Мехатроника

# КРАТКОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ СИЛОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ СЕРИИ MTDrive

Иваново, 2021

# Силовые преобразователи

Силовые преобразователи серии MTDrive разработаны для работы в составе комплектной системы ЧПУ MNC. Подробное техническое описание характеристик, настройки и параметров силовых преобразователей серии MTDrive содержится в документе «Силовые преобразователи MTDrive. Руководство по эксплуатации», предоставляемое компанией по запросу на почту support@mtronics.ru.

Серия MTDrive включает силовые преобразователи различной мощности. На рисунке 1 представлена линейка электроприводов.

*Рис. 1. Линейка цифровых электроприводов*

В таблице 1 приведена маркировка всех преобразователей, входящих в состав серии, и соответствующая мощность электродвигателя.

*Таблица 1. Номенклатура серии преобразователей MTDrive*

| Модель преобразователя | Номинальная мощность электродвигателя, кВт | Выходной ток*, А Iном/ Iмах |
|---|---|---|
| MTDrive - 01 | 1 | 2.5/7.5 |
| MTDrive - 02 | 2 | 5/15 |
| MTDrive - 04 | 4 | 10/30 |
| MTDrive - 05 | 5,5 | 12/24 |
| MTDrive - 11 | 11 | 25/50 |
| MTDrive - 15 | 15 | 35/70 |
| MTDrive - 30 | 32 | 75/150 |
| MTDrive - 45 | 45 | 125/250 |
| MTDrive - 75 | 75 | 160/320 |
| MTDrive - 88 | 88 | 220/440 |
| MTDrive - 125 | 125 | 330/500 |

Взаимосвязи основных функциональных узлов преобразователя показаны на рис.2. В состав преобразователя входит выпрямитель с цепь ограничения зарядного тока, звено постоянного тока, инвертор построенный на интеллектуальном IGBT-модуле, тормозной резистор с ключевым элементом, интеллектуальная система охлаждения, система управления и самодиагностики.

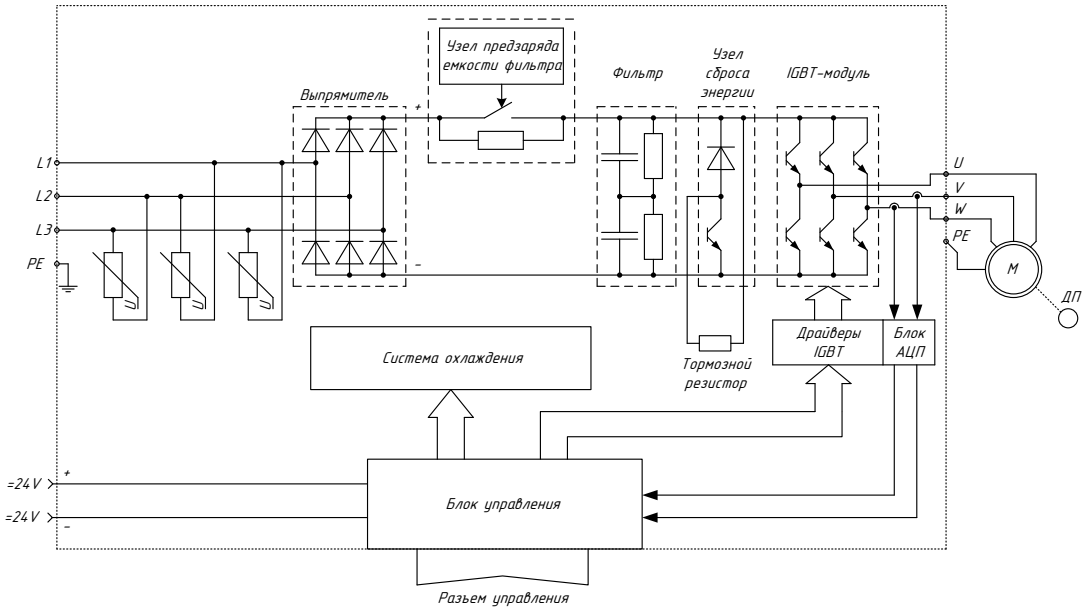


*Рис. 2. Функциональная схема преобразователя*

Внешний вид преобразователя представлен на рис. 3.

