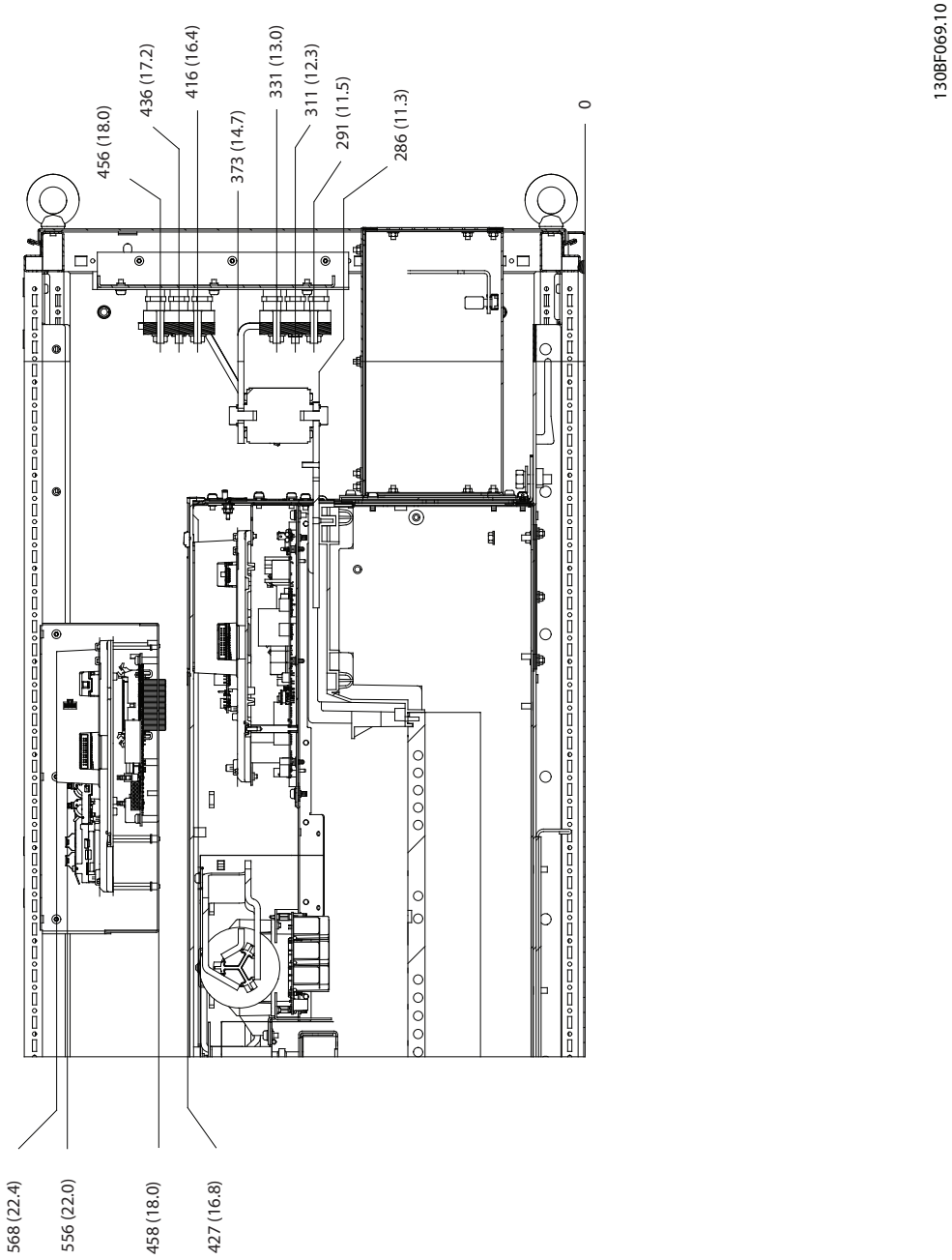


Рисунок 6.17 Шины постоянного тока и реле системы с четырьмя приводами (вид сбоку)

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

6.5 Технические характеристики, зависящие от мощности

6.5.1 VLT® HVAC Drive FC 102

Диапазон мощности	**N315**	**N355**	**N400**	**N450**	**N500**
Модули привода	2	2	2	2	2
Конфигурация выпрямителя	12-импульсный				6-импульсный/12-импульсный
Высокая (HO)/нормальная нагрузка (NO)	NO	NO	NO	NO	NO
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 400 В	315	355	400	450	500
Типичная выходная мощность на валу [л. с.] при 460 В	450	500	600	600	700/650
Класс защиты	IP00				
КПД	0,98				
Выходная частота [Гц]	0–590				
Отключение при перегреве радиатора [°C (°F)]	110 (230)				
Отключение силовой платы питания при повышенной внешней температуре [°C (°F)]	80 (176)				
Выходной ток [A]					
Непрерывный (при 380–440 В)	588	658	745	800	880
Прерывистый (перегрузка 60 с) при 400 В	647	724	820	880	968
Непрерывный (при 460/500 В)	535	590	678	730	780
Прерывистый (перегрузка 60 с) при 460/500 В	588	649	746	803	858
Непрерывная мощность (при 400 В), [кВА]	407	456	516	554	610
Непрерывная мощность (при 460 В), [кВА]	426	470	540	582	621
Непрерывная мощность (при 500 В), [кВА]	463	511	587	632	675
Входной ток [A]					
Непрерывный (при 400 В)	567	647	733	787	875
Непрерывный (при 460/500 В)	516	580	667	718	759
Потери мощности [Вт]					
Модули привода при 400 В	5825	6110	7069	7538	8468
Модули привода при 460 В	4998	5964	6175	6609	7140
Шины пер. тока при 400 В	550	555	561	565	575
Шины пер. тока при 460 В	548	551	556	560	563
Шины постоянного тока в режиме рекуперации	93	95	98	101	105
Макс. поперечное сечение кабеля [мм² (mcm)]					
Сеть[1)]	4 x 120 (250)				4 x 150 (300)
Двигатель	4 x 120 (250)				4 x 150 (300)
Тормоз	4 x 70 (2/0)			4 x 95 (3/0)	
Клеммы рекуперации	4 x 120 (250)		4 x 150 (300)	6 x 120 (250)	
Макс. внешние сетевые предохранители					
6-импульсная конфигурация	–	–	–	–	600 В, 1600 A
12-импульсная конфигурация	700 A, 600 В				–

Таблица 6.2 FC 102, питание от сети перем. тока 380–480 В (система с двумя приводами)

1) При подключении 12-импульсных блоков по схеме «звезда» и «треугольник» должно использоваться одинаковое количество кабелей и кабели между клеммами должны быть одинаковой длины.

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

Диапазон мощности	N560	N630	N710	N800	N1M0
Модули привода	4	4	4	4	4
Конфигурация выпрямителя	6-импульсный/12-импульсный				
Высокая (HO)/нормальная нагрузка (NO)	NO	NO	NO	NO	NO
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 400 В	560	630	710	800	1000
Типичная выходная мощность на валу [л. с.] при 460 В	750	900	1000	1200	1350
Класс защиты	IP00				
КПД	0,98				
Выходная частота [Гц]	0–590				
Отключение при перегреве радиатора [°C (°F)]	110 (230)				
Отключение силовой платы питания при повышенной внешней температуре [°C (°F)]	80 (176)				
Выходной ток [A]					
Непрерывный (при 380–440 В)	990	1120	1260	1460	1720
Прерывистый (перегрузка 60 с) при 400 В	1089	1232	1386	1606	1892
Непрерывный (при 460/500 В)	890	1050	1160	1380	1530
Прерывистый (перегрузка 60 с) при 460/500 В	979	1155	1276	1518	1683
Непрерывная мощность (при 400 В), [кВА]	686	776	873	1012	1192
Непрерывная мощность (при 460 В), [кВА]	709	837	924	1100	1219
Непрерывная мощность (при 500 В), [кВА]	771	909	1005	1195	1325
Входной ток [A]					
Непрерывный (при 400 В)	964	1090	1227	1422	1675
Непрерывный (при 460/500 В)	867	1022	1129	1344	1490
Потери мощности [Вт]					
Модули привода при 400 В	8810	10199	11632	13253	16463
Модули привода при 460 В	7628	9324	10375	12391	13958
Шины пер. тока при 400 В	665	680	695	722	762
Шины пер. тока при 460 В	656	671	683	710	732
Шины постоянного тока в режиме рекуперации	218	232	250	276	318
Макс. поперечное сечение кабеля [мм² (mcm)]					
Сеть[1)]	4 x 185 (350)	8 x 120 (250)			
Двигатель	4 x 185 (350)	8 x 120 (250)			
Тормоз	8 x 70 (2/0)			8 x 95 (3/0)	
Клеммы рекуперации	6 x 120 (250)	8 x 120 (250)		8 x 150 (300)	10 x 150 (300)
Макс. внешние сетевые предохранители					
6-импульсная конфигурация	600 В, 1600 A	600 В, 2000 A		600 В, 2500 A	
12-импульсная конфигурация	600 В, 700 A	600 В, 900 A			600 В, 1500 A

Таблица 6.3 FC 102, питание от сети перем. тока 380–480 В (система с четырьмя приводами)

1) При подключении 12-импульсных блоков по схеме «звезда» и «треугольник» должно использоваться одинаковое количество кабелей и кабели между клеммами должны быть одинаковой длины.

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

Диапазон мощности	N315	N400	N450	N500	N560	N630
Модули привода	2	2	2	2	2	2
Конфигурация выпрямителя	12-импульсный					
Высокая (HO)/нормальная нагрузка (NO)	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 525–550 В	250	315	355	400	450	500
Типичная выходная мощность на валу [л. с.] при 575 В	350	400	450	500	600	650
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 690 В	315	400	450	500	560	630
Класс защиты	IP00					
КПД	0,98					
Выходная частота [Гц]	0–590					
Отключение при перегреве радиатора [°C (°F)]	110 (230)					
Отключение силовой платы питания при повышенной внешней температуре [°C (°F)]	80 (176)					
Выходной ток [A]						
Непрерывный (при 550 В)	360	418	470	523	596	630
Прерывистый (перегрузка 60 с) при 550 В	396	360	517	575	656	693
Непрерывный (при 575/690 В)	344	400	450	500	570	630
Прерывистый (перегрузка 60 с) при 575/690 В	378	440	495	550	627	693
Непрерывная мощность (при 550 В), кВА	343	398	448	498	568	600
Непрерывная мощность (при 575 В), кВА	343	398	448	498	568	627
Непрерывная мощность (при 690 В), кВА	411	478	538	598	681	753
Входной ток [A]						
Непрерывный (при 550 В)	355	408	453	504	574	607
Непрерывный (при 575 В)	339	490	434	482	549	607
Непрерывный (при 690 В)	352	400	434	482	549	607
Потери мощности [Вт]						
Модули привода при 575 В	4401	4789	5457	6076	6995	7431
Модули привода при 690 В	4352	4709	5354	5951	6831	7638
Шины пер. тока при 575 В	540	541	544	546	550	553
Шины постоянного тока в режиме рекуперации	88	88,5	90	91	186	191
Макс. поперечное сечение кабеля [мм² (mcm)]						
Сеть[1)]	2 x 120 (250)	4 x 120 (250)				
Двигатель	2 x 120 (250)	4 x 120 (250)				
Тормоз	4 x 70 (2/0)				4 x 95 (3/0)	
Клеммы рекуперации	4 x 120 (250)					
Макс. внешние сетевые предохранители	700 В, 550 A		700 В, 630 A			

Таблица 6.4 FC 102, питание от сети перем. тока 525–690 В (система с двумя приводами)

1) При подключении 12-импульсных блоков по схеме «звезда» и «треугольник» должно использоваться одинаковое количество кабелей и кабели между клеммами должны быть одинаковой длины.

Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

Диапазон мощности	N710	N800	N900	N1M0	N1M2
Модули привода	4	4		4	4
Конфигурация выпрямителя	6-импульсный/12-импульсный				
Высокая (HO)/нормальная нагрузка (NO)	NO	NO	NO	NO	NO
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 525–550 В	560	670	750	850	1000
Типичная выходная мощность на валу [л. с.] при 575 В	750	950	1050	1150	1350
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 690 В	710	800	900	1000	1200
Класс защиты	IP00				
КПД	0,98				
Выходная частота [Гц]	0–590				
Отключение при перегреве радиатора [°C (°F)]	110 (230)				
Отключение силовой платы питания при повышенной внешней температуре [°C (°F)]	80 (176)				
Выходной ток [A]					
Непрерывный (при 550 В)	763	889	988	1108	1317
Прерывистый (перегрузка 60 с) при 550 В	839	978	1087	1219	1449
Непрерывный (при 575/690 В)	730	850	945	1060	1260
Прерывистый (перегрузка 60 с) при 575/690 В	803	935	1040	1166	1590
Непрерывный (при 550 В)	727	847	941	1056	1056
Непрерывный (при 575 В)	727	847	941	1056	1056
Непрерывный (при 690 В)	872	1016	1129	1267	1506
Входной ток [A]					
Непрерывный (при 550 В)	743	866	962	1079	1282
Непрерывный (при 575 В)	711	828	920	1032	1227
Непрерывный (при 690 В)	711	828	920	1032	1227
Потери мощности [Вт]					
Модули привода при 575 В	8683	10166	11406	12852	15762
Модули привода при 690 В	8559	9996	11188	12580	15358
Шины пер. тока при 575 В	644	653	661	672	695
Шины постоянного тока в режиме рекуперации	198	208	218	231	256
Макс. поперечное сечение кабеля [мм² (mcm)]					
Сеть[1)]	4 x 120 (250)	6 x 120 (250)			8 x 120 (250)
Двигатель	4 x 120 (250)	6 x 120 (250)			8 x 120 (250)
Тормоз	8 x 70 (2/0)			8 x 95 (3/0)	
Клеммы рекуперации	4 x 150 (300)	6 x 120 (250)		6 x 150 (300)	8 x 120 (250)
Макс. внешние сетевые предохранители					
6-импульсная конфигурация	700 В, 1600 A				700 В, 2000 A
12-импульсная конфигурация	700 В, 900 A			700 В, 1500 A	

Таблица 6.5 FC 102, питание от сети перем. тока 525–690 В (система с четырьмя приводами)

1) При подключении 12-импульсных блоков по схеме «звезда» и «треугольник» должно использоваться одинаковое количество кабелей и кабели между клеммами должны быть одинаковой длины.

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

6.5.2 VLT® AQUA Drive FC 202

Диапазон мощности	N315		N355		N400		N450		N500	
Модули привода	2		2		2		2		2	
Конфигурация выпрямителя	12-импульсный								6-импульсный/12-импульсный	
Высокая (HO)/нормальная нагрузка (NO)	HO	NO	HO	NO	HO	NO	HO	NO	HO	NO
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 400 В	250	315	315	355	355	400	400	450	450	500
Типичная выходная мощность на валу [л. с.] при 460 В	350	450	450	500	500	600	550	600	600	650
Класс защиты	IP00									
КПД	0,98									
Выходная частота [Гц]	0–590									
Отключение при перегреве радиатора [°C (°F)]	110 (230)									
Отключение силовой платы питания при повышенной внешней температуре [°C (°F)]	80 (176)									
Выходной ток [A]										
Непрерывный (при 400 В)	480	588	600	658	658	745	695	800	810	880
Прерывистый (перегрузка 60 с) при 400 В	720	647	900	724	987	820	1043	880	1215	968
Непрерывный (при 460/500 В)	443	535	540	590	590	678	678	730	730	780
Прерывистый (перегрузка 60 с) при 460/500 В	665	588	810	649	885	746	1017	803	1095	858
Непрерывная мощность (при 400 В), [кВА]	333	407	416	456	456	516	482	554	554	610
Непрерывная мощность (при 460 В), [кВА]	353	426	430	470	470	540	540	582	582	621
Непрерывная мощность (при 500 В), [кВА]	384	463	468	511	511	587	587	632	632	675
Входной ток [A]										
Непрерывный (при 400 В)	463	567	590	647	647	733	684	787	779	857
Непрерывный (при 460/500 В)	427	516	531	580	580	667	667	718	711	759
Потери мощности [Вт]										
Модули привода при 400 В	4505	5825	5502	6110	6110	7069	6375	7538	7526	8468
Модули привода при 460 В	4063	4998	5384	5964	5271	6175	6070	6609	6604	7140
Шины пер. тока при 400 В	545	550	551	555	555	561	557	565	566	575
Шины пер. тока при 460 В	543	548	548	551	551	556	556	560	560	563
Шины постоянного тока в режиме рекуперации	93	93	95	95	98	98	101	101	105	105
Макс. поперечное сечение кабеля [мм² (mcm)]										
Сеть[1)]	4 x 120 (250)								4 x 150 (300)	
Двигатель	4 x 120 (250)								4 x 150 (300)	
Тормоз	4 x 70 (2/0)						4 x 95 (3/0)			
Клеммы рекуперации	4 x 120 (250)				6 x 120 (250)		6 x 120 (250)			
Макс. внешние сетевые предохранители										
6-импульсная конфигурация	–		–		–		–		600 В, 1600 A	
12-импульсная конфигурация	600 В, 700 A								600 В, 900 A	

Таблица 6.6 FC 202, питание от сети перем. тока 380–480 В (система с двумя приводами)

1) При подключении 12-импульсных блоков по схеме «звезда» и «треугольник» должно использоваться одинаковое количество кабелей и кабели между клеммами должны быть одинаковой длины.

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

Диапазон мощности	N560		N630		N710		N800		N1M0	
Модули привода	4		4		4		4		4	
Конфигурация выпрямителя	6-импульсный/12-импульсный									
Высокая (HO)/нормальная нагрузка (NO)	HO	NO	HO	NO	HO	NO	HO	NO	HO	NO
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 400 В	500	560	560	630	630	710	710	800	800	1000
Типичная выходная мощность на валу [л. с.] при 460 В	650	750	750	900	900	1000	1000	1200	1200	1350
Класс защиты	IP00									
КПД	0,98									
Выходная частота [Гц]	0–590									
Отключение при перегреве радиатора [°C (°F)]	110 (230)									
Отключение силовой платы питания при повышенной внешней температуре [°C (°F)]	80 (176)									
Выходной ток [A]										
Непрерывный (при 400 В)	880	990	990	1120	1120	1260	1260	1460	1460	1720
Прерывистый (перегрузка 60 с) при 400 В	1320	1089	1485	1232	1680	1386	1890	1606	2190	1892
Непрерывный (при 460/500 В)	780	890	890	1050	1050	1160	1160	1380	1380	1530
Прерывистый (перегрузка 60 с) при 460/500 В	1170	979	1335	1155	1575	1276	1740	1518	2070	1683
Непрерывная мощность (при 400 В), [кВА]	610	686	686	776	776	873	873	1012	1012	1192
Непрерывная мощность (при 460 В), [кВА]	621	709	709	837	837	924	924	1100	1100	1219
Непрерывная мощность (при 500 В), [кВА]	675	771	771	909	909	1005	1005	1195	1195	1325
Входной ток [A]										
Непрерывный (при 400 В)	857	964	964	1090	1090	1227	1127	1422	1422	1675
Непрерывный (при 460 В)	759	867	867	1022	1022	1129	1129	1344	1344	1490
Потери мощности [Вт]										
Модули привода при 400 В	7713	8810	8918	10199	10181	11632	11390	13253	13479	16463
Модули привода при 460 В	6641	7628	7855	9324	9316	10375	12391	12391	12376	13958
Шины пер. тока при 400 В	655	665	665	680	680	695	695	722	722	762
Шины пер. тока при 460 В	647	656	656	671	671	683	683	710	710	732
Шины постоянного тока в режиме рекуперации	218	218	232	232	250	250	276	276	318	318
Макс. поперечное сечение кабеля [мм² (mcm)]										
Сеть[1)]	4 x 185 (350)		8 x 125 (250)							
Двигатель	4 x 185 (350)		8 x 125 (250)							
Тормоз	8 x 70 (2/0)						8 x 95 (3/0)			
Клеммы рекуперации	6 x 125 (250)		8 x 125 (250)				8 x 150 (300)		10 x 150 (300)	
Макс. внешние сетевые предохранители										
6-импульсная конфигурация	600 В, 1600 A		600 В, 2000 A				600 В, 2500 A			
12-импульсная конфигурация	600 В, 900 A				600 В, 1500 A					

Таблица 6.7 FC 202, питание от сети перем. тока 380–480 В (система с четырьмя приводами)

1) При подключении 12-импульсных блоков по схеме «звезда» и «треугольник» должно использоваться одинаковое количество кабелей и кабели между клеммами должны быть одинаковой длины.

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

Диапазон мощности	N315		N400		N450	
Модули привода	2		2		2	
Конфигурация выпрямителя	12-импульсный					
Высокая (HO)/нормальная нагрузка (NO)	HO	NO	HO	NO	HO	NO
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 525–550 В	200	250	250	315	315	355
Типичная выходная мощность на валу [л. с.] при 575 В	300	350	350	400	400	450
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 690 В	250	315	315	400	355	450
Класс защиты	IP00					
КПД	0,98					
Выходная частота [Гц]	0–590					
Отключение при перегреве радиатора [°C (°F)]	110 (230)					
Отключение силовой платы питания при повышенной внешней температуре [°C (°F)]	80 (176)					
Выходной ток [A]						
Непрерывный (при 550 В)	303	360	360	418	395	470
Прерывистый (перегрузка 60 с) при 550 В	455	396	560	460	593	517
Непрерывный (при 575/690 В)	290	344	344	400	380	450
Прерывистый (перегрузка 60 с) при 575/690 В	435	378	516	440	570	495
Непрерывный (при 550 В)	289	343	343	398	376	448
Непрерывный (при 575 В)	289	343	343	398	378	448
Непрерывный (при 690 В)	347	411	411	478	454	538
Входной ток [A]						
Непрерывный (при 550 В)	299	355	355	408	381	453
Непрерывный (при 575 В)	286	339	339	490	366	434
Непрерывный (при 690 В)	296	352	352	400	366	434
Потери мощности [Вт]						
Модули привода при 575 В	3688	4401	4081	4789	4502	5457
Модули привода при 690 В	3669	4352	4020	4709	4447	5354
Шины пер. тока при 575 В	538	540	540	541	540	544
Шины постоянного тока в режиме рекуперации	88	88	89	89	90	90
Макс. поперечное сечение кабеля [мм² (mcm)]						
Сеть[1)]	2 x 120 (250)		4 x 120 (250)			
Двигатель	2 x 120 (250)		4 x 120 (250)			
Тормоз	4 x 70 (2/0)					
Клеммы рекуперации	4 x 120 (250)					
Макс. внешние сетевые предохранители	700 В, 550 A					

Таблица 6.8 FC 202, питание от сети перем. тока 525–690 В (система с двумя приводами)

1) При подключении 12-импульсных блоков по схеме «звезда» и «треугольник» должно использоваться одинаковое количество кабелей и кабели между клеммами должны быть одинаковой длины.

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

Диапазон мощности	N500		N560		N630	
Модули привода	2		2		2	
Конфигурация выпрямителя	12-импульсный					
Высокая (HO)/нормальная нагрузка (NO)	HO	NO	HO	NO	HO	NO
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 525–550 В	315	400	400	450	450	500
Типичная выходная мощность на валу [л. с.] при 575 В	400	500	500	600	600	650
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 690 В	400	500	500	560	560	630
Класс защиты	IP00					
КПД	0,98					
Выходная частота [Гц]	0–590					
Отключение при перегреве радиатора [°C (°°F)]	110 (230)					
Отключение силовой платы питания при повышенной внешней температуре [°C (°F)]	80 (176)					
Выходной ток [A]						
Непрерывный (при 550 В)	429	523	523	596	596	630
Прерывистый (перегрузка 60 с) при 550 В	644	575	785	656	894	693
Непрерывный (при 575/690 В)	410	500	500	570	570	630
Прерывистый (перегрузка 60 с) при 575/690 В	615	550	750	627	627	693
Непрерывная мощность (при 550 В), кВА	409	498	498	568	568	600
Непрерывная мощность (при 575 В), кВА	408	498	598	568	568	627
Непрерывная мощность (при 690 В), кВА	490	598	598	681	681	753
Входной ток [A]						
Непрерывный (при 550 В)	413	504	504	574	574	607
Непрерывный (при 575 В)	395	482	482	549	549	607
Непрерывный (при 690 В)	395	482	482	549	549	607
Потери мощности [Вт]						
Модули привода при 575 В	4892	6076	6016	6995	6941	7431
Модули привода при 690 В	4797	5951	5886	6831	6766	7638
Шины пер. тока при 575 В	542	546	546	550	550	553
Шины постоянного тока в режиме рекуперации	91	91	186	186	191	191
Макс. поперечное сечение кабеля [мм² (mcm)]						
Сеть[1)]	4 x 120 (250)					
Двигатель	4 x 120 (250)					
Тормоз	4 x 70 (2/0)		4 x 95 (3/0)			
Клеммы рекуперации	4 x 120 (250)					
Макс. внешние сетевые предохранители	700 В, 630 A					

Таблица 6.9 FC 202, питание от сети перем. тока 525–690 В (система с двумя приводами)

1) При подключении 12-импульсных блоков по схеме «звезда» и «треугольник» должно использоваться одинаковое количество кабелей и кабели между клеммами должны быть одинаковой длины.

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

Диапазон мощности	N710		N800		N900		N1M0		N1M2	
Модули привода	4		4		4		4		4	
Конфигурация выпрямителя	6-импульсный/12-импульсный									
Высокая (HO)/нормальная нагрузка (NO)	HO	NO	HO	NO	HO	NO	HO	NO	HO	NO
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 525–550 В	500	560	560	670	670	750	750	850	850	1000
Типичная выходная мощность на валу [л. с.] при 575 В	650	750	750	950	950	1050	1050	1150	1150	1350
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 690 В	630	710	710	800	800	900	900	1000	1000	1200
Класс защиты	IP00									
КПД	0,98									
Выходная частота [Гц]	0–590									
Отключение при перегреве радиатора [°C (°F)]	110 (230)									
Отключение силовой платы питания при повышенной внешней температуре [°C (°F)]	80 (176)									
Выходной ток [A]										
Непрерывный (при 550 В)	659	763	763	889	889	988	988	1108	1108	1317
Прерывистый (перегрузка 60 с) при 550 В	989	839	1145	978	1334	1087	1482	1219	1662	1449
Непрерывный (при 575/690 В)	630	730	730	850	850	945	945	1060	1060	1260
Прерывистый (перегрузка 60 с) при 575/690 В	945	803	1095	935	1275	1040	1418	1166	1590	1590
Непрерывная мощность (при 550 В), кВА	628	727	727	847	847	941	941	1056	1056	1255
Непрерывная мощность (при 575 В), кВА	627	727	727	847	847	941	941	1056	1056	1255
Непрерывная мощность (при 690 В), кВА	753	872	872	1016	1016	1129	1129	1267	1267	1506
Входной ток [A]										
Непрерывный (при 550 В)	642	743	743	866	866	962	1079	1079	1079	1282
Непрерывный (при 575 В)	613	711	711	828	828	920	1032	1032	1032	1227
Непрерывный (при 690 В)	613	711	711	828	828	920	1032	1032	1032	1227
Потери мощности [Вт]										
Модули привода при 575 В	7469	8683	8668	10166	10163	11406	11292	12852	12835	15762
Модули привода при 690 В	7381	8559	8555	9996	9987	11188	11077	12580	12551	15358
Шины пер. тока при 575 В	637	644	644	653	653	661	661	672	672	695
Шины постоянного тока в режиме рекуперации	198	198	208	208	218	218	231	231	256	256
Макс. поперечное сечение кабеля [мм² (mcm)]										
Сеть[1)]	4 x 120 (250)		6 x 120 (250)						8 x 120 (250)	
Двигатель	4 x 120 (250)		6 x 120 (250)						8 x 120 (250)	
Тормоз	8 x 70 (2/0)						8 x 95 (3/0)			
Клеммы рекуперации	4 x 150 (300)		6 x 120 (250)				6 x 150 (300)		8 x 120 (250)	
Макс. внешние сетевые предохранители										
6-импульсная конфигурация	700 В, 1600 A								700 В, 2000 A	
12-импульсная конфигурация	700 В, 900 A						700 В, 1500 A			

Таблица 6.10 FC 202, питание от сети перем. тока 525–690 В (система с четырьмя приводами)

1) При подключении 12-импульсных блоков по схеме «звезда» и «треугольник» должно использоваться одинаковое количество кабелей и кабели между клеммами должны быть одинаковой длины.

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

6.5.3 VLT® AutomationDrive FC 302

Диапазон мощности	N250		N315		N355		N400		N450	
Модули привода	2		2		2		2		2	
Конфигурация выпрямителя	12-импульсный								6-импульсный/12-импульсный	
Высокая (HO)/нормальная нагрузка (NO)	HO	NO	HO	NO	HO	NO	HO	NO	HO	NO
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 400 В	250	315	315	355	355	400	400	450	450	500
Типичная выходная мощность на валу [л. с.] при 460 В	350	450	450	500	500	600	550	600	600	650
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 500 В	315	355	355	400	400	500	500	530	530	560
Класс защиты	IP00									
КПД	0,98									
Выходная частота [Гц]	0–590									
Отключение при перегреве радиатора [°C (°F)]	110 (230)									
Отключение силовой платы питания при повышенной внешней температуре [°C (°F)]	80 (176)									
Выходной ток [A]										
Непрерывный (при 380–440 В)	480	588	600	658	658	745	695	800	810	880
Прерывистый (перегрузка 60 с) при 400 В	720	647	900	724	987	820	1043	880	1215	968
Непрерывный (при 460/500 В)	443	535	540	590	590	678	678	730	730	780
Прерывистый (перегрузка 60 с) при 460/500 В	665	588	810	649	885	746	1017	803	1095	858
Непрерывная мощность (при 400 В), [кВА]	333	407	416	456	456	516	482	554	554	610
Непрерывная мощность (при 460 В), [кВА]	353	426	430	470	470	540	540	582	582	621
Непрерывная мощность (при 500 В), [кВА]	384	463	468	511	511	587	587	632	632	675
Входной ток [A]										
Непрерывный (при 400 В)	463	567	590	647	647	733	684	787	779	857
Непрерывный (при 460/500 В)	427	516	531	580	580	667	667	718	711	759
Потери мощности [Вт]										
Модули привода при 400 В	4505	5825	5502	6110	6110	7069	6375	7538	7526	8468
Модули привода при 460 В	4063	4998	5384	5964	5721	6175	6070	6609	6604	7140
Шины пер. тока при 400 В	545	550	551	555	555	561	557	565	566	575
Шины пер. тока при 460 В	543	548	548	551	556	556	556	560	560	563
Макс. поперечное сечение кабеля [мм² (mcm)]										
Сеть[1)]	4 x 120 (250)								4 x 150 (300)	
Двигатель	4 x 120 (250)								4 x 150 (300)	
Тормоз	4 x 70 (2/0)								4 x 95 (3/0)	
Клеммы рекуперации	4 x 120 (250)				4 x 150 (300)		6 x 120 (250)			
Макс. внешние сетевые предохранители										
6-импульсная конфигурация	–		–		–		–		600 В, 1600 A	

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

Диапазон мощности	N250	N315	N355	N400	N450
12-импульсная конфигурация	600 В, 700 А				600 В, 900 А

Таблица 6.11 FC 302, питание от сети перем. тока 380–500 В (система с двумя приводами)

1) При подключении 12-импульсных блоков по схеме «звезда» и «треугольник» должно использоваться одинаковое количество кабелей и кабели между клеммами должны быть одинаковой длины.

Диапазон мощности	N500		N560		N630		N710		N800	
Модули привода	4		4		4		4		4	
Конфигурация выпрямителя	6-импульсный/12-импульсный									
Высокая (HO)/нормальная нагрузка (NO)	HO	NO	HO	NO	HO	NO	HO	NO	HO	NO
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 400 В	500	560	560	630	630	710	710	800	800	1000
Типичная выходная мощность на валу [л. с.] при 460 В	650	750	750	900	900	1000	1000	1200	1200	1350
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 500 В	560	630	630	710	710	800	800	1000	1000	1100
Класс защиты	IP00									
КПД	0,98									
Выходная частота [Гц]	0–590									
Отключение при перегреве радиатора [°C (°F)]	110 (230)									
Отключение силовой платы питания при повышенной внешней температуре [°C (°F)]	80 (176)									
Выходной ток [A]										
Непрерывный (при 380–440 В)	880	990	990	1120	1120	1260	1260	1460	1460	1720
Прерывистый (перегрузка 60 с) при 400 В	1320	1089	1485	1232	1680	1386	1890	1606	2190	1892
Непрерывный (при 460/500 В)	780	890	890	1050	1050	1160	1160	1380	1380	1530
Прерывистый (перегрузка 60 с) при 460/500 В	1170	979	1335	1155	1575	1276	1740	1518	2070	1683
Непрерывная мощность (при 400 В), [кВА]	610	686	686	776	776	873	873	1012	1012	1192
Непрерывная мощность (при 460 В), [кВА]	621	709	709	837	837	924	924	1100	1100	1219
Непрерывная мощность (при 500 В), [кВА]	675	771	771	909	909	1005	1005	1195	1195	1325
Входной ток [A]										
Непрерывный (при 400 В)	857	964	964	1090	1090	1227	1227	1422	1422	1675
Непрерывный (при 460/500 В)	759	867	867	1022	1022	1129	1129	1344	1344	1490
Потери мощности [Вт]										
Модули привода при 400 В	7713	8810	8918	10199	10181	11632	11390	13253	13479	16463
Модули привода при 460 В	6641	7628	7855	9324	9316	10375	12391	12391	12376	13958
Шины пер. тока при 400 В	655	665	665	680	680	695	695	722	722	762
Шины пер. тока при 460 В	647	656	656	671	671	683	683	710	710	732
Шины постоянного тока в режиме рекуперации	218	218	232	232	250	276	276	276	318	318
Макс. поперечное сечение кабеля [мм² (mcm)]										
Сеть[1)]	4 x 185 (350)		8 x 120 (250)							
Двигатель	4 x 185 (350)		8 x 120 (250)							
Тормоз	8 x 70 (2/0)						8 x 95 (3/0)			
Клеммы рекуперации	6 x 125 (250)		8 x 125 (250)				8 x 150 (300)		10 x 150 (300)	
Макс. внешние сетевые предохранители										
6-импульсная конфигурация	600 В, 1600 А		600 В, 2000 А				600 В, 2500 А			

Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

Диапазон мощности	N500	N560	N630	N710	N800
12-импульсная конфигурация	600 В, 900 А		600 В, 1500 А		

Таблица 6.12 FC 302, питание от сети перем. тока 380–500 В (система с четырьмя приводами)

1) При подключении 12-импульсных блоков по схеме «звезда» и «треугольник» должно использоваться одинаковое количество кабелей и кабели между клеммами должны быть одинаковой длины.

Диапазон мощности	N250		N315		N355		N400	
Модули привода	2		2		2		2	
Конфигурация выпрямителя	12-импульсный							
Высокая (HO)/нормальная нагрузка (NO)	HO	NO	HO	NO	HO	NO	HO	NO
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 525–550 В	200	250	250	315	315	355	315	400
Типичная выходная мощность на валу [л. с.] при 575 В	300	350	350	400	400	450	400	500
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 690 В	250	315	315	400	355	450	400	500
Класс защиты	IP00							
КПД	0,98							
Выходная частота [Гц]	0–590							
Отключение при перегреве радиатора [°C (°F)]	110 (230)							
Отключение силовой платы питания при повышенной внешней температуре [°C (°F)]	80 (176)							
Выходной ток [A]								
Непрерывный (при 550 В)	303	360	360	418	395	470	429	523
Прерывистый (перегрузка 60 с) при 550 В	455	396	560	360	593	517	644	575
Непрерывный (при 575/690 В)	290	344	344	400	380	450	410	500
Прерывистый (перегрузка 60 с) при 575/690 В	435	378	516	440	570	495	615	550
Непрерывная мощность (при 550 В), кВА	289	343	343	398	376	448	409	498
Непрерывная мощность (при 575 В), кВА	289	343	343	398	378	448	408	498
Непрерывная мощность (при 690 В), кВА	347	411	411	478	454	538	490	598
Входной ток [A]								
Непрерывный (при 550 В)	299	355	355	408	381	453	413	504
Непрерывный (при 575 В)	286	339	339	490	366	434	395	482
Непрерывный (при 690 В)	296	352	352	400	366	434	395	482
Потери мощности [Вт]								
Модули привода при 600 В	3688	4401	4081	4789	4502	5457	4892	6076
Модули привода при 690 В	3669	4352	4020	4709	4447	5354	4797	5951
Шины пер. тока при 575 В	538	540	540	541	540	544	542	546
Шины постоянного тока в режиме рекуперации	88	88	89	89	90	90	91	91
Макс. поперечное сечение кабеля [мм² (mcm)]								
Сеть[1)]	2 x 120 (250)		4 x 120 (250)					
Двигатель	2 x 120 (250)		4 x 120 (250)					
Тормоз	4 x 70 (2/0)							
Клеммы рекуперации	4 x 120 (250)							

Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

Диапазон мощности	N250	N315	N355	N400
Макс. внешние сетевые предохранители	700 В, 550 А			

Таблица 6.13 FC 302, питание от сети перем. тока 525–690 В (система с двумя приводами)

1) При подключении 12-импульсных блоков по схеме «звезда» и «треугольник» должно использоваться одинаковое количество кабелей и кабели между клеммами должны быть одинаковой длины.

Диапазон мощности	N500		N560	
Модули привода	2		2	
Конфигурация выпрямителя	12-импульсный			
Высокая (HO)/нормальная нагрузка (NO)	HO	NO	HO	NO
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 525–550 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
Класс защиты	IP00			
КПД	0,98			
Выходная частота [Гц]	0–590			
Отключение при перегреве радиатора [°C (°F)]	110 (230)			
Отключение силовой платы питания при повышенной внешней температуре [°C (°F)]	80 (176)			
Выходной ток [A]				
Непрерывный (при 550 В)	523	596	596	630
Прерывистый (перегрузка 60 с) при 550 В	785	656	894	693
Непрерывный (при 575/690 В)	500	570	570	630
Прерывистый (перегрузка 60 с) при 575/690 В	750	627	627	693
Непрерывная мощность (при 550 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
Входной ток [A]				
Непрерывный (при 550 В)	504	574	574	607
Непрерывный (при 575 В)	482	549	549	607
Непрерывный (при 690 В)	482	549	549	607
Потери мощности [Вт]				
Модули привода при 600 В	6016	6995	6941	7431
Модули привода при 690 В	5886	6831	6766	7638
Шины пер. тока при 575 В	546	550	550	553
Шины постоянного тока в режиме рекуперации	186	186	191	191
Макс. поперечное сечение кабеля [мм² (mcm)]				
Сеть[1)]	4 x 120 (250)			
Двигатель	4 x 120 (250)			
Тормоз	4 x 95 (3/0)			
Клеммы рекуперации	4 x 120 (250)			
Макс. внешние сетевые предохранители	700 В, 630 А			

Таблица 6.14 FC 302, питание от сети перем. тока 525–690 В (система с двумя приводами)

1) При подключении 12-импульсных блоков по схеме «звезда» и «треугольник» должно использоваться одинаковое количество кабелей и кабели между клеммами должны быть одинаковой длины.

Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

Диапазон мощности	N630		N710		N800		N900		N1M0	
Модули привода	4		4		4		4		4	
Конфигурация выпрямителя	6-импульсный/12-импульсный									
Высокая (HO)/нормальная нагрузка (NO)	HO	NO	HO	NO	HO	NO	HO	NO	HO	NO
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 525–550 В	500	560	560	670	670	750	750	850	850	1000
Типичная выходная мощность на валу [л. с.] при 575 В	650	750	750	950	950	1050	1050	1150	1150	1350
Типичная выходная мощность на валу [кВт] при 690 В	630	710	710	800	800	900	900	1000	1000	1200
Класс защиты	IP00									
КПД	0,98									
Выходная частота [Гц]	0–590									
Отключение при перегреве радиатора [°C (°F)]	110 (230)									
Отключение силовой платы питания при повышенной внешней температуре [°C (°F)]	80 (176)									
Выходной ток [A]										
Непрерывный (при 550 В)	659	763	763	889	889	988	988	1108	1108	1317
Прерывистый (перегрузка 60 с) при 550 В	989	839	1145	978	1334	1087	1482	1219	1662	1449
Непрерывный (при 575/690 В)	630	730	730	850	850	945	945	1060	1060	1260
Прерывистый (перегрузка 60 с) при 575/690 В	945	803	1095	935	1275	1040	1418	1166	1590	1590
Непрерывная мощность (при 550 В), кВА	628	727	727	847	847	941	941	1056	1056	1255
Непрерывная мощность (при 575 В), кВА	627	727	727	847	847	941	941	1056	1056	1255
Непрерывная мощность (при 690 В), кВА	753	872	872	1016	1016	1129	1129	1267	1267	1506
Входной ток [A]										
Непрерывный (при 550 В)	642	743	743	866	866	962	1079	1079	1079	1282
Непрерывный (при 575 В)	613	711	711	828	828	920	1032	1032	1032	1227
Непрерывный (при 690 В)	613	711	711	828	828	920	1032	1032	1032	1227
Потери мощности [Вт]										
Модули привода при 600 В	7469	8683	8668	10166	10163	11406	11292	12852	12835	15762
Модули привода при 690 В	7381	8559	8555	9996	9987	11188	11077	12580	12551	15358
Шины пер. тока при 575 В	637	644	644	653	653	661	661	672	672	695
Шины постоянного тока в режиме рекуперации	198	198	208	208	218	218	231	231	256	256
Макс. поперечное сечение кабеля [мм² (mcm)]										
Сеть[1)]	4 x 120 (250)		6 x 120 (250)						8 x 120 (250)	
Двигатель	4 x 120 (250)		6 x 120 (250)						8 x 120 (250)	
Тормоз	8 x 70 (2/0)						8 x 95 (3/0)			
Клеммы рекуперации	4 x 150 (300)		6 x 120 (250)				6 x 150 (300)		8 x 120 (250)	
Макс. внешние сетевые предохранители										
6-импульсная конфигурация	700 В, 1600 A								700 В, 2000 A	

6

Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

Диапазон мощности	N630	N710	N800	N900	N1M0
12-импульсная конфигурация	700 В, 900 А			700 В, 1500 А	

Таблица 6.15 FC 302, питание от сети перем. тока 525–690 В (система с четырьмя приводами)

1) При подключении 12-импульсных блоков по схеме «звезда» и «треугольник» должно использоваться одинаковое количество кабелей и кабели между клеммами должны быть одинаковой длины.

6.6 Питание модуля привода

Питание от сети[1)]	
Клеммы питания	R/91, S/92, T/93
Напряжение питания[2)]	380–480, 500 В 690 В, ±10 %, 525–690 В ±10 %
Частота питания	50/60 Гц ±5 %
Макс. кратковременная асимметрия фаз сети питания	3,0 % от номинального напряжения питающей сети
Коэффициент активной мощности (λ)	≥ 0,98 номинального значения при номинальной нагрузке
Коэффициент реактивной мощности (cos Φ)	(Около 1)
Включение входного питания L1, L2, L3	Не более 1 раза за 2 минуты
Условия окружающей среды согласно стандарту EN60664-1	Категория по перенапряжению III/степень загрязнения 2

1) Устройство может использоваться в схеме, способной выдавать эффективный симметричный ток не более 85 000 А при напряжении 480/600 В.

2) Низкое напряжение сети/пропадание напряжения:

При низком напряжении сети модуль привода продолжает работать, пока напряжение в звене постоянного тока не снизится до минимального уровня, при котором происходит выключение преобразователя; обычно напряжение отключения на 15 % ниже минимального номинального напряжения питания. Повышение напряжения и полный крутящий момент невозможны при напряжении сети на 10 % ниже минимального напряжения питания. Модуль привода отключается вследствие обнаруженного пропадания напряжения.

6.7 Выходная мощность и другие характеристики двигателя

Выход на двигатель	
Клеммы подключения электродвигателя	U/96, V/97, W/98
Выходное напряжение	0–100 % от напряжения питания
Вых. частота	0–590 Гц
Число коммутаций на выходе	Без ограничения
Длительность изменения скорости	1–3600 с

Характеристики крутящего момента	
Перегрузка по крутящему моменту (постоянный крутящий момент)	Максимум 150 % на протяжении 60 с[1)]
Пусковой крутящий момент	Максимум 180 % в течение 0,5 с[1)]
Перегрузка по крутящему моменту (переменный крутящий момент)	Максимум 110 % на протяжении времени в секундах[1)]
Пусковой крутящий момент (переменный крутящий момент)	Максимум 135 % на протяжении времени в секундах

1) Значения в процентах относятся к номинальному крутящему моменту.

КПД	
КПД	98%[1)]

1) КПД, измеренный при номинальном токе. Класс энергоэффективности см. в глава 6.9 Условия окружающей среды для модулей привода. Потери при частичной нагрузке см. на сайте www.danfoss.com/vltenergyefficiency.

6.8 Технические характеристики 12-импульсного трансформатора

Подключение	Dy11 d0 или Dyn 11d0
Сдвиг фаз между вторичными обмотками	30°
Разность напряжений между вторичными обмотками	< 0,5 %
Сопротивление короткого замыкания вторичных обмоток	>5%

Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

Разность сопротивлений короткого замыкания между вторичными обмотками	< 5 % импеданса короткого замыкания
Прочее	Не допускается заземление вторичных обмоток. Рекомендуется наличие статического экрана.

6.9 Условия окружающей среды для модулей привода

Окружающая среда	
Номинал IP	IP00
Акустический шум	84 дБ (работа с полной нагрузкой)
Испытание на вибрацию	1,0 g
Вибрационные и ударные воздействия (IEC 60721-33-3)	Класс 3M3
Макс. 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
Температура окружающей среды[1)]	Не более 45 °C (113 °F) (средняя за 24 часа не более 40 °C (104 °F))
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 °C (от -13 до 149 °F)
Макс. высота над уровнем моря без снижения номинальных характеристик[1)]	1000 м (3281 футов)
Стандарты ЭМС, излучение	EN 61800-3
Стандарты ЭМС, помехоустойчивость	EN 61800-4-2, EN 61800-4-3, EN 61800-4-4, EN 61800-4-5 и EN 61800-4-6
Класс энергоэффективности[2)]	IE2

1) Информацию о снижении номинальных характеристик при высокой температуре окружающей среды и больших высотах над уровнем моря см. в глава 6.12 Технические характеристики снижения номинальных характеристик.
2) Определяется в соответствии с требованием стандарта EN 50598-2 при следующих условиях:

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

6.10 Технические характеристики кабелей

Длина и сечение кабелей управления[1)]	
Макс. длина кабеля двигателя, экранированный	150 м (492 фута)
Макс. длина кабеля двигателя, неэкранированный	300 м (984 фута)
Макс. сечение проводов, подключаемых к клеммам управления при монтаже гибким или жестким проводом без концевых кабельных муфт	1,5 мм²/16 AWG
Макс. сечение проводов, подключаемых к клеммам управления при монтаже гибким проводом с концевыми кабельными муфтами	1 мм²/18 AWG
Макс. сечение проводов, подключаемых к клеммам управления при монтаже гибким проводом с концевыми кабельными муфтами, имеющими кольцевой буртик	0,5 мм²/20 AWG
Мин. сечение проводов, подключаемых к клеммам управления	0,25 мм²/24 AWG
Макс. поперечное сечение для клемм 230 В	2,5 мм²/14 AWG
Макс. поперечное сечение для клемм 230 В	0,25 мм²/24 AWG

1) Данные о кабелях питания приведены в таблицах в глава 6.5 Технические характеристики, зависящие от мощности.

6.11 Вход/выход и характеристики цепи управления

Цифровые входы	
Программируемые цифровые входы	4 (6)[1)]
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

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

Уровень напряжения, логическая «1» PNP	> 10 В пост. тока
Уровень напряжения, логический «0» NPN[2)]	> 19 В пост. тока
Уровень напряжения, логическая «1» NPN[2)]	< 14 В пост. тока
Максимальное напряжение на входе	28 В пост. тока
Диапазон частоты повторения импульсов	0–110 кГц
(Рабочий цикл) мин. длительность импульсов	4,5 мс
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 выходные.
2) Кроме входной клеммы 37 Safe Torque Off.

Safe Torque Off (STO), клемма 37[1), 2)] (Клемма 37 имеет фиксированную логику PNP)

Уровень напряжения	0–24 В пост. тока
Уровень напряжения, логический «0» PNP	< 4 В пост. тока
Уровень напряжения, логическая «1» PNP	> 20 В пост. тока
Максимальное напряжение на входе	28 В пост. тока
Типовой входной ток при напряжении 24 В	50 мА (эфф.)
Типовой входной ток при напряжении 20 В	60 мА (эфф.)
Входная емкость	400 нФ

Все цифровые входы гальванически изолированы от напряжения питания (PELV) и других высоковольтных клемм.
1) Более подробную информацию о клемме 37 и функции Safe Torque Off см. в документе Преобразователи частоты VLT® — Руководство по эксплуатации функции Safe Torque Off.
2) При использовании контактора с дросселем постоянного тока с функцией STO необходимо обеспечить обратное поступление тока из дросселя при его отключении. Обратное поступление тока может быть обеспечено с помощью диода свободного хода в дросселе. Для получения более короткого времени отклика, как вариант, можно использовать MOV на 30 или 50 В. Стандартные контакторы могут приобретаться в комплекте с таким диодом.

Аналоговые входы

Количество аналоговых входов	2
Номер клеммы	53, 54
Режимы	Напряжение или ток
Выбор режима	Переключатели S201 и S202
Режим напряжения	Переключатель S201/S202 = OFF (U) — выключен
Уровень напряжения	От -10 В до +10 В (масштабируется)
Входное сопротивление, R_i	Приблизительно 10 кОм
Максимальное напряжение	±20 В
Режим тока	Переключатель S201/S202 = ON (I) — включен
Уровень тока	0/4–20 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	20 Гц/100 Гц

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

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

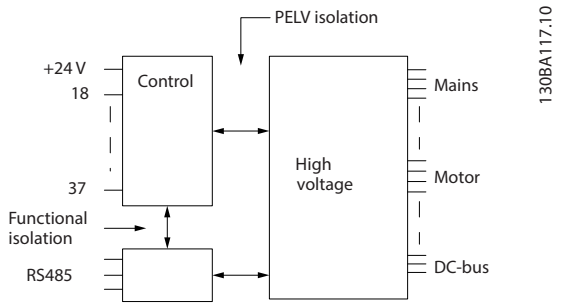


Рисунок 6.18 Изоляция PELV

Импульсный вход	
Программируемый импульс	2/1
Номера клемм импульсных входов	29[1)], 32/33
Макс. частота на клеммах 29, 33	110 кГц (двухтактное управление)
Макс. частота на клеммах 29, 33	5 кГц (открытый коллектор)
Мин. частота на клеммах 29, 33	4 Гц
Уровень напряжения	0–24 В пост. тока
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
Точность на входе энкодера (1–11 кГц)	Максимальная погрешность: 0,05 % от полной шкалы

Импульсные входы и входы энкодера (клеммы 29, 32, 33) гальванически изолированы от напряжения питания (PELV) и других высоковольтных клемм.
1) Импульсные входы: 29 и 33.

Аналоговый выход	
Количество программируемых аналоговых выходов	1
Номер клеммы	42
Диапазон тока аналогового выхода	0/4–20 мА
Макс. нагрузка на землю на аналоговом выходе	500 Ом
Точность на аналоговом выходе	Максимальная погрешность: 0,5 % от полной шкалы
Разрешающая способность на аналоговом выходе	12 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 можно запрограммировать как вход.
Цифровой выход гальванически изолирован от напряжения питания (PELV) и других высоковольтных клемм.

