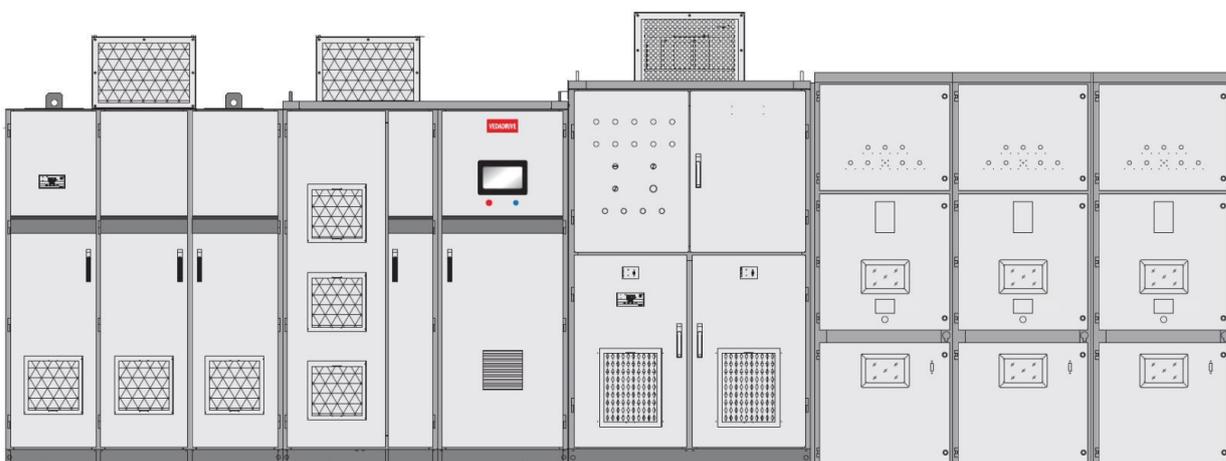


# Высоковольтные преобразователи частоты VEDADRIVE

Руководство по эксплуатации





## Содержание

<b>Указания по технике безопасности</b> .....	<b>4</b>
Высокое напряжение	4
Условные обозначения, используемые в данном руководстве	4
Меры обеспечения безопасности	4
Непреднамеренный пуск	6
<b>1. Введение</b> .....	<b>7</b>
1.1 Структура руководства по эксплуатации	7
1.2 Обзор преобразователя частоты	7
1.3 Устройство преобразователя частоты	9
1.4 Шкаф трансформатора	14
1.5 Шкаф силовых ячеек	14
1.6 Секция управления	16
<b>2. Механический монтаж</b> .....	<b>19</b>
2.1 Подготовка места установки	19
2.2 Охлаждение	19
2.3 Перечень предмонтажных проверок	21
2.4 Подъем и перемещение преобразователя частоты	22
2.5 Монтаж преобразователя частоты	24
<b>3. Электрический монтаж</b> .....	<b>25</b>
3.1 Выбор силовых кабелей	25
3.2 Выбор кабелей управления	25
3.3 Подключение силовых кабелей	26
3.4 Электрическая блокировка вводного выключателя	28
3.5 Подключение проводов управления	28
<b>4. Пусконаладочные работы и ввод в эксплуатацию</b> .....	<b>37</b>
4.1 Требования к готовности объекта для проведения ШМ и ПНР	37
4.2 Последовательность пусконаладочных работ	38
4.3 Высоковольтные испытания силового трансформатора	39
4.4 Проверка силовых ячеек	40
4.5 Общие предпусковые проверки	42
4.6 Проверка системы управления (цепей низкого напряжения)	44
4.7 Проверка преобразователя частоты под высоким напряжением	44
4.8 Проверка работы под нагрузкой	45

<b>5. Интерфейс пользователя</b> .....	<b>46</b>
5.1 Панель управления	46
5.2 Окно мониторинга	46
5.3 Окно графиков процесса	48
5.4 Окно параметров функций	50
5.5 Окно системных параметров	55
5.6 Журнал записей ошибок	58
5.7 Прочие настройки	60
5.8 Окно состояния силовых ячеек	61
5.9 Окно параметров возбудителя	62
<b>6. Дополнительные опции</b> .....	<b>65</b>
6.1 Обзор опций	65
6.2 Байпас силовой ячейки	65
6.3 Байпас преобразователя частоты	67
6.4 Выходной токоограничивающий реактор	70
6.5 Система предварительного заряда	71
6.6 Пусковой шкаф	72
6.7 Система синхронного перевода электродвигателей на сеть	73
6.8 Модуль Ethernet/IP	75
6.9 Модуль Modbus TCP/IP	77
<b>7. Контроль неисправностей и техническое обслуживание</b> .....	<b>81</b>
7.1 Предупреждения и аварийные сигналы	81
7.2 Сообщения об общих неисправностях	82
7.3 Сообщения о неисправностях силовых ячеек	84
7.4 Поиск и устранение основных неисправностей	85
7.5 Техническое обслуживание	86
<b>8. Основные функции</b> .....	<b>89</b>
8.1 Управление по замкнутому контуру с обратной связью	89
8.2 Синхронизация с сетью	90
8.3 Пуск с подхватом двигателя	90
8.4 Восстановление после потери силового напряжения	91
8.5 Функция преодоления провалов силового напряжения	92
8.6 Функция повышения момента при пуске	92
8.7 Функция защиты двигателя от перегрузки по току	93

---

8.8 Работа с синхронным двигателем и возбудителем	94
<b>9. Обмен данными по Modbus RTU</b> .....	<b>96</b>
9.1 Характеристики протокола	96
9.2 Функция 03: Чтение нескольких регистров	96
9.3 Функция 16: Запись нескольких регистров	97
9.4 Проверка контрольной суммы	98
9.5 Обработка ошибок связи	99
9.6 Регистры данных	100
<b>10. Технические данные и типовой код преобразователя частоты</b> .....	<b>110</b>
10.1 Общие технические данные	110
10.2 Типовой код и общие конфигурации	111
<b>Приложение А. Подключение и настройка термоконтроллера</b> .....	<b>113</b>

## Указания по технике безопасности

### Высокое напряжение

Преобразователь частоты VEDADRIVE представляет собой электрическое оборудование высокого напряжения, на этапе проектирования которого соблюдены все требования к обеспечению безопасности персонала. Тем не менее, это оборудование небезопасно, как и любое другое оборудование высокого напряжения. Шкафы с электрооборудованием работают на напряжении, представляющем угрозу жизни человека, кроме того, многие другие внутренние электрические компоненты нагреваются до высокой температуры, опасной при касании. Несоблюдение правил техники безопасности при эксплуатации может привести к травмам, повреждению оборудования и нанесению ущерба собственности.

Для предотвращения причинения травм персоналу и ущерба собственности перед началом эксплуатации преобразователь частоты необходимо изучить и неукоснительно соблюдать предусмотренные правила техники безопасности.

Преобразователь частоты VEDADRIVE является безопасным устройством при проведении любых работ по монтажу, вводу в эксплуатацию, пуску и техническому обслуживанию при условии соблюдения приведенных в этом руководстве инструкций.

### Условные обозначения, используемые в данном руководстве

#### ОПАСНОСТЬ!



Указывает на потенциально опасную ситуацию, при которой существует риск летального исхода или серьезных травм.



#### ВНИМАНИЕ!

Указывает на потенциально опасную ситуацию, при которой существует риск получения травм средней тяжести. Также может использоваться для обозначения потенциально небезопасных действий и действий, ведущих к повреждению преобразователя частоты и оборудования.

Значение таких знаков остается неизменным во всем документе.

### Меры обеспечения безопасности

Конструкция и защитные устройства преобразователя частоты являются безопасными при условии надлежащего соблюдения инструкций по монтажу, вводу в эксплуатацию, эксплуатации и техническому обслуживанию. Следует неукоснительно соблюдать приведенные ниже правила техники безопасности для исключения несчастных случаев с персоналом.

ООО «Данфосс» не несет ответственности за травмы персонала или ущерб собственности, произошедшие вследствие нарушения правил техники безопасности.