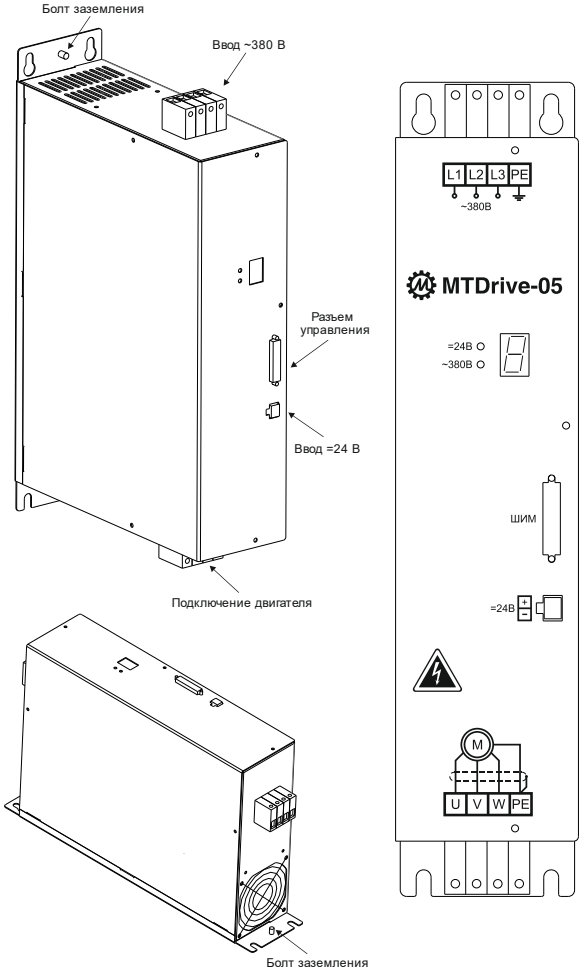


*Рис. 3. Внешний вид преобразователей серии MTDrive*

Преобразователи MTDrive необходимо устанавливать в вертикальном положении с учетом их габаритных и установочных размеров (рис. 4). Возможны два способа установки

преобразователей: прямо на вертикальную стенку и в проём вертикальной стенки. При установке СП необходимо обеспечивать свободное пространство между соседними преобразователями и до стенок шкафа, а также сверху и снизу преобразователей для обеспечения вентиляции (рис. 5).

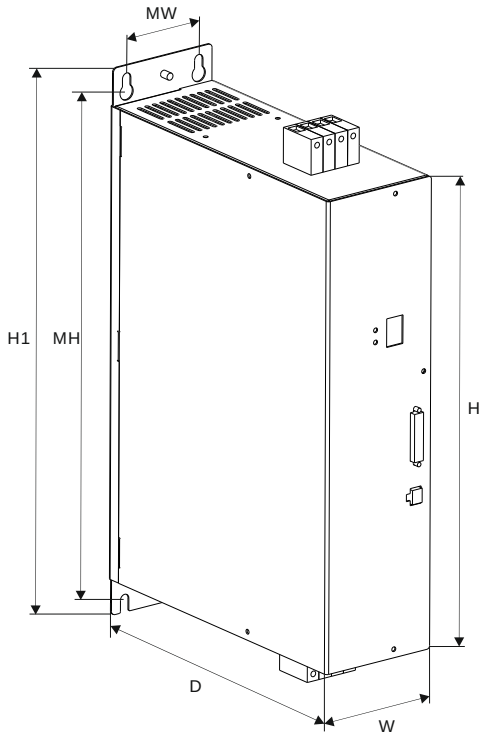


*Рис. 4. Габаритные и установочные размеры преобразователей MTDrive*

| N | Силовой модуль | W | H | H1 | D | MW | MH |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | MTDrive-01 | 80 | 245 | 265 | 185 | 65 | 255 |
| 2 | MTDrive-02 | 100 | 245 | 265 | 185 | 80 | 255 |
| 3 | MTDrive-04 | 100 | 245 | 265 | 185 | 80 | 255 |
| 4 | MTDrive-05 | 85 | 330 | 385 | 235 | 60 | 365 |
| 5 | MTDrive-11 | 105 | 330 | 385 | 235 | 80 | 365 |
| 6 | MTDrive-15 | 170 | 330 | 385 | 235 | 120 | 365 |
| 7 | MTDrive-30 | 285 | 330 | 385 | 235 | 200 | 365 |
| 8 | MTDrive-45 | 385 | 330 | 385 | 235 | 320 | 365 |
| 9 | MTDrive-75* | 595 | 570 | 385 | 360 | 500* | 365 |
| 10 | MTDrive-88* | 595 | 570 | 385 | 360 | 500* | 365 |
| 11 | MTDrive-125 | 375 | 485 | 232 | 360 | 500* | 365 |

* – у преобразователей серии MTDrive-75 и MTDrive-88 на горизонтальной стенке, где снимается значение MW, 6 отверстий, расстояние между которыми 100 мм.

Преобразователь следует устанавливать в местах, не подверженных вибрациям. Избегайте мест с прямым попаданием солнечного света, высокой температурой и влажностью. Избегайте также среды, подверженной воздействию масляного тумана, горючих газов, пуха, пыли, грязи и т.п. Устанавливайте преобразователь в чистом месте или шкафах со степенью защиты не менее IP31.