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

6

Плата управления, выход 24 В пост. тока	
Номер клеммы	12, 13
Выходное напряжение	24 В +1, -3 В
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
Номера клемм Реле 01	1–3 (размыкание), 1–2 (замыкание)
Макс. нагрузка (AC-1)[1] на клеммах 1–3 (нормально замкнутый контакт), 1–2 (нормально разомкнутый контакт) (резистивная нагрузка)	240 В перем. тока, 2 А
Макс. нагрузка на клемме (AC-15)[1] (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), 1–3 (нормально замкнутый контакт) (резистивная нагрузка)	60 В пост. тока, 1 А
Макс. нагрузка на клемме (DC-13)[1] (индуктивная нагрузка)	24 В пост. тока, 0,1 А
Номер клеммы реле 02 (только для VLT® AutomationDrive FC 302)	4–6 (размыкание), 4–5 (замыкание)
Макс. нагрузка (AC-1)[1] на клеммах 4–5 (нормально разомкнутый контакт) (резистивная нагрузка)[2][3], перенапряжение кат. II	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 разомкнутый 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 1–3 (нормально замкнутый контакт), 1–2 (нормально разомкнутый контакт), 4–6 (нормально замкнутый контакт), 4–5 (нормально разомкнутый контакт)	24 В пост. тока, 10 мА, 24 В перем. тока, 20 мА
Условия окружающей среды согласно стандарту EN60664-1	Категория по перенапряжению III/степень загрязнения 2

1) IEC 60947, части 4 и 5.
Контакты реле имеют гальваническую развязку от остальной части схемы благодаря усиленной изоляции (PELV).
2) Категория по перенапряжению II.
3) Аттестованные по UL применения при 300 В пер. тока, 2 А

Плата управления, выход 10 В пост. тока	
Номер клеммы	50
Выходное напряжение	10,5 В ±0,5 В
Максимальная нагрузка	25 мА

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

Характеристики управления	
Разрешающая способность выходной частоты в интервале 0–590 Гц	±0,003 Гц
Точность повторения прецизионного пуска/останова (клеммы 18, 19)	≤±0,1 мс
Время реакции системы (клеммы 18, 19, 27, 29, 32, 33)	≤ 10 мс
Диапазон регулирования скорости (разомкнутый контур)	1:100 синхронной скорости вращения
Диапазон регулирования скорости вращения (замкнутый контур)	1:1000 синхронной скорости вращения
Точность регулирования скорости вращения (разомкнутый контур)	30–4000 об/мин: погрешность ±8 об/мин
Точность регулирования скорости (в замкнутом контуре) в зависимости от разрешающей способности устройства в обратной связи	0–6000 об/мин: погрешность ±0,15 об/мин

Все характеристики регулирования относятся к управлению 4-полюсным асинхронным двигателем

Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

Рабочие характеристики платы управления	
Интервал сканирования (VLT® HVAC Drive FC 102, VLT® Refrigeration Drive FC 103, VLT® AQUA Drive FC 202)	5 мс (VLT® AutomationDrive FC 302)
Интервал сканирования (FC 302)	1 мс

Плата управления, последовательная связь через порт USB	
Стандартный порт USB	1.1 (полная скорость)
Разъем USB	Разъем USB типа B, разъем для устройств

Подключение ПК осуществляется стандартным кабелем USB (хост/устройство).
Соединение USB гальванически изолировано от напряжения питания (с защитой PELV) и других высоковольтных клемм.
Заземление соединения USB не изолировано гальванически от защитного заземления. К разъему связи USB на преобразователе частоты может подключаться только изолированный переносной персональный компьютер.

6.12 Технические характеристики снижения номинальных характеристик

Рассматривайте необходимость снижения номинальных характеристик в следующих условиях.

- Низкое давление воздуха при работе на высотах выше 1000 м.
- Высокие температуры окружающего воздуха.
- Высокая частота коммутации.
- Работа на низкой скорости.
- Длинные кабели электродвигателя.
- Кабели с большим сечением

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

6.12.1 Снижение номинальных характеристик в зависимости от высоты и температуры окружающей среды

С понижением атмосферного давления охлаждающая способность воздуха уменьшается.

При высоте над уровнем моря до 1000 м снижение номинальных параметров не требуется.
При высоте более 1000 м необходимо снижать допустимую температуру окружающей среды (T_{AMB}) или максимальный выходной ток ($I_{VLT,MAX}$). См. *Рисунок 6.19*.

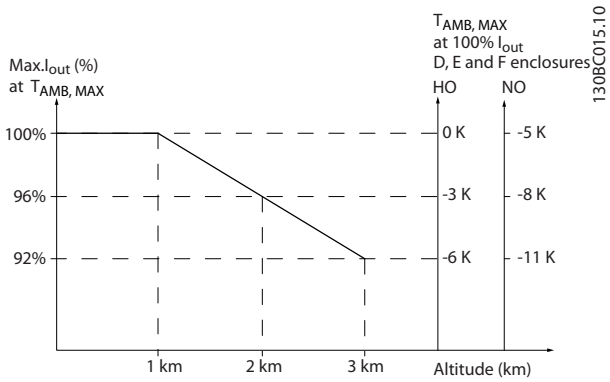


Рисунок 6.19 Снижение выходного тока в зависимости от высоты над уровнем моря при температуре окружающей среды $T_{AMB,MAX}$

На *Рисунок 6.19* 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.

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

6.12.2 Снижение частоты коммутации в зависимости от окружающей температуры

УВЕДОМЛЕНИЕ

ЗАВОДСКОЕ СНИЖЕНИЕ НОМИНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Для модулей VLT® Parallel Drive Modules уже предусмотрено снижение номинальных характеристик по максимальной температуре окружающей среды (55 °C (131 °F) $T_{AMB,MAX}$ и средней температуре окружающей среды 50 °C (122 °F) $T_{AMB,AVG}$).

На следующих графиках показано, следует ли снижать номинальный выходной ток в зависимости от частоты коммутации и окружающей температуры. На графиках I_{out} обозначает процент от номинального выходного тока, а *fsw* показывает частоту коммутации.

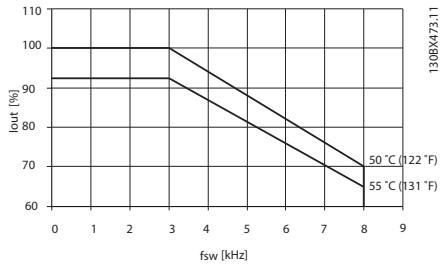
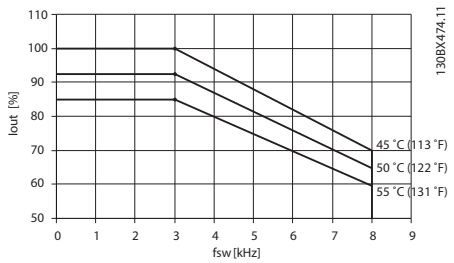
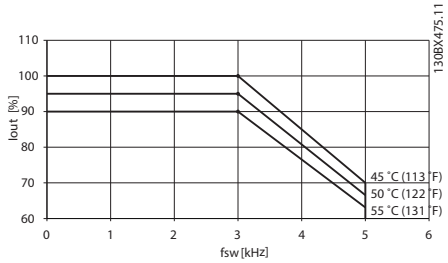
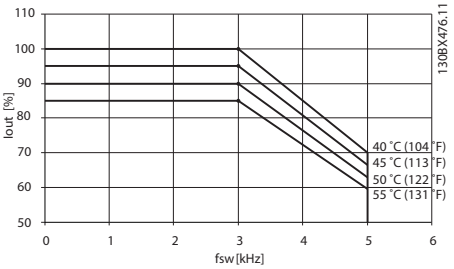
Диапазон напряжения	Метод коммутации	Высокая перегрузка (HO), 150 %	Нормальная перегрузка (NO), 110 %
380–500 В	60 AVM		
	SFAVM		

Таблица 6.16 Снижение частоты коммутации, 250 кВт при 400 В пер. тока (350 л. с. при 460 В пер. тока)

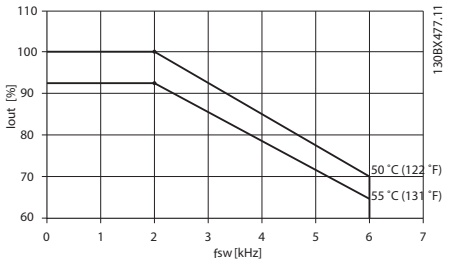
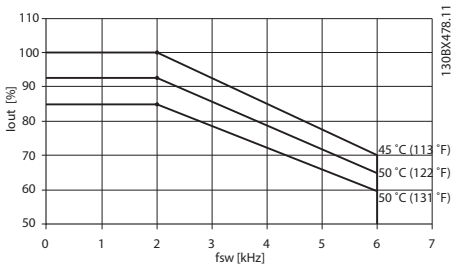
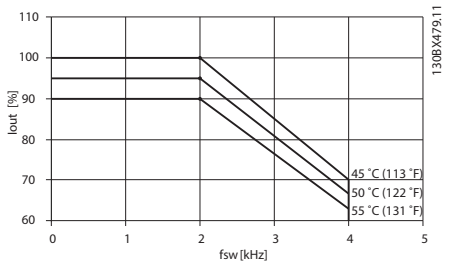
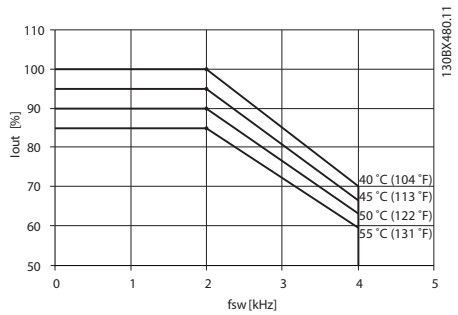
Диапазон напряжения	Метод коммутации	Высокая перегрузка (HO), 150 %	Нормальная перегрузка (NO), 110 %
525–690 В	60 AVM		
	SFAVM		

Таблица 6.17 Снижение частоты коммутации, 250 кВт при 690 В пер. тока (300 л. с. при 575 В пер. тока)

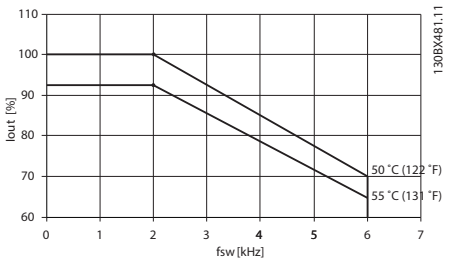
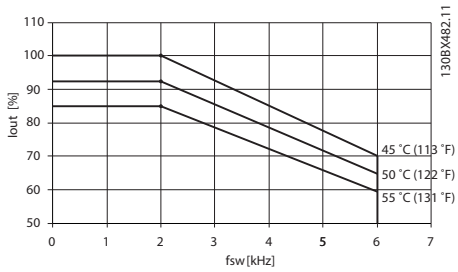
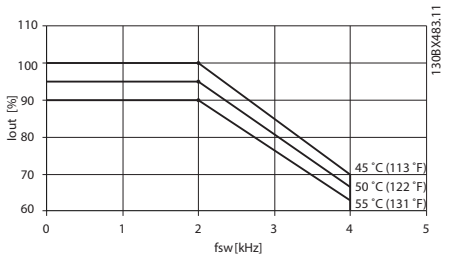
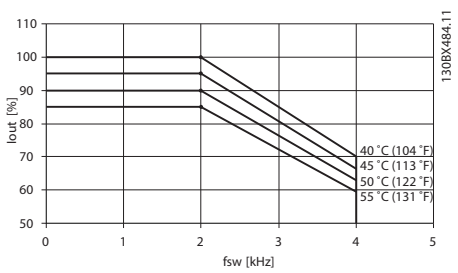
Диапазон напряжения	Метод коммутации	Высокая перегрузка (HO), 150 %	Нормальная перегрузка (NO), 110 %
380–500 В	60 AVM		
	SFAVM		

Таблица 6.18 Снижение частоты коммутации, 315–800 кВт при 400 В пер. тока (450–1200 л. с. при 460 В пер. тока)

Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

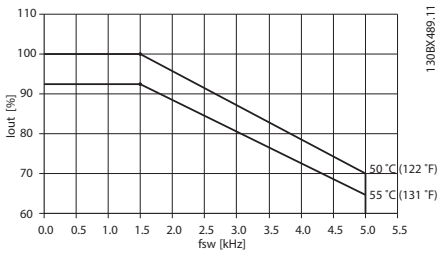
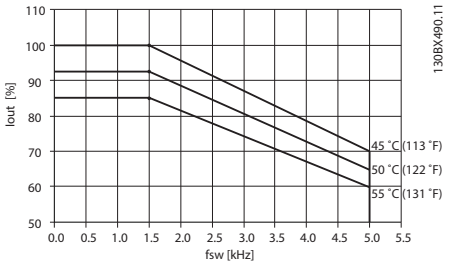
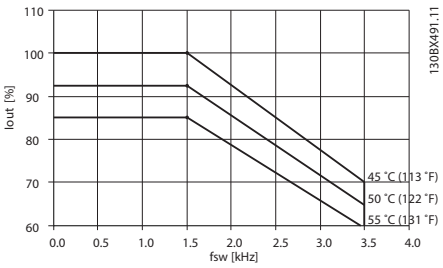
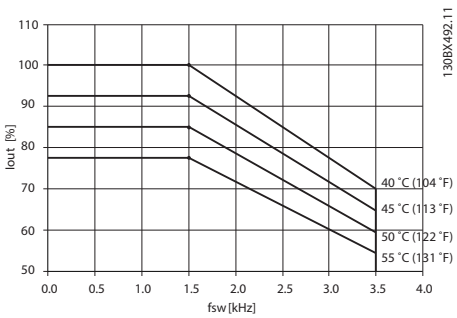
Диапазон напряжения	Метод коммутации	Высокая перегрузка (HO), 150 %	Нормальная перегрузка (NO), 110 %
525–690 В	60 AVM		
	SFAVM		

Таблица 6.19 Снижение частоты коммутации, 315–1000 кВт при 400 В пер. тока (350–1150 л. с. при 575 В пер. тока)

7 Сведения для заказа

7.1 Форма для заказа

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 7.1 Строка кода типа

Группы изделий	1–3	
Серия преобразователя частоты	4–6	
Код поколения	7	
Номинальная мощность	8–10	
Фазы	11	
Напряжение сети	12	
Корпус Размер корпуса Класс корпуса Напряжение питания цепей управления	13–15	
Аппаратная конфигурация	**16–23**	
Фильтр ВЧ-помех/привод с пониженными гармониками/12-импульсный	16–17	
Тормоз	18	
Дисплей (LCP)	19	
Покрытие печатной платы	20	
Доп. устройство сети	21	
Адаптация 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 7.2 Пример кода типа для заказа преобразователя частоты

Не все возможности/опции доступны для каждого из вариантов. Чтобы проверить доступность соответствующей версии, обратитесь к Конфигуратору привода в Интернете.

7.2 Конфигуратор привода

Пользуясь системой номеров для заказа, показанной в *Таблица 7.1* и *Таблица 7.2*, можно спроектировать преобразователь частоты в соответствии с требованиями к конкретному применению.

Чтобы заказать стандартные преобразователи частоты и преобразователи частоты с встроенными дополнительными устройствами, нужно отправить в местное торговое представительство Danfoss строку кода типа, описывающую изделие, например:

FC-302N800T5E00P2BGC7XXSXXXXAXBXCXXXXDX

Значения символов в строке см. в *Таблица 7.3* и *Таблица 7.4*.

Скомпоновать подходящий привод для конкретного применения можно с помощью конфигуратора привода. Конфигуратор привода автоматически формирует восьмиразрядный торговый номер, который необходимо передать в местное торговое представительство. Можно также создать список проектов с несколькими изделиями и направить его торговому представителю Danfoss.

Конфигуратор привода можно найти на сайте в сети Интернет: *www.danfoss.com/drives*.

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.

7

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

Языковой пакет 2
английский, немецкий, китайский, корейский, японский, тайский, традиционный китайский и бахаза (индонезийский).

Языковой пакет 3
английский, немецкий, словенский, болгарский, сербский, румынский, венгерский, чешский и русский.

Языковой пакет 4
английский, немецкий, испанский, английский (США), греческий, бразильский португальский, турецкий и польский.

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

Описание	Поз.	Возможные варианты
Группа изделия	1–6	102: FC 102 202: FC 202 302: FC 302
Код поколения	7	N
Номинальная мощность	8–10	250 кВт 315 кВт 355 кВт 400 кВт 450 кВт 500 кВт 560 кВт 630 кВт 710 кВт 800 кВт 900 кВт 1000 кВт 1200 кВт
Фазы	11	3-фазы (T)
Напряжение сети	11–12	T 4: 380–480 В перем. тока T 5: 380–500 В перем. тока T 7: 525–690 В перем. тока
Корпус	13–15	E00: IP00 C00: IP00 + тыльный канал из нержавеющей стали
Фильтр ВЧ-помех, аппаратный	16–17	P2: Parallel drive + фильтр ВЧ-помех, класс A2 (6-импульсный) P4: Parallel drive + фильтр ВЧ-помех, класс A1 (6-импульсный) P6: Parallel drive + фильтр ВЧ-помех, класс A2 (12-импульсный) P8: Parallel drive + фильтр ВЧ-помех, класс A1 (12-импульсный)
Тормоз	18	X: Тормозной IGBT отсутствует B: Тормозной IGBT установлен R: Клеммы рекуперации S: тормоз + рекуперация T: Safe Torque Off (STO) U: Safe Torque Off + тормоз
Дисплей	19	G: Графическая панель местного управления (GLCP)
Покрытие печатной платы	20	C: Печатная плата с покрытием
Доп. устройство сети	21	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	S067: Встроенный контроллер перемещения

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

Описание	Поз.	Возможные варианты
Язык программного обеспечения	28	X: Стандартный пакет языков

Таблица 7.3 Код типа для оформления заказа VLT® Parallel Drive Modules

Описание	Поз.	Возможные варианты
Доп. устройства A	29-30	AX: Нет дополнительного устройства A A0: VLT® PROFIBUS DP MCA 101 A4: VLT® DeviceNet MCA 104 A6: VLT® CANopen MCA 105 A8: VLT® EtherCAT MCA 124 AG: VLT® LonWorks MCA 108 AJ: VLT® BACnet MCA 109 AT: VLT® PROFIBUS Converter MCA 113 AU: VLT® PROFIBUS Converter MCA 114 AL: VLT® PROFINET MCA 120 AN: VLT® EtherNet/IP MCA 121 AQ: VLT® Modbus TCP MCA 122 AY: VLT® EtherNet/IP MCA 121
Доп. устройства B	31-32	BX: Без доп. устройств BK: VLT® General Purpose I/O MCB 101 BR: VLT® Encoder Input MCB 102 BU: VLT® Resolver Input MCB 103 BP: VLT® Relay Card MCB 105 BY: VLT® Extended Cascade Controller MCO 101 BZ: VLT® Safe PLC I/O MCB 108 B0: VLT® Analog I/O MCB 109 B2: VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 B4: VLT® Sensor Input MCB-114 B6: VLT® Safety Option MCB 150 B7: VLT® Safety Options MCB 151
Дополнительные устройства C0/E0	33-34	CX: Без доп. устройств C4: Устройство управления перемещением VLT® Motion Control Option MCO 305
Дополнительные устройства C1/ переходник A/B для гнезда C	35	X: Без доп. устройств R: VLT® Extended Relay Card MCB 113 S: VLT® Advanced Cascade Controller MCO 102
Программное обеспечение доп. устройств C/ Доп. устройства E1	36-37	XX: Стандартный контроллер 10: VLT® Synchronizing Controller MCO 350 11: VLT® Position Controller MCO 351 12: VLT® Center Winder MCO 352
Доп. устройства D	38-39	DX: Без доп. устройств D0: VLT® 24 V DC Supply MCB 107

Таблица 7.4 Заказ дополнительного оборудования

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

7.2.1 Выходные фильтры

Скоростная коммутация преобразователя частоты создает некоторые вторичные эффекты, которые влияют на двигатель и закрытые среды. Для подавления этих побочных эффектов служат фильтры двух разных типов: фильтр du/dt и синусоидный фильтр. Подробнее см. также *Руководство по проектированию выходных фильтров VLT® FC-Series Output Filter*.

380–500 В							Общие		Отдельные	
400 В, 50 Гц		460 В, 60 Гц		500 В, 50 Гц		FsW				
кВт	A	л. с.	A	кВт	A	кГц	IP00	IP23	IP00	IP23
250	480	350	443	315	443	3	130B2849	130B2850	130B2844	130B2845
315	600	450	540	355	540	2	130B2851	130B2852	130B2844	130B2845
355	658	500	590	400	590	2	130B2851	130B2852	130B2844	130B2845
400	745	600	678	500	678	2	130B2853	130B2854	130B2844	130B2845
450	800	600	730	530	730	2	130B2853	130B2854	130B2847	130B2848
500	880	650	780	560	780	2	130B2853	130B2854	130B2847	130B2848
560	990	750	890	630	890	2	2x130B2849	2x130B2850	130B2847	130B2848
630	1120	900	1050	710	1050	2	3x130B2849	2x130B2850	130B2847	130B2848
710	1260	1000	1160	800	1160	2	3x130B2849	2x130B2850	130B2847	130B2848
800	1460	1200	1380	1000	1380	2	3x130B2851	3x130B2852	130B2849	130B2850

Таблица 7.5 Имеющиеся в наличии фильтры du/dt, 380–500 В пер. тока

525–690 В							Общие		Отдельные	
525 В, 50 Гц		575 В, 60 Гц		690 В, 50 Гц		FsW				
кВт	A	л. с.	A	кВт	A	кГц	IP00	IP23	IP00	IP23
250	360	350	344	315	344	2	130B2851	130B2852	130B2841	130B2842
300	395	400	410	355	380	1,5	130B2851	130B2852	130B2841	130B2842
315	429	450	450	400	410	1,5	130B2851	130B2852	130B2841	130B2842
400	523	500	500	500	500	1,5	130B2853	130B2854	130B2844	130B2845
450	596	600	570	560	570	1,5	130B2853	130B2854	130B2844	130B2845
500	630	650	630	630	630	1,5	130B2853	130B2854	130B2844	130B2845
560	763	750	730	710	730	1,5	130B2853	130B2854	130B2847	130B2848
670	889	950	850	800	850	1,5	130B2853	130B2854	130B2847	130B2848
750	988	1050	945	–	–	–	3x130B2849	3x130B2850	130B2847	130B2848
850	1108	1150	1060	1000	1060	1,5	3x130B2849	3x130B2850	130B2847	130B2848
1000	1317	1350	1260	1200	1260	1,5	3x130B2851	3x130B2852	130B2849	130B2850

Таблица 7.6 Имеющиеся в наличии фильтры du/dt, 525–690 В пер.тока

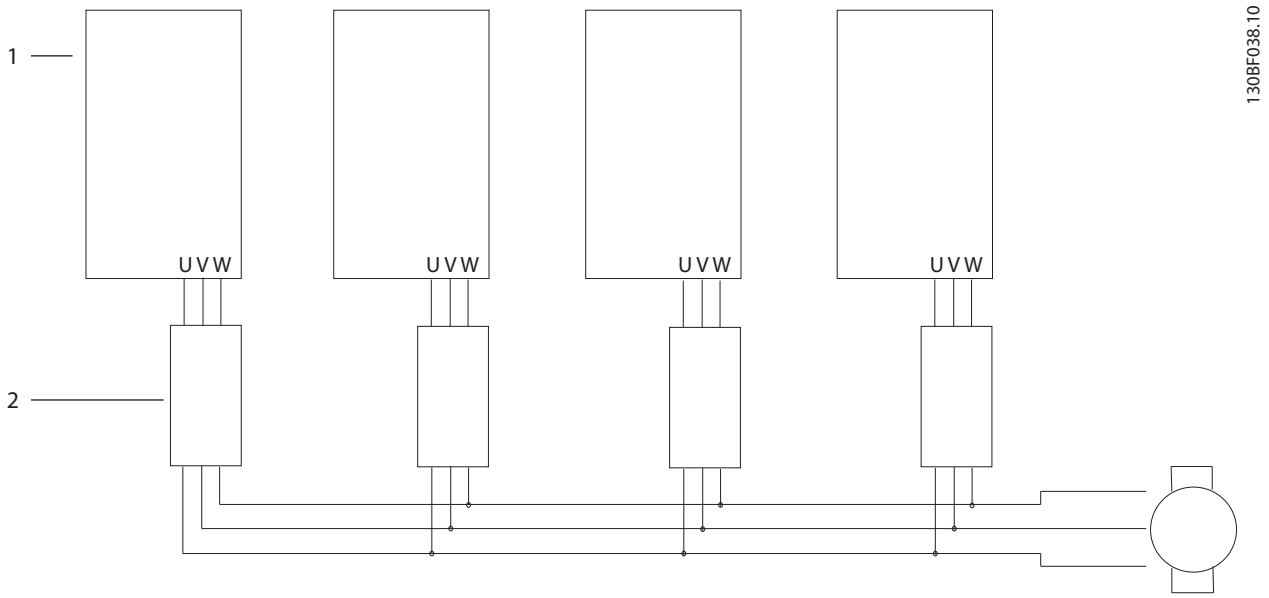
380–500 В							Общие		Отдельные	
400 В, 50 Гц		460 В, 60 Гц		500 В, 50 Гц		FsW				
кВт	A	л. с.	A	кВт	A	кГц	IP00	IP23	IP00	IP23
250	480	350	443	315	443	3	130B3188	130B3189	130B3186	130B3187
315	600	450	540	355	540	2	130B3191	130B3192	130B3186	130B3187
355	658	500	590	400	590	2	130B3191	130B3192	130B3186	130B3187
400	745	600	678	500	678	2	130B3193	130B3194	130B3188	130B3189
450	800	600	730	530	730	2	2x130B3188	2x130B3189	130B3188	130B3189
500	880	650	780	560	780	2	2x130B3188	2x130B3189	130B3186	130B3187
560	990	750	890	630	890	2	2x130B3191	2x130B3192	130B3186	130B3187
630	1120	900	1050	710	1050	2	2x130B3191	2x130B3192	130B3186	130B3187
710	1260	1000	1160	800	1160	2	3x130B3188	2x130B3189	130B3188	130B3189
800	1460	1200	1380	1000	1380	2	3x130B3188	2x130B3189	130B3188	130B3189

Таблица 7.7 Имеющиеся в наличии синусоидные фильтры, 380–500 В

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

525–690 В							Общие		Отдельные	
кВт	А	л. с.	А	кВт	А	кГц	IP00	IP23	IP00	IP23
525 В, 50 Гц		575 В, 60 Гц		690 В, 50 Гц		FsW				
250	360	350	344	315	344	2	130B4129	130B4151	130B4125	130B4126
300	395	400	410	355	380	1,5	130B4129	130B4151	130B4125	130B4126
315	429	450	450	400	410	1,5	130B4152	130B4153	130B4125	130B4126
400	523	500	500	500	500	1,5	130B4154	130B4153	130B4129	130B4151
450	596	600	570	560	570	1,5	130B4156	130B4157	–	–
500	630	650	630	630	630	1,5	130B4156	130B4157	130B4129	130B4151
560	763	750	730	710	730	1,5	2x130B4142	2x130B4143	130B4129	130B4151
670	889	950	850	800	850	1,5	2x130B4142	2x130B4143	130B4125	130B4126
750	988	1050	945	–	–	–	2x130B4142	2x130B4143	130B4129	130B4151
850	1108	1150	1060	1000	1060	1,5	3x130B4154	3x130B4155	130B4129	130B4151
1000	1317	1350	1260	1200	1260	1,5	3x130B4154	3x130B4155	130B4129	130B4151

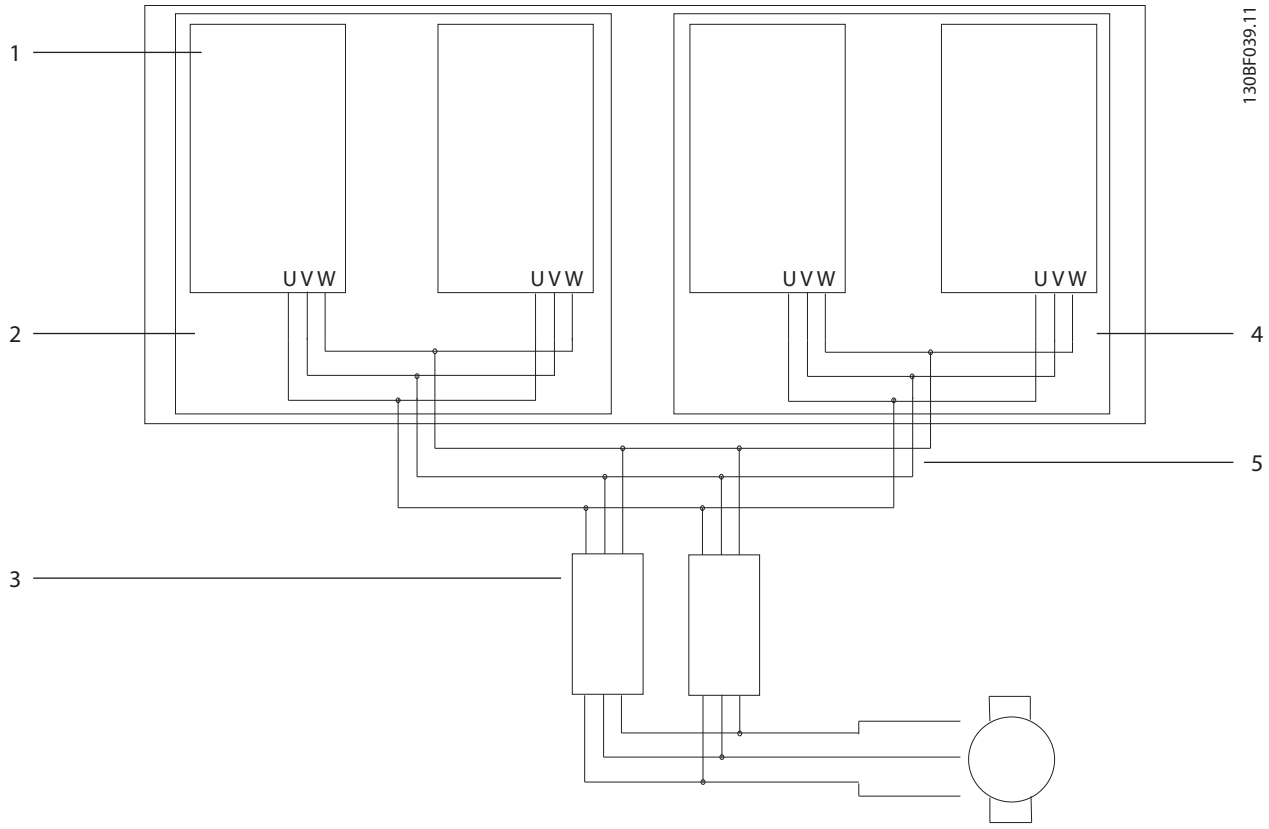
Таблица 7.8 Имеющиеся в наличии синусоидные фильтры, 525–690 В



1	Модуль привода	2	Фильтр

Рисунок 7.1 Конфигурация фильтра без общих шин (отдельная шина)

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.



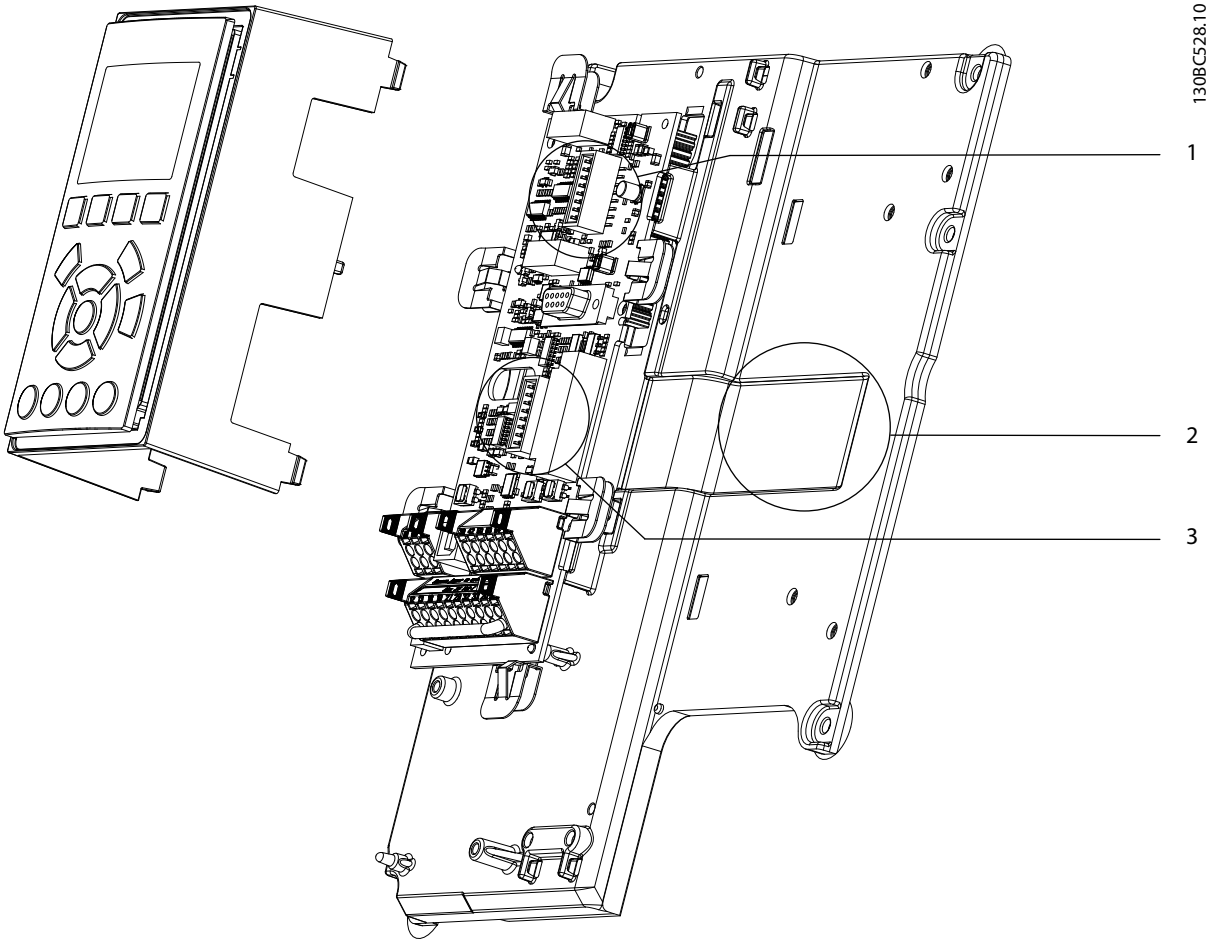
1	Модуль привода	4	Шкаф 2
2	Шкаф 1	5	Кабели
3	Фильтр	–	–

Рисунок 7.2 Конфигурация фильтра с общими шинами (общие)

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

7.3 Дополнительные устройства и принадлежности

Компания Danfoss предлагает широкий ассортимент дополнительных устройств и принадлежностей для VLT® AutomationDrive FC 302, VLT® HVAC Basic Drive FC 102 и VLT® AQUA Drive FC 202. Следующие дополнительные платы устанавливаются на плате управления в гнезде A, B или C. См. *Рисунок 7.3*. Подробнее см. инструкции, прилагаемые к дополнительному оборудованию.



1	Гнездо A
2	Гнездо B
3	Гнездо C

Рисунок 7.3 Дополнительные платы для установки в гнезда платы управления

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

7.3.1 Модуль ввода/вывода общего назначения MCB 101

Дополнительный модуль VLT® General Purpose I/O MCB 101 используется для увеличения количества цифровых и аналоговых входов и выходов, доступных в FC 102, FC 103, FC 202, FC 301 и FC 302. MCB 101 устанавливается в гнездо B преобразователя частоты.

Размещение:

- Дополнительный модуль MCB 101.
- Дополнительное крепление LCP.
- Клеммная крышка.

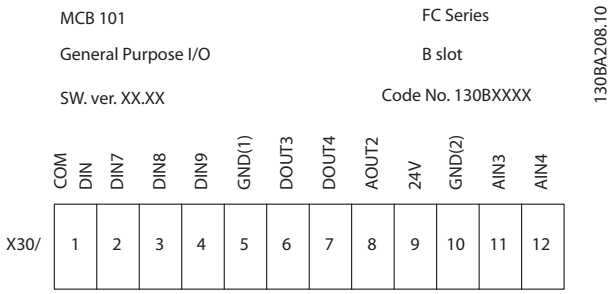


Рисунок 7.4 Дополнительный модуль MCB 101

7.3.2 Гальваническая развязка в VLT® General Purpose I/O MCB 101

Цифровые/аналоговые входы гальванически изолированы от других входов/выходов на плате MCB 101 и на плате управления преобразователя частоты.

Цифровые/аналоговые выходы на плате MCB 101 гальванически изолированы от других входов/выходов на MCB 101, но не изолированы от входов/выходов на плате управления преобразователя частоты.

Подключите клеммы 1 и 5, если цифровые входы 7, 8 или 9 должны переключаться с помощью внутреннего источника питания 24 В (клемма 9). См. *Рисунок 7.5*.

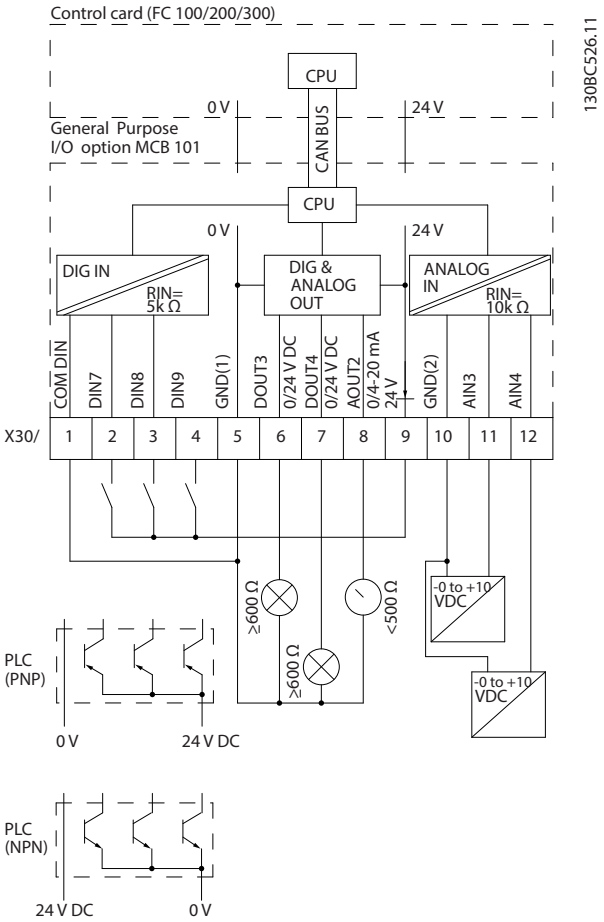


Рисунок 7.5 Принципиальная схема

7.3.3 Цифровые входы, клемма X30/1–4

Цифровой вход	
Число цифровых входов	4 (6)
Номер клеммы	18, 19, 27, 29, 32, 33
Логика	PNP или NPN
Уровень напряжения	0–24 В пост. тока
Уровень напряжения, логический «0» PNP (GND = 0 В)	< 5 В пост. тока
Уровень напряжения, логическая «1» PNP (GND = 0 В)	> 10 В пост. тока
Уровень напряжения, логический «0» NPN (GND = 24 В)	< 14 В пост. тока
Уровень напряжения, логическая «1» NPN (GND = 24 В)	> 19 В пост. тока
Максимальное напряжение на входе	28 В, длительно
Диапазон частоты повторения импульсов	0–110 кГц
Рабочий цикл, мин. ширина импульсов	4,5 мс
Входной импеданс	> 2 кОм

7.3.4 Аналоговые входы, клемма X30/11, 12

Аналоговый вход	
Количество аналоговых входов	2
Номер клеммы	53, 54, X30,11, X30,12
Режимы	Напряжение
Уровень напряжения	от -10 В до +10 В
Входной импеданс	>10 кОм
Максимальное напряжение	20 В
Разрешающая способность аналоговых входов	10 битов (+ знак)
Точность аналоговых входов	Погрешность не более 0,5 % от полной шкалы
Полоса частот	100 Гц

7.3.5 Цифровые выходы, клемма X30/6, 7

Цифровой выход	
Число цифровых выходов	2
Номер клеммы	X30,6, X30,7
Уровень напряжения на цифровом/частотном выходе	0–24 В
Максимальный выходной ток	40 мА
Максимальная нагрузка	≥ 600 Ом
Макс. емкостная нагрузка	< 10 нФ
Минимальная выходная частота	0 Гц
Максимальная выходная частота	≤ 32 кГц
Точность частотного выхода	Максимальная погрешность: 0,1 % от полной шкалы

7.3.6 Аналоговый выход, клемма X30/8

Аналоговый выход	
Число аналоговых выходов	1
Номер клеммы	42
Диапазон тока аналогового выхода	0–20 мА
Макс. нагрузка на землю на аналоговом выходе	500 Ом
Точность на аналоговом выходе	Максимальная погрешность: 0,5 % от полной шкалы
Разрешающая способность на аналоговом выходе	12 бит

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

7.3.7 VLT® Encoder Input MCB 102

Модуль VLT® Encoder Input MCB 102 может быть использован в качестве источника обратной связи для регулирования магнитного потока по замкнутому контуру (*параметр 1-02 Flux- источник ОС двигателя*), а также для регулирования скорости по замкнутому контуру (*параметр 7-00 Ист.сигн.ОС ПИД-рег.скор.*). Сконфигурируйте дополнительный модуль энкодера в группе параметров *17-** Доп. устр. ОС*.

MCB 102 используется:

- С режимом VVC+ с обратной связью.
- В режиме векторного регулирования скорости вращения с помощью магнитного потока.
- В режиме векторного регулирования крутящего момента с помощью магнитного потока.
- С двигателями с постоянными магнитами.

Поддерживаемые типы энкодера:

- Инкрементальный энкодер тип ТТЛ, 5 В, RS422, макс. частота 410 кГц.
- Инкрементальный энкодер 1 В(пик/пик), кодирование по синусу-косинусу.
- HIPERFACE® Encoder: абсолютное кодирование и кодирование по синусу-косинусу (Stegmann/SICK).
- Энкодер EnDat: абсолютное кодирование и кодирование по синусу-косинусу (Heidenheim). Поддерживает версию 2.1.
- Энкодер SSI: Абсолютное.

УВЕДОМЛЕНИЕ

Светодиоды видимы только при снятии LCP. Реакцию на ошибку энкодера можно выбрать в параметре *параметр 17-61 Контроль сигнала энкодера*: *[0] Запрещено*, *[1] Предупреждение* или *[2] Отключение*.

Если дополнительный комплект энкодера заказывается отдельно, этот комплект содержит:

- VLT® Encoder Input MCB 102.
- Увеличенное крепление панели LCP и увеличенную клеммную крышку.

Дополнительный энкодер не может работать совместно с преобразователями частоты VLT® AutomationDrive FC 302, изготовленными до 50 недели 2004 г. Минимальная версия программного обеспечения: 2,03 (*параметр 15-43 Версия ПО*)

Соединительный разъем Наименование X31	Инкрементный энкодер (см. *Рисунок 7.6*)	Синусно-косинусный энкодер HIPERFACE® (см. *Рисунок 7.7*)	Энкодер EnDat	Энкодер SSI	Описание
1	Н3			24 В[1)]	Выход 24 В (21–25 В, I_{max} 125 мА)
2	Н3	8 VCC			Выход 8 В (7–12 В, I_{max} 200 мА)
3	5 В(СС)		5 В(СС)	5 В[1)]	Выход 5 В (5 В ± 5 %, I_{max} 200 мА)
4	GND		GND	GND	GND
5	Вход A	+COS	+COS		Вход A
6	Вход A, инверсный	REFCOS	REFCOS		Вход A, инверсный
7	Вход B	+SIN	+SIN		Вход B
8	Вход B, инверсный	REFSIN	REFSIN		Вход B, инверсный
9	Вход Z	+Data RS485	Вых. такт. част.	Вых. такт. част.	Вход Z ИЛИ +Data RS485
10	Вход Z, инверсный	+Data RS485	Инв. выход такт. част.	Инв. выход такт. част.	Вход Z ИЛИ -Data RS485
11	Н3	Н3	Вход данных	Вход данных	Для будущего использ.
12	Н3	Н3	Инв. вход данных	Инв. вход данных	Для будущего использ.
Не более 5 В на X31,5-12					

Таблица 7.9 Дополнительный энкодер MCB 102, описания клемм для поддерживаемые типов энкодеров

1) Питание энкодера: См. технические данные энкодера.

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

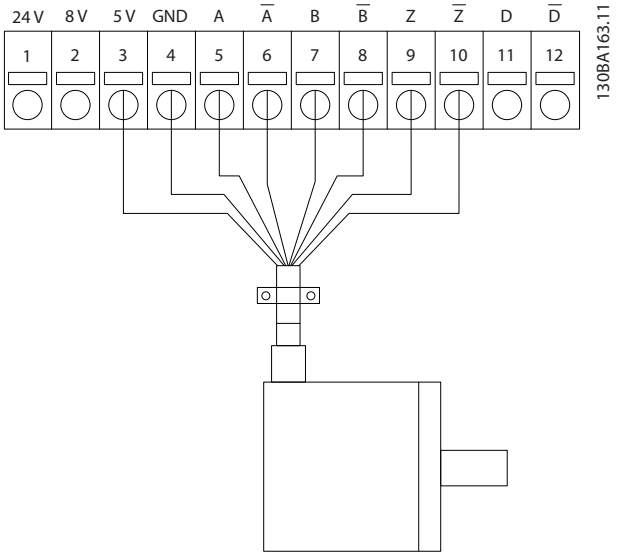


Рисунок 7.6 Инкрементальный энкодер

Максимальная длина кабеля 150 м (492 фута).

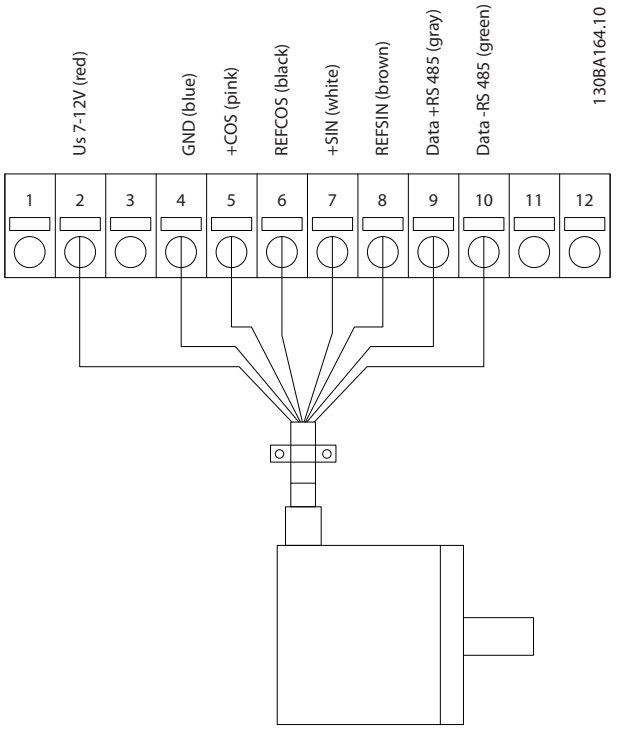


Рисунок 7.7 Синусно-косинусный энкодер HIPERFACE

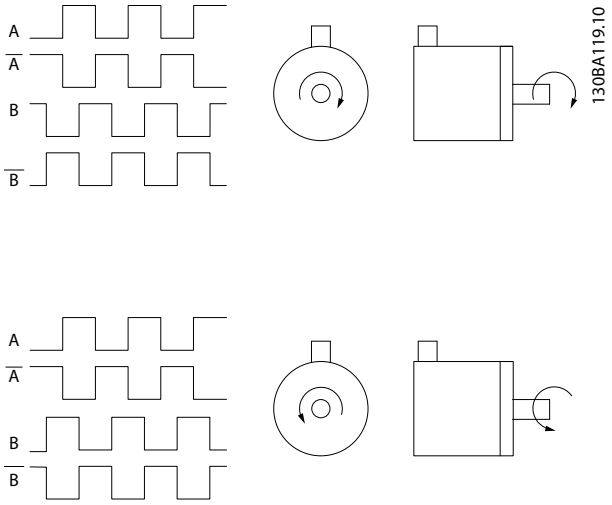


Рисунок 7.8 Направление вращения

7.3.8 VLT® Resolver Input MCB 103

Дополнительная плата VLT® Resolver Option MCB 103 используется для сопряжения сигнала обратной связи от резольвера двигателя с VLT® AutomationDrive FC 301/FC 302. резольверы используются в качестве устройств обратной связи для синхронных бесщеточных двигателей с постоянными магнитами.

При отдельном заказе дополнительной платы резольвера комплект поставки включает:

- VLT® Resolver Option MCB 103.
- Увеличенное крепление панели LCP и увеличенную клеммную крышку.

Выбор параметров: *17-5* Интерф. резольвера*.

MCB 103 поддерживает роторные резольверы различных типов.

Число полюсов резольвера	*Параметр 17-50 Число полюсов*: 2 x 2
Входное напряжение резольвера	*Параметр 17-51 Входное напряжение*: 2,0–8,0 $В_{эфф.}$ x7,0 $В_{эфф.}$
Входная частота резольвера	*Параметр 17-52 Входная частота*: 2–15 кГц x 10,0 кГц
Коэффициент трансформации	*Параметр 17-53 Коэф.трансформации*: 0,1–1,1 x 0,5
Напряжение вторичной обмотки	Макс. 4 $В_{эфф.}$
Нагрузка вторичной обмотки	Приблизительно 10 кОм

Таблица 7.10 Характеристики резольвера

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

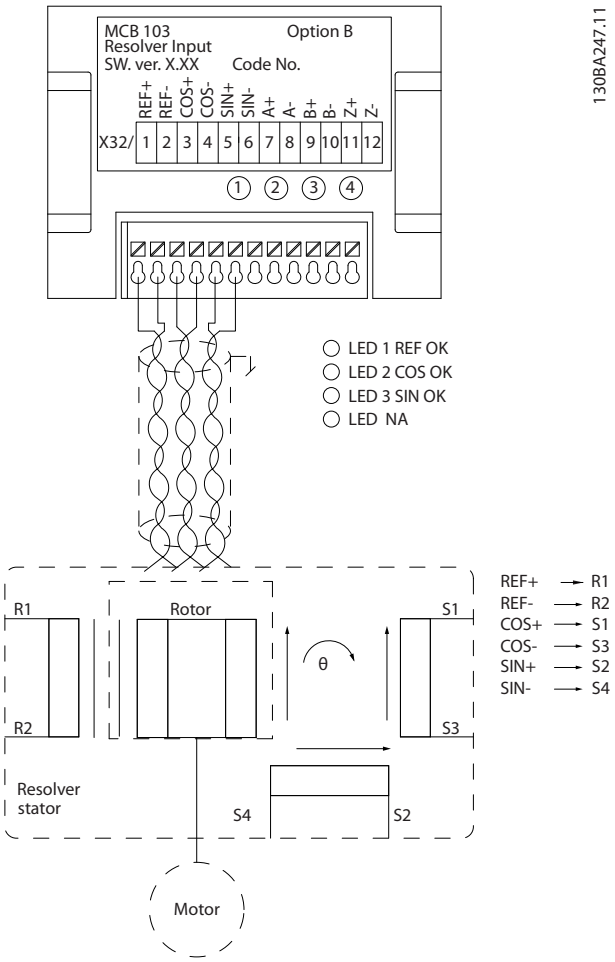


Рисунок 7.9 Resolver Input MCB 103 используется с двигателем с постоянными магнитами

УВЕДОМЛЕНИЕ

MCB 103 может использоваться только с типами резольверов, получающими сигналы от ротора. Использование резольверов, получающих сигналы от статора, невозможно.