К работам по монтажу, эксплуатации, поиску и устранению неисправностей, техническому обслуживанию преобразователя частоты допускаются только персонал, имеющие надлежащую квалификацию. Квалифицированным считается персонал,

который прошел обучение по определенной программе, знакомый с устройством и принципами работы оборудования, и действующими в электроэнергетической отрасли нормами.

При тестировании и техническом обслуживании преобразователя частоты в его рабочей зоне должны находиться не менее двух человек, имеющих надлежащую квалификацию.

Перед проверкой или техническим обслуживанием преобразователя частоты необходимо подготовить работу тестового индикатора высокого напряжения, подключить провод заземления, установить защитное ограждение и вывесить предупредительные таблички об опасном напряжении.

При подключении внешних кабелей следует тщательно соблюдать нормативы и стандарты, принятые в электроэнергетике.

Для исключения травм персонала и ущерба собственности перед проведением любых работ следует тщательно изучить приведенные в этом руководстве правила техники безопасности.

Преобразователь частоты следует устанавливать в соответствующих условиях и обеспечить к нему доступ для проведения технического обслуживания.

Установку, подключение и настройку параметров преобразователя частоты разрешается выполнять исключительно силами подготовленных специалистов. Обратитесь в ООО «Данфосс» для получения консультации в случае необходимости изменения параметров преобразователя частоты.

Повторный пуск преобразователя частоты, отключенного по аварийному сигналу, следует осуществлять только после завершения его осмотра и технического обслуживания.



Внутри шкафов может сохраняться остаточное напряжение даже при отключенном электрическом питании. Обеспечьте надежность отключения преобразователя частоты – для отключения не допускается использовать контактор. Входы и выходы преобразователя частоты должны быть заземлены. Не касайтесь компонентов силовой цепи до тех пор, пока горят их индикаторы заряда.

При работе необходимо носить обувь на изолированной подошве и изолирующие перчатки, все работы необходимо выполнять только одной рукой.



Не допускается эксплуатировать преобразователь частоты с открытыми дверями.

В системах шкафов высоковольтного преобразователя частоты имеются проводящие элементы. Запрещается касаться любых частей установленного в шкафах оборудования во время проведения технического обслуживания при отключенном преобразователе частоты, не удостоверившись, что такие части не находятся под напряжением.

Электрические устройства чувствительны к зарядам статического электричества. При монтаже, техническом обслуживании, фиксации или касании элементов в системах шкафов высоковольтного преобразователя частоты необходимо, чтобы

выполняющий работы персонал использовал антистатические браслеты. Посторонние лица не должны касаться электрических компонентов.



При транспортировке и хранении электрических компонентов или печатных плат следует использовать антистатическую упаковку.

При установке или обращении с печатными платами не допускается касаться размещенных на плате электрических компонентов, следует держать плату за ее края.

### **Непреднамеренный пуск**



Если преобразователь частоты подключен к сети питания переменного тока, двигатель может включиться в любое время. Двигатель можно запустить с помощью внешнего переключателя, команды по шине последовательной связи, с использованием входного сигнала задания либо после устранения неисправности. Предпринимайте все необходимые меры для защиты от непреднамеренного пуска.

Преобразователь частоты, двигатель и любое подключенное оборудование должны быть в состоянии эксплуатационной готовности. Неготовность оборудования к работе при подключении преобразователя частоты к сети питания переменного тока может привести к летальному исходу, получению серьезных травм или к повреждению оборудования.



## 1. Введение

### 1.1 Структура руководства по эксплуатации

Данное руководство содержит основную информацию, необходимую для эксплуатации преобразователя частоты. Ввиду большого числа доступных дополнительных устройств в данном руководстве описаны не все возможные конфигурации. Подробную информацию смотри в документации по конкретной поставке.

В главе 2 представлены требования к монтажу механической части. В главе 3 — требования к монтажу электрической части, в том числе — подключение питания, двигателя, проводов управления, а также дано описание функций клемм управления. В главе 4 приводятся инструкции по запуску преобразователя частоты. Остальные главы содержат дополнительные сведения. К ним относятся интерфейс пользователя, устранение неисправностей при запуске, управление по интерфейсной шине, а также технические характеристики.

ООО «Данфосс» сохраняет за собой право пересматривать настоящую публикацию в любое время и вносить изменения в её содержание, без предварительного уведомления или каких-либо обязательств уведомления прежних или настоящих пользователей о таких изменениях.

### 1.2 Обзор преобразователя частоты

VEDADRIVE — это серия преобразователей частоты высокого напряжения, предназначенных для регулирования скорости вращения электродвигателей переменного тока (синхронных и асинхронных) в сетях высокого напряжения.

Преобразователи частоты VEDADRIVE обладают следующими преимуществами:

- Технология регулирования, обеспечивающая высокую точность и быстродействие системы, а также КПД, превышающий 96 %.
- Модульная конструкция силовых ячеек, облегчающая техническое обслуживание.
- Напряжение в питающей электрической сети может изменяться в широком диапазоне, что позволяет подключать преобразователь частоты к различным сетям входного питания.
- Подключение силовых ячеек выполнено последовательно, что позволяет суммировать их напряжение.
- Функция автоматического регулирования напряжения (АРН), обеспечивает регулирование выходного напряжения, что исключает повреждение обмоток двигателя вследствие перенапряжения и уменьшает потери в двигателе при работе без нагрузки.
- Функция повышения крутящего момента, обеспечивает повышение выходного напряжения и выходного крутящего момента при работе на низких выходных частотах.
- Функция пуска вращающегося двигателя (подхват), позволяет перезапустить вращающийся двигатель и обеспечить непрерывность производства.

- Функция предотвращения потери мощности, обеспечивает обратное питание для продолжения нормальной работы при исчезновении напряжения в электрической сети на очень короткое время.
- Функция синхронного переключения двигателя с преобразователя частоты на сеть и обратно (опция);
- Функция байпаса силовых ячеек (опция) позволяет автоматически шунтировать неисправные ячейки без влияния на функционирование преобразователя частоты.
- Панель управления с сенсорным экраном обеспечивает простое управление и настройку преобразователя частоты.
- Схема управления предусматривает работу в режиме ведущий- ведомый.
- Компактная конструкция и надлежащая компоновка (возможна поставка устройств в специальном исполнении в соответствии с техническими условиями заказчика).
- Установка источника бесперебойного питания (ИБП), позволяющего поддерживать питание управления в течении 30 минут при пропадании силового питания (опция).

Кроме перечисленных выше преимуществ, преобразователи частоты VEDADRIVE имеют следующие функции:

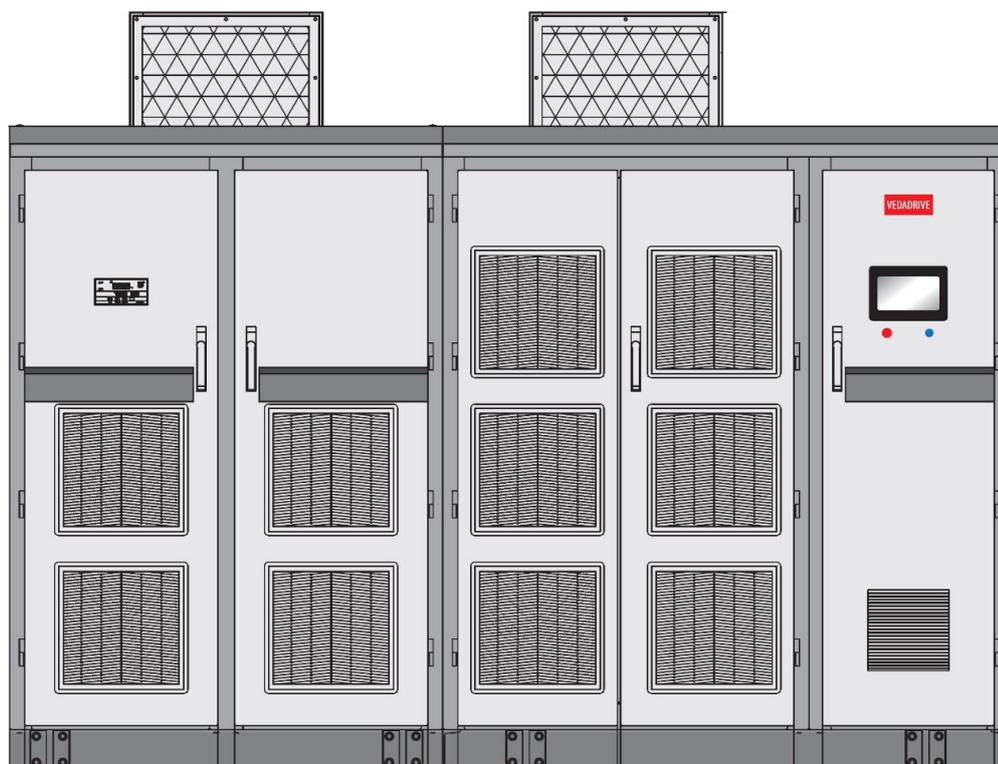
- Защита от перегрузки и сверхтока.
- Защита от обрыва фазы питания.
- Защита от обрыва фазного провода двигателя.
- Защита от однофазных замыканий на землю на выходе.
- Защита от перенапряжения.
- Защита от перегрева.
- Функция ограничения тока.
- Защита от короткого замыкания в цепи питания.
- Два резервных контура питания блока управления.
- Электрическая изоляция между силовыми ячейками и контроллером (обмен данными осуществляется по оптоволоконному кабелю).
- Обратная связь, которая позволяет использовать заданное пользователем ожидаемое значение контролируемого параметра (давления, температуры и т. д.) в качестве задания для автоматической регулировки скорости вращения ротора двигателя (например, постоянное давление в системе водоснабжения может использоваться в качестве параметра для регулирования расхода воды при подаче).
- Обмен данными: интерфейс RS485, стандартный коммуникационный протокол MODBUS RTU, протокол PROFIBUS DP (опция), промышленный коммуникационный протокол Ethernet IP (опция), протокол MODBUS TCP/IP (опция).
- Регистрация отказов, возможность сохранять журнал ошибок на флэш-диске USB.
- Аварийный сигнал при открытии двери шкафа.

### 1.3 Устройство преобразователя частоты

Преобразователь частоты (см. рис. 1.1) состоит из следующих основных компонентов:

- Шкаф трансформатора;
- Шкаф силовых ячеек;
- Секция управления.

Для высоковольтных преобразователей частоты большой мощности используются дополнительные пусковые шкафы.



Шкаф трансформатора

Шкаф силовых ячеек  
с секцией управления

Рис. 1.1 - Общий вид преобразователя частоты VEDADRIVE

За счет входного трансформатора с изолированными вторичными обмотками, вход преобразователя частоты изолирован от сети. Посредством сдвига фаз во вторичной обмотке и использовании моста на импульсных диодах осуществляется изолированное питание силовых ячеек (30/36-пульсное для 6 кВ, 54-пульсное для 10 кВ). Благодаря использованию схемы с высокой пульсностью выпрямления, в значительной степени минимизирован ток гармонического искажения питающей сети (см. рис. 1.3).