Устанавливайте преобразователь на негорючей поверхности с обеспечением необходимой механической прочности.

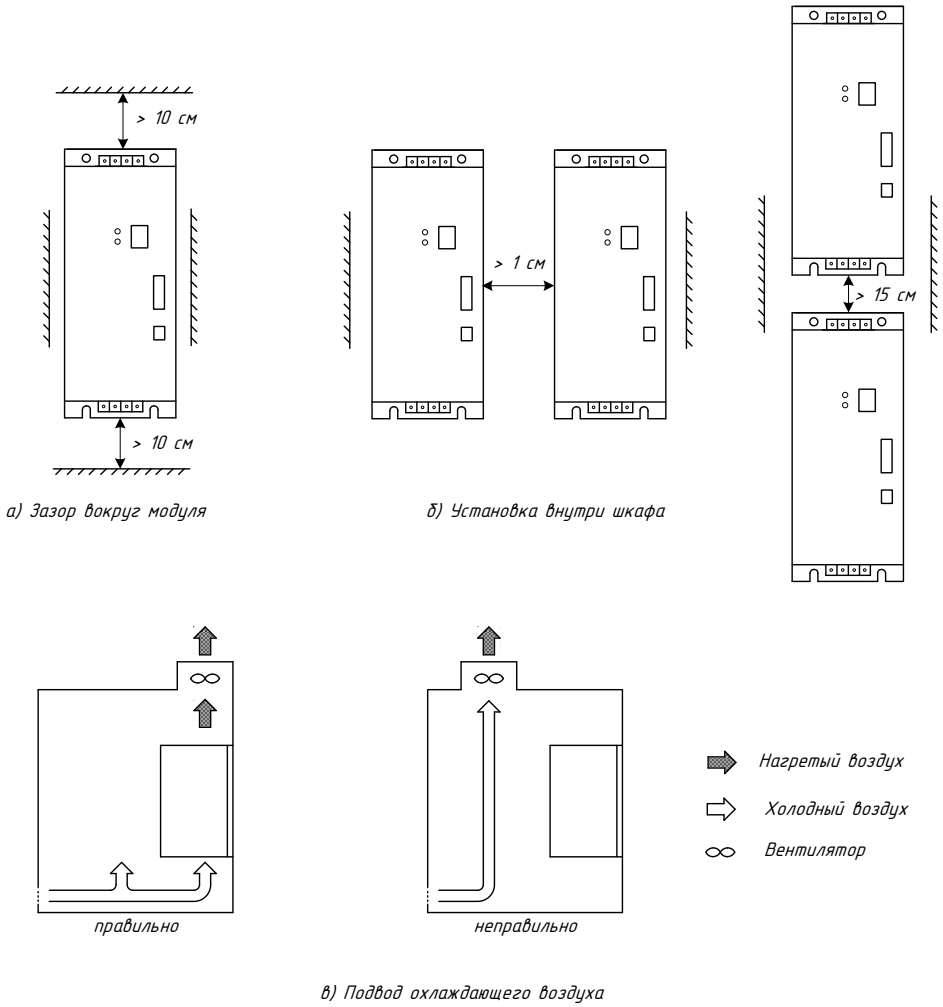


*Рис. 5. Установка преобразователей*

Когда в одном шкафу установлены два или более преобразователей, или они установлены там вместе с вентилятором, необходимо расположить их так, чтобы температура преобразователей поддерживалась в допустимых пределах (рис. 4.2, б, в). Направление основного потока охлаждающего воздуха – снизу вверх через радиатор блока. Преобразователь должен быть установлен так, чтобы он не попадал в поток воздуха от других преобразователей и тепловыделяющих элементов. Желательно избегать размещения одного преобразователя над другим или выдерживать минимальное расстояние между блоками 15 см. Вентилятор принудительного охлаждения шкафа должен быть установлен так, чтобы получить максимальный обдув преобразователя. При необходимости установить отражательные щитки, чтобы исключить рециркуляцию нагретого воздуха снаружи и внутри шкафа. Температура воздуха на входе преобразователя

должна находиться в пределах -10°С ÷ + 40°С. Повышение температуры окружающей среды снижает срок службы преобразователя.

На рис. 6 приведена типовая схема подключения преобразователя на примере работы с асинхронным двигателем (АД) или синхронным двигателем (СД) с постоянными магнитами.