Светодиодные индикаторы

Светодиоды активируются, если пар. *параметр 17-61 Контроль сигнала энкодера* имеет значение *[1] Предупреждение* или *[2] Отключение*.

СД 1 включен, когда напряжение возбуждения, поступающее на резольвер, в норме.

Светодиод 2 включен, когда сигнал косинуса, поступающий из резольвера, в норме.

Светодиод 3 включен, когда сигнал синуса, поступающий из резольвера, в норме.

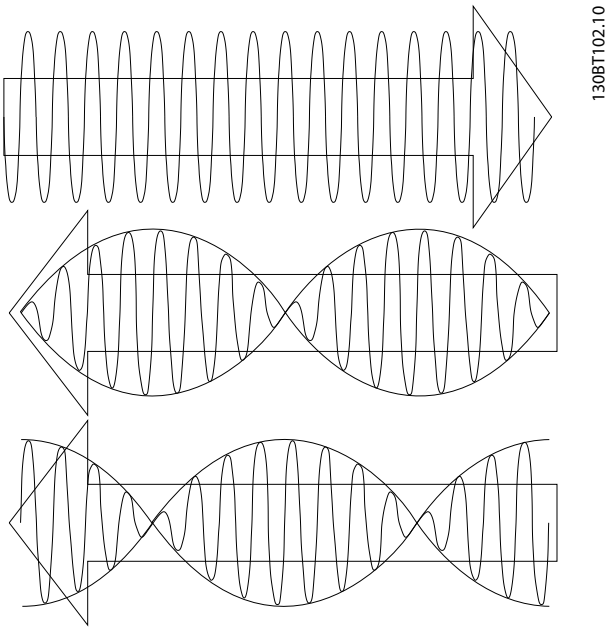


Рисунок 7.10 Двигатель с постоянными магнитами используется с резольвером, который выполняет функции датчика обратной связи по скорости.

Пример настройки

На *Рисунок 7.9* двигатель с постоянными магнитами используется с резольвером, который выполняет функции датчика обратной связи по скорости. Двигатель с постоянными магнитами обычно должен работать в режиме управления магнитным потоком.

Монтажная схема

При использовании кабеля с витыми парами его длина не должна превышать 150 м.

УВЕДОМЛЕНИЕ

Всегда используйте только экранированные кабели для подключения двигателя и тормозного прерывателя. Кабели резольвера должны быть экранированы и проложены отдельно от кабелей двигателя. Экран кабеля резольвера должен быть правильно подключен к развязывающей панели и к шасси (земле) на стороне двигателя.

Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

Параметр 1-00 Режим конфигурирования	*[1] Ск-сть, замкн.конт.*
Параметр 1-01 Принцип управления двигателем	*[3] Flux с ОС от двигат.*
Параметр 1-10 Конструкция двигателя	*[1] Неявноп. с пост. магн.*
Параметр 1-24 Ток двигателя	Паспортная табличка
Параметр 1-25 Номинальная скорость двигателя	Паспортная табличка
Параметр 1-26 Длительный ном. момент двигателя	Паспортная табличка
ААД для двигателей с постоянными магнитами невозможна	
Параметр 1-30 Сопротивление статора (Rs)	Листок технических данных двигателя
Параметр 30-80 Индуктивность по оси d (Ld)	Листок технических данных двигателя (мГн)
Параметр 1-39 Число полюсов двигателя	Листок технических данных двигателя
Параметр 1-40 Противо-ЭДС при 1000 об/мин	Листок технических данных двигателя
Параметр 1-41 Смещение угла двигателя	Листок технических данных двигателя (обычно 0)
Параметр 17-50 Число полюсов	Листок технических данных для резольвера
Параметр 17-51 Входное напряжение	Листок технических данных для резольвера
Параметр 17-52 Входная частота	Листок технических данных для резольвера
Параметр 17-53 Коэф.трансформации	Листок технических данных для резольвера
Параметр 17-59 Интерф. резолвера	*[1] Разрешено*

Таблица 7.11 Настраиваемые параметры

7.3.9 VLT® Relay Card MCB 105

VLT® Relay Card MCB 105 содержит 3 группы однополюсных контактов на два направления (SPDT) и устанавливается в гнездо B для дополнительных устройств.

Электрические характеристики	
Макс. нагрузка на клемму (AC-1)[1] (резистивная нагрузка)	240 В перем. тока, 2 А
Макс. нагрузка на клемме (AC-15)[1] (индуктивная нагрузка при cosφ 0,4)	240 В перем. тока, 0,2 А
Макс. нагрузка на клемме (DC-1)[1] (резистивная нагрузка)	24 В пост. тока, 1 А
Макс. нагрузка на клемме (DC-13)[1] (индуктивная нагрузка)	24 В пост. тока, 0,1 А
Мин. нагрузка на клеммах (пост. ток)	5 В, 10 мА
Макс. частота коммутации при номинальной/минимальной нагрузке	6 мин$^{-1}$/20^{-1}

1) IEC 947, части 4 и 5

Дополнительный комплект реле, заказываемый отдельно, включает:

- VLT® Relay Card MCB 105.
- Увеличенное крепление панели LCP и увеличенную клеммную крышку.
- Ярлык для крышки доступа к переключателям S201 (A53), S202 (A54) и S801[1].
- Кабельные хомуты для крепления кабелей к модулю реле.

1) **ВАЖНО!** Для обеспечения соответствия требованиям UL ярлык ДОЛЖЕН быть помещен на раму LCP.

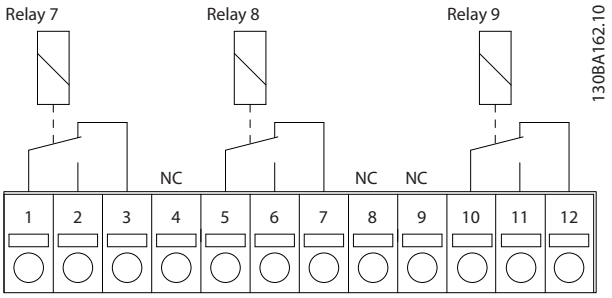


Рисунок 7.11 Отсоедините клеммы реле

⚠ВНИМАНИЕ!

Предупреждение о двойном питании. Не объединяйте системы 24/ 48 В с высоковольтными системами.

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

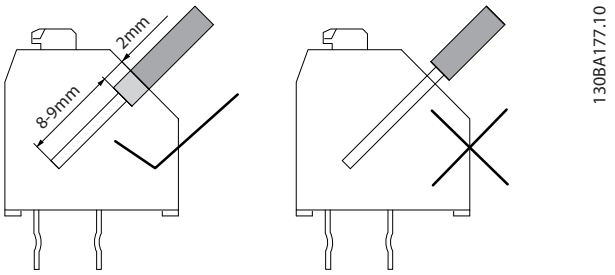


Рисунок 7.12 Правильная длина зачистки провода

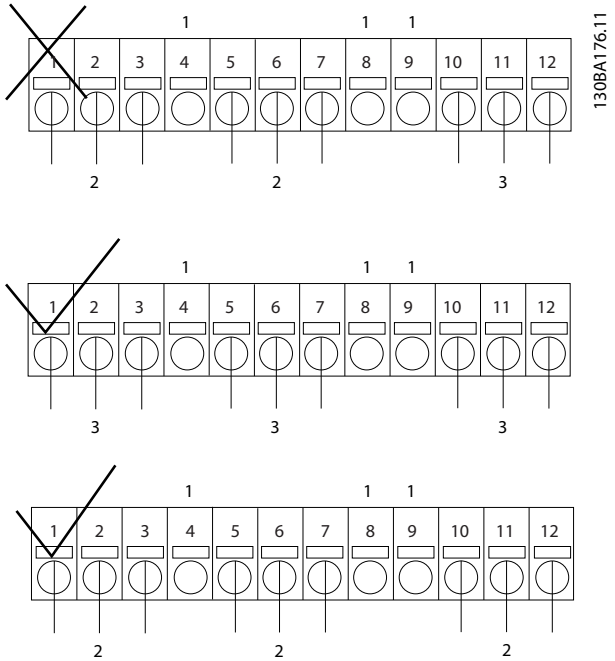


Рисунок 7.13 Правильный способ установки токоведущих кабелей и сигнальной проводки

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

7.3.10 VLT® 24 V DC Supply MCB 107

Внешний источник питания 24 В пост. тока может использоваться в качестве низковольтного источника питания для платы управления и любых других установленных дополнительных плат, обеспечивая возможность работы LCP без подключения к сети питания.

Технические характеристики внешнего источника питания 24 В пост. тока	
Диапазон напряжения на входе	24 В пост. тока ±15 % (макс. 37 В течение 10 с)
Макс. входной ток	2,2 A
Средний входной ток	0,9 A
Максимальная длина кабеля	75 м (246 футов)
Входная емкостная нагрузка	10 мкФ
Задержка при подаче питания	0,6 s

С защитой входов.

Номера клемм

- Клемма 35: внешний источник питания 24 В пост. тока
- Клемма 36: внешний источник питания 24 В пост. тока

При питании цепи управления от VLT® 24 V DC Supply MCB 107 внутренний источник 24 В автоматически отключается. Дополнительную информацию об установке см. в отдельных инструкциях, прилагаемых к дополнительному оборудованию.

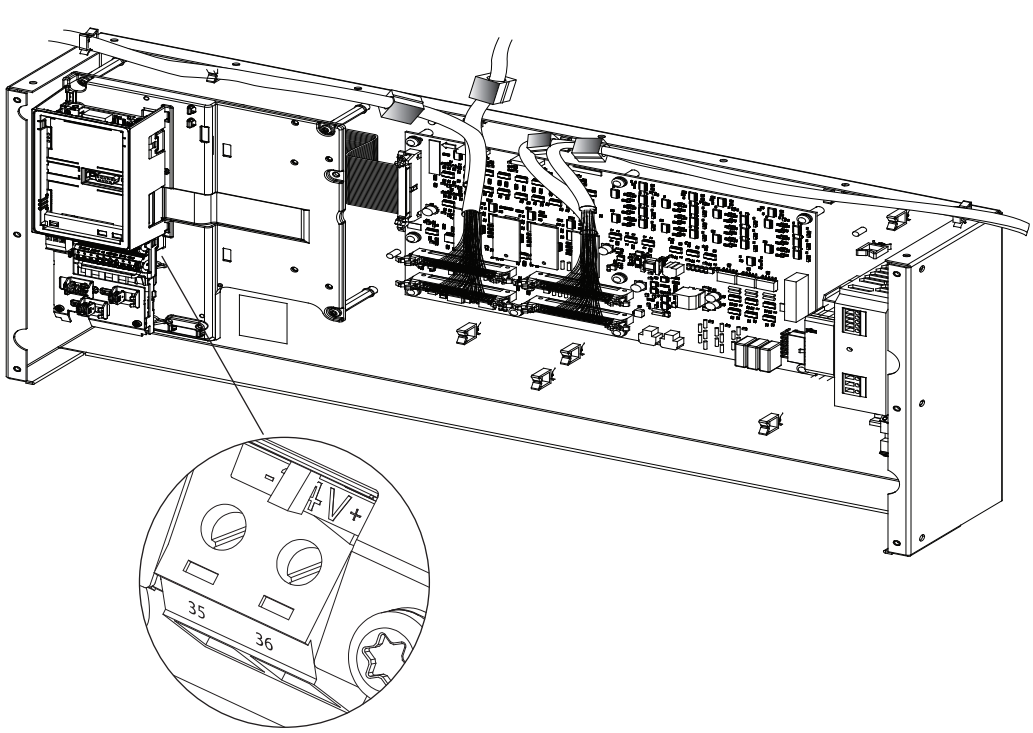


Рисунок 7.14 Подключение источника питания 24 В пост. тока

7.3.11 VLT® PTC Thermistor Card MCB 112

Дополнительная плата VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 позволяет контролировать температуру электродвигателя через гальванически изолированный вход платы термистора PTC. Она вставляется в гнездо B в VLT® HVAC Drive FC 102, VLT® AQUA Drive FC 202 и VLT® AutomationDrive FC 302 с функцией Safe Torque Off (STO).

Подробнее о монтаже и установке см. инструкции, прилагаемые к дополнительному оборудованию. Сведения о различных возможностях применения см. в *глава 17 Примеры применения*.

Клеммы X44/1 и X44/2 являются входами термистора. Клемма X44/12 активизирует функцию Safe Torque Off преобразователя частоты (T37) в случае, когда этого требуют значения термистора, а клемма X44/10 информирует преобразователь частоты о том, что от MCB 112 поступил запрос на срабатывание функции Safe Torque Off, с целью обеспечить соответствующую обработку аварийных сигналов. Чтобы получить возможность использования информации от X44/ 10, для одного из цифровых входов преобразователя частоты (или цифрового входа установленного дополнительного устройства) должно быть выбрано значение PTC Card 1 [80]. В параметре *Параметр 5-19 Клемма 37, безопасный останов* должна быть выбрана требуемая реакция функции Safe Torque Off. Настройка по умолчанию: *[1] Авар. сигн. безоп. ост.*

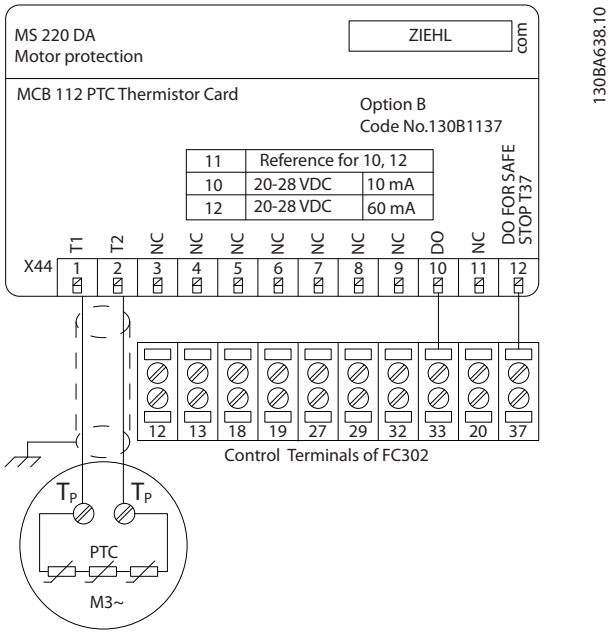


Рисунок 7.15 Монтаж MCB 112

Сертификация ATEX при использовании FC 102/202/302

VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 сертифицирован для сред ATEX, из чего следует, что преобразователи частоты серий FC 102/202/302 в комбинации с MCB 112 могут использоваться вместе с двигателями в потенциально взрывоопасных средах. Подробнее см. раздел, посвященный плате термистора.

Рисунок 7.16 Символ ATEX (ATmosphère EXplosive, взрывоопасная атмосфера)

Электрические характеристики

Подключение резистора	
PTC резистор, соответствующий стандартам DIN 44081 и DIN 44082	
Количество	1..6 резисторов последовательно
Значение запирания	3,3 Ом ... 3,65 Ом ... 3,85 Ом
Значение сброса	1,7 Ом ... 1,8 Ом ... 1,95 Ом
Допуск на включение	± 6 °C (10,8 °F)
Суммарное сопротивление шлейфа датчика	< 1,65 Ом
Напряжение на клемме	≤ 2,5 В для R ≤ 3,65 Ом, ≤ 9 В для R=∞
Ток датчика	≤ 1 мА
Короткое замыкание	20 Ом≤ R ≤ 40 Ом
Потребляемая мощность	60 мА

Условия тестирования	
EN 60 947-8	
Напряжение при измерении сопротивления	6000 В
Категория по перенапряжению	III
Уровень загрязнения	2
Измерительное напряжение Vbis	690 В
Гальваническая развязка до Vi	500 В
	-20 °C (-4 °F) ... +60 °C (140 °F)
Постоянная температура окружающей среды	EN 60068-2-1, сухое тепло
Влажность	5–95%, конденсация недопустима
ЭМС помехоустойчивость	EN 61000-6-2
ЭМС излучение	EN 61000-6-4
Устойчивость к вибрации	10 ... 1000 Гц, 1,14 g
Устойчивость к ударному воздействию	50 g

Безопасные системные значения	
EN 61508 для постоянной температуры Tu=75 °C (167 °F)	
	2 при интервале технического обслуживания 2 года
SIL	1 при интервале технического обслуживания 3 года
HFT	0
PFD (при ежегодной функциональной проверке)	4,10 x 10^{-3}
SFF	78%
$\lambda_s+\lambda_{DD}$	8494 FIT
λ_{DU}	934 FIT
Номер для заказа	130B1137

7.3.12 VLT® Extended Relay Card MCB 113

VLT® Extended Relay Card MCB 113 добавляет к числу стандартных входов/выходов преобразователя частоты 7 цифровых входов, 2 аналоговых выхода и 4 реле SPDT, что обеспечивает повышенную гибкость и соответствует рекомендациям немецкого стандарта NAMUR NE37.
MCB 113 является стандартным дополнительным устройством типоразмера C1 для Danfoss VLT® HVAC Drive FC 102, VLT® Refrigeration Drive FC 103, VLT® AQUA Drive FC 202, VLT® AutomationDrive FC 301 и VLT® AutomationDrive FC 302 и после установки определяется автоматически.

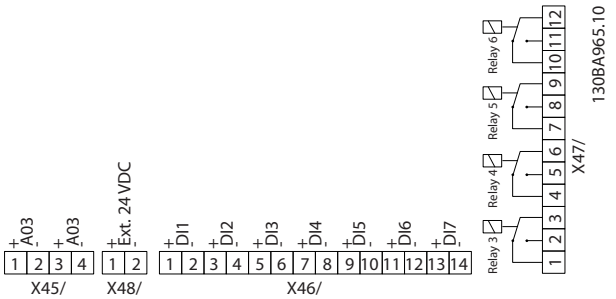


Рисунок 7.17 Электрические подключения MCB 113

Для обеспечения гальванической развязки между преобразователем частоты и дополнительной платой MCB 113 подключитесь к внешнему источнику питания 24 В через клемму X58. Если гальваническая развязка

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

не требуется, плата дополнительного устройства может запитываться через внутренний разъем 24 В от преобразователя частоты.

УВЕДОМЛЕНИЕ

В реле допускается объединять сигналы 24 В и сигналы высокого напряжения, при условии, что между ними будет находиться одно неиспользуемое реле.

Для настройки MCB 113 используйте *группы параметров 5-1* Цифровые входы, 6-7* Аналог. выход 3, 6-8* Аналог. выход 4, 14-8* Доп-но, 5-4* Реле* и *16-6* Входы и выходы.*

УВЕДОМЛЕНИЕ

В *группе параметров 5-4* Реле* массив [2] соответствует реле 3, массив [3] соответствует реле 4, массив [4] соответствует реле 5, а массив [5] соответствует реле 6.

Электрические характеристики

Реле	
Количество	4 SPDT
Нагрузка при 250 В перем. тока/30 В пост. тока	8 А
Нагрузка при 250 В перем. тока/30 В пост. тока с φ = 0,4	3,5 А
Категория перенапряжения (контакт–земля)	III
Категория перенапряжения (контакт–контакт)	II
Сочетание 250 В и сигналов 24 В	Возможно при наличии в промежутке одного неиспользуемого реле
Макс. задержка вследствие пропускной способности	10 мс
	Изоляция от земли/шасси для использования в системах, питающихся от IT-сетей

Цифровые входы	
Количество	7
Диапазон	0/24 В
Режим	PNP/NPN
Входной импеданс	4 кВт
Низкий уровень срабатывания	6,4 В
Высокий уровень срабатывания	17 В
Макс. задержка вследствие пропускной способности	10 мс

Аналоговые выходы	
Количество	2
Диапазон	0/4–20 мА
Разрешение	11 бит
Линейность	< 0,2 %

ЭМС	
ЭМС	IEC 61000-6-2 и IEC 61800-3 в отношении устойчивости к импульсам, броскам и электростатическим разрядам, а также кондуктивным помехам

Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

7.3.13 Тормозные резисторы

Для рассеивания энергии, вырабатываемой при рекуперативном торможении, используются тормозные резисторы. Резистор выбирается по величине активного сопротивления, номиналу рассеиваемой мощности и размерам. Компания Danfoss предлагает широкий ассортимент различных резисторов, специально предназначенных для определенных типов приводов компании. Для получения дополнительных сведений см. *глава 13.2.1 Выбор тормозного резистора*. Подробнее см. *Руководство по проектированию VLT® Brake Resistor MCE 101*.

7.3.14 Синусоидные фильтры

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

Для преобразователей частоты Danfoss предлагает синусоидный фильтр, ослабляющий акустический шум двигателя. Этот фильтр уменьшает время нарастания напряжения, пиковое напряжение на нагрузке U_{PEAK} и ток пульсаций ΔI, поступающий в двигатель. Применение фильтра делает ток и напряжение практически синусоидальными, и акустический шум уменьшается.

Ток пульсаций в катушках синусоидного фильтра также вызывает некоторый шум. Эту проблему можно устранить, встраивая фильтр в шкаф, или аналогичный корпус.

Каталожные номера синусоидных фильтров см. в *глава 7.2.1 Выходные фильтры*.

7.3.15 Фильтры dU/dt

Объединенное воздействие быстрого увеличения тока и напряжения вызывают механические напряжения в изоляции. Эти быстрые изменения энергии могут отражаться обратно в сеть постоянного тока инвертора и вызывать отключение. Фильтр du/dt служит для уменьшения времени, в течение которого происходит повышение напряжения и быстрые изменения энергии в двигателе. Это вмешательство позволяет избежать преждевременного старения и пробоя изоляции двигателя.

Фильтры dU/dt оказывают благоприятное влияние на излучение магнитного поля в кабеле, который соединяет преобразователь частоты с двигателем. Кривая напряжения еще сохраняет импульсную форму, но отношение dU/dt уменьшается по сравнению с системами без фильтра.

7.3.16 Комплект дистанционного монтажа для LCP

LCP можно установить на передней стороне шкафа с помощью выносного монтажного комплекта. Можно также заказать комплект LCP без собственно LCP. Для блоков IP66 номер для заказа — 130B1117. Для заказа блоков с защитой IP55 используйте номер для заказа 130B1129.

Корпус	IP54, передняя панель
Максимальная длина кабеля между LCP и блоком	3 м (9 футов 10 дюймов)
Стандарт связи	RS485

Таблица 7.12 Технические данные по установке LCP на корпус IP66 Корпус

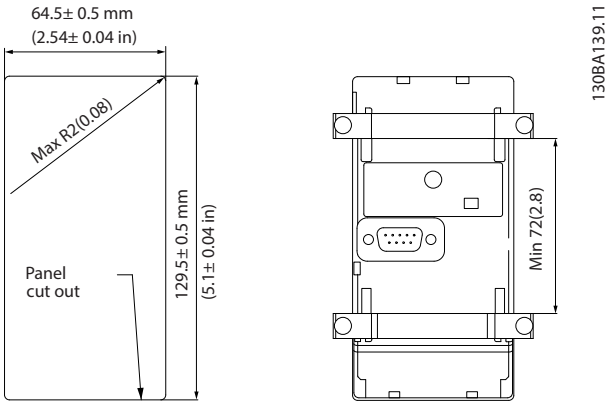


Рисунок 7.18 Размеры

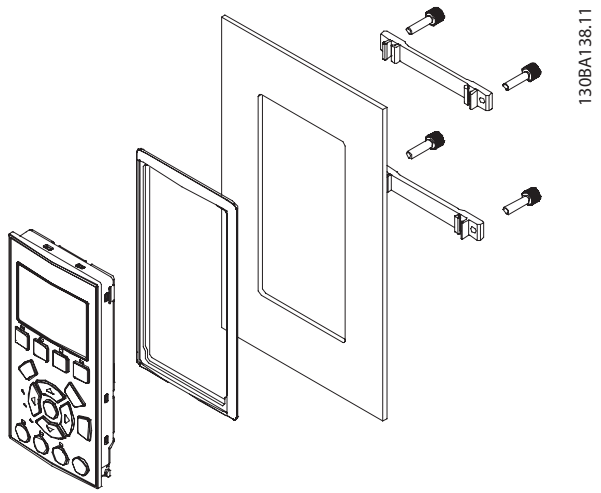


Рисунок 7.19 Номер для заказа 130B1113, Монтажный комплект с графической LCP, крепежом, кабелем и прокладкой

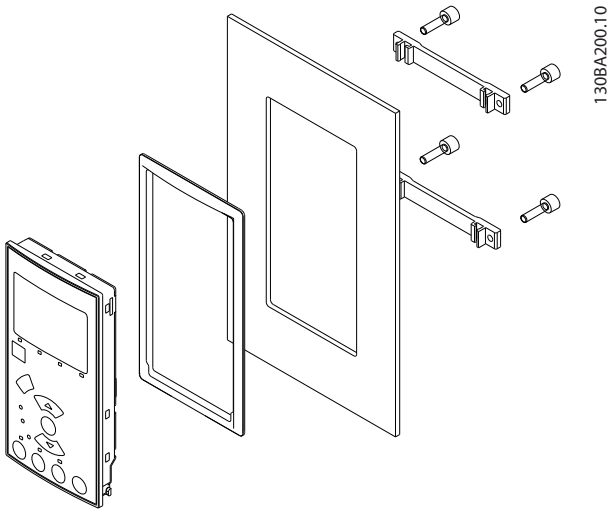


Рисунок 7.20 Номер для заказа 130B1114, Монтажный комплект с цифровой LCP, крепежом и прокладкой

7.4 Контрольный список проектирования системы

В *Таблица 7.13* приведен контрольный список для интеграции преобразователя частоты в систему управления двигателями. Список служит для напоминания об общих категориях и опциях, необходимых для указания требований к системе.

Категория	Подробности	Примечания	☑
Модель ПЧ			
Питание			
	Вольты		
	Ток		
Физические			
	Размеры		
	Масса		
Рабочие условия окружающей среды			
	Температура		
	Высота над уровнем моря		
	Влажность		
	Качество воздуха/пыль		
	Требования к снижению номинальных характеристик		
Размер корпуса			
Вход			
Кабели			
	Тип		
	Длина		
Предохранители			
	Тип		
	Размер		
	Номинальные характеристики		
Опции			
	Разъемы		
	Контакты		
	Фильтры		

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

Категория	Подробности	Примечания	☑
Выход			
Кабели			
	Тип		
	Длина		
Предохранители			
	Тип		
	Размер		
	Номинальные характеристики		
Опции			
	Фильтры		
Управление			
Монтажная схема			
	Тип		
	Длина		
	Соединения клемм		
Связь			
	Протокол		
	Подключение		
	Монтажная схема		
Опции			
	Разъемы		
	Контакты		
	Фильтры		
Двигатель			
	Тип		
	Номинальные характеристики		
	Напряжение		
	Опции		
Специальные инструменты и оборудование			
	Транспортировка и хранение		
	Монтаж		
	Подключение сетевого питания		

Таблица 7.13 Контрольный список проектирования системы

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

8 Соображения относительно установки

8.1 Рабочая среда

Характеристики окружающей среды см. в *глава 6.9 Условия окружающей среды для модулей привода*.

УВЕДОМЛЕНИЕ

КОНДЕНСАЦИЯ

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

8

Агрессивные газы, такие как сероводород, хлор или аммиак, могут повредить электрические и механические компоненты. Для снижения негативного воздействия агрессивных газов в VLT® Parallel Drive Modules используются платы с конформным покрытием. Требования к классу и степени защиты конформного покрытия см. в *глава 6.9 Условия окружающей среды для модулей привода*.

При установке устройства 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. Для получения дополнительной информации о техническом обслуживании и ремонте см. *Руководство по обслуживанию VLT® Parallel Drive Modules*.

Вентиляторы охлаждения
Вентиляторы обеспечивают приток охлаждающего воздуха. Когда вентиляторы работают в запыленной среде, пыль может вызвать преждевременный выход вентилятора из строя.

⚠ВНИМАНИЕ!

ВЗРЫВООПАСНАЯ АТМОСФЕРА

Не устанавливайте преобразователь частоты в потенциально взрывоопасной атмосфере. Несоблюдение этой рекомендации повышает риск летального исхода или получения серьезных травм.

- **Преобразователь частоты следует устанавливать в шкафу за пределами этой зоны.**

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 VLT® Parallel Drive Modules.

При использовании VLT® Parallel Drive Modules в потенциально взрывоопасной атмосфере, используйте следующее:

- 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 © 11/2016 Все права защищены.

УВЕДОМЛЕНИЕ

МОНИТОРИНГ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕРМИСТОРНОГО ДАТЧИКА ДВИГАТЕЛЯ

Устройства VLT® AutomationDrive с дополнительной платой MCB 112 сертифицированы в соответствии со стандартом PTB для работы в потенциально взрывоопасных средах.

Преобразователь частоты содержит большое число механических и электронных компонентов, чувствительных к воздействию окружающей среды.

⚠ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Преобразователь частоты не должен устанавливаться в местах, где в воздухе содержатся капли жидкости, твердые частицы или газы, способные воздействовать на электронные устройства и вызывать их повреждение. Если не приняты необходимые защитные меры, возрастает опасность неполадок и, таким образом, сокращается срок службы преобразователя частоты.

Степень защиты в соответствии с IEC 60529
Для предотвращения вызванных посторонними предметами нарушений безопасности цепи, межфазных сбоев и коротких замыканий между клеммами, соединителями и токопроводящими дорожками, должна быть установлена и эксплуатироваться функция безопасного отключения крутящего момента (STO) в шкафу управления со степенью защиты IP54 или выше (или в эквивалентной среде).

Жидкости могут переноситься по воздуху и конденсироваться в преобразователе частоты, вызывая коррозию компонентов и металлических деталей. Пар, масло и морская вода могут привести к коррозии компонентов и металлических деталей. При таких окружающих условиях используйте оборудование в корпусах со степенью защиты IP54/55. В качестве дополнительной меры защиты можно использовать печатные платы с покрытием, которые поставляются по заказу

Находящиеся в воздухе твердые частицы, например частицы пыли, могут вызывать механические, электрические и тепловые повреждения преобразователя частоты. Типичным показателем высокого уровня загрязнения воздуха твердыми частицами является наличие частиц пыли вокруг вентилятора преобразователя частоты. В пыльных условиях используйте оборудование в корпусах со степенью защиты IP54/55.

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

Возникающие химические реакции воздействуют на электронные устройства и быстро приводят к их повреждению. В таких условиях следует устанавливать оборудование в шкафах с вентиляцией свежим воздухом, благодаря которой агрессивные газы будут удаляться из преобразователя частоты.
Поставляемые по заказу печатные платы с покрытием могут стать дополнительным средством защиты в таких условиях.

УВЕДОМЛЕНИЕ

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

Перед установкой преобразователя частоты проверьте окружающий воздух на содержание жидкостей, частиц и газов путем обследования уже существующих в этой среде установок. Типичными признаками присутствия вредных взвешенных жидкостей является наличие на металлических частях воды, масла или коррозии.

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

8.2 Минимальные системные требования

8.2.1 Шкаф

В зависимости от номинальной мощности комплект состоит из двух или четырех модулей привода. Шкафы должны отвечать следующим требованиям:

Ширина [мм (дюйм)]	С двумя приводами: 800 (31,5), с четырьмя приводами: 1600 (63)
Глубина [мм (дюйм)]	600 (23,6)
Высота [мм (дюйм)]	2000 (78,7)[1)]
Масса устанавливаемого оборудования [кг (фунт)]	С двумя приводами: 450 (992), с четырьмя приводами: 910 (2006)
Отверстия для вентиляции	См. *глава 8.2.4 Требования к охлаждению и потоку воздуха.*

Таблица 8.1 Требования к шкафам

1) Требуется, если используются комплекты шины или охлаждения Danfoss.

8.2.2 Шинопроводы

Если комплект шины Danfoss не используется, см. в *Таблица 8.2* размеры поперечного сечения, необходимые при создании шин по техническим

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

требованиям заказчика. Размеры клемм см. в *глава 6.1.2 Размеры клемм* и *глава 6.1.3 Размеры шины постоянного тока*.

Описание	Ширина [мм (дюйм)]	Толщина [мм (дюймы)]
Двигатель переменного тока	143,6 (5,7)	6,4 (0,25)
Сеть переменного тока	143,6 (5,7)	6,4 (0,25)
Шина постоянного тока	76,2 (3,0)	12,7 (0,50)

Таблица 8.2 Размеры поперечного сечения для шин, создаваемых по техническим требованиям заказчика

УВЕДОМЛЕНИЕ

Расположите шины вертикально, чтобы обеспечить максимальный приток воздуха.

8.2.3 Температурные требования

Значения тепловыделения см. в *глава 6.5 Технические характеристики, зависящие от мощности*. При определении требований к охлаждению необходимо учитывать следующие источники тепла:

- температура окружающей среды вне корпуса;
- фильтры (например, синусоидные и ВЧ-помех);
- предохранители;
- компоненты управления.

Требования к охлаждающему воздуху см. в *глава 8.2.4 Требования к охлаждению и потоку воздуха*.

8.2.4 Требования к охлаждению и потоку воздуха

8

Рекомендации, приведенные в этом разделе, необходимы для обеспечения эффективного охлаждения модулей привода в корпусе панели. Каждый модуль привода содержит вентилятор радиатора и смешивающий вентилятор. В типовой конструкции корпуса для удаления из корпуса отработанного тепла используются дверные вентиляторы совместно с вентиляторами приводного модуля.

Компания Danfoss предлагает несколько вариантов комплектов охлаждения с использованием тыльного канала. Эти комплекты удаляют 85 % тепла из корпуса, снижая потребность в больших дверных вентиляторах.

УВЕДОМЛЕНИЕ

Убедитесь, что общий поток воздуха от установленных в шкафу вентиляторов соответствует рекомендуемому.

Вентиляторы охлаждения модуля привода

В модуле привода установлен также вентилятор радиатора, который обеспечивает подачу на радиатор необходимого объема воздуха в 840 м^3/ч (500 куб. футов/мин). Кроме того, в верхней части блока имеется вентилятор охлаждения, а под панелью входов установлен небольшой смешивающий вентилятор, который питается от источника 24 В пост. тока и включается при подаче питания на модуль привода.

В каждом модуле привода на силовой плате питания имеются разъемы постоянного тока для питания вентиляторов. Вентилятор смешивания питается от напряжения 24 В пост. тока от главного импульсного источника питания. Вентилятор радиатора и верхний вентилятор питаются от напряжения 48 В пост. тока от отдельного импульсного источника питания на силовой плате питания. Каждый вентилятор посылает сигнал обратной связи от тахометра на плату управления для обеспечения правильности работы. Для уменьшения акустического шума и для продления срока эксплуатации вентиляторов используется включение/выключение и управление скоростью вентиляторов.

Вентиляторы шкафа

Если охлаждение посредством тыльного канала не используется, установленные в шкафу вентиляторы должны выводить все тепло, генерируемое в корпусе.

Для каждого корпуса, в котором установлено 2 модуля привода, рекомендуется обеспечить следующие характеристики потока воздуха от вентилятора шкафа:

- Если охлаждение посредством тыльного канала используется, рекомендуется обеспечить поток воздуха 680 м^3/ч (400 куб. футов/мин).
- Если охлаждение посредством тыльного канала не используется, рекомендуется обеспечить поток воздуха 4080 м^3/ч (2400 куб. футов/мин).

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

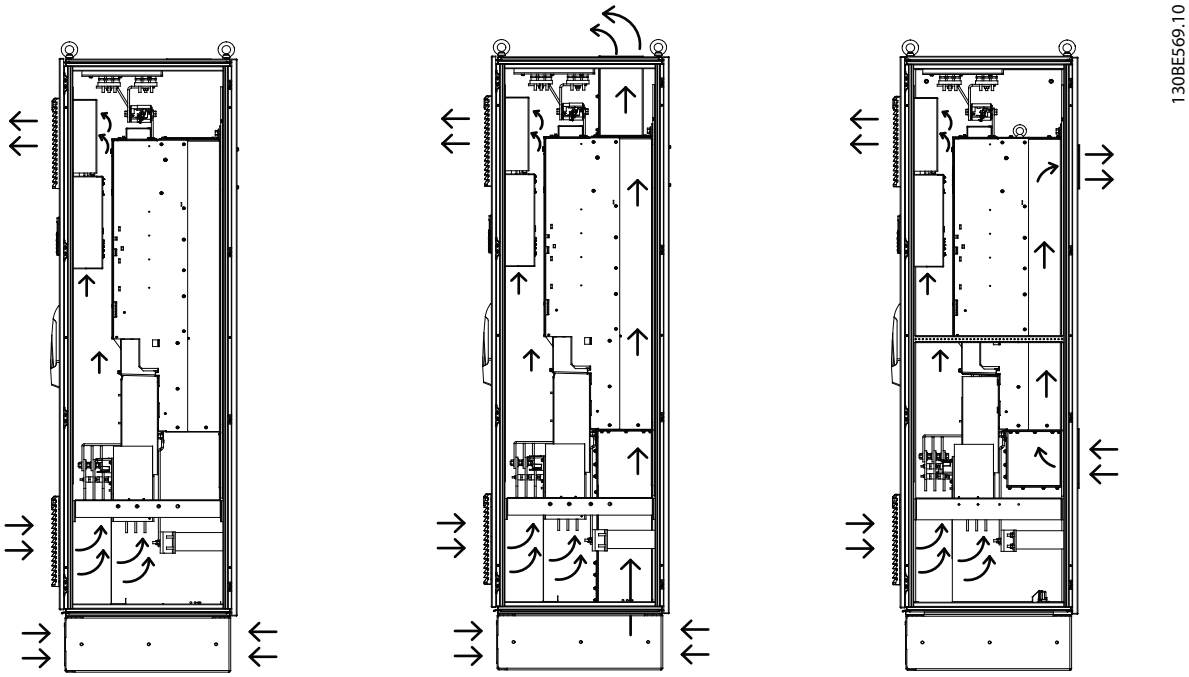


Рисунок 8.1 Поток воздуха: стандартный блок (слева), блок с комплектом охлаждения сверху/снизу (посередине) и блок с комплектом охлаждения посредством тыльного канала (справа)

8.3 Требования к сертификации и разрешениям на электрическую часть

Стандартная конфигурация, представленная в этом руководстве (модули привода, полка управления, жгуты проводов, предохранители и микропереключатели), сертифицирована в соответствии с UL и CE. Помимо использования стандартной конфигурации для получения сертификации регулирующих органов UL и CE должны быть выполнены следующие условия. Перечень заявлений об отказе от ответственности см. в *глава 18.1 Заявление об отказе от ответственности*.

- Используйте преобразователь частоты в отапливаемом закрытом помещении с контролируемой средой. Охлаждающий воздух должен быть чистым, свободным от коррозионно-агрессивных веществ и электропроводящей пыли. Конкретные пределы см. в *глава 6.9 Условия окружающей среды для модулей привода*.
- Максимальная температура окружающего воздуха составляет 40 °C (104 °F) при номинальном токе.
- Сборка системы привода должна осуществляться в чистом воздухе в соответствии с классификацией корпуса. Для получения сертификации регулирующих органов UL или CE модули привода должны быть установлены в соответствии со стандартной конфигурацией, представленной в этом руководстве.
- Максимальное напряжение и ток не должны превышать значений, указанных в *глава 6.5 Технические характеристики, зависящие от мощности* для соответствующей конфигурации привода.
- При условии защиты предохранителями в стандартной конфигурации модули привода пригодны для использования в цепи, способной выдавать симметричный ток не более 100 000 ампер (эфф. значение) при номинальном напряжении привода (макс. 600 В для устройств, рассчитанных на 690 В). См. *глава 8.4.1 Выбор предохранителей*. Номинал по току основан на результатах испытаний, проведенных в соответствии с UL 508C.
- Кабели, расположенные в цепи двигателя, должны быть рассчитаны по меньшей мере на 75 °C (167 °F) в системах, совместимых с требованиями UL. Размеры кабелей для указанной конфигурации привода указаны в *глава 6.5 Технические характеристики, зависящие от мощности*.
- Входной кабель должен быть защищен предохранителями. В США автоматические выключатели не должны использоваться без предохранителей. Подходящие предохранители IEC (класс aR) и UL (класс L или T) перечислены в *глава 8.4.1 Выбор предохранителей*.

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

Необходимо также соблюдать нормативные требования конкретной страны.

- Для установки в США должна быть обеспечена защита параллельных цепей в соответствии с Национальными нормами электробезопасности (NEC) и любыми применимыми местными нормами и правилами. Чтобы соответствовать этим требованиям, используйте плавкие предохранители UL.
- Для установки в Канаде защита параллельных цепей должна быть обеспечена в соответствии с Канадским нормами электробезопасности и всеми применимыми местными нормами и правилами. Чтобы соответствовать этим требованиям, используйте плавкие предохранители UL.

8.4 Предохранители и автоматические выключатели

8.4.1 Выбор предохранителей

В качестве защиты на случай выхода из строя одного или нескольких внутренних компонентов модуля привода используйте предохранители и/или автоматические выключатели на стороне питания.

8.4.1.1 Защита параллельных цепей

Чтобы защитить установку от опасности поражения электрическим током и пожара, все параллельные цепи в установке должны иметь защиту от короткого замыкания и перегрузки по току в соответствии с государственными и международными правилами.

8.4.1.2 Защита от короткого замыкания

Для соответствия требованиям CE или UL по защите персонала и имущества от последствий выхода компонентов из строя в модулях привода компания Danfoss рекомендует использовать предохранители, указанные в *глава 8.4.1.3 Рекомендуемые предохранители для соответствия CE* и *глава 8.4.1.4 Рекомендуемые предохранители для соответствия UL*.

8.4.1.3 Рекомендуемые предохранители для соответствия CE

Количество модулей привода	FC 302	FC 102/ FC 202	Рекомендуемый предохранитель (максимум)
2	N450	N500	aR-1600
4	N500	N560	aR-2000
4	N560	N630	aR-2000
4	N630	N710	aR-2500
4	N710	N800	aR-2500
4	N800	N1M0	aR-2500

Таблица 8.3 6-импульсные системы привода (380–500 В пер. тока)

Количество модулей привода	FC 302	FC 102/ FC 202	Рекомендуемый предохранитель (максимум)
2	N250	N315	aR-630
2	N315	N355	aR-630
2	N355	N400	aR-630
2	N400	N450	aR-800
2	N450	N500	aR-800
4	N500	N560	aR-900
4	N560	N630	aR-900
4	N630	N710	aR-1600
4	N710	N800	aR-1600
4	N800	N1M0	aR-1600

Таблица 8.4 12-импульсные системы привода (380–500 В пер. тока)

Количество модулей привода	FC 302	FC 102/ FC 202	Рекомендуемый предохранитель (максимум)
4	N630	N710	aR-1600
4	N710	N800	aR-2000
4	N800	N900	aR-2500
4	N900	N1M0	aR-2500
4	N1M0	N1M2	aR-2500

Таблица 8.5 6-импульсные системы привода (525–690 В пер. тока)

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

Количество модулей привода	FC 302	FC 102/ FC 202	Рекомендуемый предохранитель (максимум)
2	N250	N315	aR-550
2	N315	N355	aR-630
2	N355	N400	aR-630
2	N400	N500	aR-630
2	N500	N560	aR-630
2	N560	N630	aR-900
4	N630	N710	aR-900
4	N710	N800	aR-900
4	N800	N900	aR-900
4	N900	N1M0	aR-1600
4	N1M0	N1M2	aR-1600

Таблица 8.6 12-импульсные системы привода (525–690 В пер. тока)

8.4.1.4 Рекомендуемые предохранители для соответствия UL

- Модули привода поставляются со встроенными предохранителями переменного тока. Описываемые модули могут выдерживать номинальный ток короткого замыкания (SCCR) 100 кА при стандартных конфигурациях шин и всех напряжениях (380–690 В перем. тока).
- Если отсутствуют подключенные дополнительные устройства питания или дополнительные шины, система привода рассчитана на ток короткого замыкания (SCCR) 100 кА при использовании на входных клеммах модулей привода предохранителей, имеющих сертификат UL-listed класса L или T.
- Предохранители класса L или T должны иметь токовый номинал не выше указанного в *Таблица 8.8 — Таблица 8.9*.

Количество модулей привода	FC 302	FC 102/ FC 202	Рекомендуемый предохранитель (максимум)
2	N450	N500	1600 A
4	N500	N560	2000 A
4	N560	N630	2000 A
4	N630	N710	2500 A
4	N710	N800	2500 A
4	N800	N1M0	2500 A

Таблица 8.7 6-импульсные системы привода (380–500 В пер. тока)

Количество модулей привода	FC 302	FC 102/ FC 202	Рекомендуемый предохранитель (максимум)
2	N250	N315	630 A
2	N315	N355	630 A
2	N355	N400	630 A
2	N400	N450	800 A
2	N450	N500	800 A
4	N500	N560	900 A
4	N560	N630	900 A
4	N630	N710	1600 A
4	N710	N800	1600 A
4	N800	N1M0	1600 A

Таблица 8.8 12-импульсные системы привода (380–500 В пер. тока)

Для систем привода, рассчитанных на 380–500 В переменного тока, можно использовать любые предохранители номиналом не менее 500 В, имеющие сертификацию UL-listed.

Количество модулей привода	FC 302	FC 102/ FC 202	Рекомендуемый предохранитель (максимум)
4	N630	N710	1600 A
4	N710	N800	2000 A
4	N800	N900	2500 A
4	N900	N1M0	2500 A
4	N1M0	N1M2	2500 A

Таблица 8.9 6-импульсные системы привода (525–690 В пер. тока)

Количество модулей привода	FC 302	FC 102/ FC 202	Рекомендуемый предохранитель (максимум)
2	N250	N315	550 A
2	N315	N355	630 A
2	N355	N400	630 A
2	N400	N500	630 A
2	N500	N560	630 A
2	N560	N630	900 A
4	N630	N710	900 A
4	N710	N800	900 A
4	N800	N900	900 A
4	N900	N1M0	1600 A
4	N1M0	N1M2	1600 A

Таблица 8.10 12-импульсные системы привода (525–690 В пер. тока)

Для систем привода, рассчитанных на 525–690 В переменного тока, можно использовать любые предохранители номиналом не менее 700 В, имеющие сертификацию UL-listed.

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

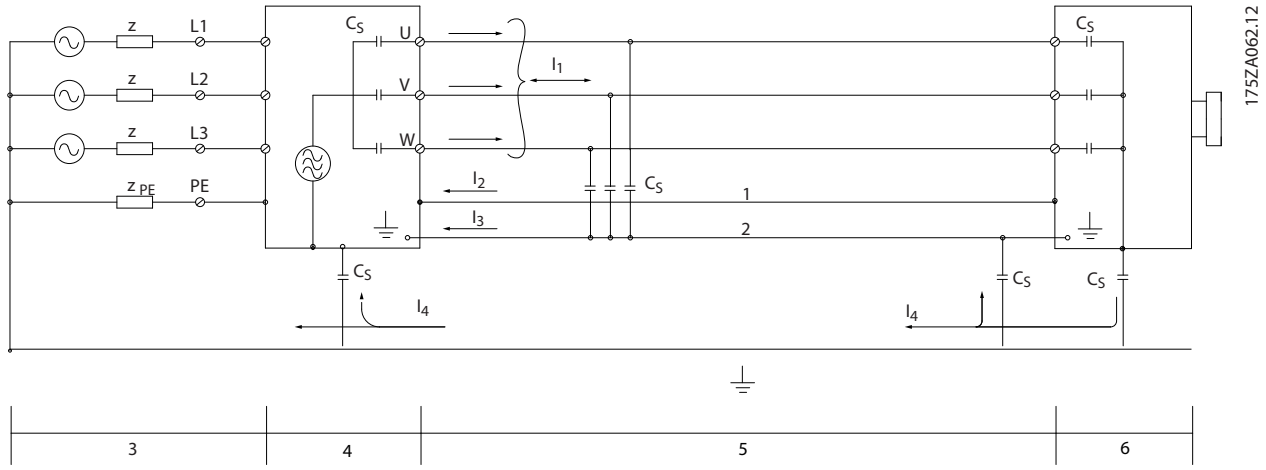
9 Гармоники и ЭМС

9.1 Общие вопросы защиты от излучений в соответствии с требованиями ЭМС

Импульсные переходные процессы чаще всего распространяются в диапазоне частот от 150 кГц до 30 МГц. Воздушные помехи из системы преобразователя частоты в диапазоне частот от 30 МГц до 1 ГГц создаются инвертором, кабелем двигателя и двигателем.
Емкостные токи в кабеле двигателя, связанные с высоким значением скорости изменения напряжения двигателя dV/dt, создают токи утечки.
Применение экранированного кабеля двигателя приводит к увеличению тока утечки (см. *Рисунок 9.1*), поскольку емкостная проводимость на землю таких кабелей больше, чем у неэкранированных. Если ток утечки не фильтруется, он вызывает большие помехи в сети в ВЧ-диапазоне ниже 5 МГц. Поскольку ток утечки (I_1) возвращается в устройство через экран (I_3), то экранированный кабель двигателя создает только небольшое электромагнитное поле (I_4).

Экран ограничивает излучаемые помехи, но увеличивает низкочастотные помехи в сети. Подключите экран кабеля двигателя к корпусу преобразователя частоты и к корпусу двигателя. При подключения экрана используйте интегрируемые зажимы экрана, чтобы избежать применения скрученных концов экранов. Скрученные концы увеличивают сопротивление экрана на высоких частотах, что снижает эффект экранирования и увеличивает ток утечки (I_4).
Если экранированный кабель используется для периферийной шины, для подключения реле, в качестве кабеля управления, для передачи сигналов и подключения тормоза, экран должен присоединяться к корпусу на обоих концах. Однако в некоторых случаях может потребоваться разрыв экрана, чтобы исключить возникновение контуров тока в экране.

9



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

Рисунок 9.1 Токи утечки

На *Рисунок 9.1* показан пример с 6-импульсным преобразователем частоты, сказанное применимо и к 12-импульсным преобразователям.

Если экран подключается к монтажной пластине, пластина должна быть металлической, поскольку токи экрана должны передаваться обратно на преобразователь частоты. Следует обеспечить хороший электрический контакт

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

монтажной платы с шасси преобразователя частоты через крепежные винты. При использовании неэкранированного кабеля некоторые требования к излучаемым помехам не могут быть удовлетворены, хотя требования к помехозащищенности выполняются.

Для уменьшения уровня помех, создаваемых всей системой (блоком и установкой), кабели двигателя и тормоза должны быть как можно короче. Не прокладывайте сигнальные кабели чувствительных устройств вдоль кабелей двигателя и тормоза. ВЧ-помехи с частотами выше 50 МГц (распространяющиеся по воздуху) создаются электронными устройствами управления. Для получения дополнительных сведений об ЭМС см. *глава 9.5 Рекомендации относительно ЭМС*.

9.2 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 и требования[1)]	**EN/IEC 61800-3**	**Категория C2**	**Категория C3**	**Категория C2**	**Категория C3**
P2, P4 (FC 302)		Нет	150 м	Нет	Да
P6, P8 (FC 302)		150 м (492 фута)	150 м (492 фута)	Да	Да

Таблица 9.1 Результаты испытаний на ЭМС (излучение помех и помехоустойчивость)

1) Чтобы соответствовать требованиям категории C2, требуется внешний фильтр подавления ВЧ-помех.