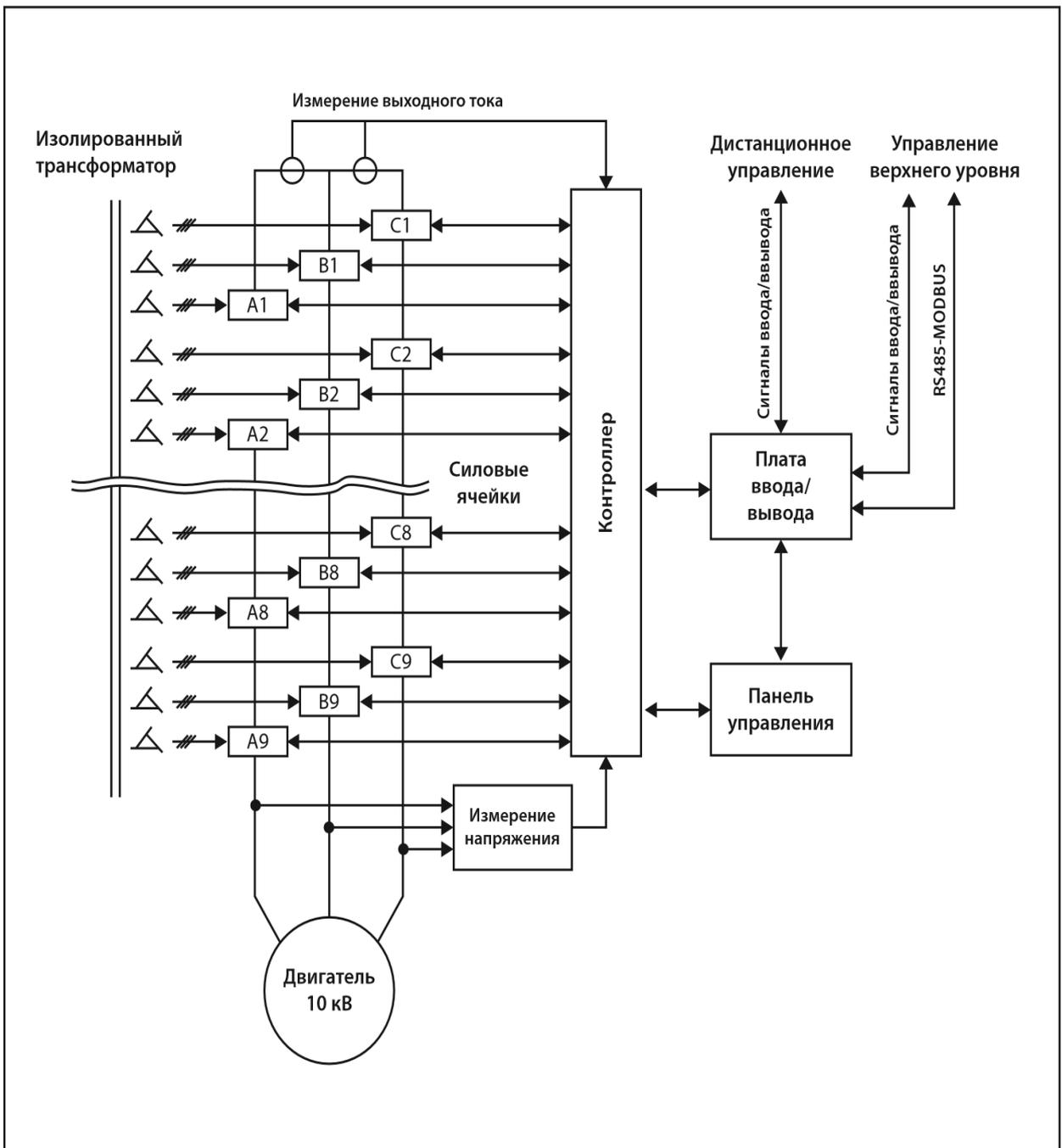


Рис. 1.2 - Схема преобразователя частоты 10 кВ

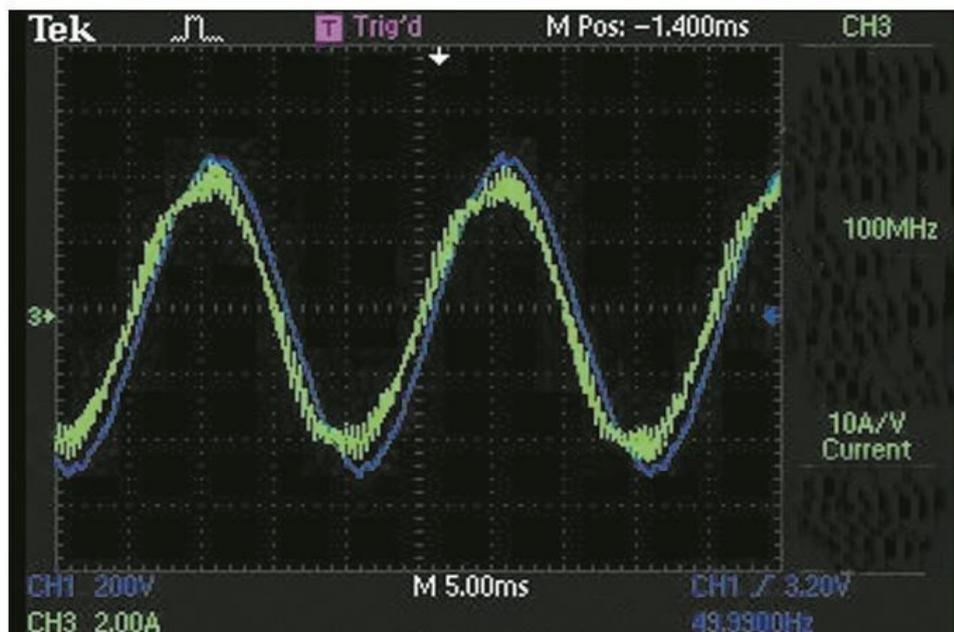


Рис. 1.3 - 30-импульсное входное напряжение, кривые тока и напряжения

Способ последовательного подключения силовых ячеек с образованием многоячейечной силовой структуры, который применен в преобразователях частоты VEDADRIVE, позволяет в значительной степени устранить гармоническую составляющую на выходе преобразователя частоты, при этом форма кривой выходного напряжения имеет практически синусоидальную форму (см. рис. 1.4 и 1.5).

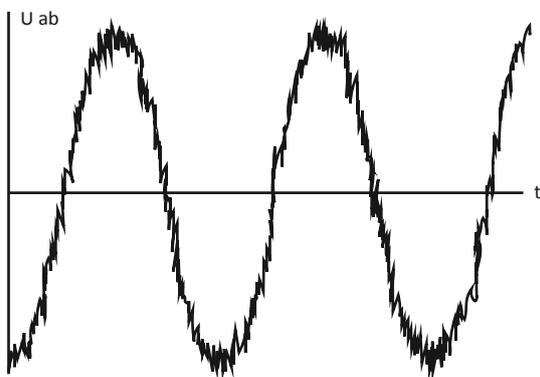


Рис. 1.4 - Форма кривой выходного напряжения

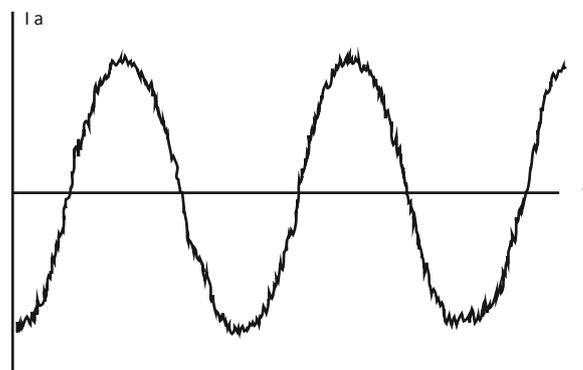


Рис. 1.5 - Форма кривой выходного тока

По сравнению с другими мощными высоковольтными преобразователями частоты, такая схема имеет следующие преимущества:

- Нет необходимости использования дополнительного фильтра на выходе.
- Возможность применения стандартных синхронных и асинхронных электродвигателей высокого напряжения, при этом температура двигателя не повышается.
- Не уменьшается номинальная мощность электродвигателя.

- Отсутствие повреждений изоляции электродвигателя и кабеля вследствие резких всплесков напряжения ( $dU/dt$ ).
- Отсутствие пульсаций крутящего момента вследствие воздействия гармонических составляющих, что позволяет увеличить срок службы электродвигателей и приводимых механизмов.
- Нет ограничений на длину кабеля, если падение напряжения находится в допустимых пределах.

В качестве разделительного трансформатора применяется трансформатор сухого типа с принудительным воздушным охлаждением. Первичная обмотка трансформатора подключена непосредственно к электрической сети высокого напряжения по схеме звезда. Вторичные обмотки подключены по расширенной схеме треугольник и имеют некоторую разность фаз. Угол сдвига фаз =  $60^\circ/n$ , где  $n$  = число силовых ячеек в каждой фазе.

Силовые ячейки получают питание от вторичных обмоток трансформатора; разность фаз между обмотками определяется числом силовых ячеек и входным напряжением преобразователя частоты (см. таблицу 1.1).

Таблица 1.1 - Конфигурация силовых ячеек

Напряжение преобразователя частоты, кВ	Количество силовых ячеек в каждой фазе	Номинальное напряжение ячейки, В	Выходное фазное напряжение, В	Выходное линейное напряжение, В	Число уровней напряжения для каждой фазы
6	5	690	3450	6000	11
6	6	640	3450	6000	13
6,6	6	640	3810	6600	13
10	9	640	5770	10000	19
11	9	700	6350	11000	19

Преобразователи частоты на напряжение 6 кВ имеют 15 или 18 силовых ячеек, а преобразователи частоты на 10 кВ — 27 ячеек. Поскольку несколько силовых ячеек подключены последовательно, то амплитуды их напряжений складываются. Трехфазное высокое напряжение на выходе преобразователя частоты создается посредством подключения трех выходных фаз по схеме звезда с изолированными нейтральными точками.

Для преобразователя частоты, к примеру, на напряжение 6 кВ с 5 силовыми (см. рис. 1.6) ячейками можно получить 11 уровней напряжения на выходе (-5 ... 0 ... + 5). При увеличении числа уровней напряжений значение каждого уровня уменьшается; это приводит к уменьшению всплесков напряжения ( $Du/dt$ ) и общих гармонических искажений выходного напряжения. На рис. 1.7 показаны формы колебаний напряжения для пяти силовых ячеек и формы колебаний фазного напряжения для преобразователя частоты с пятью силовыми ячейками.

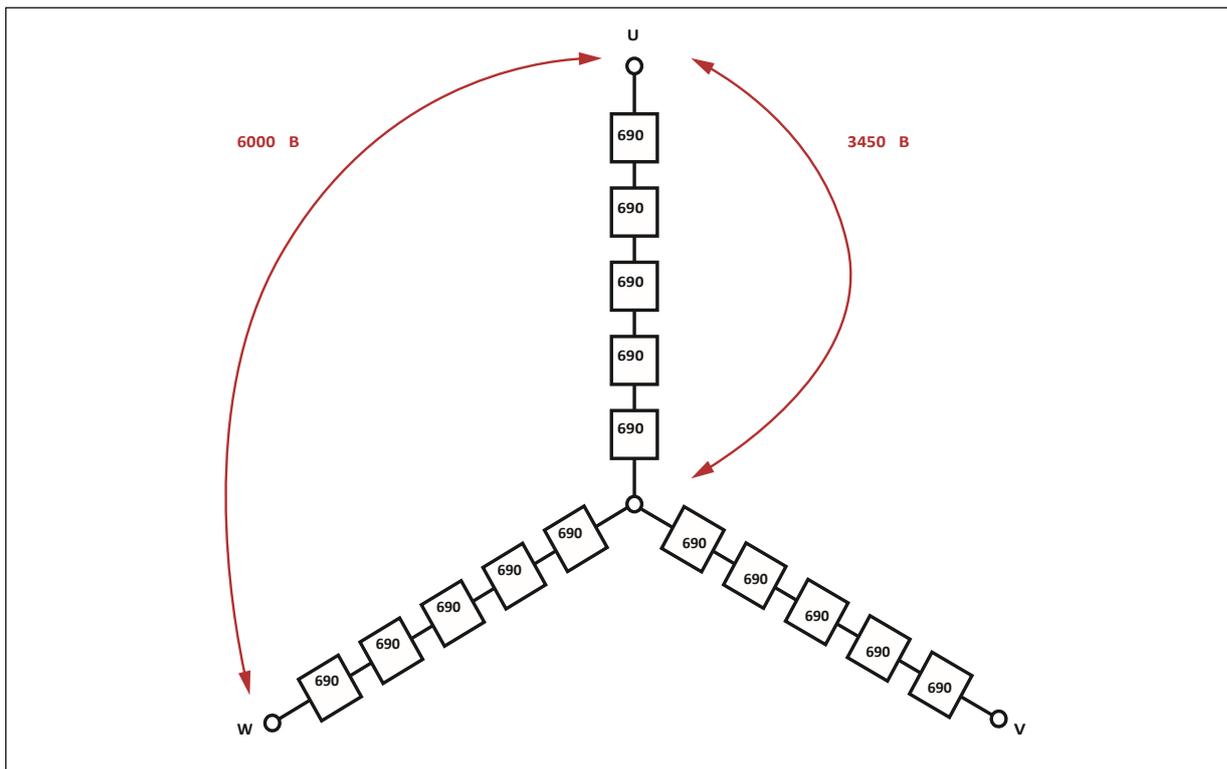


Рис. 1.6 - Схема суммирования напряжений для преобразователя частоты 6 кВ, с пятью силовыми ячейками в фазе