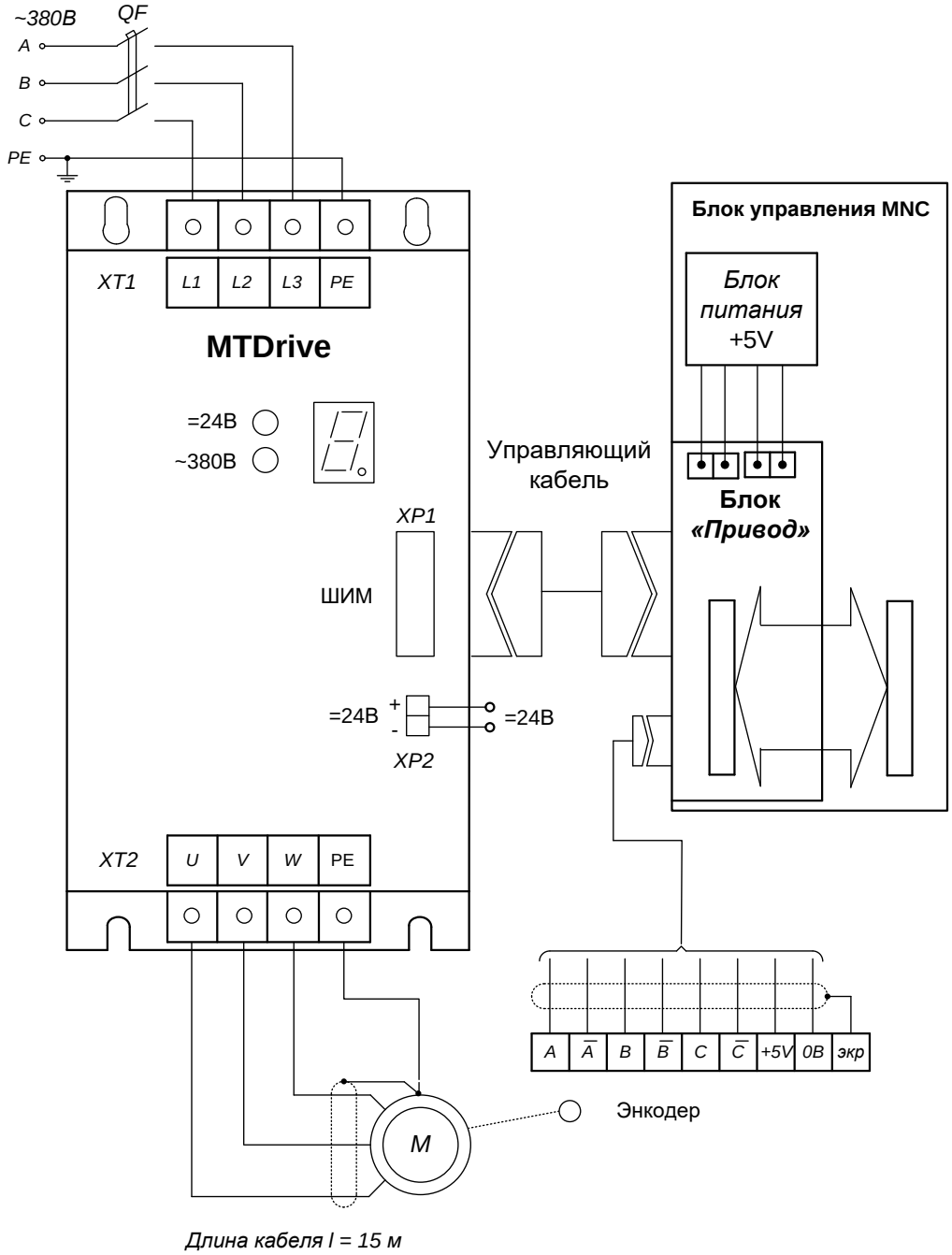


*Рис. 6. Типовая схема подключения СП MTDrive к АД или СД с постоянными магнитами*

Перечень режимов работы преобразователя одноосевых приводов (MTDrive-05, 11, 15, 30, 45, 75, 88, 125) включает 3 возможных состояния. Расшифровка вариантов индикации состояния преобразователя приведена в таблице 2.