9

УВЕДОМЛЕНИЕ

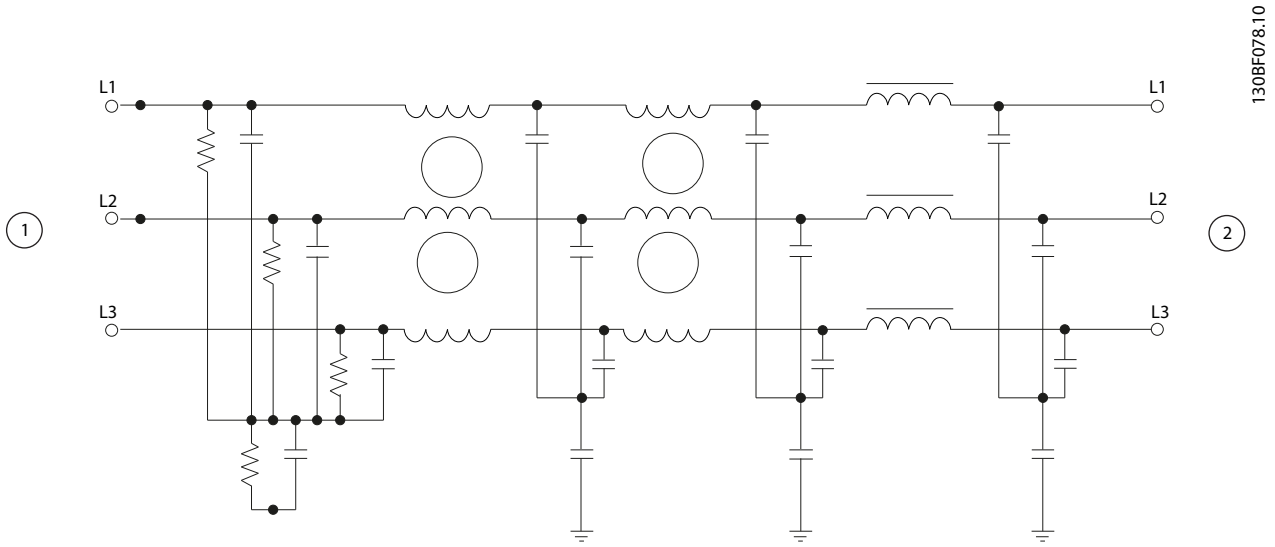
Этот тип системы силового привода не предназначен для использования в низковольтной сети общего пользования, которая обеспечивает электроснабжение жилых помещений. В подобной сети всегда есть риск возникновения высокочастотных помех, и этом в случае может потребоваться принятие соответствующих мер защиты.

Преобразователь частоты соответствует требованиям по излучениям категории C3 при использовании с 150-метровым (492 фута) экранированным кабелем. Чтобы соответствовать требованиям категории C2, требуется внешний фильтр подавления ВЧ-помех.

На *Рисунок 9.2* показана электрическая схема фильтра ВЧ-помех, который использовался при определении категории защищенности преобразователя частоты. В этом случае фильтр ВЧ-помех изолирован от земли, а реле фильтра отключено с помощью *параметр 14-50 Фильтр ВЧ-помех*.

Коэффициент затухания для фильтра ВЧ-помех указан в *Рисунок 9.3*.

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.



1	Сеть	2	Нагрузка

Рисунок 9.2 Электрическая схема фильтра ВЧ-помех

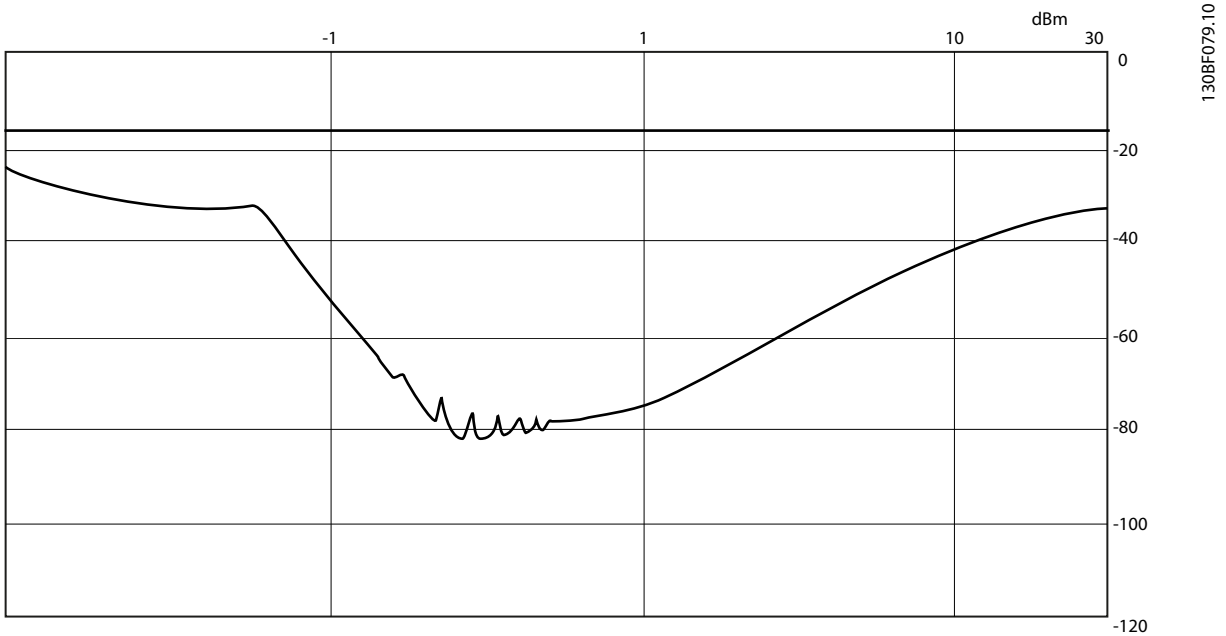


Рисунок 9.3 Требования по подавлению для внешнего фильтра

Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

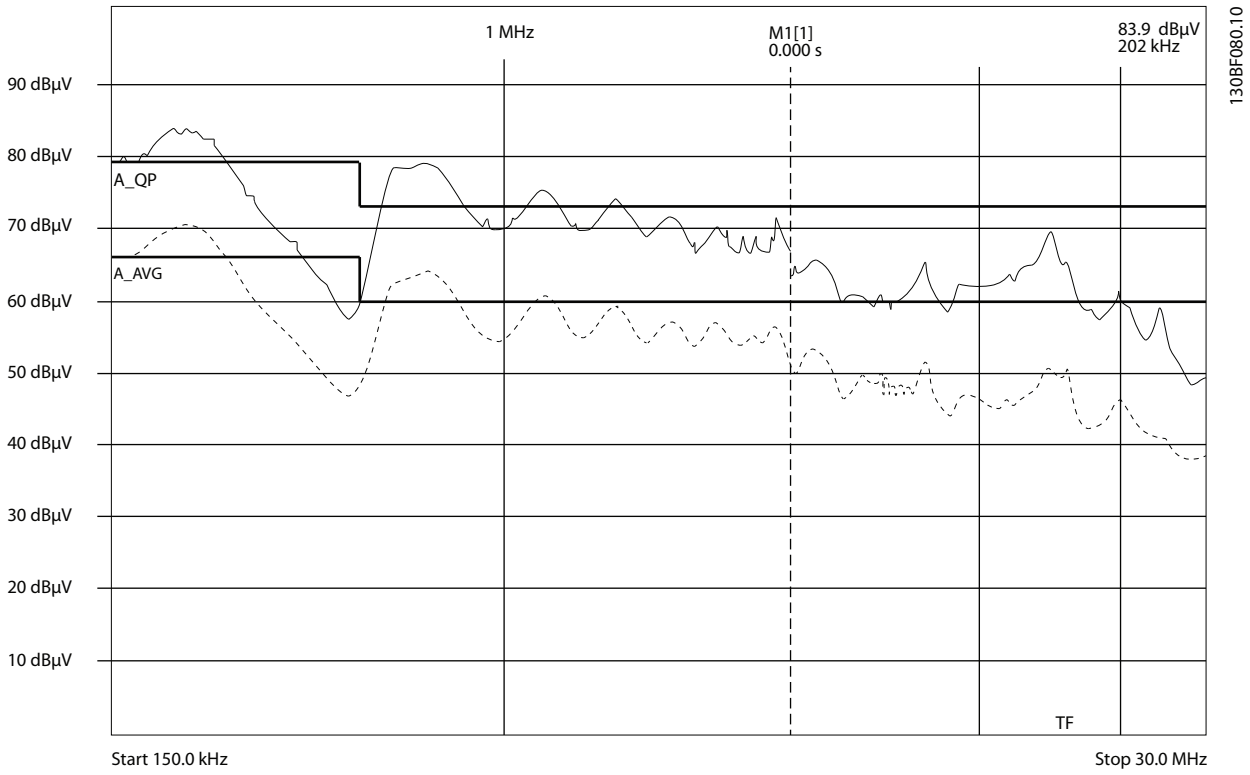


Рисунок 9.4 Кондуктивное излучение сети в конфигурации P4/P8 без внешнего фильтра ВЧ-помех

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

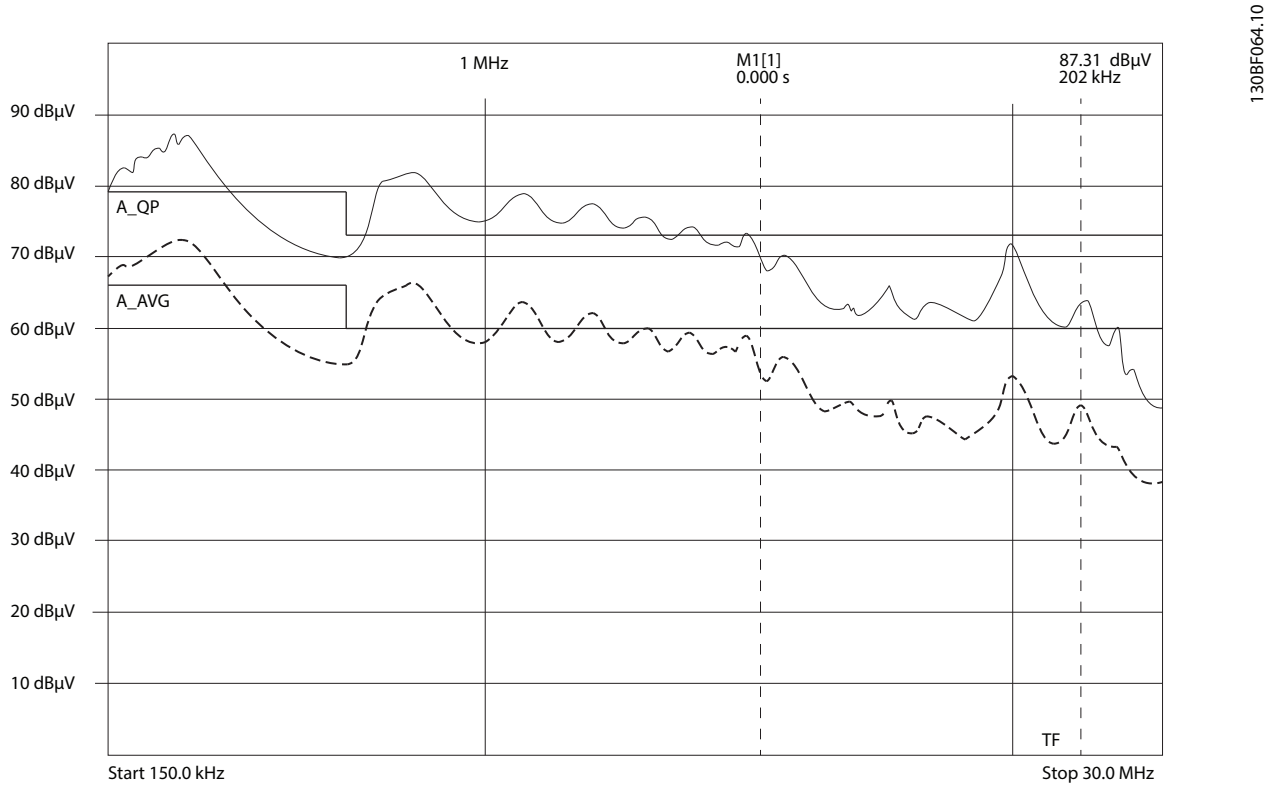


Рисунок 9.5 Кондуктивное излучение сети в конфигурации P4/P8 без внешнего фильтра ВЧ-помех

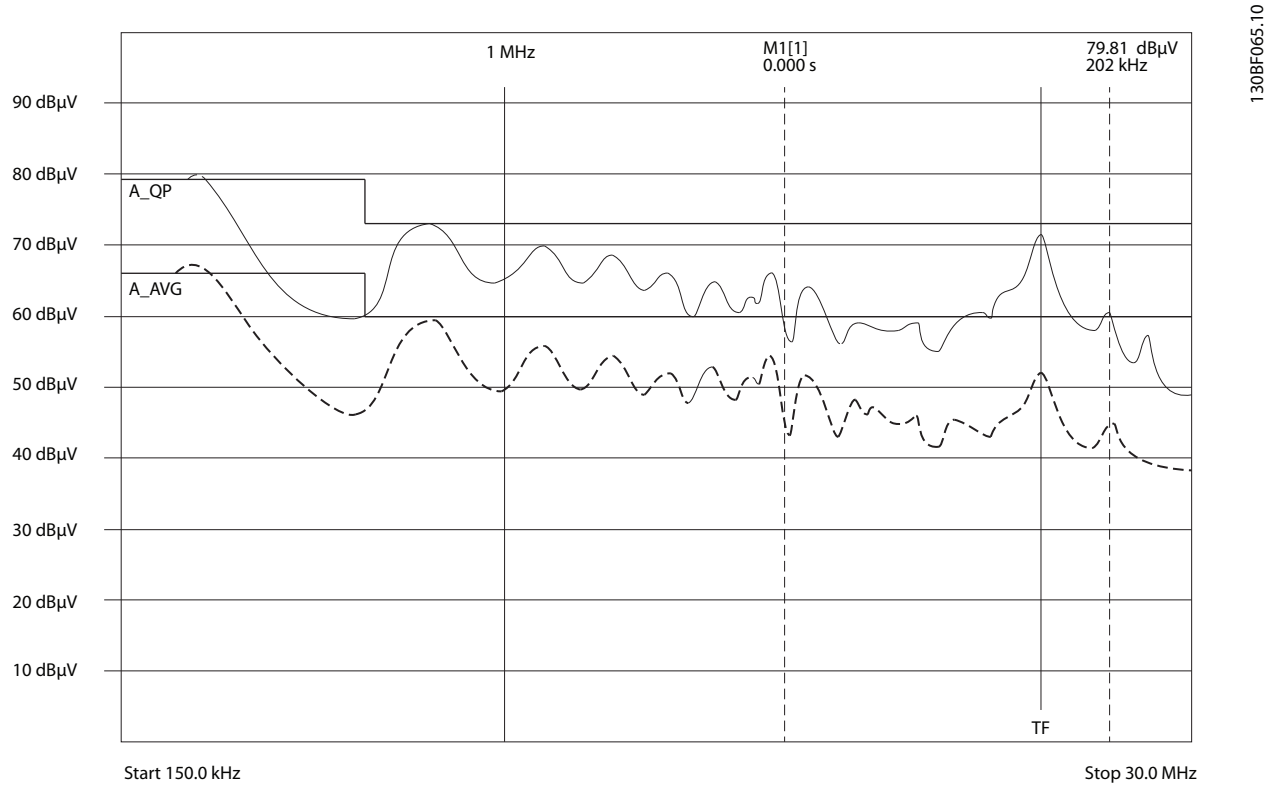


Рисунок 9.6 Кондуктивное излучение сети в конфигурации P4/P8 без внешнего фильтра ВЧ-помех

9.3 Требования по излучению

Согласно промышленному стандарту на ЭМС для преобразователей частоты EN/IEC 61800-3 требования по ЭМС зависят от среды, в которой устанавливается преобразователь частоты. Эти среды, а также соответствующие требования к напряжению сети питания описаны в *Таблица 9.2*.

Категория	Определение	Требования к кондуктивному излучению согласно предельным значениям, указанным в EN55011
C1	Преобразователи частоты на напряжение питания ниже 1000 В, устанавливаемые в жилых помещениях и офисах.	Класс B
C2	Преобразователи частоты на напряжение питания ниже 1000 В, устанавливаемые в жилых помещениях и офисах. Эти преобразователи частоты не являются передвижными или съемными, и предназначены для монтажа и ввода в эксплуатацию специалистом.	Класс A, группа 1
C3	Преобразователи частоты на напряжение питания ниже 1000 В для работы в производственной среде.	Класс A, группа 2
C4	Преобразователи частоты на напряжение 1000 В и выше или номинальный ток 400 А и выше, предназначенные для работы производственной среде или использования в сложных системах.	Ограничительный предел отсутствует Разработайте план обеспечения ЭМС

Таблица 9.2 Требования по излучению

Если используются общие стандарты на излучение, преобразователи частоты должны соответствовать *Таблица 9.3*.

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

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 9.3 Пределы согласно базовым стандартам на излучение

9.4 Требования к помехоустойчивости

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

Для подтверждения устойчивости к влиянию переходных процессов были проведены следующие испытания преобразователя частоты (с дополнительными устройствами, если они существенны), экранированного кабеля управления, блока управления с потенциометром, кабеля двигателя и двигателя.

Испытания проводились в соответствии со следующими базовыми стандартами. Подробнее см. *Таблица 9.4*.

- **EN/IEC 61000-4-2.** Электростатические разряды (ESD). Воспроизведение электростатических разрядов, связанных с присутствием человека.
- **EN/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/IEC 61000-4-4.** Импульсные переходные процессы. Моделирование помех, вызываемых переключением контактора, реле или аналогичных устройств.
- **EN/IEC 61000-4-5.** Переходные процессы с бросками напряжения. Воспроизведение переходных процессов, связанных с ударом молнии вблизи установок.
- **EN/IEC 61000-4-6.** ВЧ-помехи в синфазном режиме. Моделирование воздействия радиопередающего оборудования, соединенного между собой кабелями.

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

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

1) Наводка на экран кабеля.

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

9

9.5 Рекомендации относительно ЭМС

Ниже приводятся указания, которыми следует руководствоваться при монтаже преобразователей частоты. Следуйте этим указаниям, чтобы обеспечить соответствие стандарту EN 61800-3, раздел *Первые условия эксплуатации*. Если монтаж производится в соответствии с требованиями стандарта EN/IEC 61800-3, раздел *Вторые условия эксплуатации*, то есть в промышленных сетях или в составе установки, имеющей собственный трансформатор, отступление от этих указаний допускается, но не рекомендуется.

Для обеспечения корректного по ЭМС электрического монтажа с учетом положительного опыта работы:

- Для двигателей используйте только экранированные/защищенные кабели в оплетке, а в качестве кабелей управления — только экранированные кабели в оплетке. Экран должен покрывать поверхность кабеля не менее чем на 80 %. Экран должен быть металлическим, обычно из меди, алюминия, стали или свинца, но может быть изготовлен из других металлов. Специальные требования к кабелям сетевого питания не предъявляются.
- Монтаж с использованием прочных металлических кабелепроводов не требует применения экранированных кабелей, но кабель к двигателю должен прокладываться в кабелепроводе, отдельном от кабелепроводов кабелей управления и сетевых кабелей. Необходимо обеспечить полное соединение кабелепровода от преобразователя частоты к двигателю по всей длине. Характеристики ЭМС гибких кабелепроводов существенно различаются, необходимую информацию можно получить от изготовителя.
- Как для кабелей двигателей, так и для управляющих кабелей заземление экранирующего кабелепровода производят с обоих концов. Иногда подключение экрана на обоих концах невозможно. В этом случае подключайте экран на стороне преобразователя частоты. См. также *глава 9.5.2 Заземление экранированных кабелей управления*.
- Избегайте подключения экрана посредством скрученных концов (скруток). Такое подключение увеличивает импеданс экрана на

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

высоких частотах и снижает его эффективность. Вместо этого пользуйтесь кабельными зажимами с низким сопротивлением или кабельными сальниками, удовлетворяющими требованиям ЭМС.

- По возможности избегайте использования неэкранированных кабелей двигателя или кабелей управления внутри шкафов, в которых размещается преобразователь частоты.

Оставляйте экран ненарушенным как можно ближе к месту подключения.

На рисунке *Рисунок 9.7* показан пример корректного с точки зрения ЭМС электрического монтажа преобразователя частоты в корпусе IP 20. Преобразователь частоты установлен в монтажном шкафу с выходным контактором и подключен к ПЛК, который в данном примере смонтирован в отдельном шкафу. Другие способы выполнения монтажа также могут обеспечивать высокие характеристики ЭМС при условии соблюдения изложенных выше практических указаний.

При нарушении указаний по монтажу, а также при использовании неэкранированных кабелей и проводов управления некоторые требования к излучению помех не будут удовлетворены, хотя условия помехозащищенности будут выполнены.

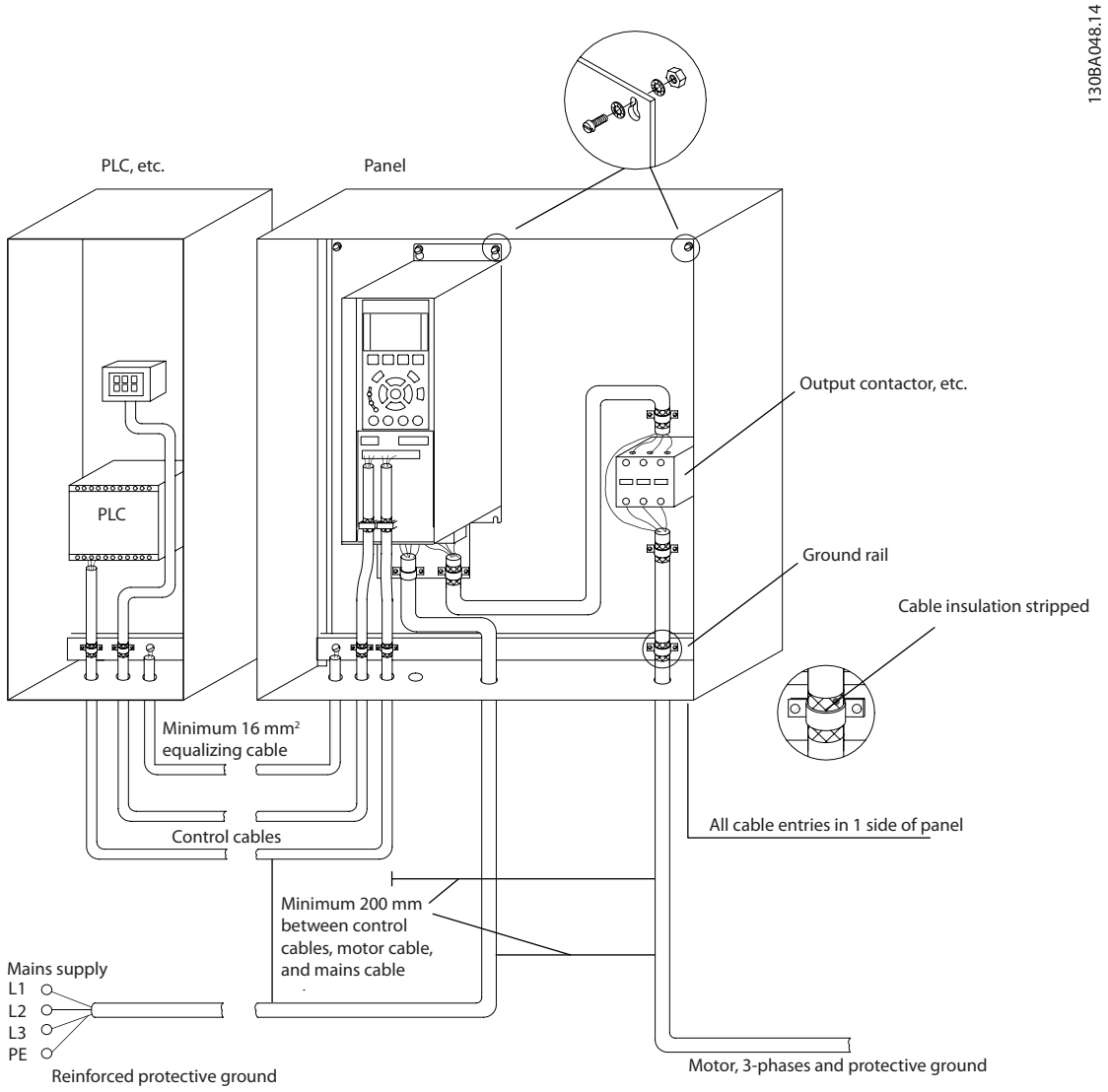


Рисунок 9.7 Корректный с точки зрения ЭМС электрический монтаж преобразователя частоты в шкафу

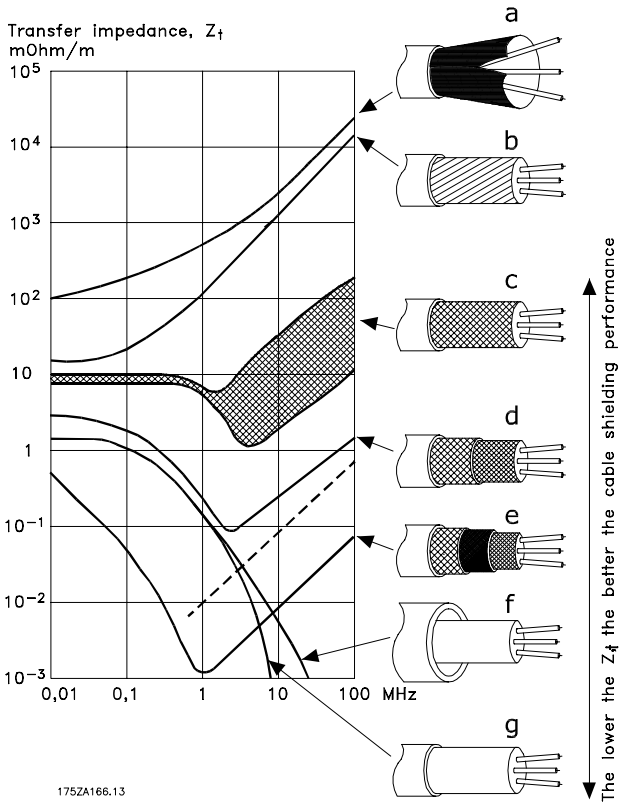
9.5.1 Использование экранированных кабелей управления

Для повышения помехозащищенности кабелей управления и обеспечения защиты от излучения помех, создаваемых кабелями двигателя, компания Danfoss рекомендует применять снабженные оплеткой экранированные/защищенные кабели.

Способность кабелей уменьшать наводимые в них помехи и снижать собственное излучение электрического шума зависит от передаточного импеданса (Z_T). Обычно экран кабеля разрабатывается таким образом, чтобы обеспечить снижение переноса электрических помех; тем не менее, экран с меньшим передаточным импедансом (Z_T) более эффективен по сравнению с экраном, имеющим более высокий передаточный импеданс (Z_T).

Изготовители кабелей редко указывают величину передаточного импеданса (Z_T), но зачастую эту величину (Z_T) можно оценить по физическим характеристикам кабеля, таким как:

- Проводимость экранирующего материала.
- Сопротивление контакта между отдельными проводами экрана.
- Удельная площадь экранирующего покрытия, то есть площадь поверхности кабеля, закрытая экраном (часто указывается в процентах).
- Тип экрана, то есть с оплеткой или витой.



a	Алюминиевая оболочка с медным проводом.
b	Витая пара из медного провода или защищенный кабель со стальным проводом.
c	Медный провод с однослойной оплеткой и меняющейся долей экранированной поверхности (это типовой кабель, рекомендуемый компанией Danfoss).
d	Два слоя сплетенных медных проволок.
e	Медный провод с двухслойной оплеткой и магнитным экранированным/защищенным промежуточным слоем.
f	Кабель, проложенный в медной или стальной трубке.

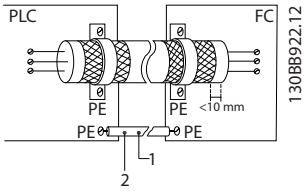
 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

g	Освинцованный кабель с толщиной стенок 1,1 мм.

Рисунок 9.8 Характеристики экрана кабеля

9.5.2 Заземление экранированных кабелей управления

Правильное экранирование
Обычно предпочтительным методом будет фиксация управляющих кабелей и кабелей последовательной связи с помощью входящих в комплект экранирующих зажимов на обоих концах, что позволит обеспечить наилучший контакт для высокочастотных кабелей. Если потенциалы земли преобразователя частоты и ПЛК различаются, могут возникнуть электрические помехи, нарушающие работу всей системы. Эта проблема решается установкой выравнивающего кабеля рядом с кабелем управления. Мин. поперечное сечение кабеля: 16 мм² (4 AWG).



1	Минимум 16 мм² (4 AWG)	2	Выравнивающий кабель

Рисунок 9.9 Правильное экранирование

Контуры заземления 50/60 Гц
Если используются длинные кабели управления, могут возникать контуры заземления. Для их устранения следует подключить один конец экрана к земле через конденсатор емкостью 100 нФ (обеспечив короткие выводы).

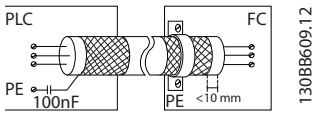
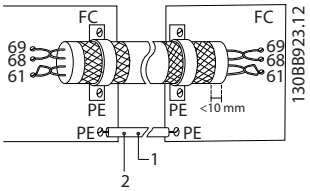


Рисунок 9.10 Предотвращение контуров заземления

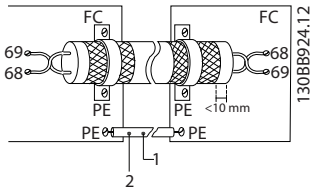
Избегайте помех ЭМС в системе последовательной связи
Эта клемма подключается к заземлению через внутреннюю резистивно-емкостную цепь (RC-цепь). Для снижения помех между проводниками используйте кабели с витой парой.



1	Минимум 16 мм² (4 AWG)	2	Выравнивающий кабель

Рисунок 9.11 Рекомендуемый метод устранения помех вследствие ЭМС

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



1	Минимум 16 мм² (4 AWG)	2	Выравнивающий кабель

Рисунок 9.12 Экранирование без использования клеммы 61

9.6 Общие аспекты гармоник

Нелинейные нагрузки, встречающиеся при использовании 6-импульсных преобразователях 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.

9.7 Анализ гармоник

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

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

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 9.5 Сокращения, относящиеся к гармоникам

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

Таблица 9.6 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

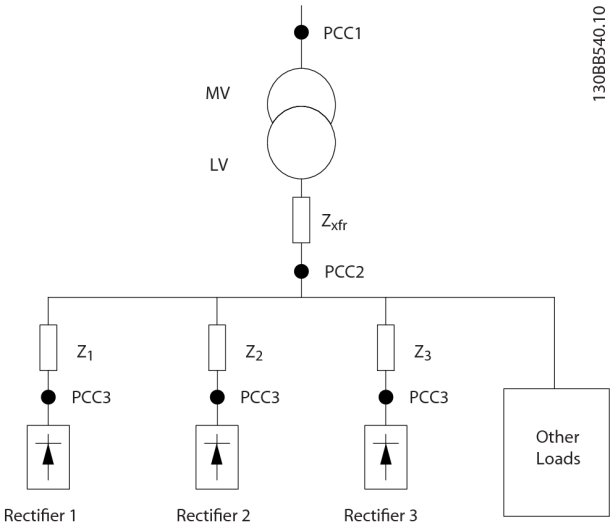
Таблица 9.7 Токи гармоник в сравнении с эффективным значением входного тока

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

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

9.8 Влияние гармоник в системе распределения мощности

На *Рисунок 9.13* первичная обмотка трансформатора подключена к общей точке нескольких присоединений PCC1, используется источник среднего напряжения. Трансформатор имеет импеданс Z_{xfr} и питает несколько нагрузок. PCC2 — точка соединения всех нагрузок. Каждая нагрузка подключена посредством кабелей, которые имеют импеданс Z_1, Z_2, Z_3.



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

Рисунок 9.13 Малая система распределения

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

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

Для описания импеданса сети используется распространенный термин «отношение короткого замыкания» (R_{sce}). R_{sce} — это отношение между кажущейся мощностью короткого замыкания источника питания в точке PCC ($S_{к.з.}$) и номинальной кажущейся мощностью нагрузки ($S_{оборуд.}$).$R_{sce} = \frac{S_{к.з.}}{S_{оборуд.}}$

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

Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

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.

9.9 Стандарты и требования к ограничению гармоник

Требования к ограничению гармоник могут быть подразделены на следующие категории:

- относиться к конкретному применению
- подчиняться стандартам, которые необходимо соблюдать.

Требования, относящиеся к конкретным применениям, связаны с конкретными системами, для которых имеются технические причины стремиться к ограничению гармоник.

Пример. Если один из двигателей подключен напрямую к сети питания, а другие получают питание через преобразователь частоты, трансформатор мощностью 250 кВА достаточен для подключения двух двигателей мощностью 110 кВт. Однако мощности трансформатора будет недостаточно, если от преобразователя частоты будут питаться оба двигателя. Чтобы обеспечить возможность питания обоих двигателей через преобразователи частоты, необходимо использовать либо дополнительные средства подавления гармоник в установке, либо приводы с низкими гармониками.

Существуют различные стандарты, нормативы и рекомендации, касающиеся подавления гармоник. Наиболее распространены следующие стандарты:

- IEC61000-3-2
- IEC61000-3-12
- IEC61000-3-4
- G5/4

Подробные сведения о каждом стандарте см. в *Руководстве по проектированию VLT® Advanced Harmonic Filters AHF 005/AHF 010*.

9.10 Соответствие требованиям по гармоникам для VLT® Parallel Drive Modules

VLT® Parallel Drive Modules соответствует требованиям следующих стандартов:

- IEC 61000-2-4
- IEC 61000-3-4
- G5/4

9.11 Гальваническая развязка

УВЕДОМЛЕНИЕ

УСТАНОВКА НА БОЛЬШОЙ ВЫСОТЕ НА Д УРОВНЕМ МОРЯ

При установке блоков 380–500 В на высоте над уровнем моря свыше 3000 м свяжитесь с Danfoss по вопросу о защитном сверхнизком напряжении (PELV). При установке блоков 525–690 В на высоте над уровнем моря свыше 2000 м свяжитесь с Danfoss по вопросу о защитном сверхнизком напряжении (PELV).

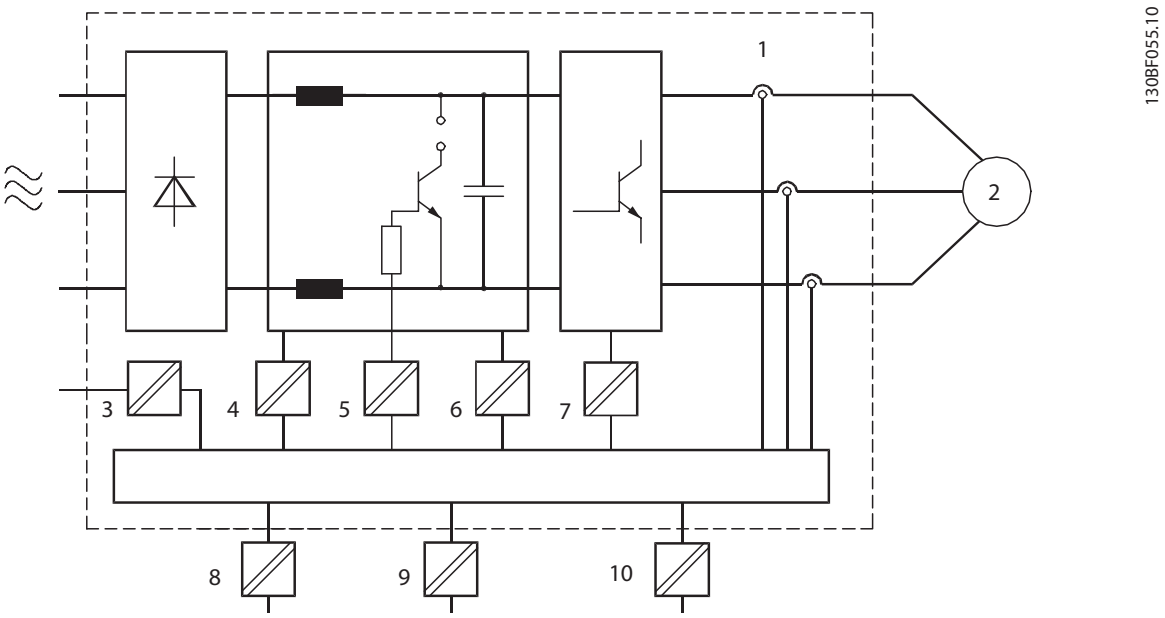
Защита от поражения электрическим током обеспечена, если электрическое питание имеет изоляцию типа PELV, а монтаж выполнен в соответствии с требованиями, изложенными в местных/государственных нормативах для источников PELV.

Все клеммы управления и выводы реле 01–03/04–06 соответствуют требованиям PELV. Это не относится к заземленной ветви треугольника с напряжением выше 400 В. Гальваническая развязка обеспечивается выполнением требований по усиленной изоляции и за счет соответствующих длин путей утечек тока и изоляционных расстояний. Эти требования указаны в стандарте EN 61800-5-1.

Чтобы обеспечить защиту PELV, все соединения с клеммами управления должны быть выполнены согласно требованиям PELV. Компоненты, обеспечивающие электрическую изоляцию, отвечают также требованиям к повышенной изоляции и выдерживают соответствующие испытания, как указано в EN 61800-5-1.

Гальваническая развязка PELV показана на *Рисунок 9.14*.

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.



1	Преобразователи тока	6	Источник питания (SMPS) с изоляцией сигнала $U_{пост.\ тока}$ и указанием напряжения в промежуточной цепи.
2	Двигатель	7	Устройства управления транзисторами IGBT (запускающие трансформаторы/оптопары).
3	Заказные реле	8	Питание STO
4	Внутренние цепи защиты от бросков тока, фильтры ВЧ-помех и устройства для измерения температуры.	9	Резервный источник 24 В пост. тока
5	Оптопара, модуль торможения	10	Стандартный интерфейс шины RS485

Рисунок 9.14 Гальваническая развязка

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

10 Двигатель

10.1 Кабели двигателей

Дополнительную информацию о типах и размерах проводов см. в *глава 6.10 Технические характеристики кабелей*.

Номинальное напряжение
В кабеле двигателя могут возникать пиковые напряжения, в 2,8 раза превышающие напряжение питания системы привода VLT® Parallel Drive Modules. Высокие пиковые напряжения могут сильно нагружать кабель двигателя. Используйте кабели двигателя, рассчитанные на номинальное напряжение не менее 0,6/1 кВ. Кабели этого диапазона обеспечивают хорошую устойчивость к пробою изоляции.

Размеры
Следуйте местным нормам в отношении предельно допустимого тока для кабелей и проводников. Широко применяются следующие нормы: NFPA 70, EN 60204-1, VDE 0113-1 и VDE 0298-4. Запас по номинальным характеристикам для устранения гармоник не требуется.

Длина
Кабели должны быть как можно более короткими. Падение напряжения и тепловыделение зависят от частоты и пропорциональны длине кабеля. Длину и расчетное падение напряжения для кабелей, подключаемых к системе привода, см. в характеристиках, заявленных изготовителем кабеля. См. *глава 6.10 Технические характеристики кабелей*.

10

УВЕДОМЛЕНИЕ

ДЛИНА КАБЕЛЯ

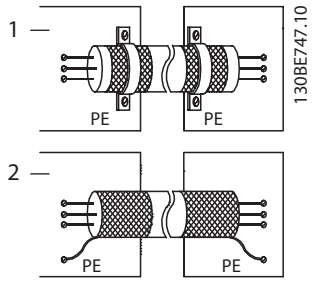
При работе со стандартной системой привода с VLT® Parallel Drive Modules подача полного напряжения на двигатель возможна с использованием экранированных кабелей длиной до 150 м (492 фута) или неэкранированных кабелей длиной до 300 м (984 фута). Если используются кабели большей длины, необходимо установить синусоидный фильтр. Сведения о выборе синусоидного фильтра см. в *Руководстве по проектированию VLT® FC-Series Output Filter*.

Экранирование
Дополнительную информацию об эффективном экранировании см. в *глава 9.5 Рекомендации относительно ЭМС*.

УВЕДОМЛЕНИЕ

СКРУЧЕННЫЕ КОНЦЫ ЭКРАНОВ (СКРУТКИ)

Скрученные концы увеличивают сопротивление экрана на высоких частотах, что снижает эффект экранирования и увеличивает ток утечки. Чтобы избежать применения скрученных концов экранов, используйте интегрируемые зажимы экрана. См. *Рисунок 10.1*.



1	Правильное заземление концов экрана
2	Неправильное заземление с использованием скрученных концов экранов (скрутка)

Рисунок 10.1 Пример концов экрана

10.2 Изоляция обмотки двигателя

Для кабелей двигателя, длина которых меньше или равна максимальной длине кабелей двигателя, указанной в *глава 6.10 Технические характеристики кабелей*, используйте номинальные значения изоляции двигателя из *Таблица 10.1*. 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} = 1300 В
420 В < $U_N \leq$ 500 В	Усил. U_{LL} = 1600 В
500 В < $U_N \leq$ 600 В	Усил. U_{LL} = 1800 В
600 В < $U_N \leq$ 690 В	Усил. U_{LL} = 2000 В

Таблица 10.1 Номиналы изоляции двигателя

10.3 Подшипниковые токи двигателя

На неприводном конце всех двигателей, используемых с преобразователями частоты VLT® HVAC Drive FC 102, VLT® AQUA Drive FC 202 и VLT® AutomationDrive FC 302 90 кВт или выше, установите изолированные подшипники. Для минимизации токов подшипников и

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

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 обеспечьте 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

10.4 Тепловая защита двигателя

Электронное тепловое реле преобразователя частоты имеет аттестацию UL для защиты одного двигателя, когда для параметра *параметр 1-90 Тепловая защита двигателя* установлено значение *ЭТР: отключение*, а для параметра *параметр 1-24 Ток двигателя* — значение номинального тока двигателя (см. паспортную табличку двигателя).
Для тепловой защиты двигателя можно также использовать дополнительную плату VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 Эта плата отвечает требованиям сертификата ATEX по защите двигателей во взрывоопасных областях — зоне 1/21 и зоне 2/22. Когда для *параметр 1-90 Тепловая защита двигателя* установлено значение *[20] ЭТР в соотв. с ATEX* и используется MCB 112, двигателем Ex-e можно управлять во взрывоопасных зонах. Подробнее о настройке преобразователя частоты с целью обеспечения безопасной работы двигателей с защитой Ex-e см. *руководство по программированию*.

10.4.1 Типы тепловой защиты

10.4.1.1 Термистор PTC

Использование цифрового входа и источника питания 10 В;

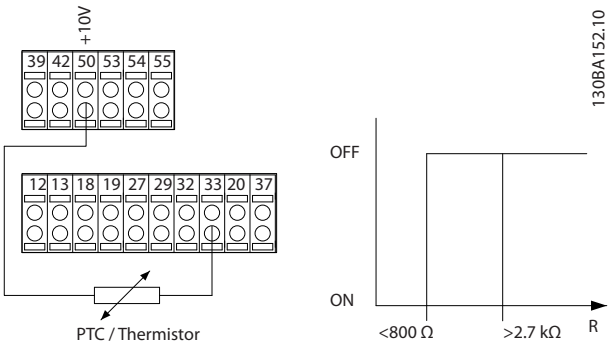


Рисунок 10.2 Подключение термистора PTC — цифровой вход с источником питания 10 В

10

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

Использование аналогового входа и источника питания 10 В

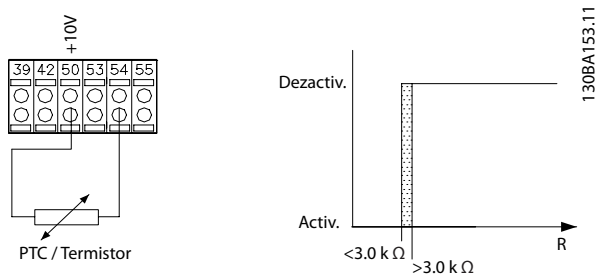


Рисунок 10.3 Подключение термистора PTC — аналоговый вход с источником питания 10 В

Использование цифрового входа и источника питания 24 В

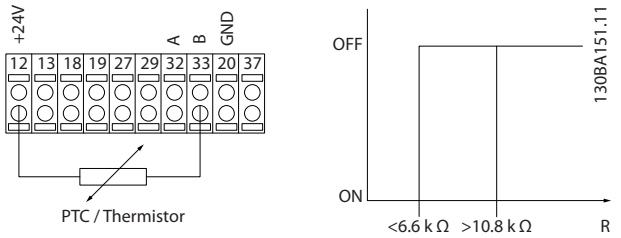


Рисунок 10.4 Подключение термистора PTC — цифровой вход с источником питания 24 В

Убедитесь в том, что выбранное напряжение питания соответствует техническим характеристикам используемого термистора.

Вход цифровой/ аналоговый	Напряжение питания [В]	Сопротивление отключения, кОм	Сопротивление сброса
Цифровой	10	> 2,7	< 800 Ом
Аналоговый	10	> 3,0	< 3,0 кОм
Цифровой	24	>10,8	< 6,6 кОм

Таблица 10.2 Параметры сопротивления термистора PTC

10.4.1.2 Датчик KTY

Преобразователь частоты рассчитан на работу с датчиками KTY трех типов.

- Датчик 1 KTY: 1 кОм при 100 °C (212 °F), например Philips KTY 84-1.
- Датчик KTY 2: 1 кОм при 25 °C (77 °F), например Philips KTY 83-1.
- Датчик KTY 3: 1 кОм при 25 °C (77 °F), например Philips KTY-10.

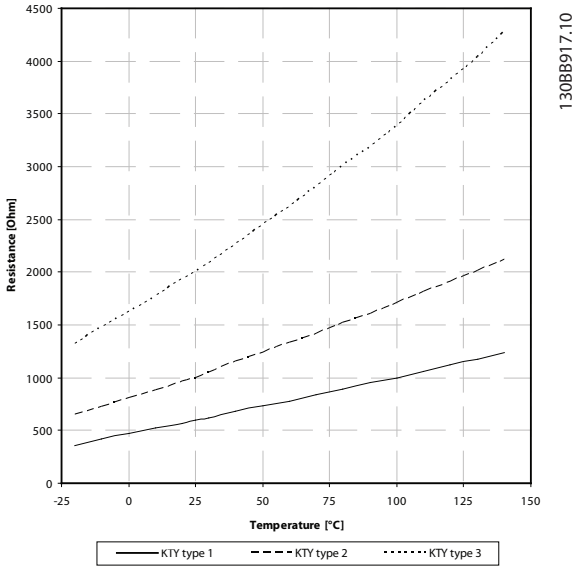


Рисунок 10.5 Выбор типа KTY

УВЕДОМЛЕНИЕ

СООТВЕТСТВИЕ PELV

Если температура двигателя отслеживается через термистор или датчик KTY, требования PELV не выполняются в случае коротких замыканий между обмотками двигателя и датчиком. Обеспечьте дополнительную изоляцию датчика.

10.4.1.3 Установка термопереключателя тормозного резистора

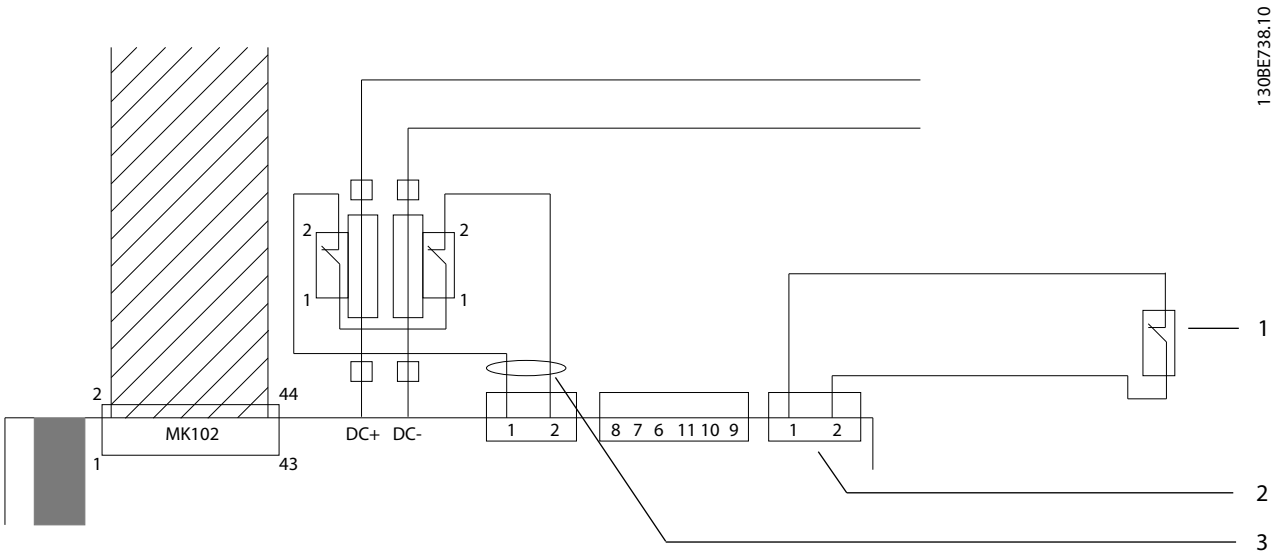
В каждом модуле привода на верхней пластине имеется разъем перемычки неисправности тормоза, который используется для подключения к тормозным резисторам термопереключателя Klixon. См. *Рисунок 10.6*. Этот разъем имеет установленную на заводе перемычку. Для обеспечения надлежащей работы модуля привода перемычка неисправности тормоза всегда должна быть на своем месте. Без этой перемычки модуль привода не разрешит работу инвертора, и на экран будет выведено сообщение об ошибке тормозного IGBT.

Используется термопереключатель нормально разомкнутого типа. Если температура тормозного резистора превышает рекомендуемые значения, термореле размыкается. Используйте для подключения провод сечением 1 мм² (18 AWG) с усиленной и двойной изоляцией.

УВЕДОМЛЕНИЕ

Компания Danfoss не несет ответственности за отказ любого термореле Klixon.

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.



1	Переключатель Klixon	3	Ферритовый сердечник
2	Разъем BRF	–	–

Рисунок 10.6 Подключение переключателя Klixon

10.5 Подключения клемм двигателя

⚠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.**

Совет по подключению клемм двигателя:

- Используйте кабель размера, рекомендуемого государственными и местными нормами электробезопасности. Максимальные размеры кабелей см. в *глава 6.5 Технические характеристики, зависящие от мощности*.
- Соблюдайте требования производителя двигателя, относящиеся к его подключению.
- Запрещается подключать пусковое устройство или устройство переключения полярности (например, двигатель Даландера или асинхронный электродвигатель с контактными кольцами) между системой привода и двигателем.

10.5.1.1 Конфигурация кабеля двигателя

С системой привода могут использоваться стандартные трехфазные асинхронные двигатели всех типов.

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

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

Таблица 10.3 Клеммы управления двигателем

Изменение направления вращения двигателя

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

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

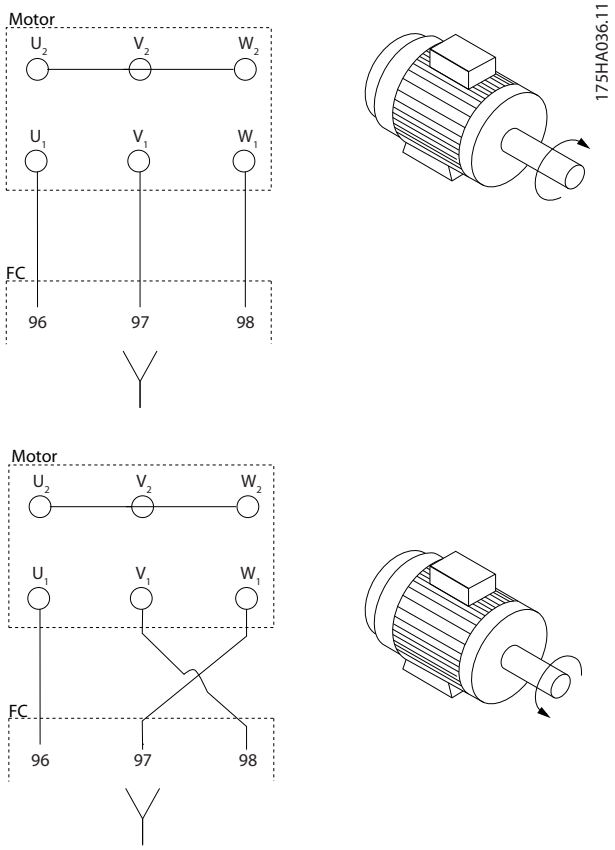


Рисунок 10.7 Изменение направления вращения двигателя

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

Проверку вращения можно выполнить с помощью параметра *параметр 1-28 Проверка вращения двигателя* и выполнения шагов, изображенные на *Рисунок 10.7*.