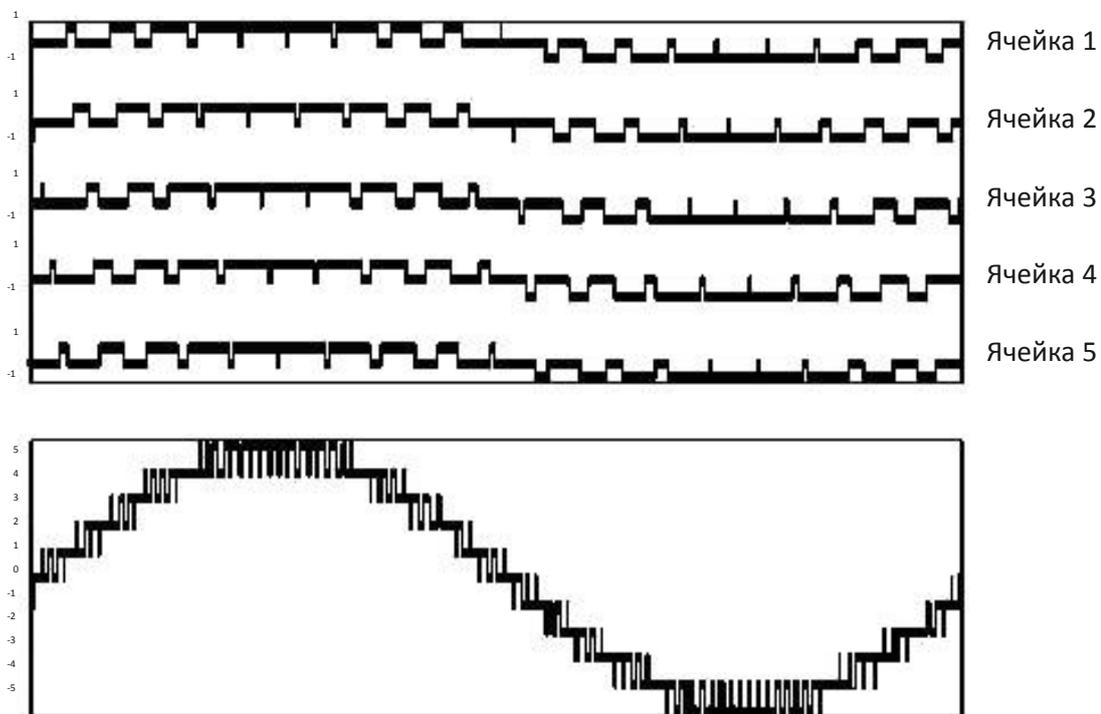


Рис. 1.7 - Форма напряжения для пяти силовых ячеек и форма кривой фазного напряжения

#### 1.4 Шкаф трансформатора

В шкафу трансформатора установлен трансформатор сухого типа со сдвигом фазы, который подает трехфазное питание на силовые ячейки. На двери шкафа расположен контроллер температуры трансформатора, предназначенный для подачи аварийного сигнала в случае чрезмерного повышения температуры и обеспечивающего защиту трансформатора от перегрева. В шкафу установлен концевой выключатель двери, который подает аварийный сигнал при ее открытии.

К вводу подключены трансформаторы тока для контроля входных токов.

Трансформатор имеет дополнительную обмотку для формирования трёхфазного напряжения собственных нужд (~380 В). При работе преобразователя частоты вентиляторы подключаются к данной обмотке.

Шкаф трансформатора имеет вентилятор (или вентиляторы) для охлаждения. На двери шкафа установлены воздушные фильтры.

#### 1.5 Шкаф силовых ячеек

В шкафу силовых ячеек установлены силовые ячейки и вспомогательные компоненты. Шкаф силовых ячеек состоит из следующих частей:

- Силовые ячейки;
- Плата сопротивлений;
- Датчики Холла для измерения выходного тока;
- Плата измерения выходного напряжения;
- Плата измерения температуры;
- Центробежный вентилятор (или вентиляторы) охлаждения;
- Нагреватель (опция).

Каждая силовая ячейка реализована по схеме, указанной на рис. 1.8.

Все ячейки в шкафу имеют одинаковые электрические и механические характеристики и являются взаимозаменяемыми.

Внешний вид силовой ячейки с передней стороны приведен на рис. 1.9.

Расшифровка маркировки приведена на рис. 1.10.



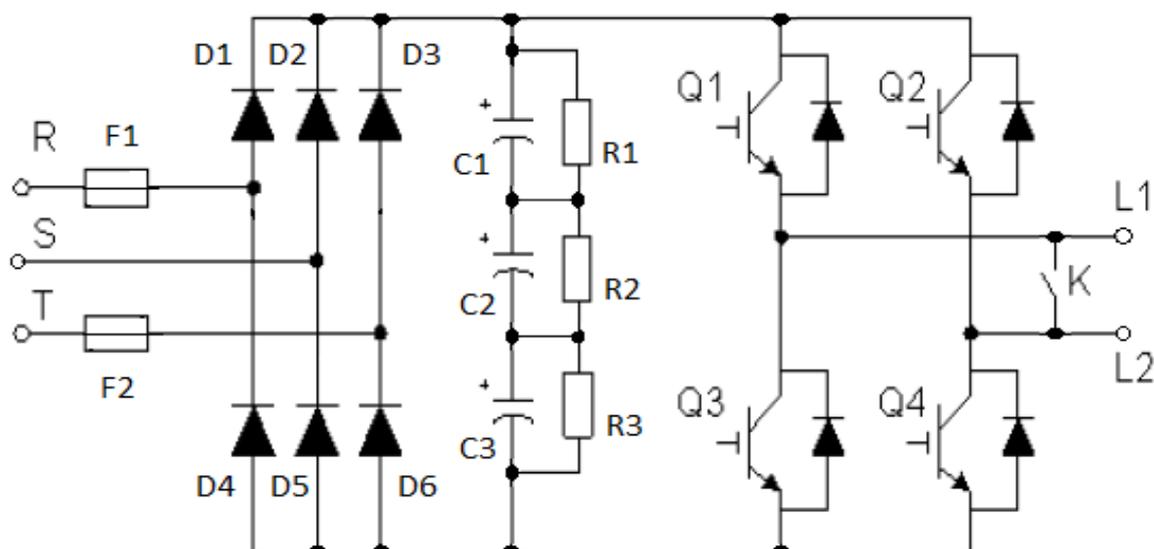


Рис. 1.8 - Схема силовой ячейки

Входные клеммы питания R, S, T подключены к трехфазному выходу низкого напряжения вторичной обмотки входного трансформатора, через быстродействующие предохранители (F1, F2). В каждой из трех фаз используются диоды (D1 – D6), для двухполупериодного выпрямления трехфазного напряжения, которое заряжает конденсаторы постоянного тока (C1 – C3) в звене постоянного тока. Напряжение с конденсаторов подается на однофазный мостовой инвертор (Q1 – Q4), состоящий из транзисторов с изолированным затвором (IGBT). Опционально силовая ячейка может иметь электрический байпас (K), реализованный на IGBT модуле.