*Таблица 2. Индикация состояния преобразователя*

| Индикация | Состояние преобразователя |
|---|---|
| * 0. | Нормальный режим работы преобразователя. Ошибок нет. |
| ** H | Напряжение силового питания подано. Работа преобразователя запрещена. Ожидание разрешающего сигнала с УЧПУ. Для начала работы преобразователя подать команду включения привода. |
| ** L | Напряжение силового питания не подано либо его величина ниже допустимой. Работа СП запрещена. Для начала работы подать силовое трёхфазное напряжение ~380В, после этого подать команду включения привода. |
| ** A | Силовое напряжение подано, но команда включения привода пришла раньше сигнала готовности звена постоянного тока. Работа запрещена. Для начала работы СП подать команду выключения привода, затем повторно подать команду включения привода. |
| ** 7 | Инициализация преобразователя. Процесс занимает несколько секунд. При готовности на индикаторе отобразится состояние преобразователя. |
| *** 1 | Ошибка IGBT модуля. Работа преобразователя запрещена. Для продолжения работы преобразователя устранить ошибку модуля, подать команду выключения привода, затем повторно подать команду включения привода. |
| *** 2 | Перенапряжение в звене постоянного тока. Работа преобразователя запрещена. Для продолжения работы преобразователя устранить причину перенапряжения, подать команду выключения привода, затем повторно подать команду включения привода. |
| *** 3 | Напряжение силового питания пропало во время нормальной работы преобразователя. Работа СП запрещена. Для продолжения работы преобразователя подать стабильное напряжение силового питания, подать команду выключения привода, затем повторно подать команду включения привода. |
| *** 4 | Отсутствует одно из внутренних напряжений питания преобразователя. Работа преобразователя запрещена. Для продолжения работы преобразователя устранить причину отсутствия напряжения, подать команду выключения привода, затем повторно подать команду включения привода. |
| *** 5 | Превышение максимально допустимой температуры преобразователя. Работа преобразователя запрещена. Для продолжения работы преобразователя обеспечить охлаждение преобразователя, подать команду выключения привода, затем повторно подать команду включения привода. |
| *** 6 | Ошибка узла предзаряда входного фильтра. Если ошибка возникает при повторном включении, требуется ремонт преобразователя. |

* ***Зеленый цвет*** *– нормальный режим работы преобразователя.*
** ***Желтый цвет*** *– готовность преобразователя к началу работы.*
*** ***Красный цвет*** *– ошибка преобразователя.*

В режиме совместимости с СУ сторонних производителей, преобразователь имеет следующий перечень вариантов индикации. Перевод преобразователя в режим совместимости осуществляется производителем по согласованию с заказчиком.

*Таблица 3. Индикация состояния преобразователя*

| **Индикация** | **Состояние преобразователя** |
|---|---|
| *** 0.** | Нормальный режим работы преобразователя. Ошибок нет. |
| **** H** | Напряжение силового питания подано. Работа преобразователя запрещена. Ожидание разрешающего сигнала с УЧПУ. Для начала работы преобразователя подать команду включения привода. |
| **** L** | Напряжение силового питания не подано либо его величина ниже допустимой. Работа СП запрещена. Для начала работы подать силовое трёхфазное напряжение ~380В, после этого подать команду включения привода. |
| **** 8** | Силовое напряжение подано, но команда включения привода пришла раньше сигнала готовности звена постоянного тока. Работа запрещена. Для начала работы СП подать команду выключения привода, затем повторно подать команду включения привода. |
| **** 2** | Инициализация преобразователя. Процесс занимает несколько секунд. При готовности на индикаторе отобразится состояние преобразователя. |
| ***** 4** | Ошибка IGBT модуля. Работа преобразователя запрещена. Для продолжения работы преобразователя устранить ошибку модуля, подать команду выключения привода, затем повторно подать команду включения привода. |
| ***** A** | Перенапряжение в звене постоянного тока. Работа преобразователя запрещена. Для продолжения работы преобразователя устранить причину перенапряжения, подать команду выключения привода, затем повторно подать команду включения привода. |
| ***** 9** | Напряжение силового питания пропало во время нормальной работы преобразователя. Работа СП запрещена. Для продолжения работы преобразователя подать стабильное напряжение силового питания, подать команду выключения привода, затем повторно подать команду включения привода. |
| ***** C** | Отсутствует одно из внутренних напряжений питания преобразователя. Работа преобразователя запрещена. Для продолжения работы преобразователя устранить причину отсутствия напряжения, подать команду выключения привода, затем повторно подать команду включения привода. |
| ***** 5** | Превышение максимально допустимой температуры преобразователя. Работа преобразователя запрещена. Для продолжения работы преобразователя обеспечить охлаждение преобразователя, подать команду выключения привода, затем повторно подать команду включения привода. |
| ***** 7** | Ошибка узла предзаряда входного фильтра. Если ошибка возникает при повторном включении, требуется ремонт преобразователя. |

Перечень режимов работы преобразователя двухосевых приводов (MTDrive-01,02,04) включает 3 возможных состояния. Расшифровка вариантов индикации состояния преобразователя приведена в таблице 4.