10

10.5.1.2 Конфигурация системы привода

УВЕДОМЛЕНИЕ

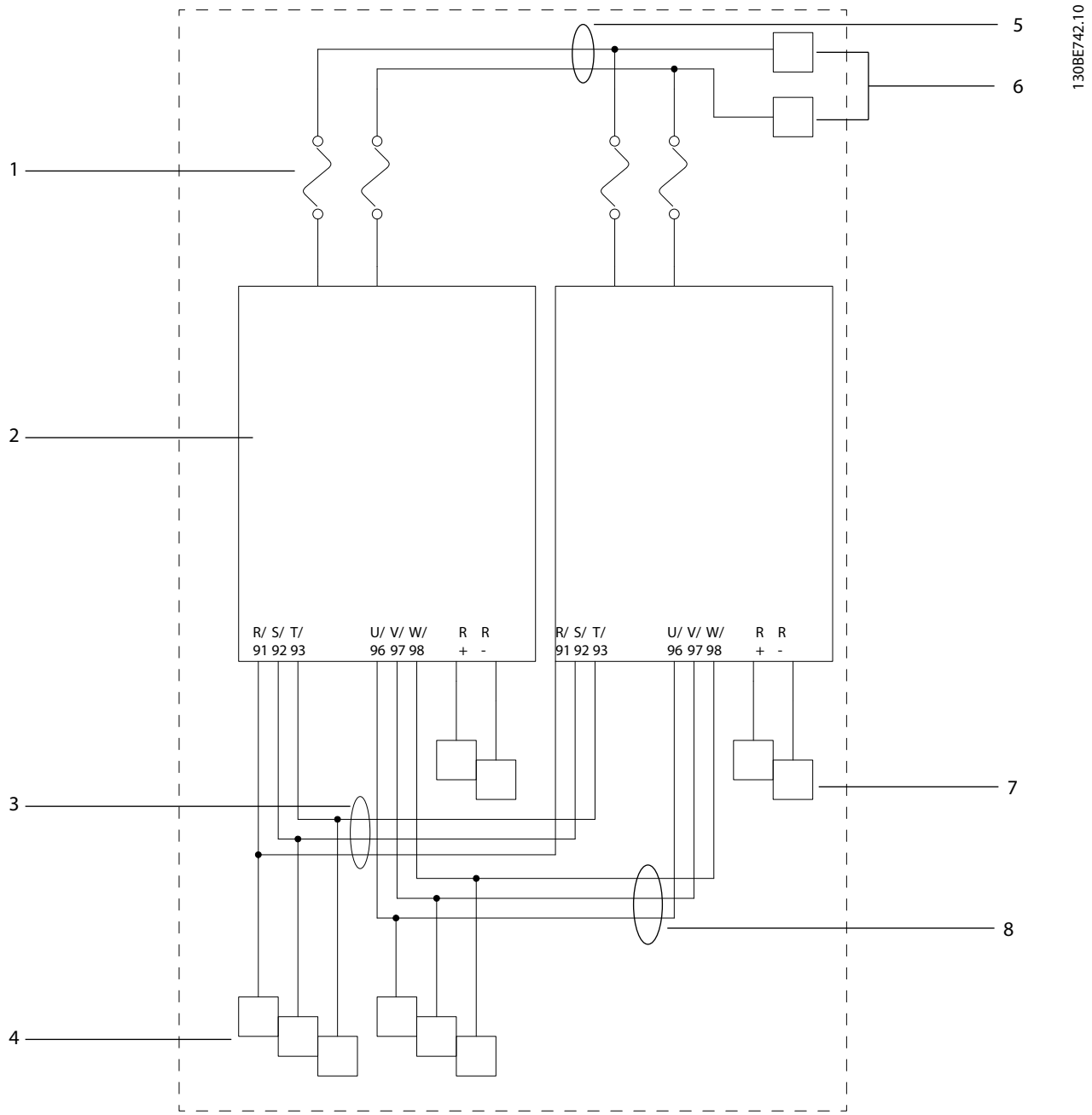
НЕСКОЛЬКО КАБЕЛЕЙ ДВИГАТЕЛЯ

При подключении к нескольким комплектам клемм двигателя используйте для каждого комплекта клемм одинаковое количество кабелей одинакового сечения и длины. Например, не используйте 1 кабель на одной клемме двигателя и 2 кабеля на другой клемме двигателя.

Системы с 2 модулями привода

На *Рисунок 10.8* и *Рисунок 10.9* показаны, соответственно, шины подключения для 6-импульсных и 12-импульсных систем с двумя приводами. Если используется решение с общей клеммой, предусмотрен 1 комплект клемм двигателя.

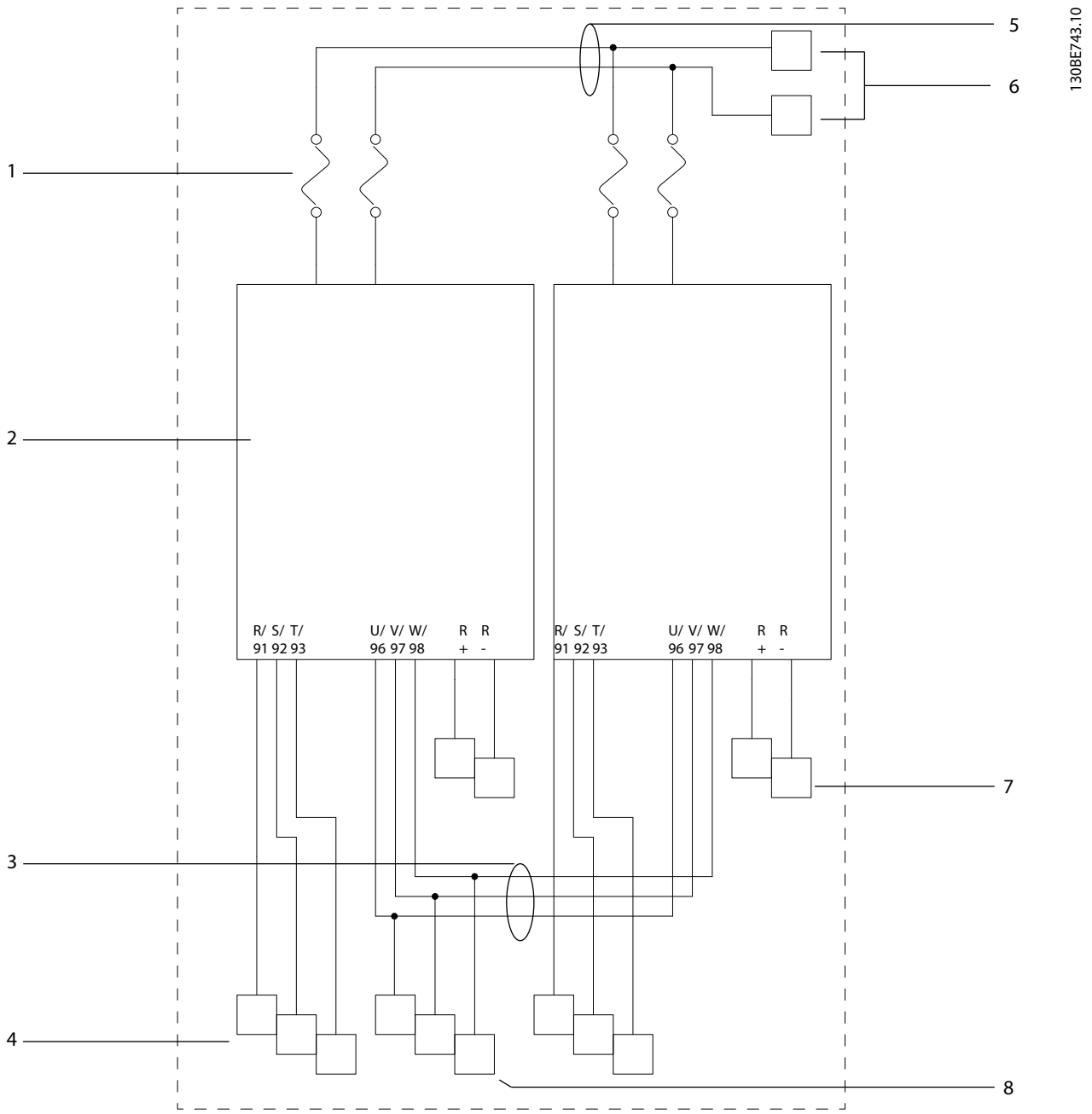
 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.



1	Предохранители постоянного тока	5	Шины цепи постоянного тока
2	Модули привода	6	Клеммы постоянного тока
3	Шины сети питания на входе	7	Клеммы подключения тормоза
4	Входные клеммы сети	8	Выходные шины двигателя

Рисунок 10.8 Подключения в 6-импульсной системе с двумя модулями привода

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.



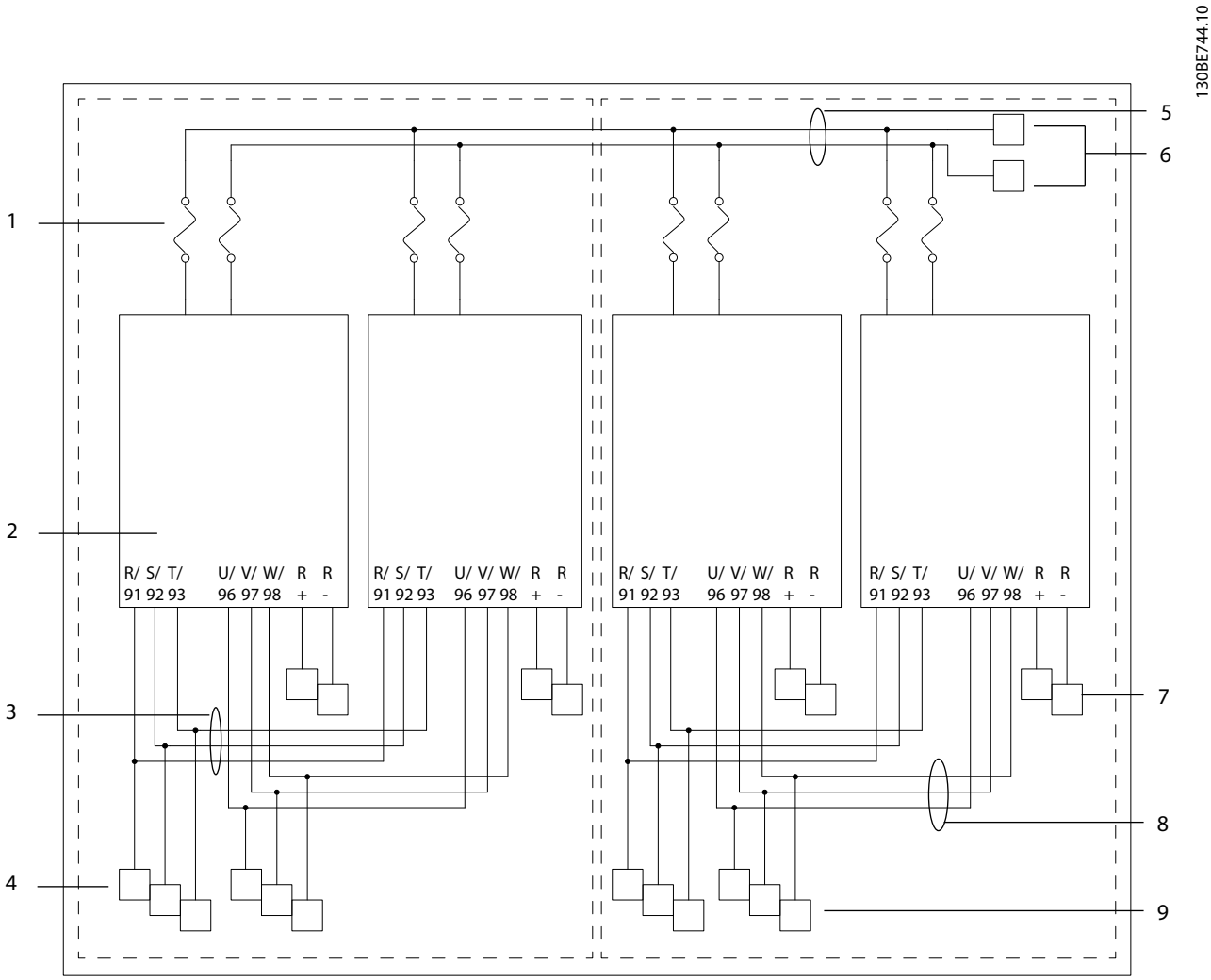
1	Предохранители постоянного тока	5	Шины цепи постоянного тока
2	Модули привода	6	Клеммы постоянного тока
3	Выходные шины двигателя	7	Клеммы подключения тормоза
4	Входные клеммы сети	8	Клеммы подключения двигателя

Рисунок 10.9 Подключения в 12-импульсной системе с двумя модулями привода

Системы с четырьмя модулями привода

На *Рисунок 10.10* показаны подключения шины для системы с четырьмя приводами. Если используется решение с общей клеммой, в каждом шкафу имеется 1 комплект клемм двигателя.

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.



1	Предохранители постоянного тока	6	Клеммы постоянного тока
2	Модуль привода	7	Клеммы подключения тормоза
3	Шины сети питания на входе	8	Выходные шины двигателя
4	Входные клеммы сети	9	Клеммы подключения двигателя
5	Шины цепи постоянного тока	–	–

Рисунок 10.10 Подключения в системе с четырьмя модулями привода

10.6 Экстремальные условия работы

Короткое замыкание (фаза—фаза двигателя)
Преобразователь частоты имеет защиту от короткого замыкания, основанную на измерении тока в каждой из трех фаз двигателя или в цепи постоянного тока. Короткое замыкание между двумя выходными фазами приводит к перегрузке инвертора по току. Инвертор отключается отдельно, когда ток короткого замыкания превышает допустимое значение (*аварийный сигнал 16, Коротк замыкан*).
О защите преобразователя частоты от короткого замыкания на выходах разделения нагрузки и торможения см. *Примечание о предохранителях и автоматических выключателях для FC 100, FC 200 и FC 300*.
См. сертификат в *глава 3 Разрешения и сертификаты*.

Коммутация на выходе
Коммутация цепей на выходе между двигателем и преобразователем частоты полностью разрешена. Коммутация цепей на выходе не может повредить преобразователь частоты, но может вызвать появление сообщений о неисправности.

Превышение напряжения, создаваемое двигателем
Напряжение в цепи постоянного тока увеличивается в следующих случаях:

- Когда нагрузка генерирует энергию, она раскручивает двигатель при постоянной выходной частоте преобразователя.
- В процессе замедления (уменьшения скорости) при большом моменте инерции, низком трении и слишком малом времени для замедления энергия не успевает рассеяться в виде потерь в преобразователе частоты или двигателе.
- Неверная настройка компенсации скольжения может привести к повышению напряжения в цепи постоянного тока.
- Противо-ЭДС при работе двигателя с постоянными магнитами. При выбеге на больших оборотах противо-ЭДС от двигателя с постоянными магнитами потенциально может превысить максимально допустимое напряжение преобразователя частоты, что может стать причиной поломки. Чтобы предотвратить это, значение *параметр 4-19 Макс. выходная частота* автоматически ограничивается исходя из результатов внутреннего расчета, основанного на значениях *параметр 1-40 Противо-ЭДС при 1000 об/мин*, *параметр 1-25 Номинальная скорость двигателя* и *параметр 1-39 Число полюсов двигателя*.
  Если существует возможность развития двигателем слишком большой скорости, Danfoss рекомендует оснастить преобразователь частоты тормозным резистором.

10

УВЕДОМЛЕНИЕ

Преобразователь частоты должен быть оборудован тормозным прерывателем.

Блок управления может пытаться скорректировать изменение скорости, если это возможно (пар. *параметр 2-17 Контроль перенапряжения*). Чтобы защитить транзисторы и конденсаторы цепи постоянного тока, при достижении определенного уровня напряжения инвертор отключается. Выберите метод контроля уровня напряжения в цепи постоянного тока, см. *параметр 2-10 Функция торможения* и *параметр 2-17 Контроль перенапряжения*.

УВЕДОМЛЕНИЕ

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

Отключение напряжения сети

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

Статическая перегрузка в режиме VVC+

Перегрузка возникает, когда достигается предельный крутящий момент, заданный в *параметр 4-16 Двигательн.режим с огранич. момента*/ *параметр 4-17 Генераторн.режим с огранич.момента*. При перегрузке преобразователя частоты регуляторы уменьшают выходную частоту для снижения нагрузки. При сильной перегрузке ток может оказаться столь большим, что это приведет к отключению преобразователя частоты через 5–10 с. Работа на предельном крутящем моменте ограничена временем (0–60 с), которое задается параметром *параметр 14-25 Задержка отключ.при пред. моменте*.

10.6.1 Тепловая защита двигателя

Чтобы защитить приложение от серьезных повреждений, в преобразователе частоты предусмотрено несколько специальных функций.

Предел крутящего момента

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

Предел по току

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

Нижний предел скорости

В параметре *Параметр 4-11 Нижн.предел скор.двигателя[об/мин]* или *параметр 4-12 Нижний предел скорости двигателя [Гц]* устанавливаются пределы диапазона рабочей скорости (от 30 до 50/60 Гц). В параметре *Параметр 4-13 Верхн.предел скор.двигателя [об/мин]* или *параметр 4-19 Макс. выходная частота* устанавливается максимальная выходная скорость, которую может выдать преобразователь частоты.

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

ЭТР (электронное тепловое реле)
Функция ЭТР преобразователя частоты измеряет фактический ток, скорость и время для вычисления температуры двигателя и его защиты от перегрева (предупреждение или отключение). Имеется также вход для подключения внешнего термистора. ЭТР — это электронная функция, которая имитирует биметаллическое реле на основе внутренних измерений. На *Рисунок 10.11* показан пример, где на 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 считываемый параметр в *параметр 16-18 Тепловая нагрузка двигателя* в преобразователе частоты.

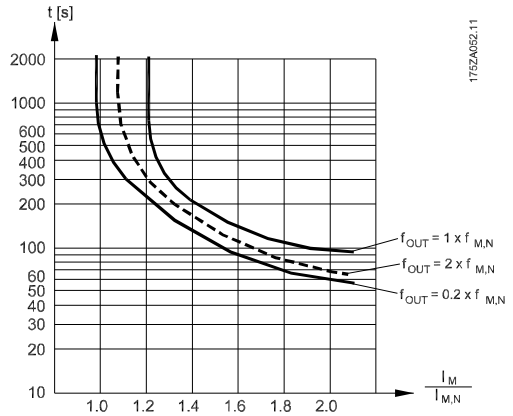


Рисунок 10.11 Пример ЭТР

10.7 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. *Руководство по проектированию VLT® FC-Series Output Filters*.

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

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

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

Переключение IGBT является причиной пикового напряжения на клеммах двигателя. Преобразователь частоты соответствует требованиям IEC 60034-25 в части, касающейся двигателей, сконструированных для использования с преобразователями частоты. Преобразователь частоты соответствует также IEC 60034-17 в части, касающейся обычных двигателей, управляемых преобразователями частоты.

Диапазон высокой мощности
Типоразмеры, перечисленные в *Таблица 10.4* и *Таблица 10.5*, при соответствующих напряжениях сети удовлетворяют требованиям IEC 60034-17 в части, касающейся обычных двигателей, управляемых преобразователями частоты, IEC 60034-25 в части, касающейся двигателей, сконструированных для использования с преобразователями частоты, и NEMA MG 1-1998,часть 31.4.4.2 в части, касающейся двигателей с питанием от инвертора. Типоразмеры, перечисленные в *Таблица 10.4*, не соответствуют требованиям, предъявляемым к двигателям общего назначения в NEMA MG 1-1998, часть 30.2.2.8.

Фильтр	Длина кабеля (м (фут))	Напряжениесети (В)	Время нарастания (мкс)	Vпик. (кВ)	dU/dt [кВт/мкс)
Отсутствует	150 (492)	400	0,818	1,06	3,249
Отдельные			1,692	1,22	0,579
Общие			2,262	1,17	0,415

Таблица 10.4 Характеристики фильтров du/dt для блоков с напряжением 380–500 В пер. тока

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

Фильтр	Длина кабеля (м (фут))	Напряжениесети (В)	Время нарастания (мкс)	Vпик. (кВ)	dU/dt [кВт/мкс)
Отсутствует	150 (492)	690	0,65	1,79	2,184
Отдельные			1,76	2,2	0,909
Общие			2,02	2,1	0,831

Таблица 10.5 Характеристики фильтров du/dt для блоков с напряжением 525–690 В пер. тока

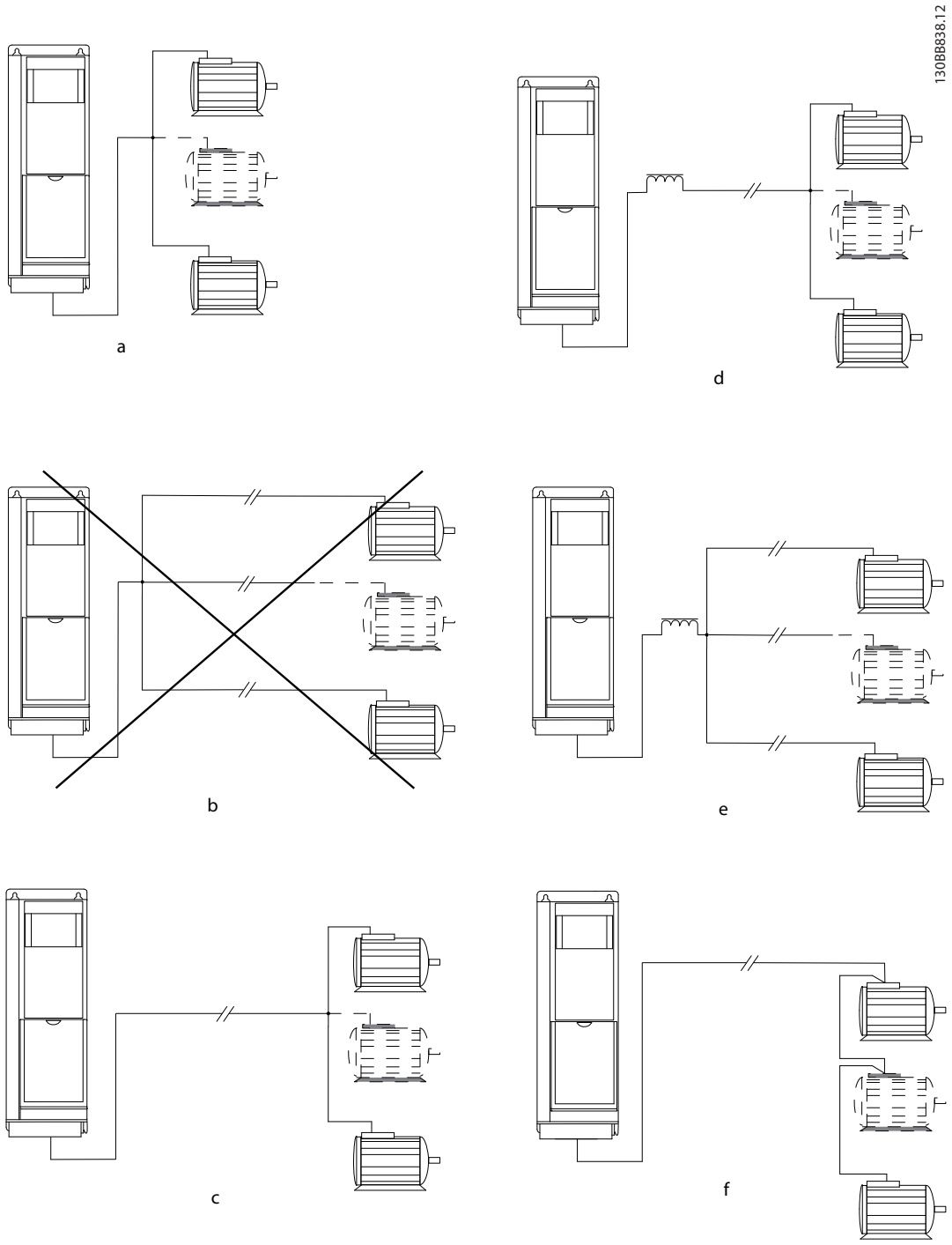
10.8 Параллельное соединение двигателей

Преобразователь частоты может управлять несколькими двигателями, включенными параллельно. 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 номинальный выходной ток I_{INV} преобразователя частоты.
- 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. Следует предусмотреть дополнительную защиту двигателей с помощью термисторов в обмотке каждого двигателя или индивидуальных термореле.
- Когда двигатели соединены параллельно, параметр *параметр 1-02 Flux- источник ОС двигателя* использоваться не может, а параметр *параметр 1-01 Принцип управления двигателем* должен иметь значение *[0] U/f*.

10

 Danfoss A/S © 11/2016 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 6.10 Технические характеристики кабелей*.
C	Требование к общей длине кабелей двигателей, упомянутое в *глава 6.10 Технические характеристики кабелей*, действительно лишь в случае, когда длина каждого из параллельных кабелей не превышает 10 м. См. пример 1.
D	Учитывайте перепад напряжений между кабелями двигателя. См. пример 1.
E	Учитывайте перепад напряжений между кабелями двигателя. См. пример 2.
F	Требование к общей длине кабелей двигателей, упомянутое в *глава 6.10 Технические характеристики кабелей*, действительно лишь в случае, когда длина каждого из параллельных кабелей не превышает 10 м. См. пример 2.

Рисунок 10.12 Различное схемы параллельного подключения двигателей

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

11 Сеть

11.1 Конфигурации сети питания

Существует несколько типов систем сети переменного тока для питания преобразователей частоты. Каждый из них влияет на характеристики ЭМС системы. С точки зрения ЭМС наилучшей считается 5-проводная система TN-S, а система электропитания IT с изолированной нейтралью наименее предпочтительна.

Тип системы	Описание
Системы электропитания TN	Существует 2 типа систем распределения сети с системой заземления TN: TN-S и TN-C.
TN-S	5-проводная система с отдельными проводниками нейтрали (N) и защитного заземления (PE). Она обеспечивает наилучшие свойства ЭМС и исключает передачу помех.
TN-C	4-проводная система с совмещенной нейтралью и проводником защитного заземления (PE) по всей системе. Объединение проводников нейтрали и защитного заземления приводит к ухудшению характеристик ЭМС.
Системы электропитания TT	4-проводная система с заземленным проводником нейтрали и отдельным заземлением системы привода. При правильном заземлении эта система имеет хорошие характеристики ЭМС.
Система сети IT	Изолированная 4-проводная система с проводником нейтрали, который либо не заземлен, либо заземлен через сопротивление.

Таблица 11.1 Системы сети переменного тока и характеристики ЭМС

11.2 Подключения клемм сети питания

При подключении кабелей сети питания соблюдайте следующие условия:

- Размер проводов зависит от входного тока преобразователя частоты. Сведения о максимальных размерах проводов см. в *глава 6.5 Технические характеристики, зависящие от мощности*.
- Используйте кабель размера, рекомендуемого государственными и местными нормами электробезопасности.

УВЕДОМЛЕНИЕ

НЕСКОЛЬКО КАБЕЛЕЙ СЕТЕВОГО ПИТАНИЯ

При подключении более одного комплекта клемм сетевого питания используйте для каждого комплекта клемм одинаковое количество кабелей одинакового сечения и длины. Например, не используйте 1 кабель на одной клемме сетевого питания и 2 кабеля на другой клемме сетевого питания.

Системы с 2 модулями привода

На *Рисунок 10.8* и *Рисунок 10.9* показаны, соответственно, клеммы подключение сети питания для 6-импульсных и 12-импульсных систем с двумя приводами.

- Если решение с общей клеммой используется с 6-импульсной системой с двумя приводами, имеется 1 комплект клемм подключения сетевого питания.
- Решение с общей клеммой не может использоваться для подключения сетевого питания в 12-импульсной системе с двумя модулями привода. Сетевые кабели подключаются непосредственно к входным клеммам привода.
- На каждом модуле привода есть отдельные клеммы тормоза. Подключите равное количество рекомендуемых кабелей к отдельным клеммам тормоза.

Системы с четырьмя модулями привода

На *Рисунок 10.10* показаны клеммы подключения сети питания в системах с четырьмя модулями привода Если используется решение с общей клеммой, в каждом шкафу имеется 1 комплект клемм сетевого питания.

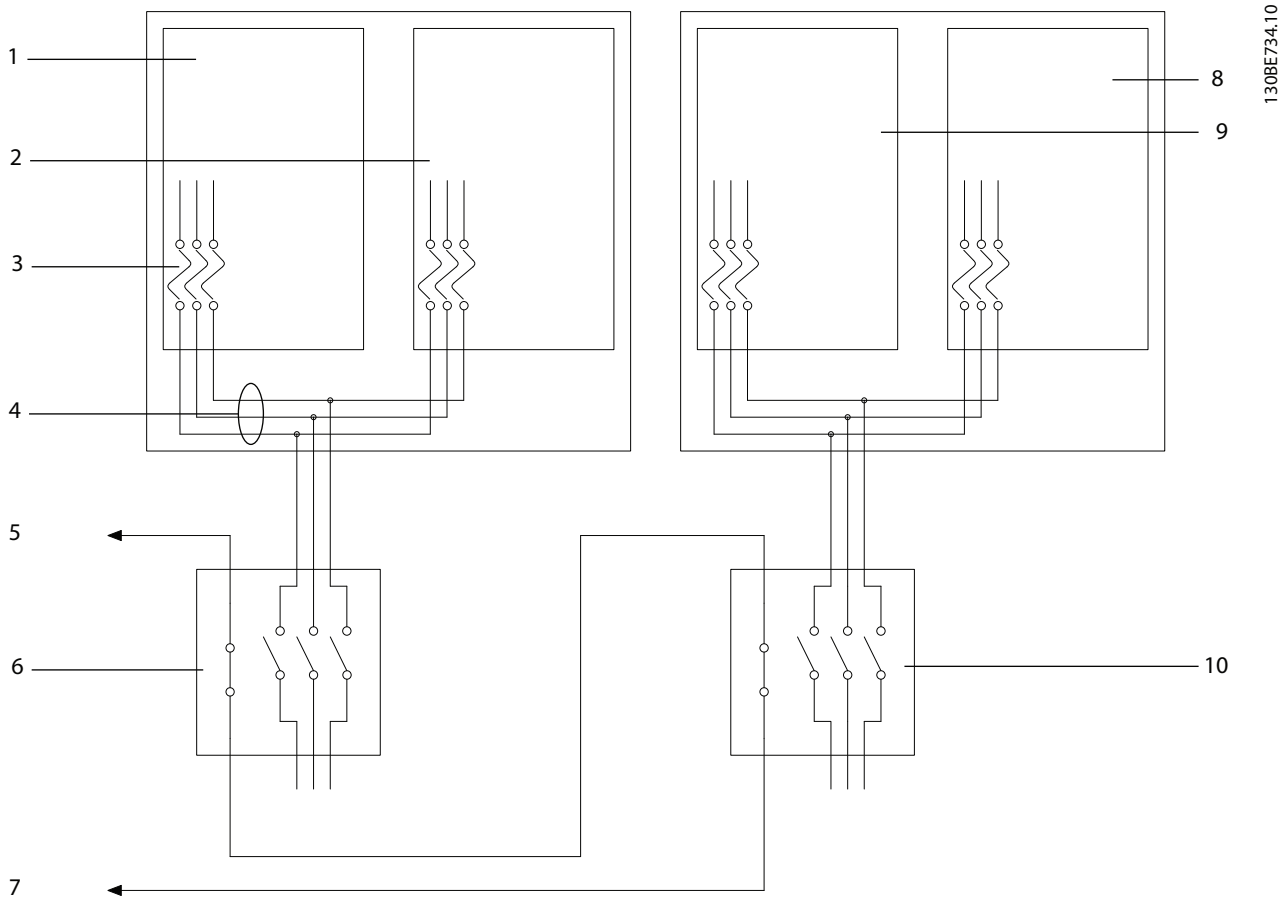
11.3 12-импульсная конфигурация с разъединителем

В этом разделе описывается, как использовать разъединитель для 12-импульсной системы привода. При использовании разъединителей или контакторов обязательно установите устройство взаимной блокировки. См. *Рисунок 11.1*. И контакторы, и разъединители, когда они установлены, должны быть замкнуты, чтобы исключить возможность отключения одного из комплектов выпрямителей.

Используйте дополнительные нормально замкнутые контакты с контакторами или разъединителями питающей сети. Подключите устройство взаимной блокировки последовательно с переключателем Klixon тормоза. Если замкнут только один контактор/

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

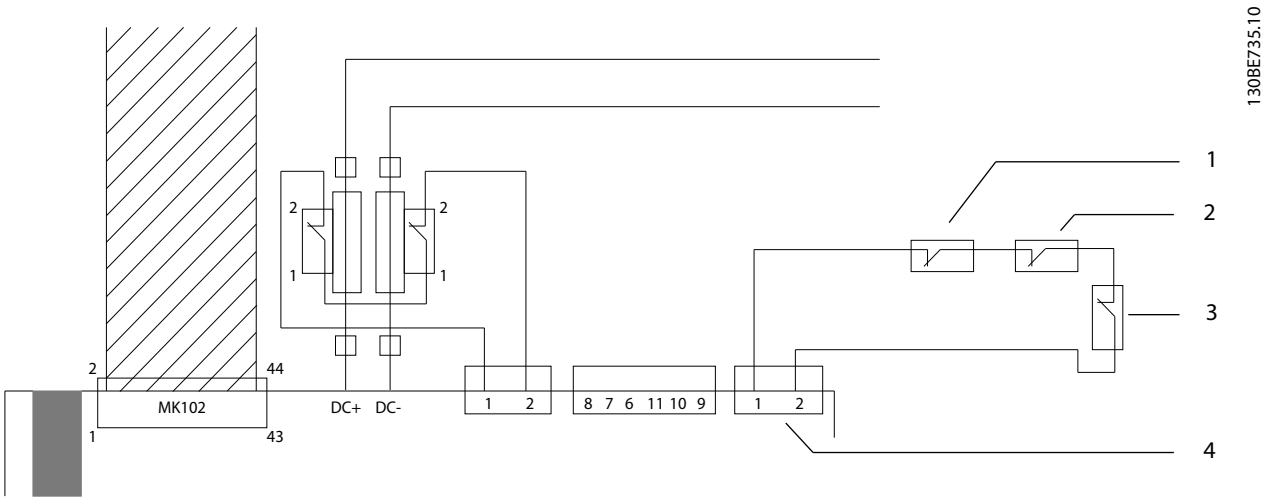
разъединитель, на LCP отображается ошибка *Brake IGBT Fault (Отказ тормозного IGBT)* и система привода не позволит подать питание на двигатель. Схему подключения BRF с 12-импульсным разъединителем и устройством взаимной блокировки см. на *Рисунок 11.2*.



1	Модуль привода 1	6	Разъединитель 1
2	Модуль привода 2	7	Отказ тормоза
3	Дополнительные предохранители	8	Модуль привода 3
4	Шины сети питания на входе	9	Модуль привода 4
5	Отказ тормоза	10	Разъединитель 2

Рисунок 11.1 Подключение 12-импульсного разъединителя/устройства взаимной блокировки

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.



1	Разъединитель вспомогательного контакта 1	3	Переключатель Klixon
2	Разъединитель вспомогательного контакта 2	4	Разъем BRF

Рисунок 11.2 Подключение BRF с 12-импульсным разъединителем/устройством взаимной блокировки

УВЕДОМЛЕНИЕ

Если дополнительное устройство тормоза не выбрано, переключатель Klixon можно шунтировать.

УВЕДОМЛЕНИЕ

Компания Danfoss не несет ответственности в случае отказа или неправильной работы переключателя разъединителя/контактора.

11

Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

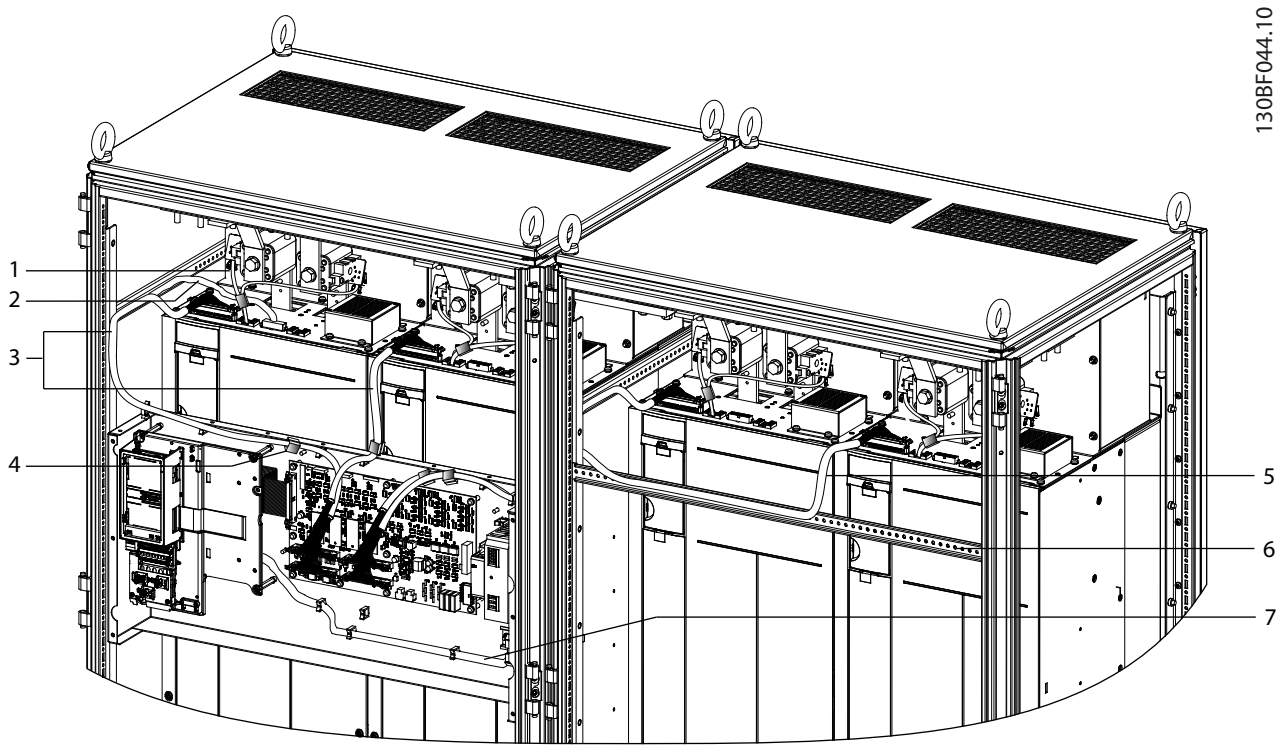
12 Подключение элементов управления

12.1 Прокладка кабелей управления

Прокладка кабелей

Проложите кабель внутри шкафов преобразователей частоты, как показано на *Рисунок 12.1*. Прокладка проводки для конфигурации с двумя приводами выполняется аналогично и отличается лишь числом используемых приводов.

- Изолируйте провода подключения элементов управления от высоковольтных компонентов в модулях привода.
- Если модуль привода подключен к термистору, провода цепи управления данного термистора должны быть экранированы и иметь усиленную/двойную изоляцию. Рекомендуется использовать напряжение питания 24 В пост. тока. См. *Рисунок 12.2*.



1	Кабель микропереключателя	5	44-контактный плоский кабель от платы MDCIC к модулю привода 4
2	Кабель реле (показан подключенным к клемме на верхней пластине модуля)	6	Кронштейн для поддержки плоского кабеля
3	44-контактный плоский кабель от платы MDCIC к модулям привода 1 и 2	7	Кабель реле (показан подключенным к клемме реле на полке управления)
4	Ферритовый сердечник	–	–

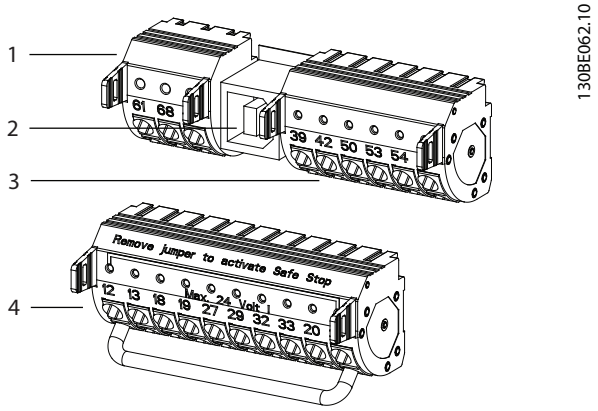
Рисунок 12.1 Прокладка кабелей управления для системы с четырьмя приводами

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

12.2 Клеммы управления

12.2.1 Типы клемм управления

На *Рисунок 12.2* показаны съемные разъемы преобразователя частоты. Функции клемм и настройки по умолчанию приведены в *Таблица 12.1*. Расположение клемм управления в блоке см. на *Рисунок 12.2*.



1	Клеммы (+)68 и (-)69 предназначены для интерфейса последовательной связи RS485.
2	Порт USB доступен для использования с Средство конфигурирования MCT 10.
3	Два аналоговых входа, один аналоговый выход, клемма питания 10 В пост. тока и общие клеммы для входов и выходов.
4	4 программируемые клеммы цифровых входов, 2 дополнительные цифровые клеммы, программируемые для использования с цифровыми входами либо цифровыми выходами, питание 24 В пост. тока и общая клемма для дополнительного пользовательского источника питания 24 В пост. тока.

Рисунок 12.2 Расположение клемм управления

12

Клемма	Параметр	Установка по умолчанию	Описание
Цифровые входы/выходы			
12, 13	–	+24 В пост. тока	Цифровые входы. Напряжение питания 24 В пост. тока. Максимальный выходной ток составляет 200 мА для всех нагрузок 24 В. Используется для цифровых входов и внешних датчиков.
18	*Параметр 5-10 Клемма 18, цифровой вход*	*[8] Пуск*	
19	*Параметр 5-11 Клемма 19, цифровой вход*	*[10] Реверс*	
32	*Параметр 5-14 Клемма 32, цифровой вход*	*[0] Не используется*	
33	*Параметр 5-15 Клемма 33, цифровой вход*	*[0] Не используется*	
27	*Параметр 5-12 Клемма 27, цифровой вход*	*[2] Выбег, инверсный*	Могут быть выбраны для цифрового входа или выхода. По умолчанию настроены в качестве входов.
29	*Параметр 5-13 Клемма 29, цифровой вход*	*[14] Фикс. част.*	
20	–	–	Общая клемма для цифровых входов и потенциал 0 В для питания 24 В.
37	–	Safe Torque Off (STO)	Безопасный вход (дополнительная функция). Используется для функции STO.

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

Клемма	Параметр	Установка по умолчанию	Описание
Цифровые входы/выходы			
Аналоговые входы/выходы			
39	–	–	Общий контакт для аналогового выхода.
42	*Параметр 6-50 Клемма 42, выход*	Скорость 0 — верхний предел	Программируемый аналоговый выход. Используется аналоговый сигнал 0–20 мА или 4–20 мА при макс. 500 Ом и аналоговом напряжении питания 10 В пост. тока. Максимум 15 мА обычно используется для потенциометра или термистора.
50	–	+10 В пост. тока	
53	*Группа параметров 6-1* Аналоговый вход 1.*	Задание	Аналоговый вход. Могут выбираться 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
Последовательная связь			
61	–	–	Встроенный резистивно-емкостной фильтр для экрана кабеля. Используется ТОЛЬКО для подключения экрана при наличии проблем с ЭМС.
68 (+)	*Группа параметров 8-3* Настройки порта ПЧ*	–	Интерфейс RS485. Для контактного сопротивления предусмотрен переключатель платы управления.
69 (-)	*Группа параметров 8-3* Настройки порта ПЧ*	–	
Реле			
01, 02, 03	*Параметр 5-40 Реле функций* [0]	*[9] Аварийный сигнал*	Выход реле типа Form C. Используется для подключения напряжения переменного и постоянного тока, а также резистивных и индуктивных нагрузок.
04, 05, 06	*Параметр 5-40 Реле функций* [1]	*[5] Работа*	

Таблица 12.1 Описание клемм

Дополнительные клеммы:

- 2 выхода реле типа Form C. Расположение выходов зависит от конфигурации преобразователя частоты.
- Клеммы на встроенном дополнительном оборудовании. См. руководство к соответствующему дополнительному оборудованию.

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

12.2.2 Подключение к клеммам управления

Заглушки клеммы могут быть удалены для удобства доступа.

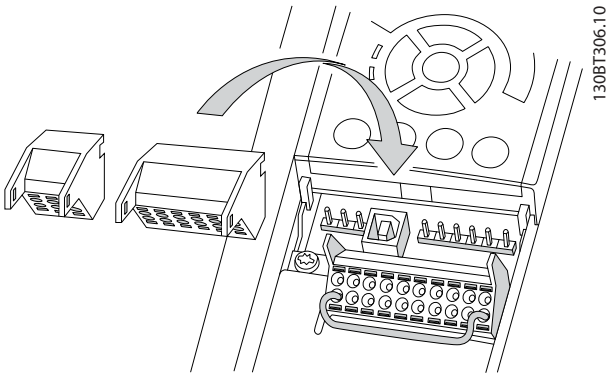


Рисунок 12.3 Удаление клемм управления

12.2.3 Разрешение работы двигателя

Между клеммами 12 (или 13) и 27 может понадобиться перемычка для работы преобразователя частоты с значениями настроек, запрограммированными по умолчанию.

- Клемма 27 цифрового выхода служит для получения команды внешней блокировки 24 В постоянного тока.
- Если устройство блокировки отсутствует, соедините перемычкой клемму управления 12 (рекомендуется) или 13 с клеммой 27. Перемычка позволяет передать внутренний сигнал 24 В на клемму 27.
- при отображении в строке состояния в нижней части LCP надписи *AUTO REMOTE COAST (АВТОМАТИЧЕСКИЙ УДАЛЕННЫЙ СИГНАЛ ОСТАНОВА ВЫБЕГОМ)* устройство готово к работе, но не хватает входного сигнала на клемме 27.
- При заводской установке дополнительного оборудования с подключением на клемму 27 не удаляйте эту проводку.

12.2.4 Выбор входа по напряжению/току

Клеммы аналоговых входов сети питания 53 и 54 можно назначить как для работы с входными сигналами напряжения (0–10 В), так и с входными сигналами тока (0/4–20 мА). Расположение клемм управления в системе привода см. на *Рисунок 12.2*.

Значения параметров по умолчанию

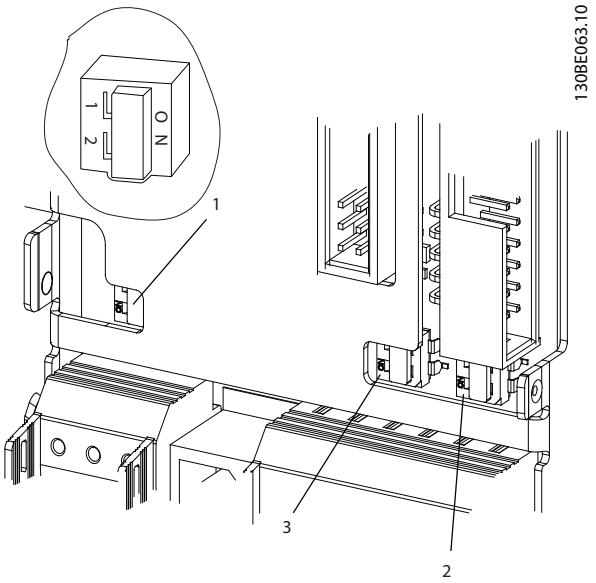
- Клемма 53: сигнал обратной связи в разомкнутом контуре (см. *параметр 16-61 Клемма 53, настройка переключателя*).
- Клемма 54: сигнал обратной связи в замкнутом контуре (см. *параметр 16-63 Клемма 54, настройка переключателя*).

УВЕДОМЛЕНИЕ

ОТКЛЮЧИТЕ ПИТАНИЕ

Перед изменением положения переключателя отключите преобразователь частоты от сети.

1. Снимите LCP (см. *Рисунок 12.4*).
2. Снимите любое дополнительное оборудование, закрывающее переключатели.
3. Для выбора типа сигнала используются переключатели A53 и A54. U используется для выбора напряжения, I — для выбора тока.



1	Переключатель оконечной нагрузки шины
2	Переключатель A54
3	Переключатель A53

Рисунок 12.4 Расположение переключателя оконечной нагрузки шины и переключателей A53 и A54

12.2.5 Интерфейс последовательной связи RS485

С системой привода может использоваться шина последовательной связи RS485. В виде шины или через ответвительные кабели от общей магистральной линии к сегменту сети можно подключить до 32 узлов. Для

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

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

- Подключите провода интерфейса последовательной связи RS485 к клеммам (+)68 и (-)69.
- Замкните каждый сегмент на обоих концах, используя либо переключатель оконечной нагрузки (включатель/выключатель клемм шины, см. *Рисунок 12.4*) на модуле привода, либо оконечную резисторную схему со смещением.
- Подключите экран с большой поверхностью к земле с помощью, например, кабельного зажима или проводящего кабельного уплотнения.
- Обеспечьте одинаковый потенциал по всей сети с помощью кабелей выравнивания потенциалов.
- Для предотвращения несогласования импедансов используйте во всей сети кабели одного типа.

Кабель	**Экранированная витая пара (STP)**
Импеданс	120 Ом
Максимальная длина кабеля	
Между станциями [м (футов)]	500 (1640)
Суммарно, включая ответвительные линии [м (футов)]	1200 (3937)

Таблица 12.2 Сведения о кабелях

12.3 Релейный выход [двоичный]

Клемма реле расположена на верхней пластине модуля привода. Подключите клемму реле модуля привода 1 (крайнего слева модуля привода) к клеммным колодкам на полке управления с помощью удлиненного жгута проводов.

УВЕДОМЛЕНИЕ

Модули привода пронумерованы слева направо.

Реле 1

- Клемма 01: общая
- Клемма 02: нормально разомкнутый контакт, 400 В перем. тока
- Клемма 03: нормально замкнутый контакт, 240 В перем. тока

Реле 2

- Клемма 04: общая
- Клемма 05: нормально разомкнутый контакт, 400 В перем. тока
- Клемма 06: нормально замкнутый контакт, 240 В перем. тока

Реле 1 и 2 программируются в *параметр 5-40 Реле функций*, *параметр 5-41 Задержка включения, реле* и *параметр 5-42 Задержка выключения, реле*.

Используйте дополнительную плату VLT® Relay Card MCB 105 для получения дополнительных выходов реле.