Каждая силовая ячейка имеет собственную плату управления и плату драйвера. Плата управления принимает сигналы, передаваемые контроллером по оптоволоконной сети. На плате управления имеются несколько цепей для мониторинга таких неисправностей, как перегрев, обрыв фазы, перенапряжение в цепи постоянного тока, исчезновение питающего напряжения, отказ оптоволоконной коммуникационной системы и отказ драйверов. Сигналы неисправности передаются на контроллер для обеспечения работы защитных функций преобразователя частоты и для регистрации в журнале ошибок. Силовая ячейка получает команды на подключение и сигналы статуса по оптоволоконной линии, а также передает сигналы с кодами неисправности и статуса.

В преобразователях частоты 6 кВ в каждой фазе установлено пять или шесть ячеек. В преобразователях частоты 10 кВ в каждой фазе установлено девять силовых ячеек. Ячейки подключены к трехфазной вторичной обмотке трансформатора с номинальным напряжением 690 В (640 В). Через однофазный выход все (пять, шесть или девять) ячеек каждой фазы соединены последовательно с помощью медной шины. Первые ячейки каждой фазы замкнуты между собой с образованием трехфазного подключения по схеме звезда. Выход последней ячейки в каждой фазе подключен к выходным клеммам преобразователя частоты.

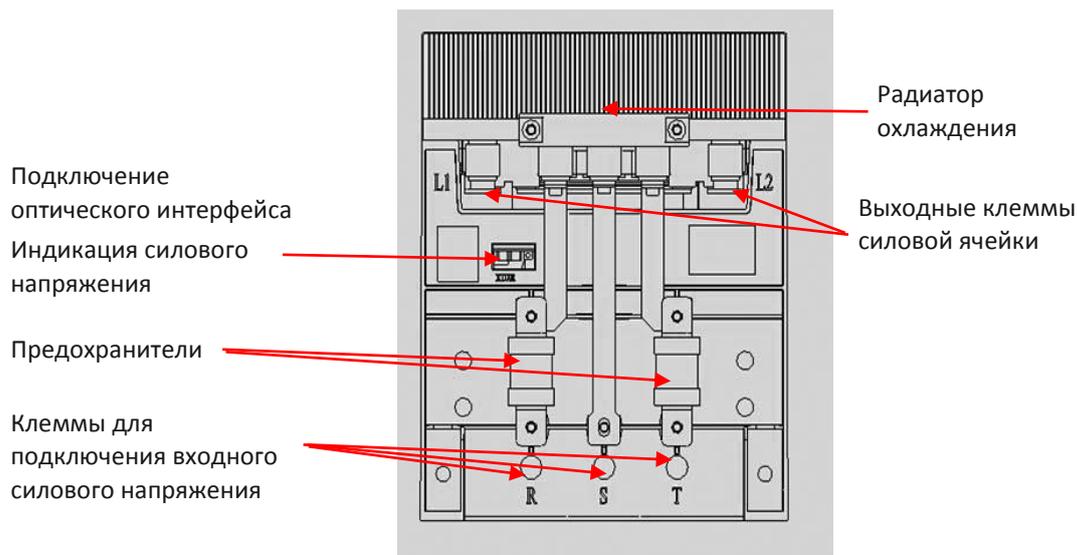


Рис. 1.9 - Внешний вид силовой ячейки с передней стороны

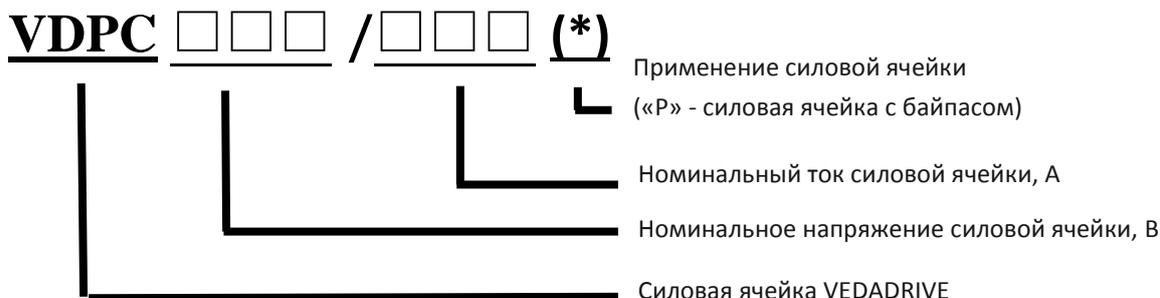


Рис. 1.10 - Расшифровка маркировки силовой ячейки

С обратной стороны силовых ячеек предусматривается воздушный канал, по которому охлаждающий воздух через фильтры в двери шкафа, подается на радиаторы охлаждения ячеек и затем отводится в воздушный канал, расположенный в задней части шкафа. Установленный на крыше шкафа центробежный вентилятор удаляет горячий воздух из шкафа силовых ячеек.

В шкафу установлен концевой выключатель двери, который подает аварийный сигнал при ее открытии.

### 1.6 Секция управления

Система управления преобразователя частоты состоит из следующих частей:

- Контроллера;
- Блока вводов/выводов с логическим контроллером;
- Панель управления с сенсорным дисплеем;
- Блок питания цепей управления;
- Источник бесперебойного питания (опция).

**Контроллер** состоит из платы процессора (AP4), платы обработки сигналов (AP6), трех плат оптоволоконного интерфейса (AP1, AP2, AP3) и платы подключений (A5).

Плата оптоволоконного интерфейса передает сигналы данных по оптоволоконной линии, каждая плата оптоволоконного интерфейса управляет подключенными к одной фазе ячейками и передает сигналы широтно-импульсной модуляции (ШИМ) или команды рабочего режима на силовую ячейку, а также осуществляет прием сигналов статуса, поступающих от силовых ячеек. Силовая ячейка получает команды на подключение и сигналы статуса по оптоволоконной линии, а также передает сигналы с кодами неисправности на плату оптоволоконного интерфейса. Платы оптоволоконного интерфейса различаются в зависимости от количества ячеек в фазе.

Плата обработки сигналов осуществляет прием аналоговых сигналов выходного-выходного напряжения и тока преобразователя частоты, а после — разделение, фильтрацию и аналого-цифровое преобразование сигналов. После этого сигналы передаются на плату управления для управления и защиты преобразователя частоты. Платы обработки сигналов различаются в зависимости от номинального тока преобразователя частоты.

На плате управления установлен процессор цифровых сигналов (DSP), с помощью которого реализованы все функции управления двигателем и обмена данными. Связь с блоком ввода/вывода осуществляется через последовательный интерфейс RS232. По данному интерфейсу передаются параметры состояния преобразователя частоты и принимаются значения параметров.

Плата подключений используется для формирования и подачи напряжения +5 В и ±15 В, подключения энкодера и дискретных входов-выходов.

**Блок вводов/выводов** осуществляет логическую обработку внутренних сигналов переключения преобразователя частоты, сигналов управления и сигналов состояния, поступающих от внешнего оборудования. Блок вводов / выводов предназначен для обработки сигналов от двух аналоговых входов и двух аналоговых выходов. Аналоговые входы используются для получения аналоговых сигналов задания и обратной связи (давление, расход и т. д.). Аналоговые выходы используются для передачи данных пользователю на верхний уровень о текущей частоте и выходном токе. Программируемые аналоговые выходы могут также дополнительно передавать: температуру шкафа силовых ячеек, выходной коэффициент мощности, выходную мощность, ток возбуждения. Аналоговые входы могут быть как на ток (4-20 мА), так и на напряжение (0-10 В). Аналоговый выход только на ток (4-20 мА).