*Таблица 4. Индикация состояния преобразователя*

| Индикация | Состояние преобразователя |
|---|---|
| **Коды рабочих состояний преобразователя** | |
| **0** | **Преобразователь отключается, на индикаторе код “H” или “L”, сигнал Amplifier Fault НЕ АКТИВЕН, на индикаторе нет кода ошибки.**<br>а) PMAC произвел отключение преобразователя. Возможные причины – превышение максимальной ошибки рассогласования, превышение порога I2T. Проверить причину отключения в окне Motor Status программы Pewin. Проверить настройку соответствующих параметров.<br>Б) Плохой контакт в разъемах ШИМ кабеля. Обеспечить надежный контакт.<br>**Преобразователь отключается, на индикаторе код “H” или “L”, сигнал Amplifier Fault АКТИВЕН, на индикаторе нет кода ошибки.**<br>А) Неисправность цепи обратной связи по сигналу amplifier fault. Проверить уровень напряжения на выходе ПЛИС (точка 13, Fault) и выходе оптопары FL7 (точка 16). Активный уровень ‘0’. При необходимости заменить оптопару FL7 и /или буфер DD7. |
| **H** | **Преобразователь не переходит в рабочее состояние при подаче команды включения**<br>а) Плохой контакт в разъемах ШИМ кабеля. Обеспечить надежный контакт.<br>Б) Неверная конфигурация PMAC. Загрузить конфигурационный файл.<br>В) Неисправна линия Amplifier Enable. Проверить прохождение сигнала в точках 9 (Ena+) и 10 (Ena-) на плате Control при подаче команды включения. Оба сигнала должны переключаться при включении/выключении преобразователя. При необходимости заменить оптопару FL5 и/или конвертер DD5 (DS34C86).<br>Г) Превышение максимальной ошибки рассогласования, превышение порога I2T. Проверить причину отключения в окне Motor Status программы Pewin. |
| **L** | **Преобразователь не переходит в состояние “H” при подаче силового питания**<br>а) **Н**едопустимое силовое напряжение. Проверить входное напряжение. Допустимый диапазон ~310 – 510 В<br>б) Если используется напряжение 220В, необходимо предварительно настроить преобразователь, изменяя слово стробирования АЦП.<br>В) Неисправен диодный мост. Проверить работу моста. Между клеммами “N” и “P” должно быть напряжение = 440-720 В. При необходимости заменить диодный мост.<br>Г) Неисправен термистор предзаряда звена постоянного тока на плате IGBT (R9). При частых циклах подачи/отключения силового питания возможен перегрев термистора и увеличение его сопротивления. В таком случае время, необходимое для заряда конденсаторов существенно увеличивается. Необходимо отключить преобразователь и позволить термистору остыть. После этого измерить его сопротивление. Если оно отличается от номинала (100 Ом), заменить термистор.<br>Д) Неисправны электролитические конденсаторы на плате IGBT или нарушена ориентация. Напряжение на конденсаторах может пульсировать или быть меньше номинального. Произвести визуальный контроль конденсаторов на предмет соблюдения полярности, наличия вздутий или повреждений. |

| | |
|---|---|
| | Е) неисправна цепь измерения напряжения. Неисправен компаратор DA1 (плата IGBT), неверные номиналы резисторов в обвязке компаратора (R22, R27, R28, R31, R17, R26)<br>ж) Плохой контакт в шлейфе 20 пин (XP1 – XP6)<br>з) Неисправна оптопара FL8 на плате управления.<br>Для проверки работы компаратора и оптопар можно замкнуть перемычку XP13 на плату IGBT. При этом должны сработать все уровни компаратора. Измерить напряжения в контрольных точках после оптопары FL8. (Rele, safe, shunt, max) |
| **7** | Индикация «7» выводится до тех пор, пока напряжение питания +3.3В находится ниже допустимого порога. В этом случае супервизор питания DA4 дает сигнал сброса на ПЛИС (низкий уровень вызывает сброс ПЛИС).<br>а) Если индикация «7» не изменяется в течение 1-2 секунд, заново подать напряжения питания +24В.<br>б) проверить уровень напряжения +3.3В. Макс отклонение ±0.1В. Если уровень отличается проверить тип микросхемы питания DA6 (LM1117ADJ) и номиналы резисторов в обвязке микросхемы, а также полярность конденсаторов в обвязке.<br>в) проверить работу супервизора питания. Если напряжение $+3.3^{\pm 0.1}$ В находится в диапазоне, на выходе должен быть высокий уровень сигнала (точка 47). Низкий уровень на выходе супервизора свидетельствует о его неисправности, замыкании этой линии на землю или другие сигналы, а также о коротком замыкании ножек ПЛИС или выходе ПЛИС из строя. Убедиться в отсутствии коротких замыканий и заменить вышедшие из строя элементы. |
| **Коды ошибок, относящихся ко всем осям преобразователя** | |
| **2** | **Перенапряжение в звене постоянного тока**<br>Ошибка может быть вызвана:<br>а) Использованием слишком высокого напряжения силового питания. Допустимый диапазон ~310 – 510 В.<br>б) Слишком высокой интенсивностью и продолжительностью торможения двигателя.<br>Изменить настройки в блоке ЧПУ: ускорение, время торможения, и т.д. Если возможно, снизить максимальную скорость, с которой ведется торможение.<br>в) Выбрать внешний тормозной резистор в соответствии с условиями эксплуатации.<br>г) Неисправностью цепи сброса энергии. Проверить включение тормозного резистора при достижении уровня начала сброса энергии. Проверить подключение тормозного резистора и его сопротивление, сравнить с номинальным значением.<br>д) Настройками скважности цикла торможения. Преобразователи могут использовать разную скважность сброса энергии для защиты от перегрева (10%, 20%, 50%, 100%). Выбрать необходимую скважность соответствующим стробовым словом.<br>е) Для защиты от перегрева, преобразователи допускают торможение со скважностью 100% не более 5с, после чего торможение отключается принудительно. Если необходимо тормозить более 5с, необходимо задать скважность торможения, которая будет использоваться по истечении таймера 5с. В противном случае, напряжение может превысить допустимый порог и привести к отключению преобразователя.<br>ж) Если пользователь вручную инициировал начало сброса энергии, задав соответствующее слово стробирования, необходимо своевременно прекращать сброс энергии. В противном случае, преобразователь сбрасывает энергию 5с и |