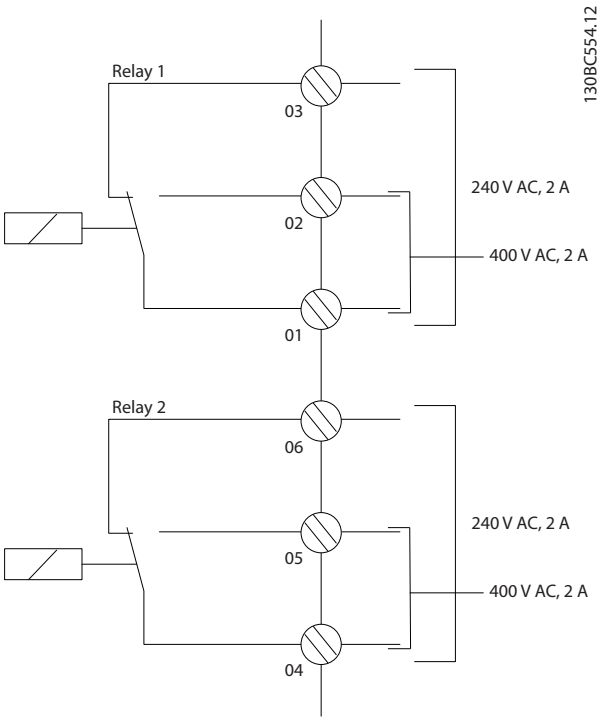


Рисунок 12.5 Дополнительные выходы реле

12

13 Торможение

13.1 Типы торможения

Преобразователь частоты использует 3 типа торможения:

- Механический удерживающий тормоз
- Динамическое торможение
- Управление механическим тормозом

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

УВЕДОМЛЕНИЕ

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

Динамическое торможение
Динамическое торможение выполняется внутри преобразователя частоты и используется для замедления двигателя до окончательной остановки. Динамическое торможение осуществляется указанными ниже способами.

- Резистивное торможение. IGBT торможения поддерживает перенапряжение на уровне ниже определенного порога путем направления энергии торможения от двигателя к подключенному тормозному резистору.
- Торможение переменным током. Энергия торможения распределяется в двигателе путем изменения состояний потерь в двигателе. Функция торможения переменным током не может быть использована в применениях с высокой частотой циклических операций, поскольку это приводит к перегреву двигателя.
- Торможение постоянным током. Постоянный ток с перемодуляцией, добавляемый к переменному току, действует в качестве сигнала индукционного торможения.

Управление механическим тормозом
Для применений в грузоподъемных механизмах необходимо иметь возможность управления электромагнитным тормозом. Для управления тормозом необходим релейный выход (реле 1 или реле 2) или программируемый цифровой выход (клемма 27 или 29). Обычно этот выход должен замыкаться, если преобразователь частоты не может удержать двигатель.

Если преобразователь частоты оказывается в аварийном состоянии, например, в ситуации перенапряжения, механический тормоз немедленно включается. Механический тормоз включается также во время Safe Torque Off.

УВЕДОМЛЕНИЕ

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

13.2 Тормозной резистор

13.2.1 Выбор тормозного резистора

Тормозной резистор необходим для рассеивания повышенной мощности, выделяемой при торможении в генераторном режиме. Применение тормозного резистора обеспечивает поглощение выделяемой энергии в тормозном резисторе, а не в преобразователе частоты. Подробнее см. *Руководство по проектированию тормозных резисторов VLT® MCE 101*.

Если величина кинетической энергии, передаваемой в резистор в каждом интервале торможения, не известна, среднюю мощность можно рассчитать на основе времени цикла и времени торможения (прерывистый рабочий цикл). Прерывистый рабочий цикл резистора показывает интервал времени, в течение которого резистор включен. На *Рисунок 13.1* показан типичный цикл торможения.

УВЕДОМЛЕНИЕ

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)

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

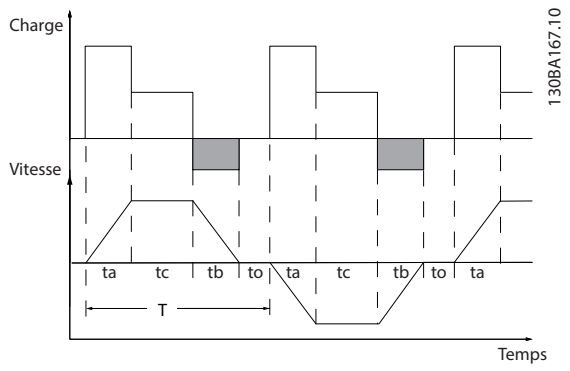


Рисунок 13.1 Типичный цикл торможения

Уровни мощности торможения

В VLT® Parallel Drive Modules используются следующие уровни мощности торможения.

Типоразмер по мощности кВт (л. с.)	Длительность цикла (с)	Рабочий цикл торможения при полном (100 %) крутящем моменте	Рабочий цикл торможения при повышенном (150 %) крутящем моменте
VLT® HVAC Drive FC 102 и VLT® AQUA Drive FC 202 (380–480 В)			
315 (450)	600	Непрерывный	10%
355–1000 (500–1350)	600	40%	10%
VLT® HVAC Drive FC 102 и VLT® AQUA Drive FC 202 (525–690 В)			
315–355 (450–500)	600	Непрерывный	10%
400–1200 (400–1350)	600	40%	10%
VLT® AutomationDrive FC 302 (380–480 В)			
250 (350)	600	Непрерывный	10%
315–800 (450–1200)	600	40%	10%
VLT® AutomationDrive FC 302 (525–690 В)			
250–315 (300–350)	600	Непрерывный	10%
355–1000 (450–1150)	600	40%	10%

Таблица 13.1 Цикл торможения для модулей с параллельными приводами

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

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:

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

где

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

Сопротивление тормозного резистора зависит от напряжения в цепи постоянного тока ($U_{пост.т.}$).

Напряжение	Тормоз активен	Предупреждение перед отключением	Отключение (защитное отключение)
380–480 В	769 В	810 В	820 В
525–690 В	1084 В	1109 В	1130 В

Таблица 13.2 Предельные значения торможения для параллельных модулей привода VLT® HVAC Drive FC 102 и VLT® AQUA Drive FC 202

Напряжение	Тормоз активен	Предупреждение перед отключением	Отключение (защитное отключение)
380–500 В	795 В	828 В	855 В
525–690 В	1084 В	1109 В	1130 В

Таблица 13.3 Пределы торможения для параллельных модулей привода VLT® AutomationDrive FC 302

.

УВЕДОМЛЕНИЕ

Если используются тормозные резисторы, поставляемые не компанией Danfoss, убедитесь, что они способны выдержать напряжения 410 В, 820 В, 850 В, 975 В или 1130 В.

Компания Danfoss рекомендует использовать сопротивление торможения R_{rec}. Использование формулы R_{rec} гарантирует способность преобразователя частоты к торможению с максимально высоким крутящим моментом (M), равным 160 %. 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

13

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

В случае преобразователей частоты на напряжения 480, 500 и 600 В тормозное сопротивление R_{rec} при тормозном моменте, равном 160 %, определяется выражением:

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

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

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

УВЕДОМЛЕНИЕ

Не выбирайте сопротивление цепи тормозного резистора, которое превышает значение, рекомендуемое Danfoss. Используйте один тормозной резистор на тормозной прерыватель.

УВЕДОМЛЕНИЕ

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

⚠ВНИМАНИЕ!

ОПАСНОСТЬ ПОЖАРА

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

13.2.2 Управление с помощью функции торможения

Тормоз защищен от короткого замыкания тормозного резистора, а тормозной транзистор контролируется с целью обнаружения его короткого замыкания. Для защиты тормозного резистора от перегрузки в случае возникновения неисправности преобразователя частоты может использоваться релейный/цифровой выход.

Кроме того, тормозной резистор обеспечивает возможность считывания значений мгновенной мощности и средней мощности за последние 120 с. Тормоз может также контролировать возбуждение мощности торможения и обеспечивать, чтобы она не превышала предела, установленного с помощью LCP.

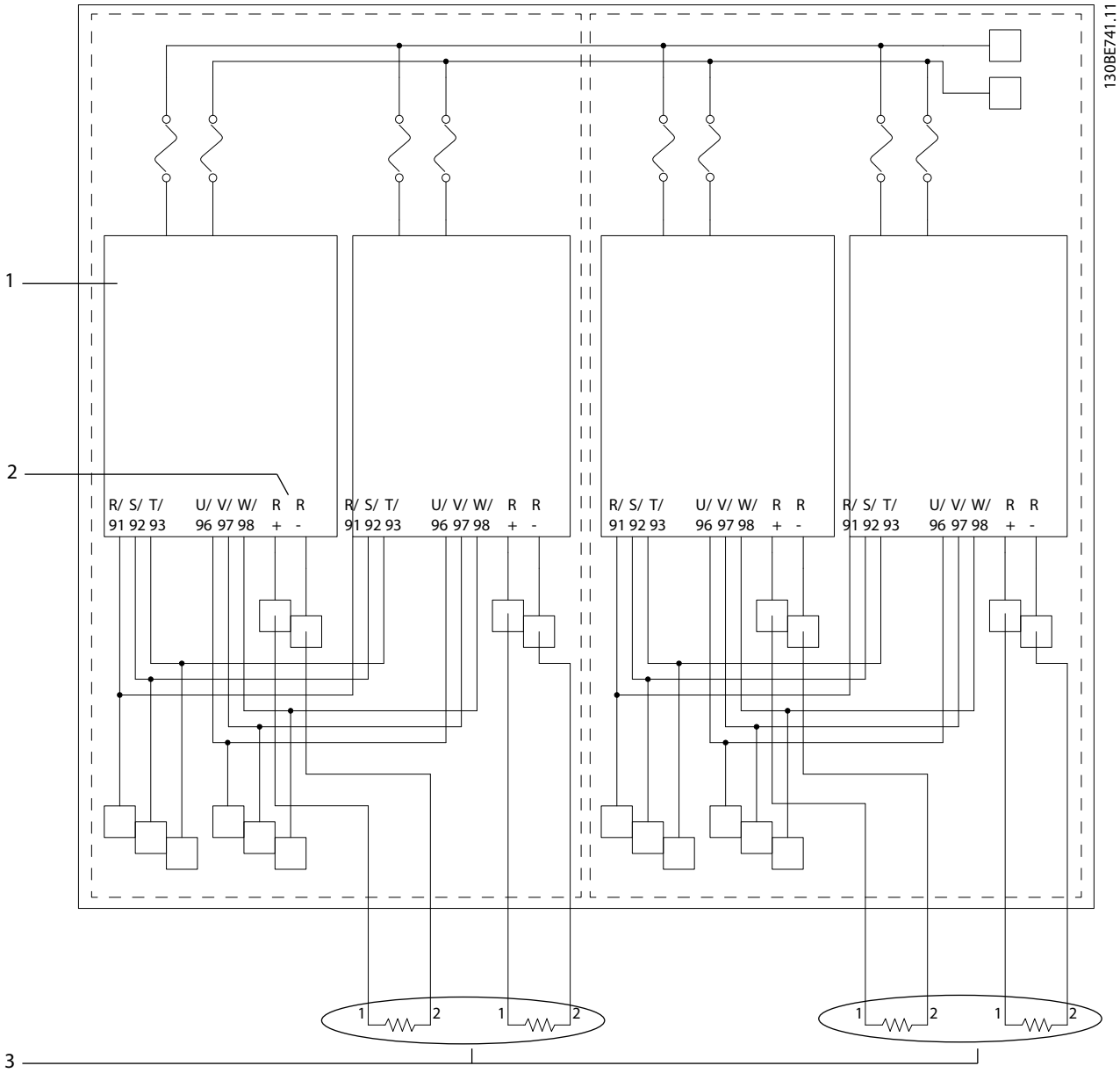
УВЕДОМЛЕНИЕ

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

Вместо функции торможения можно включить функцию контроля перенапряжения (OVC). Данная 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.

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

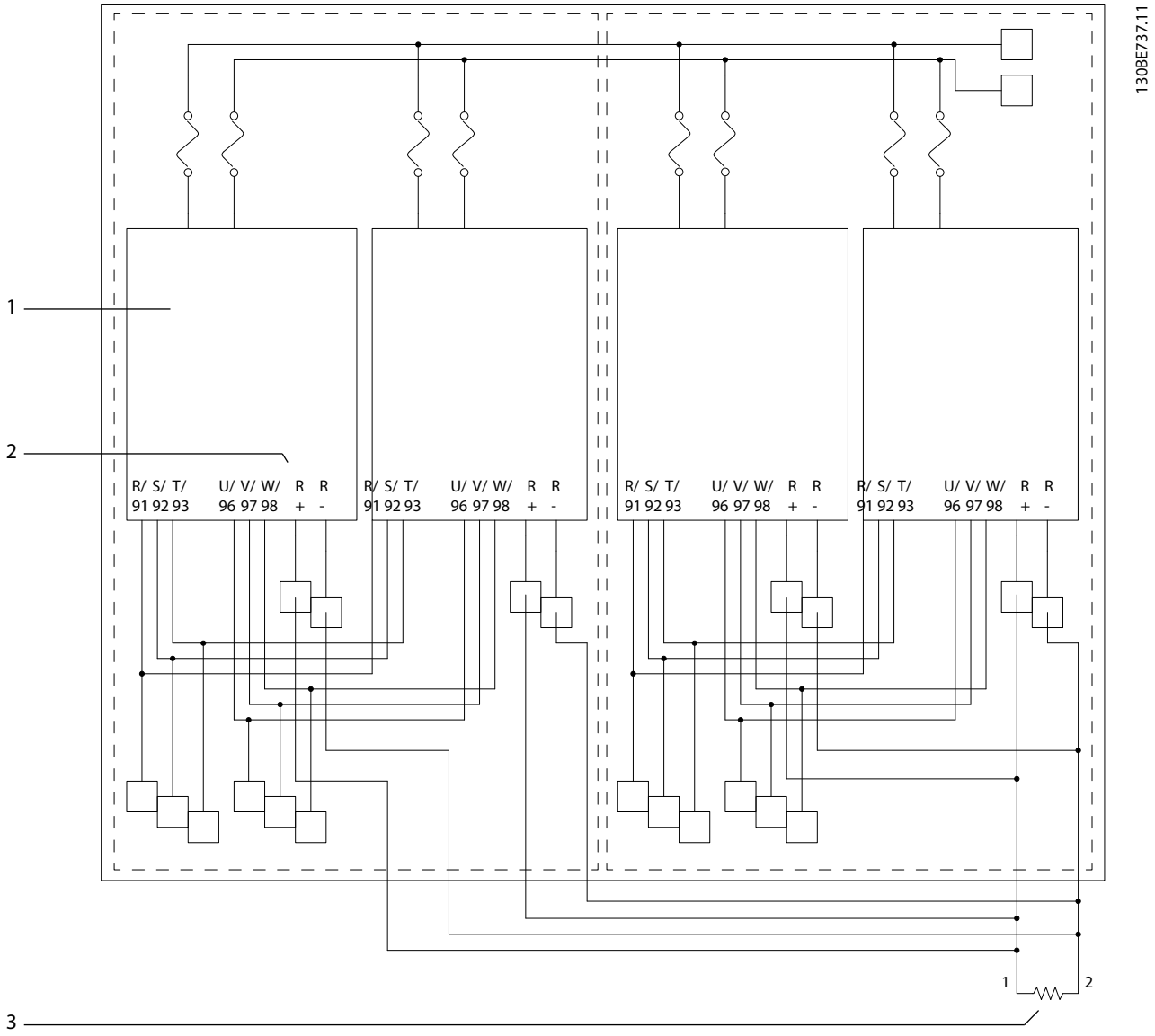
13.2.3 Подключение тормозного резистора



1	Модуль привода	3	Отдельные тормозные резисторы
2	Клеммы подключения тормоза	–	–

Рисунок 13.2 Подключение отдельного тормозного резистора к каждому из модулей привода

Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.



1	Модуль привода	3	Общий тормозной резистор
2	Клеммы подключения тормоза	–	–

Рисунок 13.3 Подключение общего тормозного резистора к каждому модулю привода

14 Контроллеры

14.1 Общие сведения об управлении скоростью и крутящим моментом

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

Регулирование скорости
Предусмотрено два типа регулирования скорости:

- При регулировании скорости в разомкнутом контуре не требуется никакой обратной связи от двигателя (режим без датчика).
- Регулирование скорости при замкнутом контуре ПИД-регулирования, когда требуется подача на вход сигнала обратной связи по скорости. Правильно оптимизированное регулирование с обратной связью по скорости обеспечивает более высокую точность, чем регулирование скорости без обратной связи. Регулятор скорости выбирает, какой вход следует использовать в качестве обратной связи ПИД-регулятора скорости в *параметр 7-00 Ист.сигн.ОС ПИД-рег.скор.*.

Регулирование крутящего момента
Функция регулирования крутящего момента используется в применениях, где крутящий момент на выходном валу двигателя управляет применением за счет контроля напряжений. Регулирование момента можно выбрать в *параметр 1-00 Режим конфигурирования* — либо *[4] Мом. без обр. св.,* либо *[2] Момент затяжки.* Настройка крутящего момента выполняется посредством настройки аналогового или цифрового задания, или задания по шине. Коэффициент ограничения максимальной скорости устанавливается в *параметр 4-21 Speed Limit Factor Source*. Для использования функции регулирования крутящего момента Danfoss рекомендует провести процедуру полной ААД, поскольку правильные данные двигателя чрезвычайно важны для оптимальной работы.

- При регулировании магнитного потока сигналом обратной связи энкодера обеспечиваются превосходные характеристики во всех четырех квадрантах и на всех скоростях двигателя.
- Разомкнутый контур 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 по измерениям тока внутри преобразователя частоты. См. *глава 17 Примеры применения*.

Задание скорости/момента
Задание для этих методов регулирования может быть либо отдельным заданием, либо суммой различных заданий, включая задания с относительным масштабированием. Подробнее о формировании задания, см. *глава 15 Формирование заданий*.

14.2 Принцип управления

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

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

Клеммы управления используются для подключения сигнальной проводки обратной связи, задания и других входных сигналов к следующему оборудованию:

- преобразователь частоты;
- устройства вывода сведений о состоянии преобразователя частоты и условиях сбоя;
- реле для управления вспомогательным оборудованием;
- интерфейс последовательной связи.

Программирование клемм управления (присвоение им различных функций) выполняется путем выбора параметров, описанных в главном или быстром меню. Большая часть проводов цепи управления предоставляется заказчиком (если они не заказаны на заводе). Для входов и выходов цепи управления преобразователя частоты также предоставляется источник питания постоянного тока 24 В.

В *Таблица 14.1* описываются функции клемм управления. Многие из этих клемм имеют несколько функций в зависимости от заданных параметров. Некоторые дополнительные устройства имеют дополнительные клеммы. Сведения о расположении клемм см. в *глава 10.5 Подключения клемм двигателя*.

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

Номер клеммы	Функция
01, 02, 03 и 04, 05, 06	Два выходных реле типа Form C. Макс. 240 В перем.тока, 2 А, мин. 24 В пост. тока, 10 мА или 24 В перем. тока, 100 мА. Могут использоваться для индикации состояния и для предупреждений. Физически размещены на силовой плате питания.
12, 13	Источник питания 24 В пост. тока для цифровых входов и внешних датчиков. Максимальный выходной ток 200 мА.
18, 19, 27, 29, 32, 33	Цифровые входы для управления преобразователем частоты. R = 2 кОм. Менее 5 В = логический «0» (разомкн.). Более 10 В = логическая «1» (замкн.). Клеммы 27 и 29 программируются в качестве цифровых/импульсных выходов.
20	Общий для цифровых входов.
37	Вход 0–24 В пост. тока для функции безопасного останова (на некоторых устройствах).
39	Общий для аналоговых и цифровых выходов.
42	Аналоговые и цифровые выходы для индикации значений частоты, задания, тока и крутящего момента. Аналоговый сигнал 0/4–20 мА при максимуме 500 Ом. Цифровой сигнал 24 В пост. тока при минимуме 500 Ом.
50	Питание на аналоговых входах максимум 10 В пост. тока, 15 мА для подключения потенциометра или термистора.
53, 54	Могут быть выбраны значения 0–10 В пост. тока на входе, R = 10 кОм, или аналоговые сигналы 0/4–20 мА при максимуме 200 Ом. Используются для сигналов задания или обратной связи. Сюда можно подключить термистор.
55	Общий для клемм 53 и 54.
61	Общий RS485.
68, 69	Интерфейс RS485 и последовательная связь.

Таблица 14.1 Функции клемм управления (без дополнительного оборудования)

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

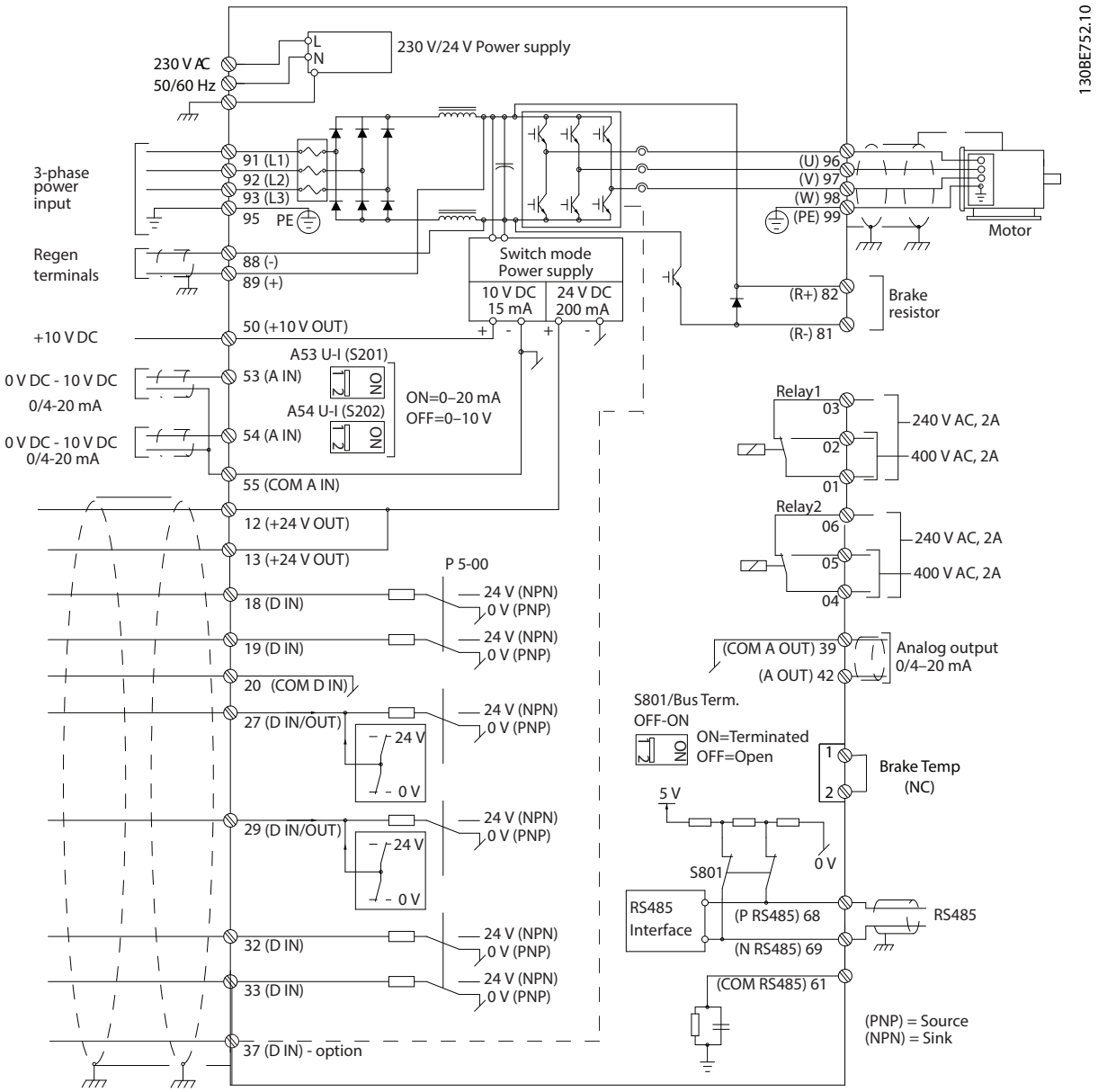


Рисунок 14.1 Схема соединений

14

14.3 Структура управления в VVC+ Усовершенствованное векторное управление

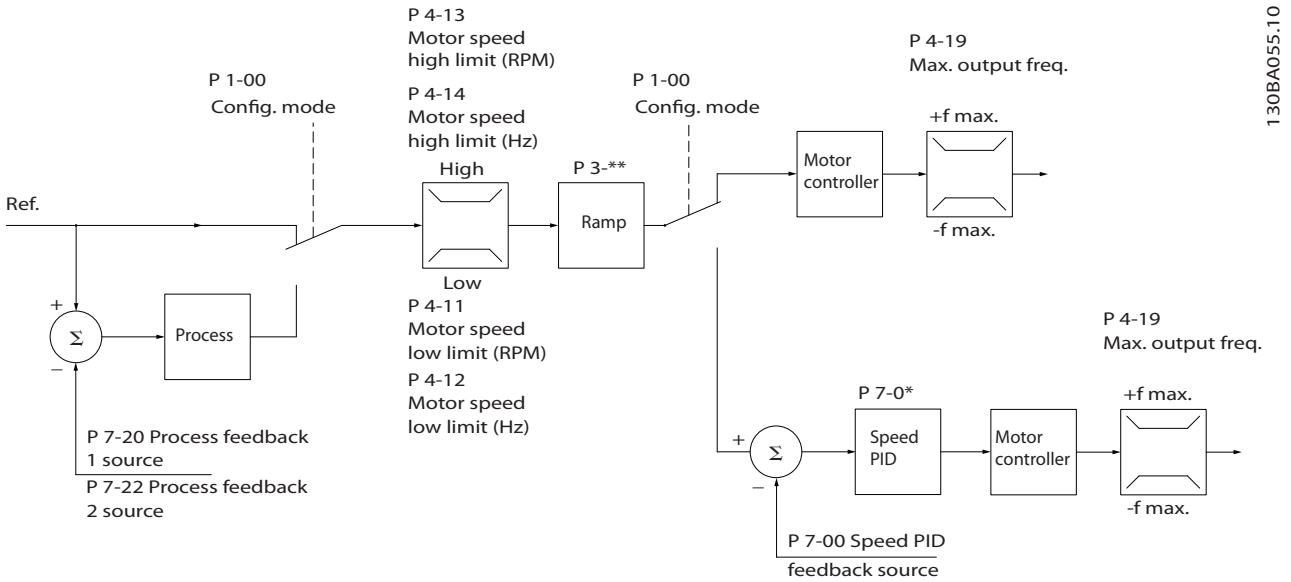


Рисунок 14.2 Структура управления в режиме VVC+ для конфигураций с разомкнутым и замкнутым контуром обратной связи

На *Рисунок 14.2* для *параметр 1-01 Принцип управления двигателем* установлено значение *[1] Ск-сть, замкн.конт.*, а для *параметр 1-00 Режим конфигурирования* — значение *[0] Ск-сть, без обр. св*. Результирующее задание от системы формирования задания принимается и передается через схемы ограничения изменения скорости и ограничения скорости и только после этого используется для управления двигателем. Затем выходной сигнал системы управления двигателем ограничивается максимальным частотным пределом.

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

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

14

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

14.4 Структура управления в режиме регулирования магнитного потока без датчика

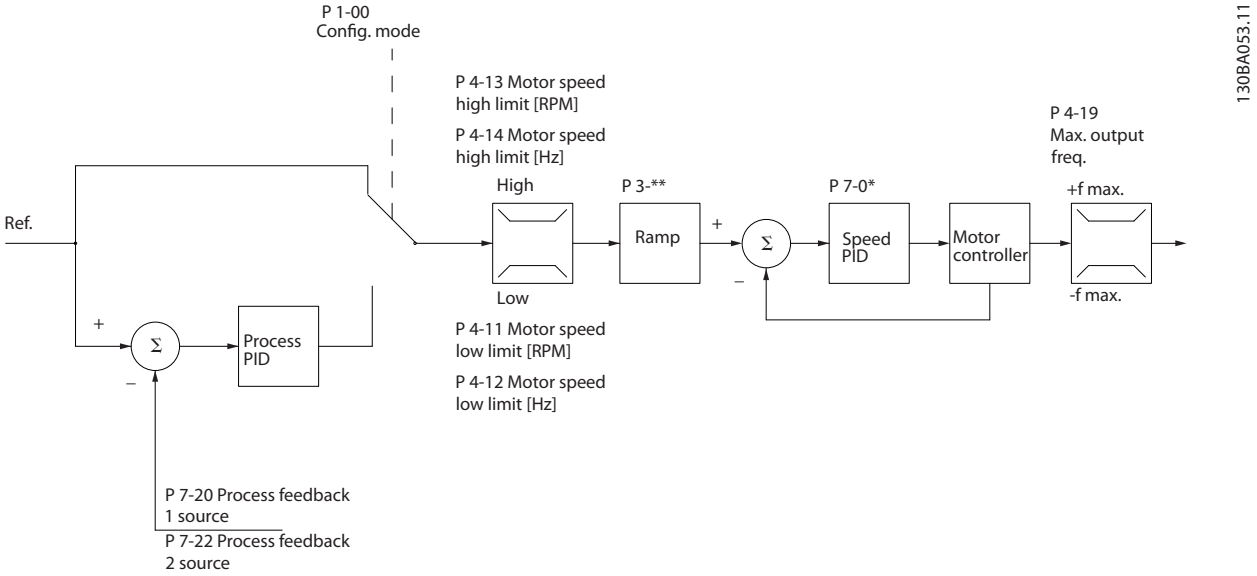


Рисунок 14.3 Структура управления в режиме регулирования магнитного потока без датчика для конфигураций без обратной связи и с обратной связью.

На *Рисунок 14.3*, параметр *параметр 1-01 Принцип управления двигателем* имеет значение *[2] Flux без датчика*, а *параметр 1-00 Режим конфигурирования* — значение *[0] Ск-сть, без обр. св*. Результирующее задание от системы формирования задания подается через схему ограничения изменения скорости и ограничения скорости в соответствии с указанными установками параметров.

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.*).

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

14.5 Структура управления по магнитному потоку с обратной связью от двигателя

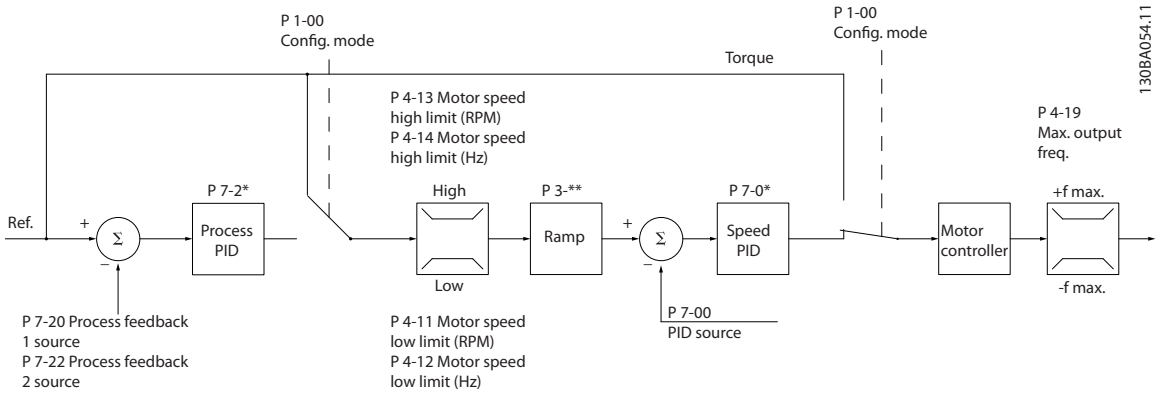


Рисунок 14.4 Конфигурация структуры управления по магнитному потоку с обратной связью от двигателя (имеется только в VLT® AutomationDrive FC 302)

На *Рисунок 14.4*, для *параметр 1-01 Принцип управления двигателем* установлено значение *[3] Flux с ОС от двигат.*, а для *параметр 1-00 Режим конфигурирования* — значение *[1] Ск-сть, замкн.конт*.

В этой конфигурации управление двигателем осуществляется по сигналу обратной связи от энкодера, установленного непосредственно на валу двигателя (настраивается в пар. *параметр 1-02 Flux- источник ОС двигателя*).

Чтобы использовать результирующее задание в качестве входного сигнала для ПИД-регулятора скорости, выберите в пар. *параметр 1-00 Режим конфигурирования* значение *[1] Ск-сть, замкн.конт*. Параметры ПИД-регулятора скорости находятся в *группе параметров 7-0* ПИД-регулят.скор*.

Выберите в параметре *параметр 1-00 Режим конфигурирования* значение *[2] Момент затяжки*, чтобы использовать результирующее задание непосредственно как задание момента. Регулирование момента можно выбрать только в конфигурации *Flux с ОС от двигат.* (пар. *параметр 1-01 Принцип управления двигателем*). При выборе этого режима задание выражается в Н·м. Это не требует обратной связи по моменту, поскольку фактический момент рассчитывается на основе измерения тока преобразователя частоты.

Выберите в параметре *параметр 1-00 Режим конфигурирования* значение *[3] Процесс*, чтобы использовать ПИД-регулятор процесса для регулирования с обратной связью по скорости или по переменной процесса в управляемой системе.

14.6 Внутреннее регулирование тока в режиме VVC+

Особенностью преобразователя частоты является встроенная система контроля предельного тока, которая включается, когда ток двигателя и, следовательно, крутящий момент оказываются выше предельных моментов, установленных в параметрах *параметр 4-16 Двигательн.режим с огранич. момента*, *параметр 4-17 Генераторн.режим с огранич.момента* и *параметр 4-18 Предел по току*.
Когда преобразователь частоты достигает предела по току в двигательном режиме или в регенеративном режиме, он стремится как можно скорее снизить ток ниже установленных пределов для момента без потери управления электродвигателем.

14.7 Местное и дистанционное управление

14.7.1 Местное (Hand On) и дистанционное (Auto On) управление

Преобразователь частоты может управляться вручную с LCP или дистанционно через аналоговые и цифровые входы или по периферийной шине. Если разрешено в параметрах *параметр 0-40 Кнопка [Hand on] на LCP*, *параметр 0-41 Кнопка [Off] на МПУ*, *параметр 0-42 Кнопка [Auto on] на МПУ* и *параметр 0-43 Кнопка [Reset] на LCP*, с помощью кнопок на LCP [Hand On] (Ручной режим) и [Off] (Выкл.) можно запускать и останавливать преобразователь частоты. Кнопка [Reset] (Сброс) используется для сброса аварийных сигналов. После нажатия кнопки [Hand On] преобразователь частоты переходит в режим ручного управления и отслеживает (по умолчанию) местное задание, которое можно устанавливать, пользуясь кнопками со стрелками на LCP.

После нажатия кнопки [Auto On] (Автоматический режим) преобразователь частоты переходит в автоматический режим и отслеживает (по умолчанию) дистанционное задание. В этом режиме можно управлять преобразователем частоты с помощью цифровых входов и через различные интерфейсы последовательной связи (RS485, USB или по дополнительной периферийной шине). Дополнительные сведения о пуске, останове, изменении скорости, настройках параметров и т. д. приведены в описании *групп параметров 5-1* Цифровые входы* и *8-5* Цифровое/Шина*.

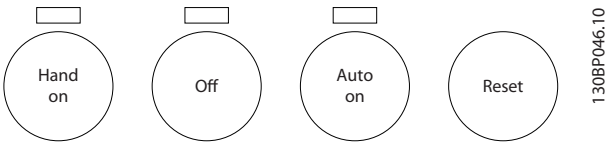


Рисунок 14.5 Кнопки управления LCP

Активное задание и режим конфигурирования
Активным может быть местное или дистанционное задание.

Местное задание можно выбрать для постоянного использования с помощью значения *[2] Местное* в параметре *параметр 3-13 Место задания*.
Для постоянного использования дистанционного задания установите значение *[1] Дистанционное*. При выборе *[0] Связанное Ручн/Авто* (по умолчанию) место задания зависит от того, какой режим активен (ручной или автоматический).

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

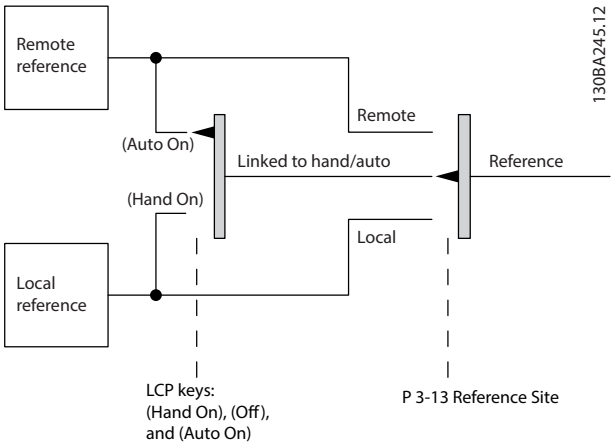


Рисунок 14.6 Активное задание

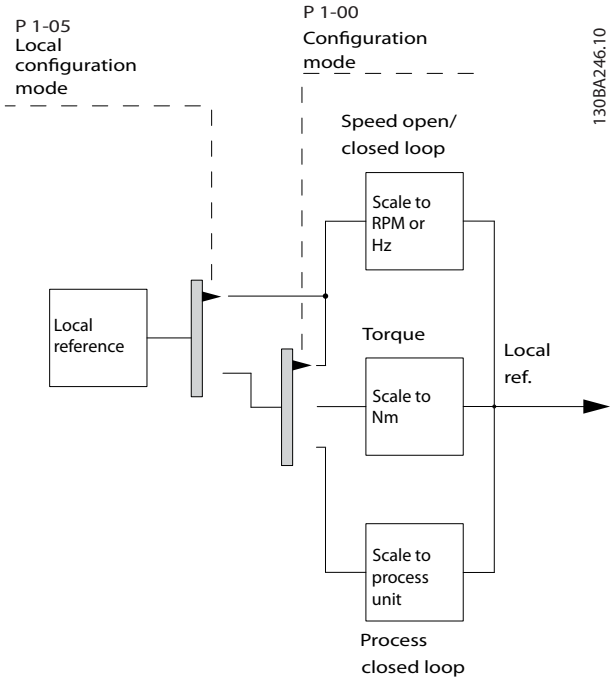


Рисунок 14.7 Режим конфигурирования

[Hand On] (Ручной режим)	*Параметр 3-13 Место задания*	Активное задание
Ручной	Связанное Ручн/Авто	Местное
Ручной⇒Выкл.	Связанное Ручн/Авто	Местное
Автоматический	Связанное Ручн/Авто	Дистанционное
Авто⇒Выкл.	Связанное Ручн/Авто	Дистанционное
Все кнопки	Местное	Местное
Все кнопки	Дистанционное	Дистанционное

Таблица 14.2 Условия для активирования местного/дистанционного задания

Пар. *Параметр 1-00 Режим конфигурирования* определяет используемый принцип управления приложением (т. е. регулирование скорости, крутящего момента или регулирование технологического процесса), если включено дистанционное задание. Пар. *Параметр 1-05 Конфиг. режима местного упр.* определяет используемый принцип управления приложением, если включено местное задание. Одно из них включено всегда, но оба задания не могут быть активны одновременно.

14.8 Интеллектуальная логика

Интеллектуальное логическое управление (SLC) представляет собой заданную пользователем последовательность действий (см. *параметр 13-52 Действие контроллера SL* [x]), которая выполняется SLC, когда соответствующее заданное пользователем событие (см. *параметр 13-51 Событие контроллера SL* [x]) оценивается SLC как true (истина). Условием для события может быть определенное состояние или такое условие, при котором результат логики или операнд компаратора определяются как TRUE. Это условие приведет к связанному действию, как показано на *Рисунок 14.8*.

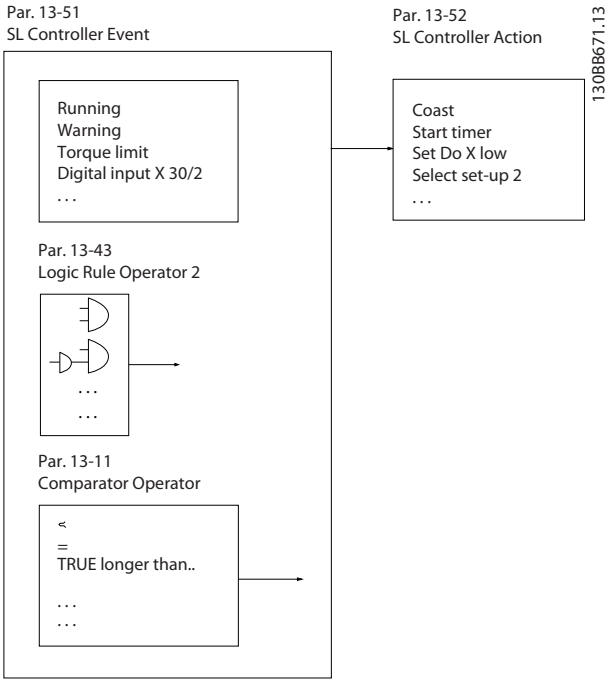


Рисунок 14.8 Текущее состояние/событие управления и действие

События и действия пронумерованы каждое по отдельности и связаны в пары (состояния). Например, когда наступает (приобретает значение true (истина)) *[0] событие*, выполняется *[0] действие*. После этого анализируются состояния *[1] события* и, если оно оценивается как true (истина), выполняется *[1] действие*, и т. д. В каждый момент времени оценивается только одно событие. Если событие оценено как false (ложь), в течение текущего интервала сканирования (в SLC)

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

ничего не происходит и никакие другие события не анализируются. Когда SLC запускается, в каждом интервале сканирования он выполняет оценку *[0] события*. И только когда *[0] событие* будет оценено как true (истина), SLC выполнит *[0] действие* и начнет оценивать *[1] событие*. Можно запрограммировать от 1 до 20 *событий* и *действий*.
Когда произошло последнее *событие/действие*, последовательность начинается снова с *[0] события/[0] действия*. На *Рисунок 14.9* показан пример с тремя событиями/действиями.

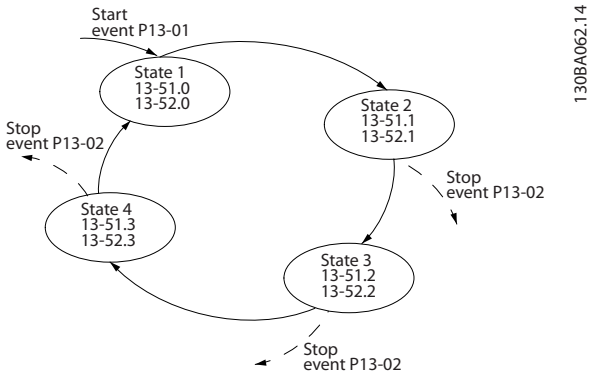


Рисунок 14.9 Внутренний регулятор тока, пример

Компараторы
Компараторы используются для сравнения непрерывных переменных (таких как выходная частота, выходной ток, аналоговый входной сигнал и т. д.) с фиксированными предустановленными величинами.

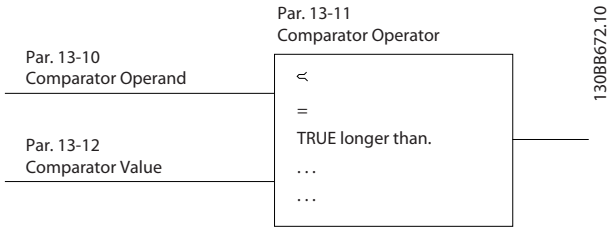


Рисунок 14.10 Компараторы

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.

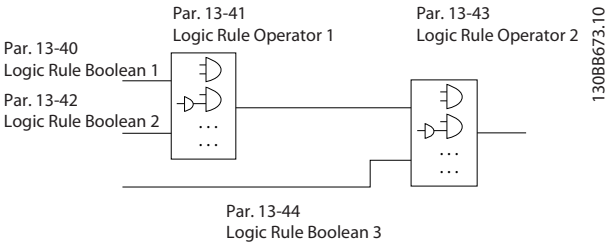
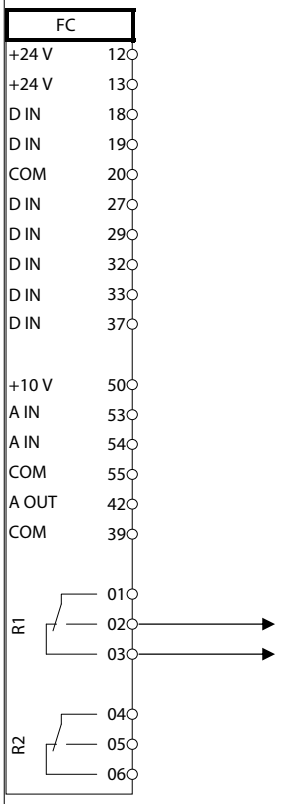


Рисунок 14.11 Логические соотношения

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

Пример применения



	Параметры	
	Функция	**Настройка**
	Параметр 4-30 Функция при потере ОС двигателя	*[1] Предупреждение*
	Параметр 4-31 Ошибка скорости ОС двигателя	100 об/мин
	Параметр 4-32 Тайм-аут при потере ОС двигателя	5 с
	Параметр 7-00 Ист.сигн.ОС ПИД-рег.скор.	*[2] MCB 102*
	Параметр 17-11 Разрешение (позиции/об)	1024*
	Параметр 13-00 Режим контроллера SL	*[1] Включена*
	Параметр 13-01 Событие запуска	*[19] Предупреждение*
	Параметр 13-02 Событие останова	*[44] Кнопка сброса*
	Параметр 13-10 Операнд сравнения	*[21] № предупреждения*
	Параметр 13-11 Оператор сравнения	[1] ≈*
	Параметр 13-12 Результат сравнения	90
	Параметр 13-51 Событие контроллера SL	*[22] Компаратор 0*
	Параметр 13-52 Действие контроллера SL	*[32] Ус.н.ур.на цфв.вых.A*
	Параметр 5-40 Реле функций	*[80] Цифр. выход SL A*

	Параметры	
	Функция	**Настройка**
	*= Значение по умолчанию	
Примечания/комментарии. *Предупреждение 90 Конт. энкодера* выдается при превышении предела для монитора обратной связи. SLC отслеживает *предупреждение 90 Конт. энкодера*. Если *предупреждение 90 Конт. энкодера* становится истинным (true), активируется реле 1. Внешнее оборудование может указывать на необходимость обслуживания. Если ошибка обратной связи опускается ниже предела снова в течение 5 секунд, преобразователь частоты продолжает работу и предупреждение исчезает. Нажмите [Reset] (Сброс) на LCP, чтобы сбросить реле 1.		

Таблица 14.3 Использование SLC для настройки реле

14

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

15 Формирование заданий

Местное задание

Преобразователь частоты переходит в режим ручного управления после нажатия кнопки [Hand On] (Ручной пуск). Для настройки задания используются кнопки [▲/▼] и [◄/►].

Дистанционное задание

Система, отвечающая за вычисление задания, показана на *Рисунок 15.1*.

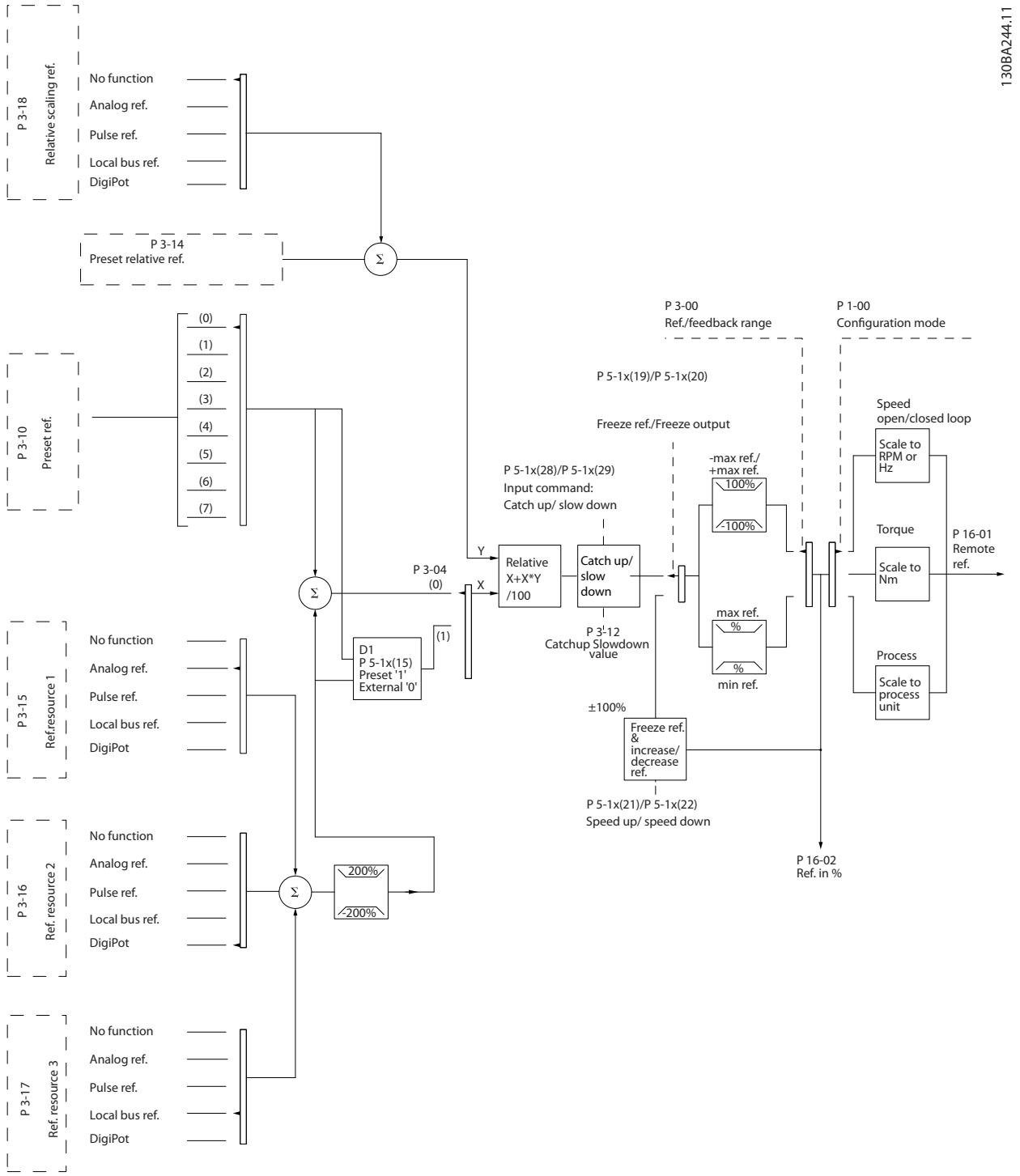


Рисунок 15.1 Дистанционное задание

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

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

- X (внешнее): Сумма (см. пар. *параметр 3-04 Функция задания*) до четырех выбранных внешних заданий, включая любые комбинации фиксированных предустановленных заданий (*параметр 3-10 Предустановленное задание*), переменных аналоговых заданий, переменных дискретных импульсных заданий и различных заданий, поступающих по последовательной шине, измеренных в единицах управления преобразователя частоты ([Гц], [об/мин], [Н·м] и т. д.). Комбинация определяется настройкой параметров *параметр 3-15 Источник задания 1*, *параметр 3-16 Источник задания 2* и *параметр 3-17 Источник задания 3*.
- Y (относительное): сумма одного фиксированного предустановленного задания (*параметр 3-14 Предустановл.относительное задание*) и одного переменного аналогового задания (*параметр 3-18 Источник отн. масштабирования задания*) в [%].

Два типа задания на входе суммируются по следующей формуле: Дистанционное задание =X+X*Y/100%. Если относительное задание не используется, необходимо установить для параметра *параметр 3-18 Источник отн. масштабирования задания* значение *[0] Не используется*, а для параметра *параметр 3-14 Предустановл.относительное задание* — значение 0 %. Преобразователь частоты может активировать функцию *увеличения/уменьшения задания* и функцию *фиксации задания.* Описание функций и параметров можно найти в *руководстве по программированию*.
Масштабирование аналоговых заданий описывается *группами параметров 6-1* Аналоговый вход 1* и *6-2* Аналоговый вход 2*, а масштабирование импульсных заданий на цифровых входах — *группой параметров 5-5* Импульсный вход*.
Пределы и диапазоны заданий устанавливаются в *группе параметров 3-0* Пределы задания*.