**Панель управления** оснащена удобным для пользователя интерфейсом на русском языке. Реализованное в составе панели управления программное обеспечение осуществляет расчет и вывод на дисплей параметров тока, напряжения, мощности, рабочей частоты и других рабочих параметров с использованием данных, полученных от платы управления и платы вводов / выводов, а также реализует функции аварийной сигнализации и предупреждений в случае возникновения неисправностей.

На двери шкафа располагаются две кнопки:

- Кнопка **«Сброс»** используется для сброса аварийного состояния системы управления и отключения аварийной блокировки.

- Самоблокирующаяся кнопка **«Аварийный останов»** предназначена для отключения преобразователя частоты от питающей сети высокого напряжения либо имитации внешней аварии в процессе наладки.

При возникновении неисправности или переходе преобразователя частоты в аварийное состояние, или, в случае необходимости экстренного отключения преобразователя частоты от электрической сети высокого напряжения, следует нажать на кнопку «Аварийный останов» тыльной стороной одной руки. Если кнопка заблокировалась в нажатом положении, следует повернуть кнопку на 45° по часовой стрелке для снятия блокировки. При нажатии на кнопку «Аварийный останов» на дисплей выводятся сообщение о неисправности и сообщение о внешней неисправности, цепь сигнала разрешения размыкается, цепь отключения питания замыкается. При проверке или техническом обслуживании эта кнопка должна находиться в нажатом состоянии для исключения случайного подключения преобразователя частоты к питающей сети высокого напряжения.

## 2. Механический монтаж

### 2.1 Подготовка места установки

Перед проведением монтажных работ необходимо спроектировать вариант установки преобразователя частоты. Пренебрежение этой стадией может привести к дополнительным трудозатратам как во время монтажа, так и в процессе эксплуатации.

Выберите наилучшее возможное место эксплуатации с учетом следующих факторов:

- Рабочая температура окружающей среды;
- Способ охлаждения;
- Прокладка кабелей.

Следует обеспечить проходы достаточной ширины вокруг шкафов:

- Расстояние системы шкафов двухстороннего обслуживания от их задней стенки до стены должно быть не менее 1000 мм для преобразователей частоты 6 кВ и не менее 1200 мм для преобразователей частоты 10 кВ для обеспечения достаточного пространства при замене силовых ячеек.
- Расстояние между верхним краем крышного вентилятора шкафа и потолком должно быть не менее 800 мм.
- Расстояние между передней частью системы шкафов и стеной должно быть не менее 1500 мм.

Убедитесь, что источники питания подают надлежащее напряжение и обеспечивают достаточный ток.

Шкафы преобразователей частоты одностороннего обслуживания можно устанавливать практически вплотную к стене.

Для уменьшения температуры вследствие работы преобразователей частоты рекомендуется направлять охлаждающий поток воздуха через специальный внешний вентиляционный короб или канал.

### 2.2 Охлаждение

При работе системы воздушного охлаждения преобразователя частоты воздух забирается через вентиляционные решетки, расположенные на дверях, и выводится через вентиляторы, установленные на крышах шкафов. При высокой температуре окружающей среды или затруднениях для циркуляции охлаждающего воздуха необходимо установить дополнительные вентиляторы, промышленные кондиционеры или внешние вентиляционные каналы.

Стандартное расположение вентиляционных коробов охлаждения преобразователя частоты VEDADRIVE показано на рис. 2.1 и 2.2.

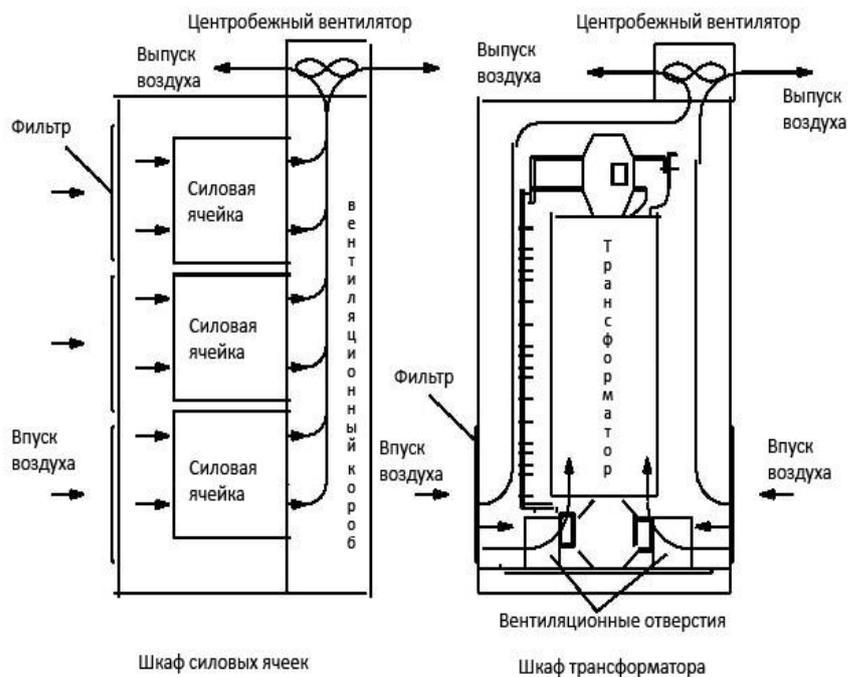


Рис. 2.1 - Стандартный вентиляционный короб преобразователя частоты 6 кВ

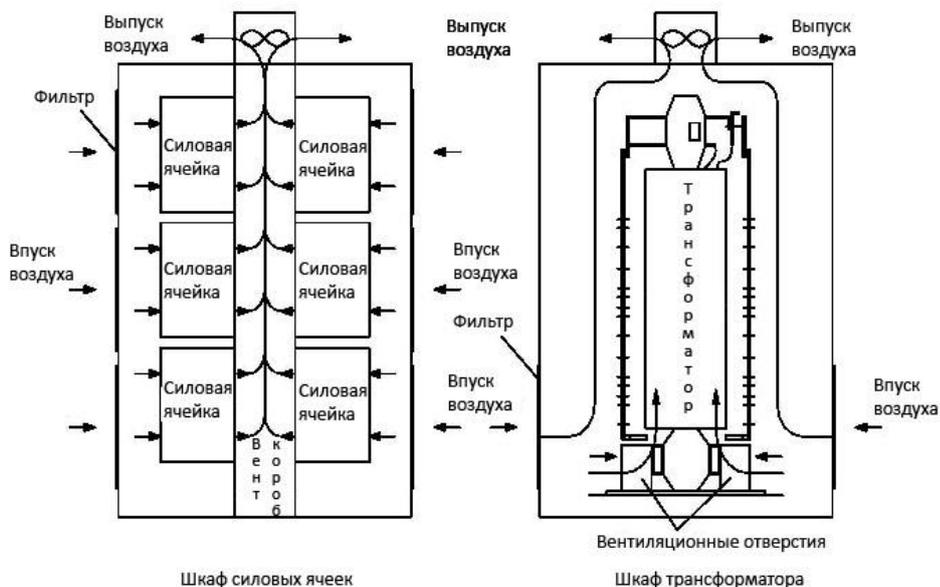


Рис. 2.2 - Стандартный вентиляционный короб преобразователя частоты 10 кВ

Специальный внешний вентиляционный канал должен быть напрямую соединен с вентиляторами охлаждения. Согласно различному креплению вентиляторов и их направлению на крышах системы шкафов преобразователя частоты возможны два варианта установки внешних вентиляционных каналов.

Установку преобразователя частоты следует производить в достаточно большом помещении для удобства при работе и исключения сильных поворотов вентиляционных каналов.

Расположение внешних вентиляционных каналов охлаждения преобразователя частоты VEDADRIVE показано на рис. 2.3 и 2.4.