| | |
|---|---|
| | принудительно отключает торможение. Повторный сброс энергии возможен только после выдачи команды на прекращение торможения и повторного начала торможения. |
| **3** | **Пропадание силового питания пропало во время работы**<br>а) Использование недопустимого напряжения силового питания. Допустимый диапазон ~310 – 510 В.<br>б) Слишком резкий темп разгона двигателя. Настроить S-кривую разгона в ЧПУ.<br>в) неисправность одной из оптопар по ШИМ сигналам.<br>г) Неверные номиналы резисторов в обвязке компаратора DA1 (R22, R27, R28, R31, R17, R26)<br>д) Выход из строя реле K1, шунтирующего зарядный термистор R9. Проверить срабатывание реле и измерить сопротивление между клеммой “P” диодного моста и точкой “BUS+” или “P”. Когда реле срабатывает, сопротивление становится 0 Ом вместо 100 Ом.<br>е) Неисправность оптопары FL9 (включение реле) на плате Control, и как следствие, отсутствие срабатывания реле<br>ж) Выход из строя конденсаторов C3 и C4 на плате IGBT.<br>з) Если используется напряжение 220В, то ошибка может быть вызвана кратковременной сменой слова стробирования, и, как следствие, выходом преобразователя из режима работы со входным напряжением 220В. Плохой контакт в ШИМ кабеле также может вызвать подобный сбой. |
| **4** | **Ошибка цепи сброса энергии (цепи торможения)**<br>Данную ошибку генерирует драйвер тормозного IGBT транзистора FL2 на плате IGBT.<br>а) Проверить подключение тормозного резистора. Отключенный резистор может вызвать срабатывание ошибки.<br>б) Проверить длительность и интенсивность торможения. Перегрев транзистора и/или резистора может вызвать срабатывание ошибки. Чтобы не допускать перегрева, снизить продолжительность циклов сброса энергии и их частоту. Установка меньшей скважности также может помочь.<br>в) Проверить неисправность IGBT транзистора VT5, диода VD5, драйвера FL2 (HCPL316J)<br>г) Плохой контакт в шлейфе 20 пин |
| **6** | **Ошибка узла предзаряда входного фильтра**<br>а) Чаще всего эту ошибку вызывает неисправность цепи включения реле K1 на плате IGBT. Возможно, неисправен транзистор VT3 или в его обвязке неверные элементы. В штатном режиме по приходу сигнала с оптопары FL9 открывается транзистор VT3 на плате IGBT и вызывает срабатывание реле. Формируется сигнал обратной связи для контроля срабатывания реле.<br>б) FL10 (обратная связь о срабатывании реле) неисправен. Если реле K1 работает исправно, следует проверить работу оптопары обратной связи. |
| **B** | **Цепь безопасного отключения (функция STO) активна**<br>Отсутствует напряжение на одном из входов STO. Работа преобразователя запрещена. Для продолжения работы подать напряжение +24В на оба входа STO и убедиться, что светодиоды STO STATUS горят. |