15.1 Пределы задания

Сочетание параметров *Параметр 3-00 Диапазон задания*, *параметр 3-02 Мин. задание* и *параметр 3-03 Максимальное задание* определяет диапазон для суммы всех заданий. Эта сумма всех заданий при необходимости фиксируется. Зависимость между результирующим заданием (после фиксации) и суммой всех заданий показана на *Рисунок 15.2* и *Рисунок 15.3*.

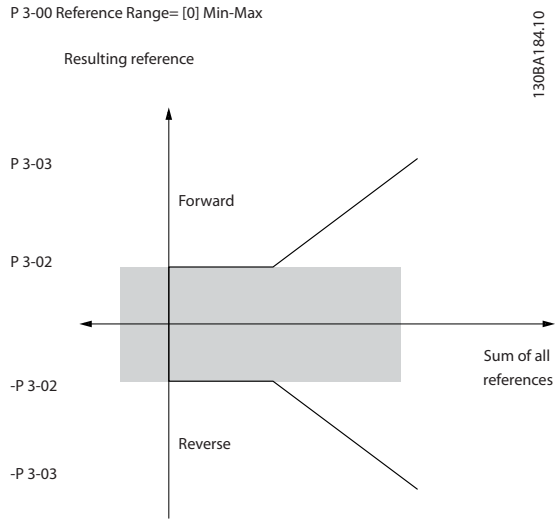


Рисунок 15.2 Зависимость между результирующим заданием и суммой всех заданий

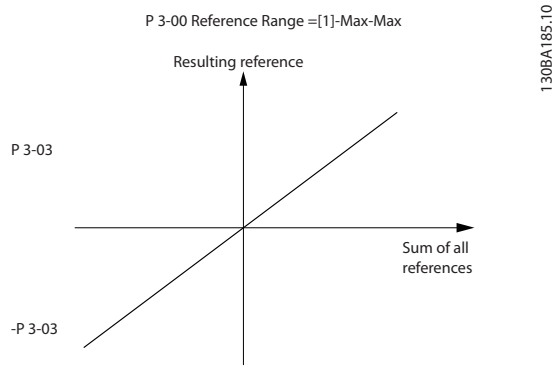


Рисунок 15.3 Результирующее задание

Для параметра *параметр 3-02 Мин. задание* нельзя установить значение меньше, чем 0, если для *параметр 1-00 Режим конфигурирования* не установлено значение *[3] Процесс*. В этом случае зависимость между результирующим заданием (после фиксации) и суммой всех заданий имеет вид, показанный на *Рисунок 15.4*.

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

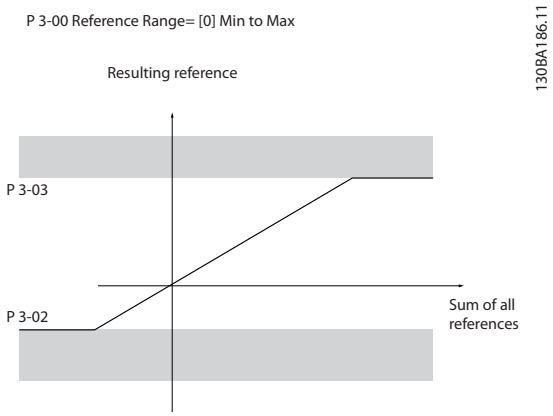


Рисунок 15.4 Сумма всех заданий

15.2 Масштабирование предустановленных заданий

Предустановленные задания обозначаются единицами измерения, например об/мин, м/с, бар и т. д. Предварительно устанавливаемые задания масштабируются по следующим правилам:

- Когда *параметр 3-00 Диапазон задания= [0] Мин. - Макс.*, *параметр 3-02 Мин. задание* является минимальным заданием (0%), а *параметр 3-03 Максимальное задание* — максимальным заданием (100 %). Задание 50 % находится ровно посередине между двумя этими значениями.
- Когда *параметр 3-00 Диапазон задания=[1] - Макс. - +Макс.*, *параметр 3-02 Мин. задание* игнорируется. *Параметр 3-03 Максимальное задание* является максимальным заданием (100 %), используемым в качестве значения +Макс. (+100%) и значения -Макс. (-100%). Задание 50 % находится ровно посередине между двумя этими значениями.

15.3 Масштабирование заданий и сигналов ОС на аналоговом и импульсном входах

Задания и сигналы обратной связи масштабируются с аналоговых и цифровых входов одинаково. Единственным различием является то, что задания выше или ниже заданных минимальных и максимальных конечных точек (P1 и P2 на *Рисунок 15.5*) фиксируются, а сигнал обратной связи выше или ниже этих точек не фиксируется.

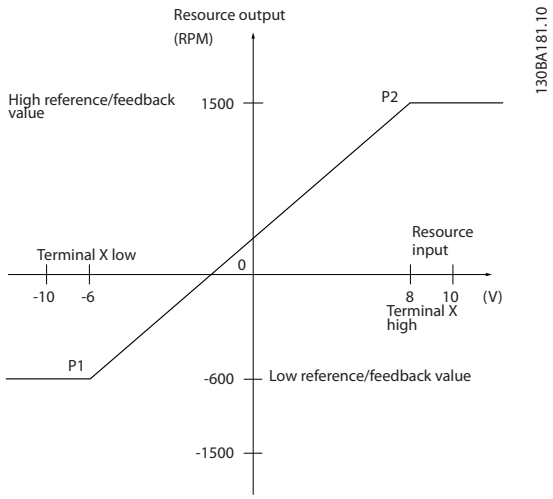


Рисунок 15.5 Масштабирование заданий на аналоговом и импульсном входах

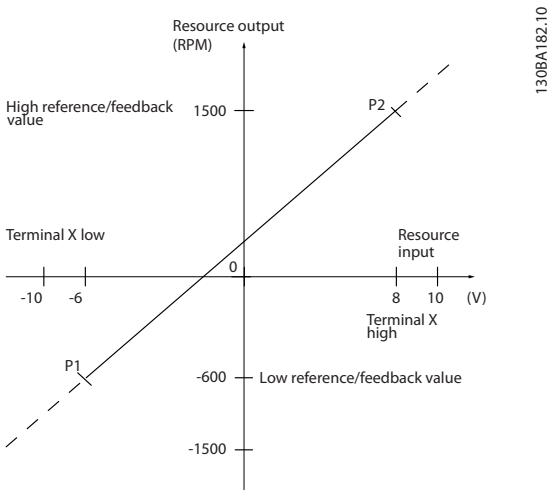


Рисунок 15.6 Масштабирование сигналов обратной связи на аналоговом и импульсном входах

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

15

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

	Аналоговый 53 S201=ВЫКЛ	Аналоговый 53 S201=ВКЛ	Аналоговый 54 S202=ВЫКЛ	Аналоговый 54 S202=ВКЛ	Импульсный вход 29	Имп. вход 33
P1 = (минимальное входное значение, минимальное значение задания)						
Минимальное значение задания	*Параметр 6-14 Клемма 53, низкое зад./обр. связь*	*Параметр 6-14 Клемма 53, низкое зад./обр. связь*	*Параметр 6-24 Клемма 54, низкое зад./обр. связь*	*Параметр 6-24 Клемма 54, низкое зад./обр. связь*	*Параметр 5-52 Клемма 29, мин. задание/обр. связь*	*Параметр 5-57 Клемма 33, мин. задание/обр. связь*
Минимальное входное значение	*Параметр 6-10 Клемма 53, низкое напряжение* [В]	*Параметр 6-12 Клемма 53, малый ток* [мА]	*Параметр 6-20 Клемма 54, низкое напряжение* [В]	*Параметр 6-22 Клемма 54, малый ток* [мА]	*Параметр 5-50 Клемма 29, мин. частота* [Гц]	*Параметр 5-55 Клемма 33, мин. частота* [Гц]
P2 = (максимальное входное значение, максимальное значение задания)						
Максимальное значение задания	*Параметр 6-15 Клемма 53, высокое зад./обр. связь*	*Параметр 6-15 Клемма 53, высокое зад./обр. связь*	*Параметр 6-25 Клемма 54, высокое зад./обр. связь*	*Параметр 6-25 Клемма 54, высокое зад./обр. связь*	*Параметр 5-53 Клемма 29, макс. задание/обр. связь*	*Параметр 5-58 Клемма 33, макс. задание/обр. связь*
Максимальное входное значение	*Параметр 6-11 Клемма 53, высокое напряжение* [В]	*Параметр 6-13 Клемма 53, большой ток* [мА]	*Параметр 6-21 Клемма 54, высокое напряжение* [В]	*Параметр 6-23 Клемма 54, большой ток* [мА]	*Параметр 5-51 Клемма 29, макс. частота* [Гц]	*Параметр 5-56 Клемма 33, макс. частота* [Гц]

Таблица 15.1 Параметры P1 и P2

15.4 Зона нечувствительности около нуля

В некоторых случаях нужно, чтобы задание (а изредка и сигнал обратной связи) имело зону нечувствительности около нулевой точки. Такая зона используется для обеспечения останова машины, когда значение задания находится около нуля.

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

- Значение либо минимального (см. соответствующий параметр в *Таблица 15.1*), либо максимального задания должно быть равно нулю. Иными словами, P1 или P2 должны находиться на оси X на *Рисунок 15.7*.
- При этом обе точки, определяющие кривую масштабирования, должны находиться в одном квадранте.

Размер зоны нечувствительности определяется точкой P1 или точкой P2. См. *Рисунок 15.7*.

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

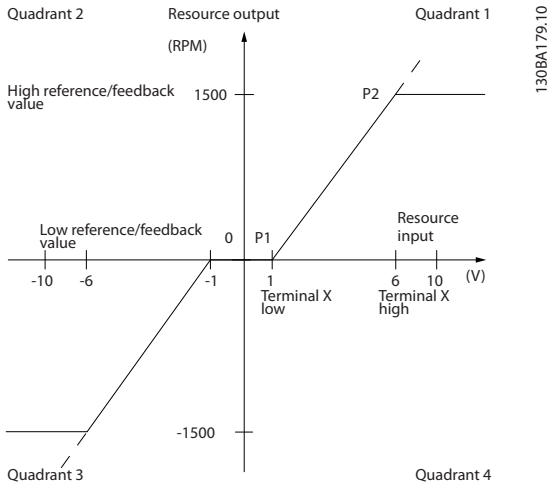


Рисунок 15.7 Зона нечувствительности

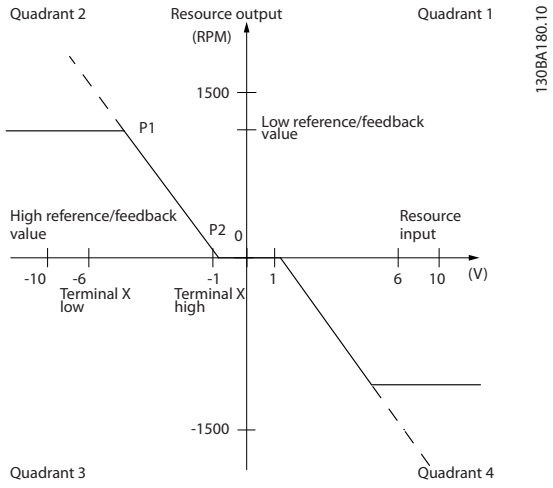


Рисунок 15.8 Обратная зона нечувствительности

Таким образом, конечная точка задания P1 = (0 В, 0 об/мин) не приводит к появлению зоны нечувствительности, но конечная точка задания P1 = (1 В, 0 об/мин) вызывает в этом случае появление зоны нечувствительности от -1 до +1 В при условии, что конечная точка P2 находится в квадранте 1 или 4.

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

Случай 1. Этот случай показывает, как фиксируется вход задания с пределами, лежащими внутри интервала от минимума до максимума.

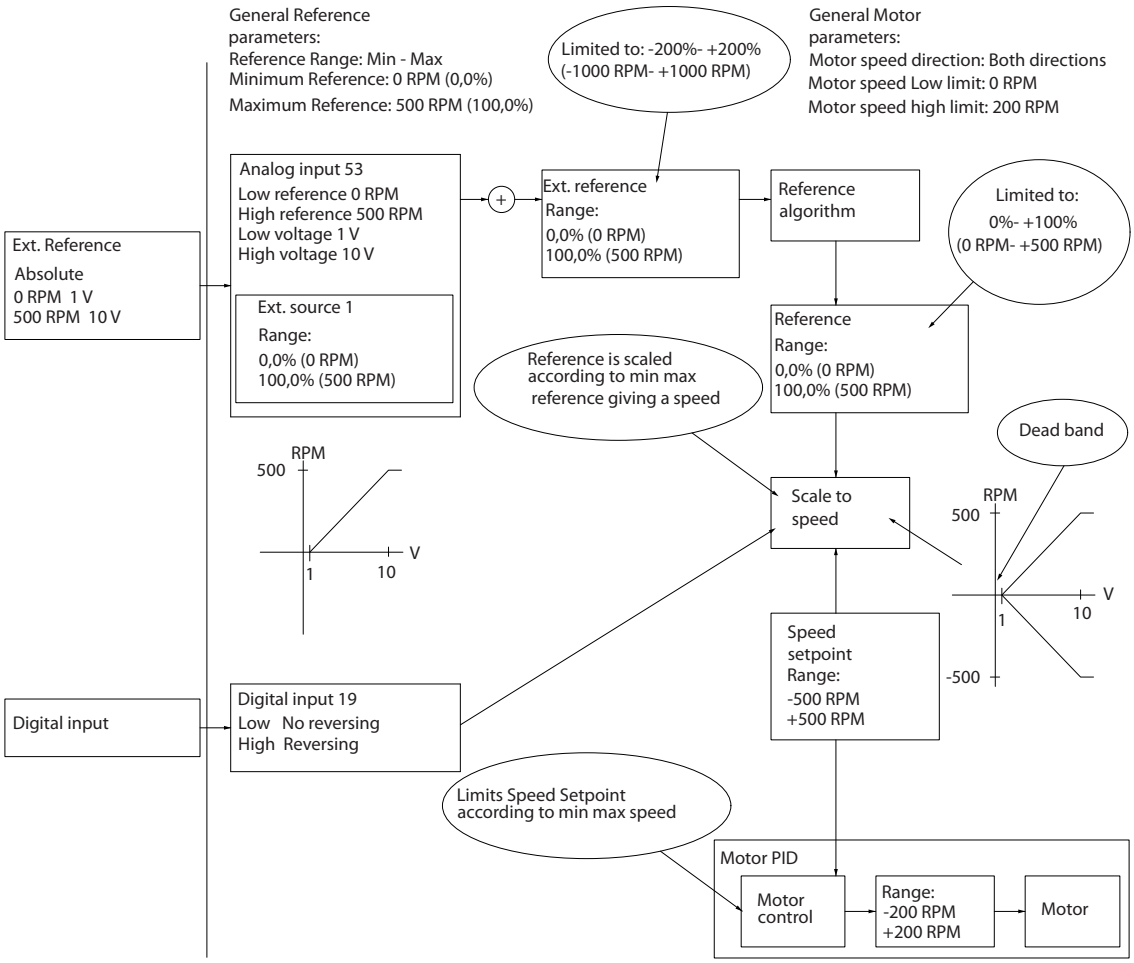


Рисунок 15.9 Положительное задание с зоной нечувствительности, цифровой вход для запуска реверса.

15

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

Случай 2. Этот случай показывает, как вход задания с пределами, находящимися вне пределов от -максимум до +максимум, фиксирует на входах нижний и верхний пределы перед прибавлением к внешнему заданию, а также как внешнее задание фиксируется алгоритмом задания к диапазону от -максимум до +максимум.

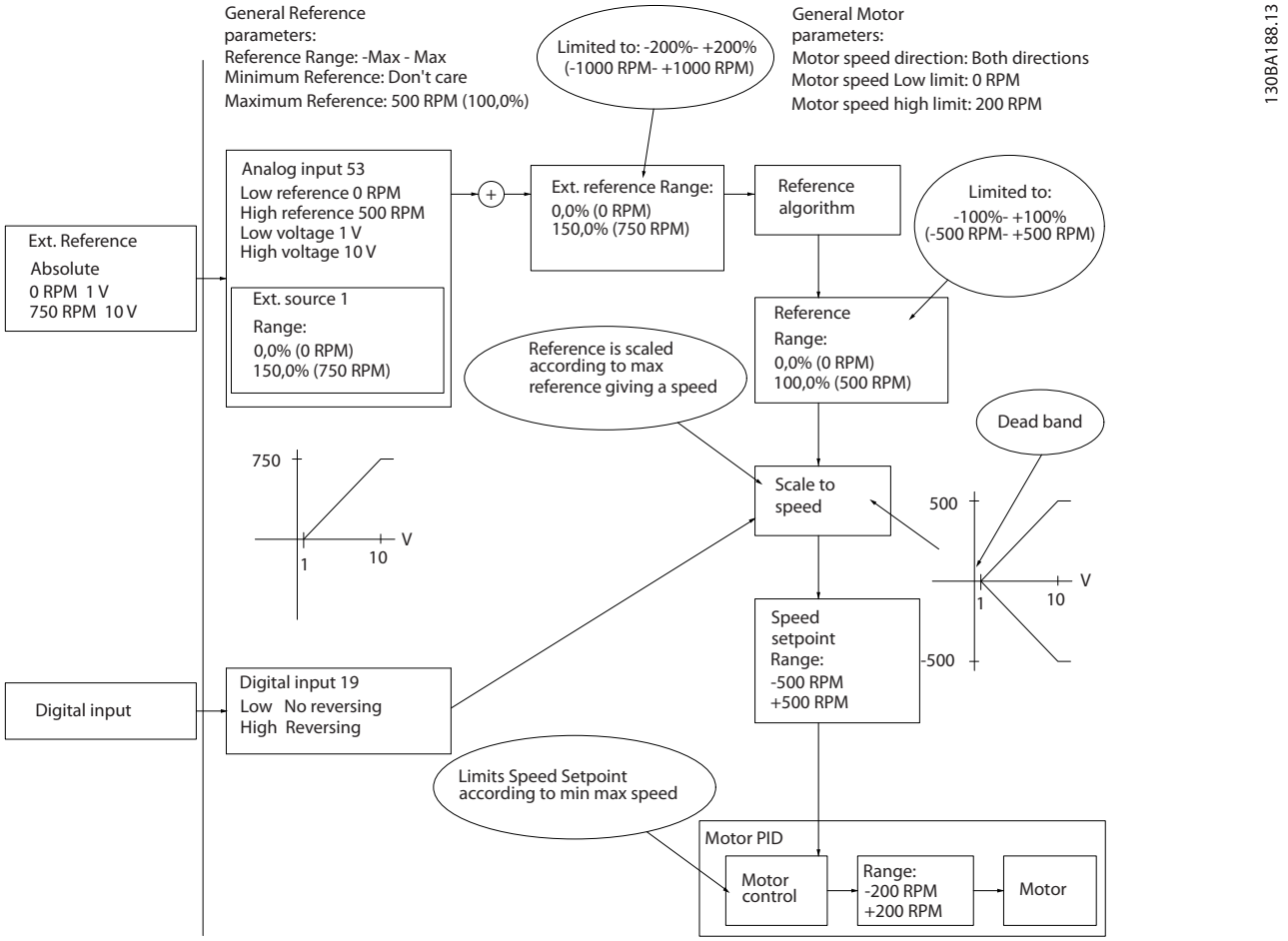


Рисунок 15.10 Положительное задание с зоной нечувствительности, цифровой вход для запуска реверса. Правила фиксации

15

Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

Случай 3.

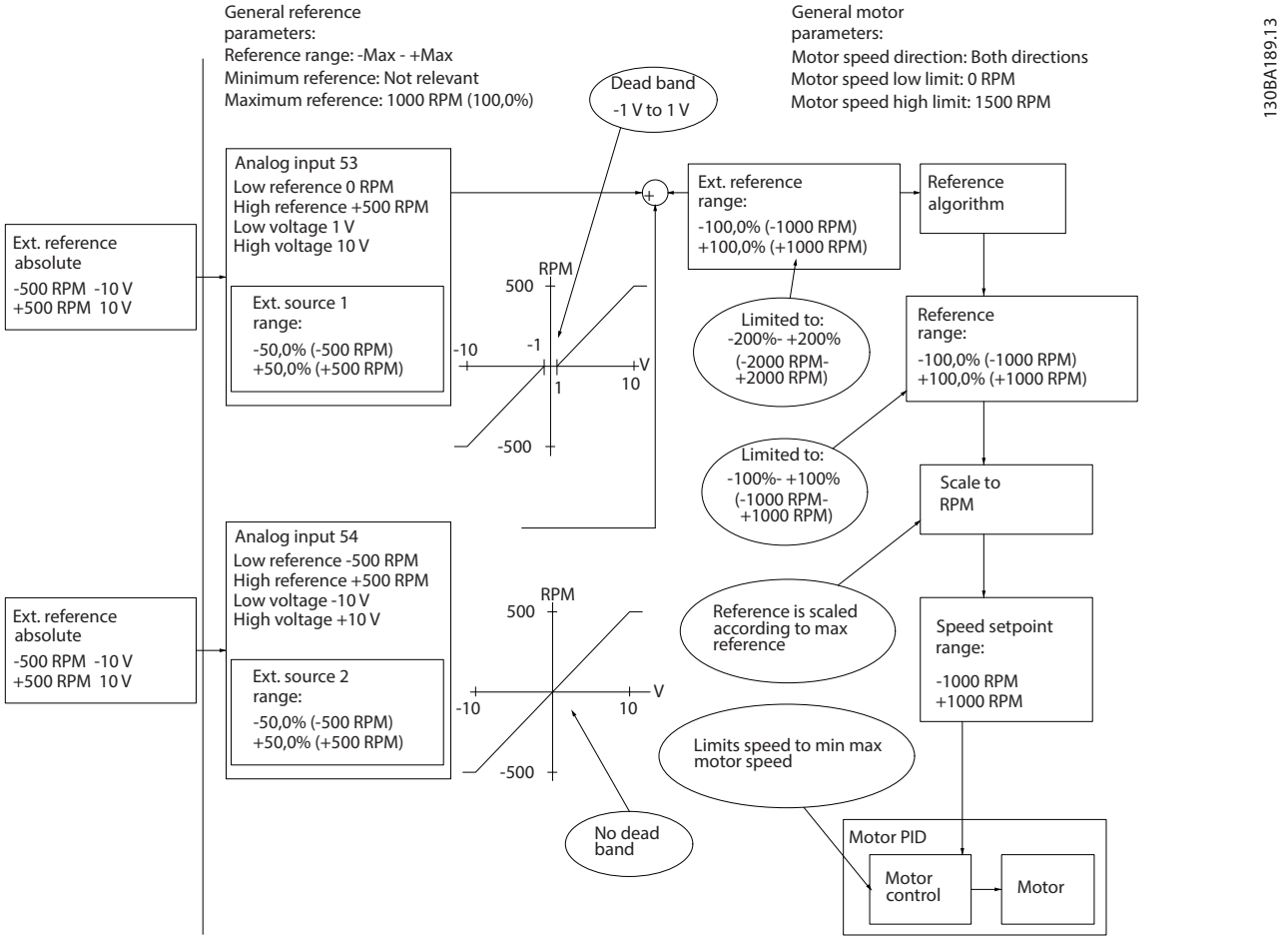


Рисунок 15.11 Задание в диапазоне от отрицательного до положительного значения с зоной нечувствительности, знак определяет направление, от -максимума до +максимума.

15

Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

16 ПИД-регуляторы

16.1 ПИД-регулирование скорости

Параметр 1-00 Режим конфигурирования	*Параметр 1-01 Принцип управления двигателем*			
	U/f	**VVC+**	**Flux без датчика**	**Магнитный поток с обратной связью от энкодера**
[0] Ск-сть, без обр. св.	Не действует	Не действует	Действует	–
[1] Ск-сть, замкн.конт.	–	Действует	–	Действует
[2] Момент затяжки	–	–	–	Не действует
[3] Процесс	–	Не действует	Действует	Действует

Таблица 16.1 Конфигурации регулирования при действующем регуляторе скорости

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

УВЕДОМЛЕНИЕ

ПИД-регулятор скорости работает при значениях параметров, установленных по умолчанию, тем не менее, настоятельно рекомендуется оптимизировать характеристики управления двигателем. Реализация полного потенциала возможностей обоих способов управления двигателем с помощью магнитного потока зависит от правильной настройки.

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

16.1.1 Параметры ПИД-регулятора скорости

Параметр	Описание функции	
Параметр 7-00 Ист.сигн.ОС ПИД-рег.скор.	Используется для выбора входа, от которого будет поступать сигнал обратной связи для ПИД-регулятора скорости.	
Параметр 30-83 Усил-е прпрц. зв.ПИД-рег. ск-сти	Чем выше это значение, тем быстрее происходит регулирование. Однако слишком высокое значение способно привести к автоколебаниям.	
Параметр 7-03 Постоянн.интегр-я ПИД-регулят.скор.	Исключает статическую ошибку скорости. Чем ниже значение, тем быстрее реакция. Однако слишком низкое значение способно привести к автоколебаниям.	
Параметр 7-04 Постоянн.дифф-я ПИД-регулят. скор.	Обеспечивает коэффициент усиления, пропорциональный скорости изменения сигнала обратной связи. Установка этого параметра на нуль отключает дифференцирующее звено.	
Параметр 7-05 Пр.усил.в цепи дифф-я ПИД-рег.скор	В случае быстрых изменений задания или сигнала обратной связи в данном применении, что приводит к резкому изменению рассогласования, действие дифференцирующего звена может стать преобладающим. Чем быстрее изменяется рассогласование, тем больше будет коэффициент усиления дифференцирующего звена. Следовательно, можно ограничить коэффициент усиления дифференцирующего звена таким образом, чтобы получить возможность установки приемлемой постоянной времени дифференцирования для медленных изменений и надлежащее ее значение для быстрых изменений.	
Параметр 7-06 Пост.вр.фильт.ниж.част.ПИД-рег.скор.	Фильтр нижних частот подавляет автоколебания сигнала обратной связи и улучшает характеристики в установившемся режиме. Однако слишком большая постоянная времени фильтра ухудшает динамические свойства ПИД-регулятора скорости. Практические значения параметра *параметр 7-06 Пост.вр.фильт.ниж.част.ПИД-рег.скор.*, взятые из числа импульсов на оборот от энкодера (PPR):	
	PPR энкодера	***Параметр 7-06 Пост.вр.фильт.ниж.част. ПИД-рег.скор.***
	512	10 мс
	1024	5 мс
	2048	2 мс
	4096	1 мс

Таблица 16.2 Параметры для конфигурирования ПИД-регулятора скорости

16.1.2 Пример программирования регулятора скорости

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

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

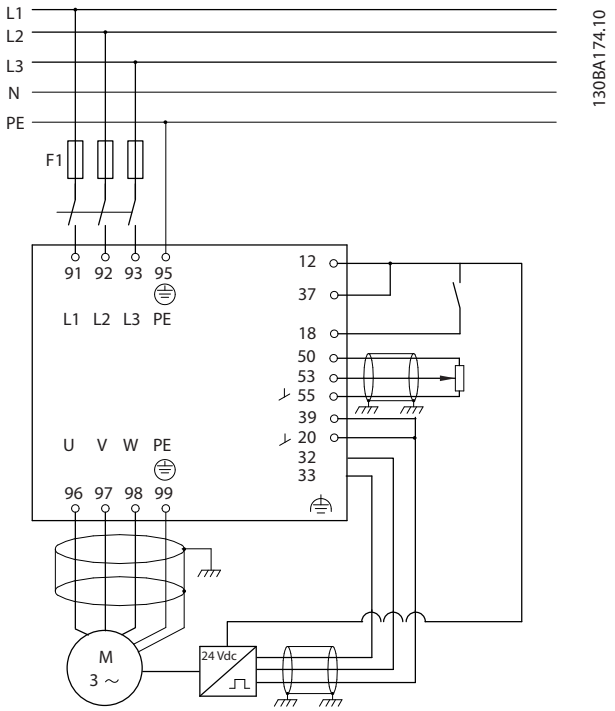


Рисунок 16.1 Подключения регулятора скорости

16.1.3 Порядок программирования ПИД-регулятора скорости

Описанное ниже программирование должно выполняться в указанном порядке (см. описание настроек в *руководстве по программированию*). В *Таблица 16.3* предполагается, что все остальные параметры и выключатели остаются в положении, заданном по умолчанию.

Функция	Номер параметра	Настройка
1) Чтобы убедиться, что двигатель работает надлежащим образом, выполните следующее.		
Настройте параметры двигателя в соответствии с характеристиками двигателя, взятыми с паспортной таблички.	*Группа параметров 1-2* Данные двигателя*	Как указано на паспортной табличке двигателя
Выполните автоматическую адаптацию двигателя (ААД).	*Параметр 1-29 Авто адаптация двигателя (ААД)*	*[1] Включ. полной* ААД
2) Проверьте правильность работы двигателя и установки энкодера. Выполните следующие операции:		
Нажмите [Hand On] (Ручной режим). Проверьте, работает ли двигатель, и заметьте, в каком направлении он вращается (положительное направление).		Установите положительное задание.
Перейдите к *параметр 16-20 Угол двигателя*. Медленно проворачивайте двигатель в положительном направлении. Проворачивать двигатель следует настолько медленно (всего лишь несколько оборотов в минуту), чтобы можно было определить, увеличивается или уменьшается значение параметра *параметр 16-20 Угол двигателя*.	*Параметр 16-20 Угол двигателя*	Не определено (параметр только для чтения). Примечание. возрастая, значение параметра доходит до 65535 и снова начинается с нуля.
Если *параметр 16-20 Угол двигателя* уменьшается, измените направление энкодера в пар. *параметр 5-71 Клеммы 32/33, направление энкодера*.	*Параметр 5-71 Клеммы 32/33, направление энкодера*	*[1] Против часов. стрелки* (если *параметр 16-20 Угол двигателя* уменьшается)
3) Убедитесь, что пределы преобразователя частоты установлены на безопасные значения.		

16

Функция	Номер параметра	Настройка
Установите допустимые пределы для заданий.	*Параметр 3-02 Мин. задание*	0 об/мин (по умолчанию)
	Параметр 3-03 Максимальное задание	1500 об/мин (по умолчанию)
Проверьте, находятся ли установки изменения скорости в пределах возможностей устройства и допустимых рабочих характеристик данного применения.	*Параметр 3-41 Время разгона 1*	Настройка по умолчанию
	Параметр 3-42 Время замедления 1	
Установите допустимые пределы для скорости и частоты двигателя.	*Параметр 4-11 Нижн.предел скор.двигателя[об/мин]*	0 об/мин (по умолчанию)
	Параметр 4-13 Верхн.предел скор.двигателя [об/мин]	1500 об/мин (по умолчанию)
	Параметр 4-19 Макс. выходная частота	60 Гц (по умолчанию 132 Гц)
4) Выполните конфигурирование регулятора скорости и выберите принцип управления двигателем.		
Активация регулятора скорости.	*Параметр 1-00 Режим конфигурирования*	*[1] Ск-сть, замкн.конт.*
Выбор принципа управления двигателем.	*Параметр 1-01 Принцип управления двигателем*	*[3] Flux с ОС от двигат.*
5) Выполните конфигурирование и масштабирование задания для регулятора скорости.		
Выберите аналоговый вход 53 в качестве источника задания.	*Параметр 3-15 Источник задания 1*	Не требуется (по умолчанию).
Масштабируйте аналоговый вход 53 на диапазон от 0 об/мин (0 В) до 1500 об/мин (10 В).	*Группа параметров 6-1* Аналоговый вход 1.*	Не требуется (по умолчанию).
6) Выполните конфигурирование сигнала энкодера HTL 24 В в качестве обратной связи для управления двигателем и регулирования скорости.		
Установите в качестве входов энкодера цифровые входы 32 и 33.	*Параметр 5-14 Клемма 32, цифровой вход*	*[0] Не используется* (по умолчанию).
	Параметр 5-15 Клемма 33, цифровой вход	
В качестве источника сигнала обратной связи двигателя выберите клеммы 32/33.	*Параметр 1-02 Flux-источник ОС двигателя*	Не требуется (по умолчанию).
В качестве источника сигнала обратной связи ПИД-регулятора скорости выберите клеммы 32/33.	*Параметр 7-00 Ист.сигн.ОС ПИД-рег.скор.*	Не требуется (по умолчанию).
7) Настройте параметры ПИД-регулятора скорости.		
Воспользуйтесь указаниями по настройке (при необходимости) или произведите настройку вручную.	*Группа параметров 7-0* ПИД-регулят. скор.*	См. *глава 16.1.4 Настройка ПИД-регулятора скорости*
8) Программирование завершено.		
Сохраните значения параметров в память LCP.	*Параметр 0-50 Копирование с LCP*	*[1] Все в LCP*

Таблица 16.3 Порядок программирования

16.1.4 Настройка ПИД-регулятора скорости

Приведенные ниже указания по настройке относятся к использованию одного из принципов управления двигателем с помощью магнитного потока в применениях, где нагрузка инерционна (трение мало).

Значение *параметр 30-83 Усил-е прпрц. зв.ПИД-рег. ск-сти* зависит от суммарного момента инерции двигателя и нагрузки. Выбранная полоса частот вычисляется по следующей формуле:

16

$$Пар.\ 7-02 = \frac{Суммарный\ момент\ инерции\ [кг{\cdot}м^2]\ x\ пар.\ 1-25}{Пар.\ 1-20\ x\ 9550}\ x$$

$$Полоса\ частот\ [рад/с]$$

УВЕДОМЛЕНИЕ

Параметр *Параметр 1-20 Мощность двигателя [кВт]* задает мощность двигателя в кВт. Например, в формулу можно подставить 4 кВт вместо 4000 Вт.

На практике значение полосы частот составляет 20 рад/с. Проверьте результат вычисления *параметр 30-83 Усил-е прпрц. зв.ПИД-рег. ск-сти* по следующей формуле. Если используется обратная связь с высоким разрешением, например через синусно-косинусный преобразователь, этого не требуется.

$$Пар.\ 7-02_{МАКС.} = \frac{0.01\ x\ 4\ x\ Энкодер\ Разрешение\ x\ Пар.\ 7-06}{2\ x\ \pi}$$

$$x\ Макс.\ пульсация\ крутящего\ момента\ [\%]$$

Подходящим начальным значением для параметра *параметр 7-06 Пост.вр.фильт.ниж.част.ПИД-рег.скор.* является 5 мс. Меньшее разрешение энкодера вызывает более интенсивную фильтрацию. Обычно приемлемой величиной максимальной пульсации крутящего момента считается 3 %. Для инкрементных энкодеров разрешение определяется либо в параметре *параметр 5-70 Клеммы 32/33, число имп. на об.* (HTL 24 В на стандартном приводе), либо в параметре *параметр 17-11 Разрешение (позиции/об)* (ТТЛ 5 В на дополнительном модуле VLT® Encoder Input MCB 102).).

Обычно практически пригодный максимальный предел параметра *параметр 30-83 Усил-е прпрц. зв.ПИД-рег. ск-сти* определяется разрешением энкодера и постоянной времени фильтра обратной связи, однако в данном применении другие факторы могут ограничить параметр *параметр 30-83 Усил-е прпрц. зв.ПИД-рег. ск-сти* более низким значением.

Чтобы свести к минимуму перерегулирование, параметр *параметр 7-03 Постоянн.интегр-я ПИД-регулят.скор.* можно установить равным приблизительно 2,5 с. Это время зависит от применения.

До тех пор, пока не будут настроены все остальные параметры, параметр *параметр 7-04 Постоянн.дифф-я ПИД-регулят. скор.* должен быть установлен на «0». Если необходимо, завершите настройку, изменяя это значение малыми приращениями.

16.2 ПИД-регулирование процесса

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

В *Таблица 16.4* показаны конфигурации регулирования, в которых возможно регулирование процесса. Если используется принцип векторного регулирования двигателя с помощью магнитного потока, необходимо также произвести настройку параметров ПИД-регулятора скорости. Области действия регулятора скорости указаны в *глава 14.3.1 Структура управления в VVC+ Усовершенствованное векторное управление*.

Параметр 1-00 Режим конфигурирования	*Параметр 1-01 Принцип управления двигателем*			
	U/f	VVC+	Flux без датчика	Магнитный поток с обратной связью от энкодера
[3] Процесс	–	Процесс	Процесс и скорость	Процесс и скорость

Таблица 16.4 Конфигурации управления процессом

УВЕДОМЛЕНИЕ

ПИД-регулятор процесса может работать при значениях параметров, установленных по умолчанию; тем не менее, настоятельно рекомендуется провести оптимизацию характеристик управления системой. Реализация полного потенциала возможностей обоих способов управления двигателем зависит от правильной настройки ПИД-регулятора скорости. Настройка ПИД-регулятора скорости выполняется до настройки ПИД-регулятора процесса.

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

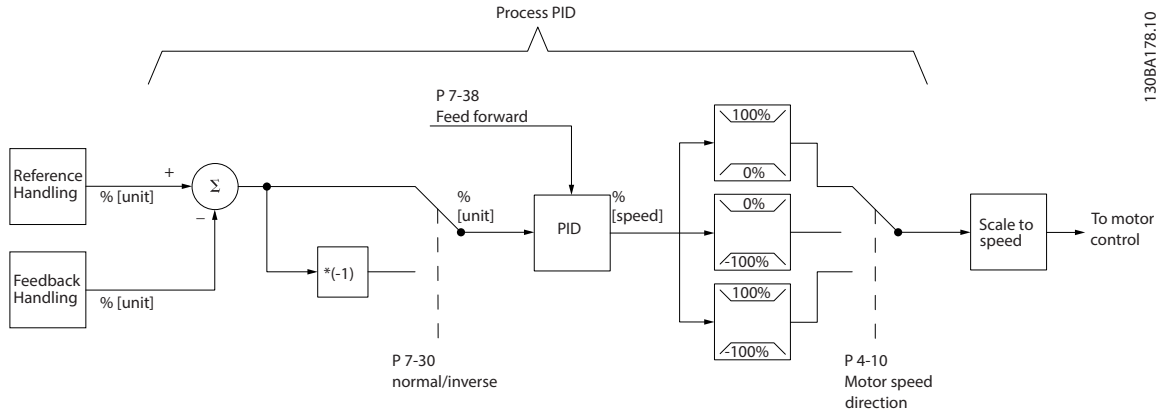


Рисунок 16.2 Схема ПИД-регулятора процесса

16.2.1 Параметры ПИД-регулятора процесса

К регулированию процесса относятся следующие параметры:

Параметр	Описание функции
Параметр 7-20 Источник ОС 1 для упр. процессом	Используется для выбора входа, от которого будет поступать сигнал обратной связи для ПИД-регулятора процесса.
Параметр 7-22 Источник ОС 2 для упр. процессом	Дополнительная возможность. определите, должен ли ПИД-регулятор процесса получать дополнительный сигнал обратной связи. Если выбран дополнительный источник обратной связи, то перед использованием в ПИД-регулятора процесса оба сигнала обратной связи будут суммироваться.
Параметр 7-30 Норм/инв реж. упр. ПИД-рег.пр.	При значении *[0] Нормальный* реакция регулятора процесса состоит в увеличении скорости вращения двигателя, если поступающий сигнал обратной связи меньше задания. В такой же ситуации, но при режиме управления *[1] Инверсный*, реакция регулятора процесса заключается в уменьшении числа оборотов двигателя.
Параметр 7-31 Антираскрутка ПИД-рег. проц.	Благодаря действию функции антираскрутки, при достижении предела либо по частоте, либо по крутящему моменту, устанавливается такой коэффициент усиления интегрирующего звена, который соответствует фактической частоте. Эта функция предотвращает интегрирование рассогласования, которое не может быть скомпенсировано путем изменения скорости. Эта функция может быть запрещена выбором значения *[0] Выкл*.
Параметр 7-32 Скорость пуска ПИД-рег.пр.	В некоторых применениях достижение требуемой скорости/уставки может занимать продолжительное время. В таких применениях целесообразно устанавливать фиксированную скорость двигателя командой преобразователя частоты перед включением регулятора процесса. Укажите фиксированную скорость двигателя, для чего задайте начальное значение (скорость) для ПИД-регулятора процесса в параметре *параметр 7-32 Скорость пуска ПИД-рег.пр.*.
Параметр 7-33 Проп.коэфф.усс.ПИД-рег. проц.	Чем выше это значение, тем быстрее происходит регулирование. Однако слишком большое значение способно привести к автоколебаниям.
Параметр 7-34 Пост. врем. интегр.ПИД-рег. проц.	Исключает статическую ошибку скорости. Чем ниже значение, тем быстрее реакция. Однако слишком малое значение способно привести к автоколебаниям.
Параметр 7-35 Постоянная врем.дифф.ПИД-рег. проц.	Обеспечивает коэффициент усиления, пропорциональный скорости изменения сигнала обратной связи. Установка этого параметра на нуль отключает дифференцирующее звено.
Параметр 7-36 ПУ цепи дифф.ПИД-рег.пр.	При быстрых изменениях задания или обратной связи в данной системе, можно ограничить коэффициент усиления дифференцирующего звена таким образом, чтобы получить возможность установки приемлемой постоянной времени дифференцирования для медленных изменений ошибки.
Параметр 7-38 Коэфф.пр.св. ПИД-рег.пр	В применениях, где имеется значительная и приблизительно линейная корреляция между заданием процесса и скоростью двигателя, необходимой для достижения такого задания, возможно использование коэффициента прямой связи для улучшения динамических характеристик ПИД-регулятора процесса.

16

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

Параметр	Описание функции
Параметр 5-54 Пост.времен и имп.фильтра №29 (импульсн. клемма 29), *Параметр 5-59 Пост.времен и импульсн. фильтра №33* (импульсн. клемма 33), *Параметр 6-16 Клемма 53,постоянн.времени фильтра* (аналог. клемма 53), *Параметр 6-26 Клемма 54, пост. времени фильтра* (аналог. клемма 54)	Если в сигнале обратной связи по току/напряжению присутствуют колебания, их можно уменьшить с помощью фильтра нижних частот. Эта постоянная времени показывает предельную скорость пульсаций, появляющихся в сигнале обратной связи. Пример. Если фильтр нижних частот установлен на 0,1 с, предельная скорость составит 10 рад/с (величина, обратная 0,1 с), что соответствует (10/2 x π)) = 1,6 Гц. В примере показано, что фильтр подавляет все сигналы тока/напряжения, которые изменяются с частотой более 1,6 колебаний в секунду. Управление выполняется только сигналом обратной связи, который изменяется с частотой (скоростью) менее 1,6 Гц. Фильтр нижних частот улучшает характеристики установившегося режима, но выбор слишком большой постоянной времени фильтра ухудшает динамические свойства ПИД-регулятора процесса.

Таблица 16.5 Параметры регулирования процесса

16.2.2 Пример ПИД-регулятора процесса

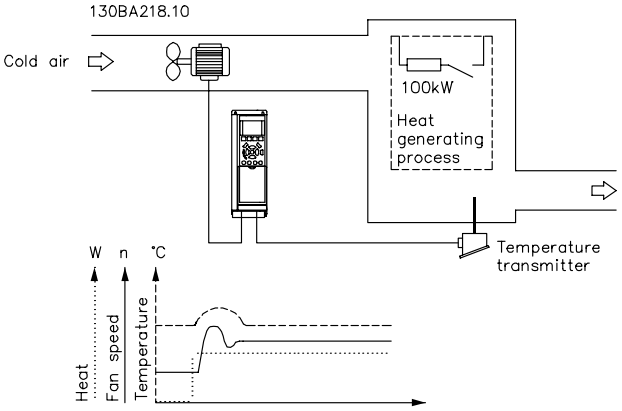


Рисунок 16.3 Ниже приведен пример ПИД-регулятора процесса, используемого в системе вентиляции.

В этом примере использования системы вентиляции необходимо регулирование температуры от -5 °C (23 °F) до 35 °C (95 °F) посредством потенциометра 0–10 В. Управление процессом используется для поддержания температуры на постоянном уровне.

При повышении температуры ПИД-регулятор процесса увеличивает скорость вентиляции, при этом подается больше воздуха. Когда температура снижается, скорость уменьшается. Используемый датчик температуры имеет рабочий диапазон от -10 °C (14 °F) до 40 °C (104 °F), 4–20 мА. Минимальный и максимальный пределы скорости составляют 300/1500 об/мин.

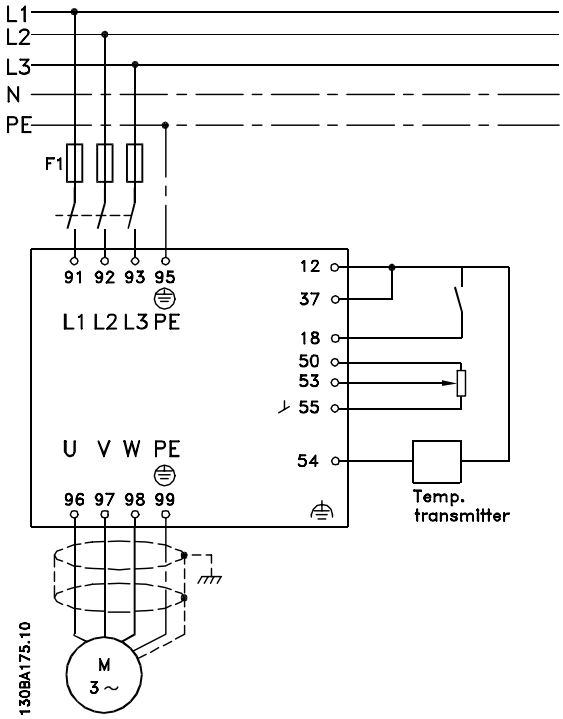


Рисунок 16.4 Двухпроводный датчик

Ниже перечислены шаги настройки ПИД-регулятора процесса, изображенного на *Рисунок 16.4*.

1. Пуск/останов системы осуществляется с помощью переключателя, присоединенного к клемме 18.
2. Задание температуры с помощью потенциометра (от -5 до 35 °C (от 23 до 95 °F), 0–10 В пост. тока), подключенного к клемме 53.
3. Обратная связь по температуре через датчик (от -10 до 40 °C (от 14 до 104 °F), 4–20 мА), подключенный к клемме 54. Переключатель S202 установлен в положение ON (ВКЛ.) (вход тока).

16

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

16.2.3 Порядок программирования ПИД-регулятора процесса

Функция	Параметр	Настройка
Инициализация преобразователя частоты	*Параметр 14-22 Режим работы*	*[2] Инициализация* 1. Выключите и включите питание. 2. Нажатием кнопки [Reset] (Сброс).
1) Установите параметры двигателя:		
Настройте параметры двигателя в соответствии с характеристиками двигателя, взятыми с паспортной таблички.	*Группа параметров 1-2* Данные двигателя*	Как указано на паспортной табличке двигателя.
Выполните автоматическую адаптацию двигателя (ААД).	*Параметр 1-29 Авто адаптация двигателя (ААД)*	[1] Включ. полной ААД
2) Убедитесь, что двигатель вращается в правильном направлении: Если двигатель подключен к преобразователю частоты с прямой очередностью фаз (U–U, V- V; W–W, то вал двигателя обычно вращается по часовой стрелке (если смотреть со стороны конца вала).		
Нажмите кнопку Hand On (Ручной режим) на панели LCP. Проверьте направление вращения вала при подаче ручного задания.		
Если вал двигателя вращается в направлении, противоположном требуемому направлению: 1. Измените направление двигателя в параметре *параметр 4-10 Направление вращения двигателя*. 2. Выключите сеть — дождитесь разрядки звена постоянного тока — поменяйте местами две фазы двигателя.	*Параметр 4-10 Направление вращения двигателя*	Выберите правильное направление вала двигателя.
Установите режим конфигурирования.	*Параметр 1-00 Режим конфигурирования*	*[3] Процесс*
Настройте конфигурацию режима местного управления.	*Параметр 1-05 Конфиг. режима местного упр.*	*[0] Скорость без ОС*
3) Задайте конфигурацию задания, то есть диапазон для формирования задания. Задайте масштабирование аналогового входа в *группе параметров 6- Аналог.ввод/вывод:***		
Задайте единицы измерения задания/обратной связи Установите мин. задание (10 °C (50 °F)): Установите макс. задание (80 °C (176 °F)): Усли установочное значение определяется на основе предварительно заданного значения (параметра массива), установите для других источников заданий значение «Не используется».	*Параметр 3-01 Единицы задания/сигн. обр. связи* *Параметр 3-02 Мин. задание* *Параметр 3-03 Максимальное задание* *Параметр 3-10 Предустановленное задание*	[60] °C, единица, отображаемая на дисплее -5 °C (23 °F) 35 °C (95 °F) [0] 35 % $Зад. = \frac{Пар.\ 3-10_{(0)}}{100} \times ((Пар.\ 3-03) - (пар.\ 3-02)) = 24,5°C$ Параметры от *Параметр 3-14 Предустановл.относительное задание* до *параметр 3-18 Источник отн. масштабирования задания, [0] = Не используется*
4) Откорректируйте предельные значения для преобразователя частоты:		
Установите для времени изменения скорости подходящее значение, например, 20 с.	*Параметр 3-41 Время разгона 1* *Параметр 3-42 Время замедления 1*	20 с 20 с

16

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

Функция	Параметр	Настройка
Установите нижние пределы скорости: Установите верхний предел скорости двигателя: Установите максимальную выходную частоту	*Параметр 4-11 Нижн.предел скор.двигателя[об/мин]* *Параметр 4-13 Верхн. предел скор.двигателя [об/мин]* *Параметр 4-19 Макс. выходная частота*	300 об/мин 1500 об/мин 60 Гц
Установите S201 или S202 на требуемую функцию аналогового входа (напряжение (V) или миллиамперы (I)) ***УВЕДОМЛЕНИЕ*** **Выключите преобразователь частоты, прежде чем менять положения переключателей. Аккуратно переключайте выключатели пальцем.**		
5) Выполните масштабирование аналоговых входов для заданий и обратной связи.		
Установите нижнее значение напряжения для клеммы 53: Установите верхнее значение напряжения для клеммы 53: Установите низкое значение сигнала обратной связи для клеммы 54: Установите высокое значение сигнала обратной связи для клеммы 54: Задайте источник сигнала ОС:	*Параметр 6-10 Клемма 53, низкое напряжение* *Параметр 6-11 Клемма 53, высокое напряжение* *Параметр 6-24 Клемма 54, низкое зад./обр. связь* *Параметр 6-25 Клемма 54, высокое зад./обр. связь* *Параметр 7-20 Источник ОС 1 для упр. процессом*	0 В 10 В -5 °C (23 °F) 35 °C (95 °F) *[2] Аналоговый вход 54*
6) Базовые настройки ПИД-регулятора:		
Нормальный/инверсный режим ПИД-регулятора процесса.	*Параметр 7-30 Норм/инв реж. упр. ПИД-рег.пр.*	*[0] Нормальный*
Антираскрутка ПИД-регулятора процесса.	*Параметр 7-31 Антираскрутка ПИД-рег. проц.*	*[1] Включена*
Начальная скорость ПИД-регулятора процесса.	*Параметр 7-32 Скорость пуска ПИД-рег.пр.*	300 об/мин
Сохранение параметров в LCP.	*Параметр 0-50 Копирование с LCP*	*[1] Все в LCP*

Таблица 16.6 Пример настройки ПИД-регулятора процесса

16

16.2.4 Оптимизация регулятора процесса

После того, как сделаны основные настройки, оптимизируйте следующее:

- Пропорциональное усиление
- Время интегрирования
- Время дифференцирования

Для большинства процессов это выполняется в приведенной ниже последовательности.