| | | |
|---|---|---|
| | | Если функция STO не используется, необходимо подать +24В на оба входа STO напрямую. Если плата STO не установлена, заблокировать работу данной функции, установив перемычку SW1 на плате Control.<br><br>Защита работает так: при пропадании питания на входах STO 2 последовательно включенных реле аппаратно отключают питание обоих IGBT модулей. С дополнительных контактов реле формируется сигнал обратной связи в ПЛИС. В случае неисправности проверить срабатывание 2 оптопар и 2 реле на плате STO. |
| **E** | | **Частота ШИМ превышает допустимый порог**<br><br>Частота ШИМ сигнала на одной из осей преобразователя превышает максимально допустимый порог.<br><br>а) Проверить настройки частот в блоке ЧПУ. Не допускается использование частоты ШИМ (PWM frequency) выше максимально разрешенной для данного типа преобразователя.<br><br>б) Проверить ШИМ кабель. Надежно зафиксировать кабель на разъемах.<br><br>в) проверить входные оптопары по ШИМ сигналам на плате Control. Неисправность одной из оптопар может вызвать срабатывание этой ошибки. |
| **Коды ошибок, относящихся к одной из осей преобразователя** | | |
| #1 | #2 | |
| **1** | **8** | **Ошибка IGBT модуля**<br><br>Ошибка может быть вызвана (для каждого канала смотри соответствующую часть схемы!):<br><br>а) неверная настройка параметров в ЧПУ. Загрузить актуальный конфигурационный файл в блок ЧПУ. Выставить основные параметры для работы с преобразователями, настроить частоты ШИМ и АЦП. Изменение серво частоты влечет за собой изменение настроек регуляторов. Увеличение частоты АЦП может вызывать сбои в опросе датчиков тока.<br><br>б) слишком резкий темп разгона/торможения, запрос фазировки двигателя с большим током, попытка работать с несфазированным двигателем.<br><br>В) неисправность ШИМ кабеля. Проверить соединения и заменить кабель по необходимости<br><br>г) выход из строя одной из оптопар на плате Control или IGBT. Проверить все оптопары осциллографом.<br><br>д) снижением напряжения питания IGBT. IGBT модуль выдает ошибку, если напряжение питания снижается ниже 13.5 В. Кратковременное «проседание» напряжения возможно в случае резкого рывка двигателя, неисправности оптопар, отсутствии большого конденсатора вблизи IGBT модуля. |
| **5** | **9** | **Превышение максимально допустимой температуры преобразователя**<br><br>Температура IGBT модуля превышает 75 градусов.<br><br>Температура IGBT модуля мониторится в двух местах. Аналоговый сигнал, пропорциональный температуре подложки IGBT модуля измеряется АЦП и передается в ПЛИС для передачи в блок ЧПУ. Данные о температуре IGBT модуля шумят с разной амплитудой (от 1 до 10 дискрет) в зависимости от температуры. Поэтому эти данные используются только для визуализации температуры и для управления вентиляторами. Для отключения преобразователя по перегреву IGBT |

| | | |
|---|---|---|
| | | модуля используется дискретный сигнал, получаемый на компараторе DA5 и проходящий через оптопару FL5 на плате IGBT.<br><br>При появлении этого кода ошибки, просмотреть температуру, передаваемую в ЧПУ и убедиться, что температура IGBT действительно выше 75 градусов. В таком случае, необходимо дать преобразователю остыть и снизить термическую нагрузку. Рекомендуется проверить работу вентиляторов, снизить нагрузку, понизить частоту ШИМ, снизить температуру окружающего воздуха. |
| **C** | **D** | **Превышение максимально допустимой температуры двигателя**<br><br>Нормально закрытый контакт в цепи защиты двигателя оказался в разомкнутом состоянии. Для продолжения работы проверить подключение датчика температуры двигателя, обеспечить охлаждение двигателя, подать команду выключения привода, затем повторно подать команду включения привода.<br><br>Если датчик температуры не подключен, заблокировать функцию установкой двух перемычек на разъем датчика температуры.<br><br>Входная цепь измерения температуры представляет собой компаратор с выставленным порогом срабатывания. Датчик температуры (например, терморезистор) включается в резистивный делитель напряжения. Чем больше сопротивление датчика, тем выше напряжение в измеряемом плече компаратора. При превышении порога срабатывания (около 1 кОм), компаратор выдает ошибку. Допускается корректировка уровня срабатывания под используемый датчик.<br><br>В случае неисправности проверить работу компаратора DA9 и оптопар FL11, FL12, FL13 на плате Control. |

* ***Зеленый цвет*** *– нормальный режим работы преобразователя.*

** ***Желтый цвет*** *– готовность преобразователя к началу работы.*

*** ***Красный цвет*** *– ошибка преобразователя.*

**Контактные данные**

Фактический адрес – Российская федерация, г. Иваново улица Лебедева-Кумача дом 2а.

Телефон службы технической поддержки – +7 (4932) 269 – 987

E-mail: support@mtronics.ru

Тел./ Факс – +7 (4932) 269 – 987

Сайт ООО “Мехатроника” в сети Интернет – http://mtronics.ru