1. Запустите электродвигатель.
2. Установите для параметра *параметр 7-33 Проп.коэфф.ус.ПИД-рег. проц.* значение, равное 0,3, и увеличивайте его до тех пор, пока сигнал обратной связи не начнет плавно изменяться. После этого уменьшайте это значение до момента стабилизации сигнала обратной связи. Теперь уменьшите коэффициент усиления пропорционального звена на 40–60 %.

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

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

УВЕДОМЛЕНИЕ

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

16.3 Оптимизация ПИД-регулятора

16.3.1 Метод настройки Циглера — Николса

Для настройки ПИД-регуляторов преобразователя частоты могут использоваться несколько способов. Один из них называется методом настройки Циглера — Николса.

УВЕДОМЛЕНИЕ

Описываемый метод не следует использовать в системах, которые могут быть повреждены автоколебаниями, создаваемыми при настройках регулирования с очень малой устойчивостью.

Критерии для настройки параметров основаны на оценке системы на границе устойчивости, а не на реакции на ступенчатое воздействие. Коэффициент усиления пропорционального звена увеличивается до тех пор, пока не будут обнаружены (путем измерения сигнала обратной связи) незатухающие колебания, т. е. до момента минимальной устойчивости системы. Соответствующее усиление (K_u) именуется граничным усилением. Период колебаний (P_u) (именуется граничным периодом) определяется, как показано на *Рисунок 16.5*.

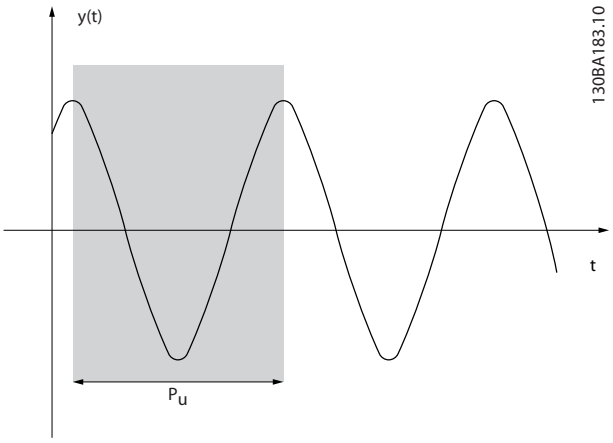


Рисунок 16.5 Система на границе устойчивости

Значение P_u следует измерять, когда амплитуда колебаний достаточно мала. Затем необходимо снова «отойти назад» от этого коэффициента усиления, как показано в *Таблица 16.7*.

Коэффициент КK_u — это коэффициент усиления при возникновении автоколебаний.

Тип управления	Пропорциональное усиление	Постоянная времени интегрирования	Время дифференцирования
ПИ-регулятор	0,45 x K_u	0,833 x P_u	–
Жесткий ПИД-регулятор	0,6 x K_u	0,5 x P_u	0,125 x P_u
ПИД-регулятор с некоторым перерегулированием	0,33 x K_u	0,5 x P_u	0,33 x P_u

Таблица 16.7 Настройка Циглера — Николса для регулятора, исходя из границы устойчивости

Используйте для начальной настройки параметры управления, описанные ниже,. Оператор процесса может затем тонко настроить управление по мере необходимости.

Пошаговое описание

1. Выберите только пропорциональное регулирование (постоянная времени интегрирующего звена выбирается максимальной, а постоянная времени дифференцирующего звена выбирается равной нулю).

16

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

2. Увеличивайте коэффициент усиления пропорционального звена до тех пор, пока не будут достигнуты граница неустойчивости (незатухающие колебания) и критическое значение коэффициента усиления K_u.
3. Измерьте период колебаний, чтобы определить критическую постоянную времени P_u.
4. Чтобы вычислить необходимые параметры ПИД-регулятора, см. *Таблица 16.7*.

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

17 Примеры применения

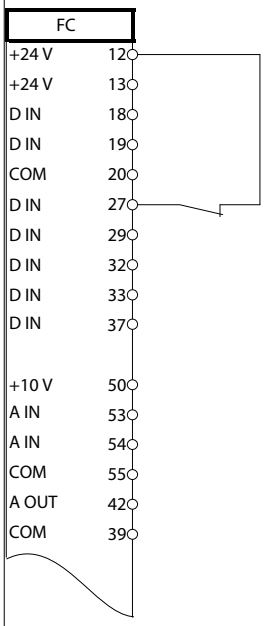
В этом разделе перечислены различные примеры применения, а также, если необходимо, приведены значения параметров и специальные примечания для каждого примера.

УВЕДОМЛЕНИЕ

СООТВЕТСТВИЕ PELV

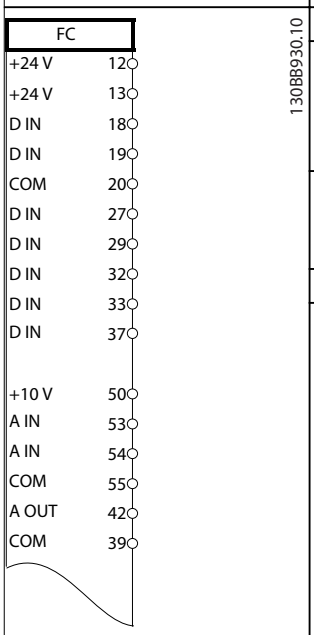
Если температура двигателя отслеживается через термистор или датчик KTY, требования PELV не выполняются в случае коротких замыканий между обмотками двигателя и датчиком. Чтобы обеспечить соответствие требованиям PELV, используйте усиленную или двойную изоляцию.

17.1 Автоматическая адаптация двигателя (ААД)



Параметры	
Функция	**Настройка**
Параметр 1-29 Авто адаптация двигателя (ААД)	*[1] Включ. полной ААД*
Параметр 5-12 Клемма 27, цифровой вход	*[2]* Выбег, инверсный*
* = Значение по умолчанию	
Примечания/комментарии. Настройте *группу параметров 1-2* Данные двигателя* в соответствии с характеристиками двигателя, взятыми с паспортной таблички.	

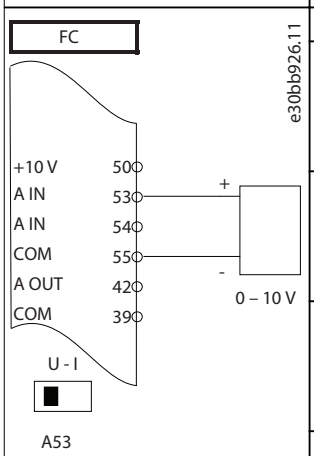
Таблица 17.1 ААД с подсоединенной кл. 27



Параметры	
Функция	**Настройка**
Параметр 1-29 Авто адаптация двигателя (ААД)	*[1] Включ. полной ААД*
Параметр 5-12 Клемма 27, цифровой вход	*[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 17.2 ААД без подсоединенной кл. 27

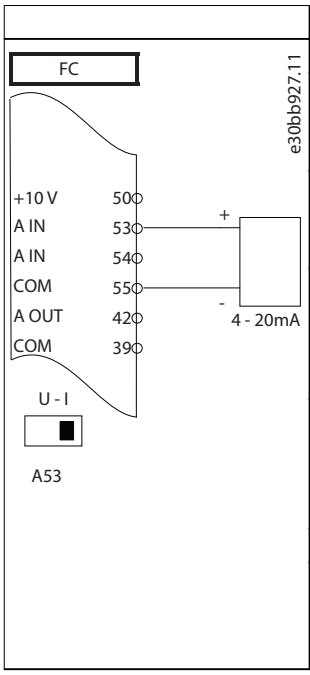
17.2 Задание скорости через аналоговый вход



Параметры	
Функция	**Настройка**
Параметр 6-10 Клемма 53, низкое напряжение	0,07 В*
Параметр 6-11 Клемма 53, высокое напряжение	10 В*
Параметр 6-14 Клемма 53, низкое зад./обр. связь	0 об/мин
Параметр 6-15 Клемма 53, высокое зад./обр. связь	1500 об/мин
* = Значение по умолчанию	
Примечания/комментарии.	

Таблица 17.3 Задание скорости через аналоговый вход (напряжение)

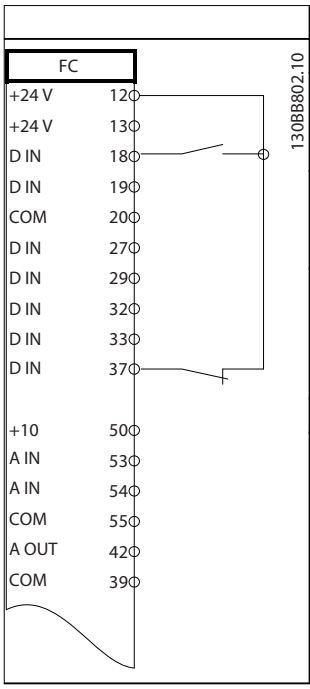
 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.



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

Таблица 17.4 Задание скорости через аналоговый вход (ток)

17.3 Пуск/останов



Параметры	
Функция	**Настройка**
Параметр 5-10 Клемма 18, цифровой вход	*[8] Пуск**
Параметр 5-12 Клемма 27, цифровой вход	*[0] Не используетс я*
Параметр 5-19 Клемма 37, безопасный останов	*[1] Авар. сигн. безоп. ост.*
* = Значение по умолчанию	
Примечания/комментарии. Если для *параметр 5-12 Клемма 27, цифровой вход* выбрано значение *[0] Не используется*, перемычка на клемму 27 не требуется.	

Таблица 17.5 Команда пуска/останова с Safe Torque Off

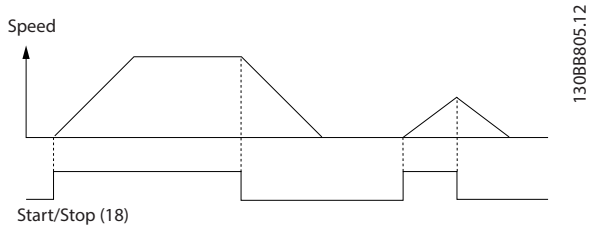


Рисунок 17.1 Пуск/останов с безопасным отключением крутящего момента

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

Таблица 17.6 Импульсный пуск/останов

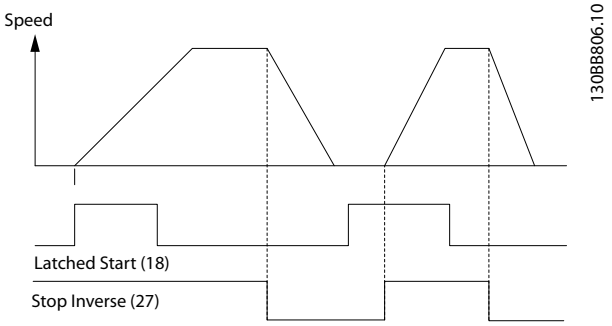
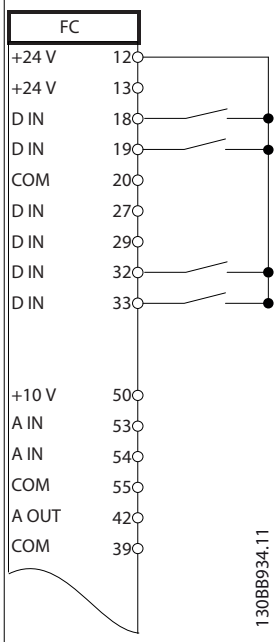


Рисунок 17.2 Импульсный запуск/останов, инверсный

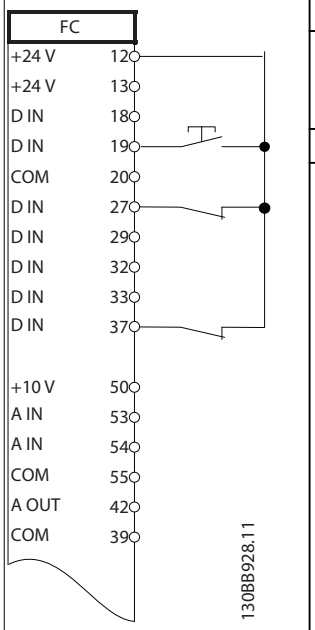
17



	Параметры	
	Функция	**Настройка**
	Параметр 5-10 Клемма 18, цифровой вход	*[8] Пуск*
	Параметр 5-11 Клемма 19, цифровой вход	*[10] Реверс*
	Параметр 5-12 Клемма 27, цифровой вход	*[0] Не используется*
	Параметр 5-14 Клемма 32, цифровой вход	*[16] Предуст. зад., бит 0*
	Параметр 5-15 Клемма 33, цифровой вход	*[17] Предуст. зад., бит 1*
	Параметр 3-10 Предустановленное задание	
	Предуст. задание 0 Предуст. задание 1 Предуст. задание 2 Предуст. задание 3	25% 50% 75% 100%
	* = Значение по умолчанию	
	Примечания/комментарии.	

Таблица 17.7 Пуск/останов с реверсом и 4 предустановленными скоростями

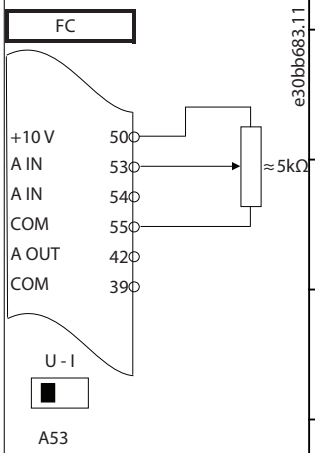
17.4 Внешний сброс аварийной сигнализации



	Параметры	
	Функция	**Настройка**
	Параметр 5-11 Клемма 19, цифровой вход	*[1] Сброс*
	* = Значение по умолчанию	
	Примечания/комментарии.	

Таблица 17.8 Внешний сброс аварийной сигнализации

17.5 Задание скорости с помощью ручного потенциометра



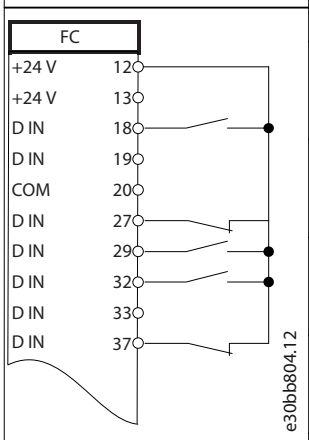
	Параметры	
	Функция	**Настройка**
	Параметр 6-10 Клемма 53, низкое напряжение	0,07 В*
	Параметр 6-11 Клемма 53, высокое напряжение	10 В*
	Параметр 6-14 Клемма 53, низкое зад./обр. связь	0 об/мин
	Параметр 6-15 Клемма 53, высокое зад./обр. связь	1500 об/мин
	* = Значение по умолчанию	
	Примечания/комментарии.	

Таблица 17.9 Задание скорости (с помощью ручного

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

потенциометра)

17.6 Повышение/понижение скорости



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

Таблица 17.10 Повышение/понижение скорости

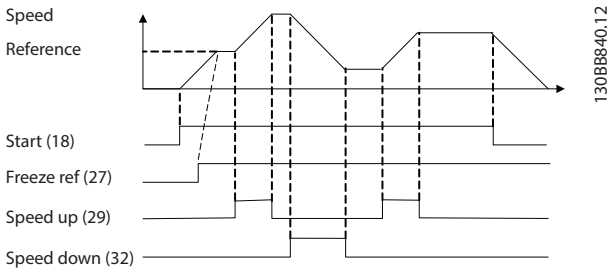
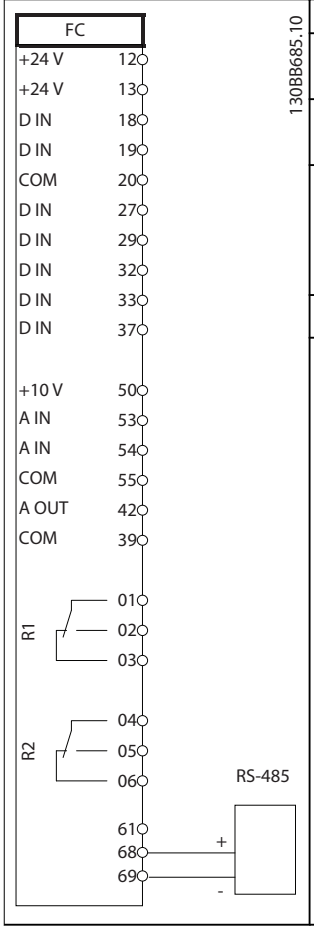


Рисунок 17.3 Повышение/понижение скорости

17.7 Подключение сети RS485



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

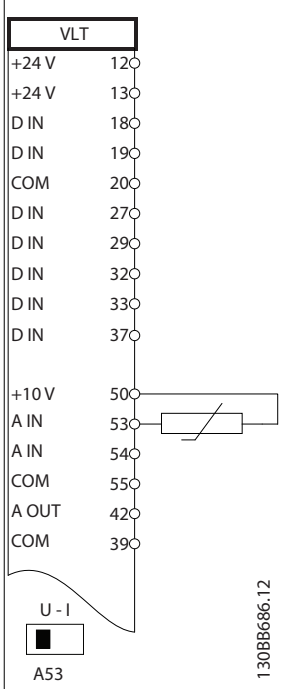
Таблица 17.11 Подключение сети RS485

17.8 Термистор двигателя

УВЕДОМЛЕНИЕ

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

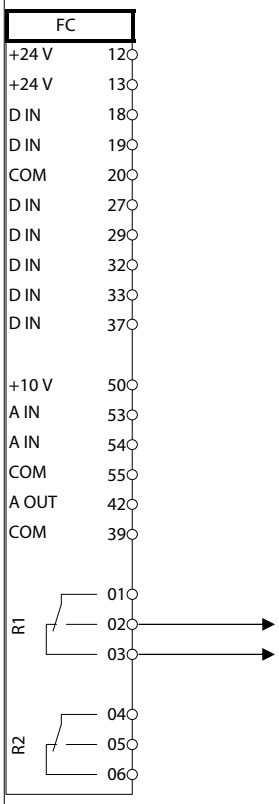
17



	Параметры	
	Функция	**Настройка**
	Параметр 1-90 Тепловая защита двигателя	*[2] Откл. по термистору*
	Параметр 1-93 Источник термистора	*[1] Аналоговый вход 53*
	* = Значение по умолчанию	
	Примечания/комментарии. Если требуется только предупреждение, в *параметр 1-90 Тепловая защита двигателя* следует выбрать *[1] Предупр.по термист.*	

Таблица 17.12 Термистор двигателя

17.9 Настройка реле с помощью интеллектуального логического управления



	Параметры	
	Функция	**Настройка**
	Параметр 4-30 Функция при потере ОС двигателя	*[1] Предупреждение*
	Параметр 4-31 Ошибка скорости ОС двигателя	100 об/мин
	Параметр 4-32 Тайм-аут при потере ОС двигателя	5 с
	Параметр 7-00 Ист.сигн.ОС ПИД-рег.скор.	*[2] MCB 102*
	Параметр 17-11 Разрешение (позиции/об)	1024*
	Параметр 13-00 Режим контроллера SL	*[1] Включена*
	Параметр 13-01 Событие запуска	*[19] Предупреждение*
	Параметр 13-02 Событие останова	*[44] Кнопка сброса*
	Параметр 13-10 Операнд сравнения	*[21] № предупреждения*
	Параметр 13-11 Оператор сравнения	*[1] ≈ (равно)**
	Параметр 13-12 Результат сравнения	90
	Параметр 13-51 Событие контроллера SL	*[22] Компаратор 0*
	Параметр 13-52 Действие контроллера SL	*[32] Ус.н.ур.на цфв.вых.A*
	Параметр 5-40 Реле функций	*[80] Цифр. выход SL A*

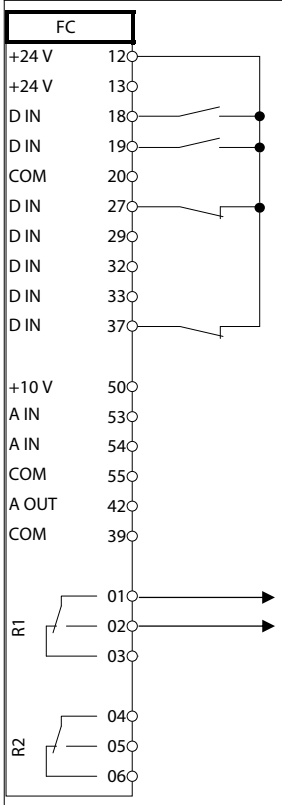
17

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

	Параметры	
	Функция	Настройка
	* = 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 17.13 Использование SLC для настройки реле

17.10 Управление механическим тормозом



Параметры	
Функция	Настройка
Параметр 5-40 Реле функций	*[32] Управл.мех.тормозом*
Параметр 5-10 Клемма 18, цифровой вход	*[8] Пуск**
Параметр 5-11 Клемма 19, цифровой вход	*[11] Запуск и реверс*
Параметр 1-71 Задержка запуска	0,2
Параметр 1-72 Функция запуска	*[5] VVC+/Flux по час. ст.*
Параметр 1-76 Пусковой ток	$I_{m,n}$
Параметр 2-20 Ток отпускания тормоза	Зависит от применения
Параметр 2-21 Скорость включения тормоза [об/мин]	Половина номинального значения при сбое двигателя
* = Значение по умолчанию	
Примечания/комментарии.	

Таблица 17.14 Управление механическим тормозом

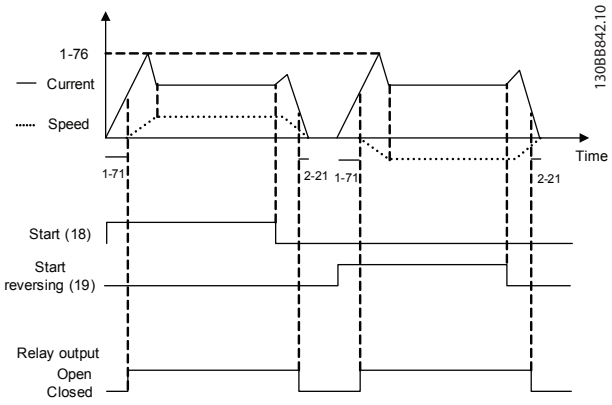


Рисунок 17.4 Управление механическим тормозом

17.11 Подключение энкодера

Перед настройкой энкодера выдаются базовые уставки для системы регулирования скорости с обратной связью.

См. также *глава 7.3.7 VLT® Encoder Input MCB 102*.

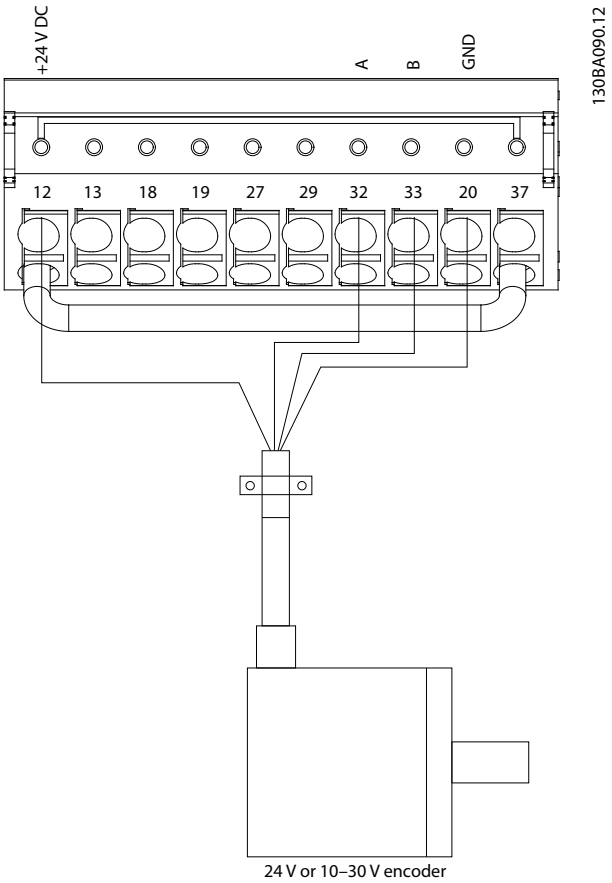


Рисунок 17.5 Подключение энкодера к преобразователю частоты

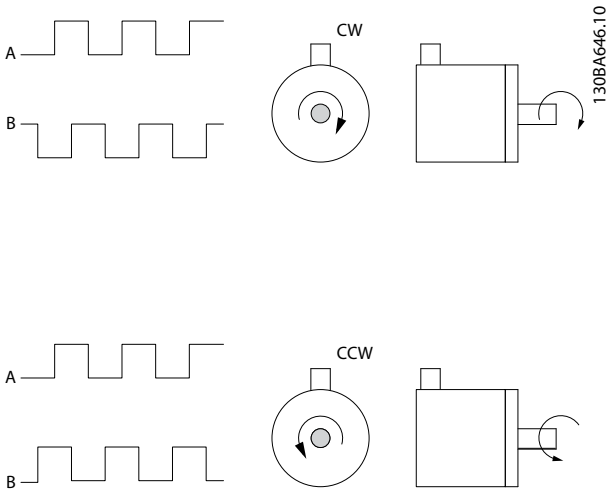


Рисунок 17.6 Инкрементальный энкодер 24 В. Максимальная длина экранированного кабеля 5 м (16 фут)

17.12 Направление энкодера

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

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

17.13 Приводная система с обратной связью

Система привода с обратной связью обычно состоит из следующих элементов:

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

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

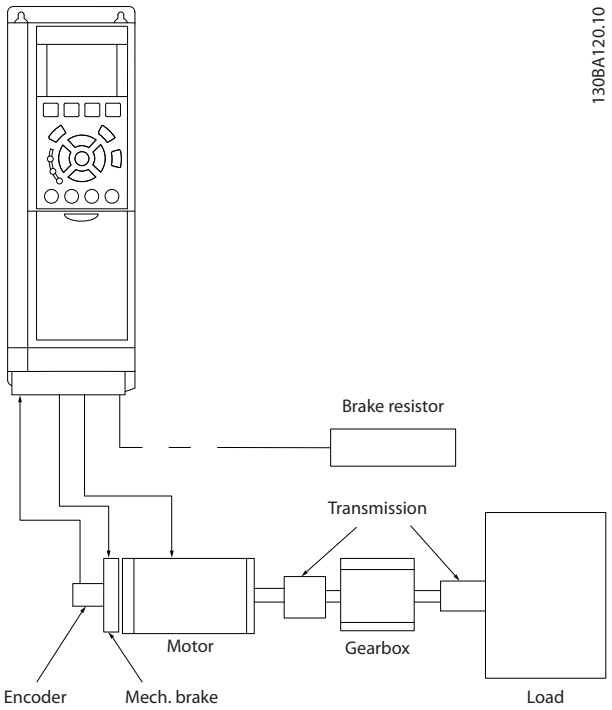


Рисунок 17.7 Базовая настройка замкнутого контура управления скоростью для FC 302

17.14 Программирование предельного крутящего момента и останова

В применениях с внешним электромеханическим тормозом, например в подъемных механизмах, можно останавливать преобразователь частоты с помощью стандартной команды останова с одновременным включением электромеханического тормоза.
На*Рисунок 17.8* приводится пример программирования этих соединений преобразователя частоты.

Если через клемму 18 подается команда останова и преобразователь частоты не находится на пределе крутящего момента, скорость двигателя снижается до 0 Гц.
Если преобразователь частоты находится на пределе крутящего момента и подается команда останова, система активирует клемму выхода 29 (для которой установлено значение *[27] Пред.по момен.+стоп*). Сигнал, поступающий на клемму 27, изменяется с логической «1» на логический «0», и двигатель начинает движение по инерции, благодаря чему обеспечивается останов подъемного механизма, даже если сам преобразователь частоты не способен создать необходимый крутящий момент, например, из-за чрезмерной перегрузки.

Для программирования останова и предельного момента, подключите следующие клеммы:

- Пуск/останов с помощью клеммы 18

17

параметр 5-10 Клемма 18, цифровой вход [8] Пуск

- Быстрый останов с помощью клеммы 27
  параметр 5-12 Клемма 27, цифровой вход, [2] Выбег, инверсный
- Клемма 29, выход,
  параметр 5-02 Клемма 29, режим [1] Выход
  параметр 5-31 Клемма 29, цифровой выход[27] Пред.по момен.+стоп
- Релейный выход [0] (Реле 1)
  параметр 5-40 Реле функций [32] Управл.мех.тормозом

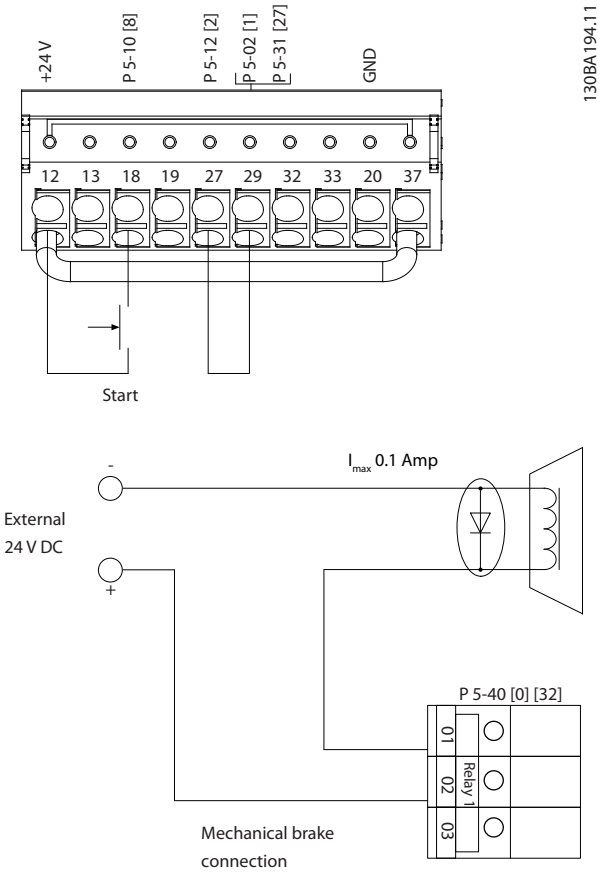


Рисунок 17.8 Подключения клемм предельного крутящего момента и останова

17

18 Приложение

18.1 Заявление об отказе от ответственности

Компания Danfoss не несет никаких обязательств в отношении любого продукта, который:

- не установлен в соответствии со стандартной конфигурацией, как указано в руководстве по установке;
- ненадлежащим образом отремонтирован или изменен;
- подвергся неправильной эксплуатации, небрежной и неправильной установке, когда рекомендации не соблюдались;
- используется с нарушением предоставленных инструкций;
- вышел из строя в результате нормального износа.

18.2 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;
  - название группы параметров;
  - значение параметра.
- Все размеры на чертежах даны в мм (дюймах).

18.3 Глоссарий

Переменные, используемые вычислениях:

f_{JOG}
Частота двигателя в случае активизации функции фиксации частоты (через цифровые клеммы).

f_M
Частота двигателя.

f_{MAX}
Максимальная частота двигателя.

f_{MIN}
Минимальная частота двигателя.

$f_{M,N}$
Номинальная частота двигателя (данные с паспортной таблички).

I_M
Ток двигателя.

$I_{M,N}$
Номинальный ток двигателя (данные с паспортной таблички).

$I_{VLT,MAX}$
Максимальный выходной ток.

$I_{VLT,N}$
Номинальный выходной ток, обеспечиваемый преобразователем частоты.

$n_{M,N}$
Номинальная скорость двигателя (данные с паспортной таблички).

$P_{M,N}$
Номинальная мощность двигателя (данные с паспортной таблички).

$T_{M,N}$
Номинальный крутящий момент (двигателя).

U_M
Мгновенное напряжение двигателя.

$U_{M,N}$
Номинальное напряжение двигателя (данные с паспортной таблички).

$U_{VLT,\ MAX}$
Максимальное выходное напряжение.

η_{VLT}
КПД преобразователя частоты определяется отношением выходной мощности к входной.

Момент опрокидывания

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

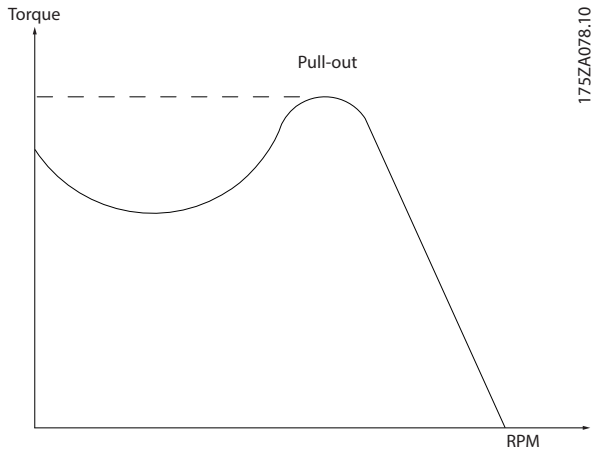


Рисунок 18.1 График момента опрокидывания

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

Общепринятые термины и сокращения:

60° AVM
Метод коммутации, так называемое асинхронное векторное управление 60° (см. *параметр 14-00 Модель коммутации*).

Усовершенствованное векторное управление
В сравнении с обычным регулированием соотношения «напряжение/частота», расширенное векторное управление обеспечивает улучшение динамики и устойчивости как при изменении задания скорости, так и при изменениях момента нагрузки.

Аналоговые входы
Аналоговые входы используются для управления различными функциями преобразователя частоты. Предусмотрено два вида аналоговых входов:

- Вход по току, 0–20 мА и 4–20 мА.
- Вход по напряжению, 0–10 В пост. тока.

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

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

Аналоговое задание
Сигнал, подаваемый на клеммы 53 или 54, может представлять собой напряжение или ток.

Двоичное задание
Сигнал, передаваемый на порт последовательной связи RS 485 (клеммы 68–69).

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.

Задание по шине
Сигнал, передаваемый на порт последовательной связи (порт преобразователя частоты).

Характеристики CT
Характеристики постоянного крутящего момента (constant torque), используемые для винтовых и спиральных холодильных компрессоров.

Цифровые входы
Цифровые входы могут использоваться для управления различными функциями преобразователя частоты.

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

DSP
Цифровой процессор сигналов.

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

GLCP
Графическая панель местного управления (LCP 102)

HIPERFACE®
HIPERFACE® является зарегистрированным товарным знаком компании Stegmann.

Инициализация
Если выполняется инициализация (*параметр 14-22 Режим работы*), программируемые параметры преобразователя частоты возвращаются к установкам по умолчанию.

Функции входов

Команда управления Запуск и останов подключенного двигателя осуществляется с помощью LCP и цифровых входов. Функции делятся на 2 группы. Функции группы 1 имеют более высокий приоритет, чем функции группы 2.	Группа 1	Сброс, останов выбегом, сброс и останов выбегом, быстрый останов, торможение постоянным током, останов и нажатие кнопки [Off] (Выкл.).
	Группа 2	Пуск, импульсный пуск, реверс, реверс и пуск, фиксация частоты и фиксация выходной частоты.

Таблица 18.1 Функции входов

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

LCP
Панель местного управления (LCP) предоставляет полный интерфейс для управления преобразователем частоты и его программирования. Панель управления LCP съемная и может быть установлена на расстоянии до 3 метров от преобразователя частоты на передней панели шкафа с помощью монтажного комплекта, поставляемого по заказу.
Предусмотрено два исполнения LCP:

- Цифровая LCP 101 (NLCP)
- Графическая LCP 102 (GLCP)

Младший бит
Младший значащий бит.

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

MCM
Сокращение Mille Circular Mil (млн круглых мил), американской единицы для измерения сечения проводов. 1 MCM ≡ 0,5067 мм².

Старший бит
Старший значащий бит.

NLCP
Цифровая панель местного управления LCP 101.

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

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

PCD
Данные процесса.

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

$$Коэффициент\ мощности = \frac{\sqrt{3} \times U \times I_1 \times cos\phi}{\sqrt{3} \times U \times I_{эфф.}}$$

Коэффициент мощности для 3-фазного устройства управления:

$$= \frac{I_1 \times cos\phi 1}{I_{эфф.}} = \frac{I_1}{I_{эфф.}}\ поскольку\ cos\phi 1 = 1$$

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

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

Кроме того, высокий коэффициент мощности показывает, что токи различных гармоник малы. Встроенные дроссели постоянного тока повышают коэффициент мощности, доводя тем самым до минимума нагрузку на питающую сеть.

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

Импульсный вход/инкрементальный энкодер
Внешний цифровой датчик, используемый для формирования сигнала обратной связи по скорости и направлению вращения двигателя. Энкодеры используются для получения высокоскоростной и точной обратной связи и в быстродействующих системах. Подключение энкодера осуществляется через клемму 32 или дополнительное устройство энкодера.

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

RCD
Датчик остаточного тока. Устройство, разъединяющее цепь в случае асимметрии между проводником под напряжением и землей. Также называется прерывателем короткого замыкания на землю (GFCI, ground fault circuit interrupter)

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

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

Набор параметров
Значения параметров можно сохранять в четырех наборах. Возможен переход между 4 наборами параметров и редактирование одного набора параметров во время действия другого набора параметров.

SFAVM
Метод коммутации, так называемое асинхронное векторное управление с ориентацией по магнитному потоку статора (*параметр 14-00 Модель коммутации*).

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

Интеллектуальное логическое управление (SLC)
Интеллектуальное логическое управление — это последовательность заданных пользователем действий, которые выполняются в случае, если SLC признает соответствующие, определенные пользователем события истинными.

STW
Слово состояния.

Команда запрещения пуска
Команда останова, которая относится к группе команд управления 1. См. *Таблица 18.1*.

Команда останова
См. группу параметров команд управления.

Термистор
Терморезистор, устанавливаемый там, где контролируется температура (в преобразователе частоты или в двигателе).

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

THD
Общее гармоническое искажение. Состояние полного гармонического искажения.

Отключение
Состояние, вводимое в аварийных ситуациях. Например, в случае перегрева преобразователя частоты или для защиты двигателя, технологического процесса или механизма. Перезапуск не допускается до тех пор, пока причина неполадки не будет устранена и пока состояние отключения не будет отменено нажатием кнопки [Reset] (Сброс) или, в некоторых случаях, посредством запрограммированного автоматического сброса. Не используйте отключение для обеспечения безопасности персонала.

Отключение с блокировкой
Состояние, вводимое в аварийной ситуации, когда преобразователь частоты осуществляет защиту собственных устройств и требует физического вмешательства. Например, если преобразователь частоты подвергается короткому замыканию на выходе, происходит отключение с блокировкой. Отключение с блокировкой может быть отменено выключением сети питания, устранением причины неисправности и новым подключением преобразователя частоты.

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

VVC+
В сравнении с обычным регулированием соотношения «напряжение/частота» векторное управление напряжением (VVC+) обеспечивает улучшение динамики и устойчивости как при изменении задания скорости, так и при изменениях момента нагрузки.

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

Алфавитный указатель

A

АОЭ..... 18

AVM..... 168

D

DU/dt..... 68, 83, 115

F

FC 102
Технические характеристики..... 42

FC 202
Технические характеристики..... 46

FC 302
Технические характеристики..... 51

H

HIPERFACE®..... 168

L

LCP..... 83, 136, 168

M

MCB 101..... 72

MCB 102..... 74, 152, 169

MCB 103..... 75

MCB 105..... 77

MCB 107..... 79

MCB 112..... 23, 80

MCB 113..... 81

MCM..... 169

O

OVC..... 114

Отключение..... 170

P

PELV..... 104, 159

PID-регулятор скорости..... 131, 134

R

RCD..... 169

RS485
Подключение к сети..... 162
Последовательная связь..... 125

S

Safe Torque Off..... 22, 23

SFAVM..... 169

T

THD..... 170

V

VLT® Extended I/O..... 72

VLT® Extended Input..... 74

VLT® Extended Relay Card..... 81

VLT® PTC Thermistor Card..... 80

VLT® Relay Card..... 77

VLT® Resolver Input..... 75

VVC+..... 134, 136, 170

А

ААД..... 20, 168

Аварийный сигнал,..... 24

Автоматическая адаптация двигателя..... 20, 168

Автоматическая модуляция частоты коммутации..... 18

Автоматическая оптимизация энергопотребления..... 18

Автоматический перезапуск..... 21

Автоматический режим..... 136

Автоматическое изменение скорости..... 19

Агрессивная окружающая среда..... 87

Анализ рядов Фурье..... 103

Аналоговые входы..... 73, 168

Аналоговые выходы..... 73, 168

В

Векторное управление напряжением..... 170

Вентиляторы..... 20, 88

Влажность..... 84, 86

Внешнее устройство безопасности..... 23

Внешний источник питания 24 В =..... 79

Внешний сброс аварийной сигнализации..... 161

Воздушные помехи..... 92

Время нарастания..... 115

Время разрядки..... 7

Вход
Аналоговый..... 122, 123
Сигнал..... 124
Цифровой..... 122, 124

Выполнение ААД без подсоединенной клеммы 27..... 159

Выполнение ААД с подсоединенной клеммой 27..... 159

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

Высокая несущая частота... 18
Высокое напряжение... 7
Высота над уровнем моря... 61
Выход
Аналоговый... 122, 123
Выходные фильтры... 83
Коммутация на выходе... 113
Реле... 60, 122, 125
Вычисления... 167

Г

Газы... 86
Гальваническая развязка... 72, 104
Гармоники
Анализ... 102
В энергораспределительной системе... 103
напряжения... 103
Искажение... 102
Отрицательное влияние... 104
Предотвращение перегрузки... 102
Генераторный режим торможения... 126

Д

Датчик KTY... 108, 159
Датчик остаточного тока... 169
Двигатель
Вращение... 109
Выход... 56
Защитный предел по току... 114
Изоляция... 106
Кабель... 99, 109
Класс защиты... 86
Коммутация на выходе... 113
Минимальный предел скорости для защиты двигателя ... 114
Напряжение... 115
Низкая/высокая скорость... 25
Низкий/высокий ток... 25
Номинальная скорость... 167
Обратная связь... 135
Обход... 22
Ослабление токов... 106
Параллельное подключение... 116
Переменные в вычислениях... 167
Перенапряжение... 113
Плавный пуск... 20
Предел крутящего момента... 114
Синхронная скорость... 167
Соединения клемм... 109
Тепловая защита... 20, 107, 114
Тепловая защита двигателя... 20
Фазы... 113
Функция полного крутящего момента... 21
Функция предпускового нагрева... 21
Диапазоны несущей частоты... 18
Динамическое торможение... 126
Директива о машинном оборудовании... 9
Директива по низковольтному оборудованию... 9
Директива по ЭМС... 9
Дистанционный пуск... 21
Дополнительное оборудование... 124
Дополнительные ресурсы... 5

Ж

Жилые районы... 97

З

Задание
Аналоговый... 142, 168
Ввод скорости... 159, 160
Двоичн... 168
Действует... 136
Дистанционное... 140
Зафиксировать... 141
Импульсный вход... 142, 169
Местное... 140
Предельные значения... 141
Предупреждение... 24
Предустановленное... 142, 169
Шина... 168
Задание скорости... 124, 159, 160
Заземление, экранированный кабель управления... 102
Заказ дополнительного оборудования... 68
Замкнутый контур... 24, 124, 165
Зафиксировать выход... 168
Защита... 87, 90, 104, 107, 114
Защита от замыкания на землю... 19
Зона нечувствительности около нуля... 143

И

Излучаемые помехи... 92, 93
Изоляция... 106
Импульсный пуск/останов... 160
Инициализация... 168
Интеллектуальный логический контроллер... 137
Интерфейс последовательной связи... 25

К

Кабель
Выравнивающий... 102
Двигатель... 99, 109
Зажим... 99
Управление... 99, 101, 102
Экранированный... 101, 102
Квалифицированный персонал... 7
Класс энергоэффективности... 57

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

Клемма
Размеры клемм двигателя в системе с двумя приводами 32
Размеры клемм двигателя в системе с четырьмя приводами..... 38
Размеры клемм заземления в системе с двумя приводами..... 32
Размеры клемм сетевого питания в системе с двумя приводами..... 31
Размеры клемм сетевого питания в системе с четырьмя приводами..... 36
Размеры клемм тормоза в системе с четырьмя приводами..... 38
Размеры перемычек в системе с четырьмя приводами 35
Размеры шины пост. тока в системе с двумя приводами 33
Размеры шины пост. тока в системе с четырьмя приводами..... 40

Клеммы
Подключение двигателя..... 109
Подключение к сети питания..... 118
Размеры модуля привода..... 27
Размеры системы с двумя приводами..... 31
Размеры системы с четырьмя приводами..... 35
Управление..... 131

Код типа в форме заказа..... 65

Команда пуска/останова с Safe Torque Off..... 160

Компараторы..... 138

Компенсация скольжения..... 169

Конденсация..... 86

Кондуктивные помехи..... 93

Контрольный список проектирования системы..... 84

Контур заземления..... 102

Конфигуратор привода..... 65

Конфигурация
Кабель двигателя..... 109
Режим конфигурирования..... 136
Сеть..... 118
Система с двумя приводами..... 110
Система с четырьмя приводами..... 112

Короткое замыкание
Защита от короткого замыкания..... 19, 90
Отношение короткого замыкания..... 103

Короткое замыкание..... 113

Коэффициент мощности..... 169

М

Маркировка CE..... 9

Масса..... 26, 84, 87

Масштабирование заданий..... 142

Меры предосторожности..... 99

Метод коммутации..... 168

Метод настройки Циглера — Николса..... 157

Механический удерживающий тормоз..... 126

Минимальный предел скорости..... 114

Момент инерции..... 114

Момент опрокидывания..... 22, 167

Монтажная схема
Клемма управления..... 124
Монтажная схема..... 85, 102
Схема соединений..... 133

Монтажный комплект..... 83

Н

Направление энкодера..... 165

Напряжение питания..... 121, 122

Настройка реле с помощью программируемого логического контроллера..... 0 , 164

Низковольтная коммунальная электросеть..... 93

Номинальная мощность..... 42, 65

Номинальные значения..... 42

О

Обогреватель шкафа..... 86

Обратная связь..... 24, 124

Обрыв ремня..... 25

Обход резонанса..... 21

Общая точка нескольких присоединений..... 103

Общее гармоническое искажение..... 102

Общие стандарты на излучение..... 97

Определения..... 167

Опции..... 68, 71

Ответственность..... 23

Охлаждение..... 20, 86

П

Панель местного управления..... 168

Перегрев..... 19, 24

Перегрузка..... 22

Перезапуск..... 21

Переключатель..... 124

Переключатель A53/A54..... 124

Переключатель Klixon..... 109

Переключатель оконечной нагрузки шины..... 124

Перекос фаз..... 24

Переменные, определенные в..... 167

Перемычка..... 124

Перенапряжение..... 113, 128

Перечень контрольных проверок..... 84

ПИД-регулирование процесса
Параметры..... 153
Программирование..... 156

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

ПИД-регулятор 21, 169
ПИД-регулятор
Регулятор процесса 156
Оптимизация 157
Процесс 152
Скорость 148
ПИД-регулятор скорости
Настройка 151
Параметры 149
Программирование 150
Плавный пуск 20
Плата термистора PTC 80, 107
Повышение/понижение скорости 162
Подавление резонанса 20
Подхват вращающегося двигателя 21
Подъемное оборудование 126
Полный крутящий момент 21
Помехи
Воздушные 92
Излучаемые 92
Радиочастотные 92
Последовательная связь 102, 122, 123
Потенциометр 162
Потеря мощности 22
Потеря фазы 24
Поток воздуха 86
Правила логики 138
Правила экспортного контроля 10
Предел крутящего момента 114, 165
Предел по току 114
Предохранитель 84, 85
Предупреждение 24
Предустановленные скорости 161
Прерывистый рабочий цикл 168
Примеры применения AAД 159
Проводка управления термисторами 121
Программа настройки MCT 10 122
Программирование 124
Программирование предела по моменту и останова 165
Программируемые наборы параметров 22
Производственные среды 97
Промежуточная цепь 113
Промышленные условия 97
Противо-ЭДС 114
Пуск/останов с реверсом и предустановленными скоростями 161

Р

Развязка сигнала 104
Размеры 84
Размеры проводов 109
Разомкнутый контур 24, 124
Регулирование крутящего момента 131
Регулирование магнитного потока 135
Режим ожидания 21
Резольвер 75
Реле 60, 77, 81, 123
Ручной режим 136

С

Сброс аварийной сигнализации 161
Сертификация ATEX 80
Сеть
Клемма 124
Колебания 20
Питание 56, 103, 169
Пропадание напряжения 114
Соединения клемм 118
Ток 118
Сеть переменного тока 118
Синусоидный 68, 83
Снижение номинальных характеристик 18, 19, 61, 84
Событие, заданное пользователем 137
Сокращения 167
Соответствие 20
Соответствие техническим условиям UL 91
Соответствие требованиям ЕС 90
Статическая перегрузка в режиме VVC+ 114
Статический тормоз 126
Схема межкомпонентных подключений 133

Т

Таблицы снижения номинальных характеристик 62, 63, 64
Температура 62
Тепловая защита 114
Термистор 80, 107, 121, 159, 162, 169
Техобслуживание 86
Ток
Вход 103
Гармоники 102
Искажение 103
Ослабление помех двигателя 106
Основной ток 103
Регулятор пределов тока 19
гармоник 103
Ток утечки (> 3,5 мА) 8
Торможение постоянным током 22

 Danfoss A/S © 11/2016 Все права защищены.

Тормоз
OVC... 128
Динамические... 126
Механический удерживающий... 126
Переключатель резистора... 108
Постоянный ток... 22
Предельные значения... 127
Пример применения, механический тормоз... 164
Рабочий цикл... 126, 127
Резистор... 83, 126, 168
Уровни мощности... 127
Функция... 128
Электромеханический... 165

Трансформаторы... 102

Трансформаторы, используемые с 12-импульсными преобразователями... 56

Требования
Излучения (ЭМС)... 97

У

Увеличение/уменьшение задания... 141

Управление
PID-регулятор скорости... 148
Внутреннее предел по току в режиме VVC+... 136
Дистанционное (Auto On)... 136
Клемма управления... 124
Клеммы... 131
Местное (Hand On)... 136
ПИД-регулятор процесса... 152
Плата управления, последовательная связь через порт USB... 61
Принцип... 131
Скорость... 131
Структура регулирования магнитного потока без датчика... 135
Структура управления по магнитному потоку с обратной связью от двигателя... 135
Структура усовершенствованного векторного управления... 134
Типы клемм управления... 122
крутящим моментом... 131

Управление механическим тормозом... 164

Уровень напряжения... 57

Условия окружающей среды... 86

Условные обозначения... 167

Усовершенствованное векторное управление... 134

Ф

Фикс. част... 167

Фильтры
DU/dt... 68, 83
Выходные фильтры... 68, 83
Конфигурация фильтра... 69, 70
Синусоидный... 68, 83
Фильтры... 68, 83, 86

Функции входов... 168

Функции пуска... 21

Х

Характеристики переменного крутящего момента:... 170

Характеристики СТ... 168

Хранение... 85

Ц

Цепь постоянного тока... 113, 115

Цифровой выход... 73, 168

Цифровые входы... 73, 168

Ч

Частота коммутации... 62

Ш

Шинопроводы... 88

Э

Экранированная витая пара (STP)... 125

Экстремальные рабочие условия... 113

Электромагнитный тормоз... 126

Электромеханический тормоз... 165

Электронное тепловое реле... 168

ЭМС
Директива... 9
Излучаемые помехи... 92
Меры предосторожности... 99
Результаты испытаний... 93, 95
Рекомендации по электрическому монтажу... 99
Соответствие... 20
Требования... 97
Требования к помехоустойчивости... 98
ЭМС... 102

Энергоэффективность... 56, 57

Энкодер... 74, 164, 169

ЭТР... 168

Я

Языковой пакет... 65

 Danfoss A/S © 11/2016 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

130R0676 MG37N250 11/2016