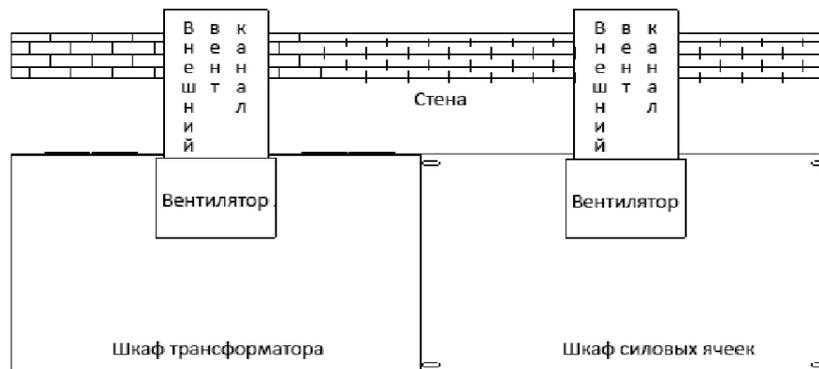


Рис. 2.3 - Внешний вентиляционный канал при установке решетки вентилятора параллельно передней или задней стенке преобразователя частоты

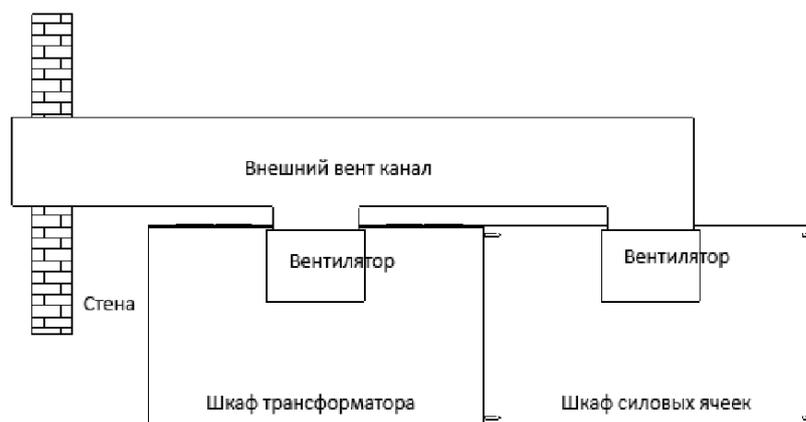


Рис. 2.4 - Внешний вентиляционный канал при установке решетки вентилятора параллельно боковой стенке преобразователя частоты

Выходная мощность кондиционера охлаждения должна быть не меньше требуемой, рассчитанной по формуле:  $0,02 \times P_{ном}$ , где  $P_{ном}$  — номинальная мощность преобразователя частоты.

Совместное использование кондиционера и воздуховода не рекомендовано из-за возможного образования конденсата во время простоя преобразователя частоты.

### 2.3 Перечень предмонтажных проверок

Порядок проведения осмотра при приемке преобразователя частоты:

- Перед снятием упаковки убедитесь в отсутствии повреждений упаковки.
- Распакуйте оборудование и убедитесь в отсутствии наружных повреждений преобразователя частоты.

- Сравните заказной код, указанный на паспортной табличке, с номером в заказе, чтобы убедиться в соответствии полученного оборудования.
- Убедитесь, что все детали рассчитаны на одинаковое напряжение: питающая сеть, преобразователь частоты, двигатель.
- Убедитесь, что выходной номинальный ток преобразователя частоты равен или превышает ток полной нагрузки двигателя.
- Проверьте отгрузочную ведомость / упаковочный лист и убедитесь в наличии всех необходимых частей преобразователя частоты.



При обнаружении каких-либо повреждений преобразователя частоты откажитесь от подписания акта приемки и незамедлительно известите об этом поставщика.

## 2.4 Подъем и перемещение преобразователя частоты

Подъем и перемещение шкафов преобразователя частоты можно осуществлять следующими тремя способами:

- Подъем с помощью мостового крана;
- Подъем с помощью ручной цепной тали;
- Перемещение с помощью катков.

Места строповки упакованных шкафов должны быть определены в соответствии с нанесенной маркировкой мест строповки и центра тяжести (см. рис. 2.5). Стропы должны быть правильно уложены с обеих сторон паллеты с выступами. Как при использовании крана, так и при использовании вилочного погрузчика положение строп и вилок должно определяться с учетом расположения центра тяжести.

После демонтажа всех элементов упаковки (кроме паллеты) требуется кран или вилочный погрузчик для снятия шкафов с паллет. При использовании крана подъем шкафов осуществлять посредством четырех колец на верхней части каждого шкафа (кроме шкафа трансформатора).

Подъем шкафа трансформатора следует производить в соответствии с маркировкой на упаковке и положениями на чертеже.

При подъеме следует принять все возможные меры, чтобы центр подъема совпадал с осевой линией шкафа трансформатора и шкафа силовых ячеек.





Рис. 2.5 - Строповка (паллеты с выступом - слева, паллеты без выступа - справа)

Если на крыше шкафа трансформатора установлены вентиляторы, то их следует демонтировать перед подъемом. Порядок демонтажа: снимите верхнюю крышку вентилятора, отсоедините кабель питания вентилятора на клеммах, запомните порядок подключения жил кабеля для последующего восстановления соединения, отверните болты на основании крепления вентилятора (крыше шкафа).

Доступ к подъёмным кольцам трансформатора осуществляется либо через отверстия для вентиляторов, либо через специальные люки в крыше шкафа. Также подъёмные кольца трансформатора могут быть выведены на крышу шкафа.

Катки пригодны для использования в стесненных условиях при отсутствии крана или цепной тали.

Кран или ручная цепная лебедка должны иметь соответствующую грузоподъемность.



Подъемные стропы должны иметь достаточную длину и прочность, чтобы выдержать массу груза.

Не допускать повреждения поверхности шкафа при перемещении мостовым краном, ручной цепной талью или на катках.



При транспортировке распакованного шкафа трансформатора не допускается подъем с зацеплением только за подъемное кольцо шкафа (рым-болты), т.к. он имеет большой вес — необходимо использовать подъемную проушину специальных швеллеров, покрашенных в желтый цвет. Либо использовать подъемные кольца непосредственно на трансформаторе, как показано на рис. 2.6.



При установке на неровных поверхностях металлические шкафы преобразователя частоты могут изгибаться, что вызовет перекос дверей и проблемы с их открытием/закрытием.



Запрещается стоять под грузом при подъеме шкафа краном.

Запрещается корректировать положение шкафа, если шкаф наклонился во время подъема — это может привести к его падению.

Соблюдайте осторожность для исключения повреждения и деформации шкафов.

Подъемные кольца на трансформаторе

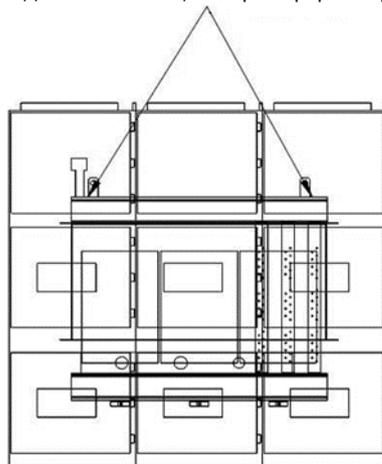


Рис. 2.6 - Подъем шкафа трансформатора

## 2.5 Монтаж преобразователя частоты

Для обеспечения безопасности и удобства при прокладке кабеля рекомендуется устанавливать шкафы над кабельным каналом (см. рис. 2.7). Нижнее основание преобразователя частоты выполнено из швеллера шириной 100 мм. Если номинальная мощность составляет 1600 кВт и выше, то это основание изготавливается из стального швеллера шириной 160 мм. Если номинальная мощность превышает 4000 кВт, используется стальная двутавровая балка шириной 180 мм. Таким образом, следует выбрать надлежащий профиль в соответствии с массой преобразователя частоты. Если смотреть спереди, то шкаф трансформатора установлен слева от шкафа силовых ячеек и рядом друг с другом на одном уровне горизонта.

Следует установить преобразователь частоты на основание и надежно заземлить. Трансформатора и клеммная коробка должны быть заземлены. Сопротивление цепи заземления должно быть не более 4 Ом. Все шкафы должны быть соединены между собой болтами с образованием единой конструкции.

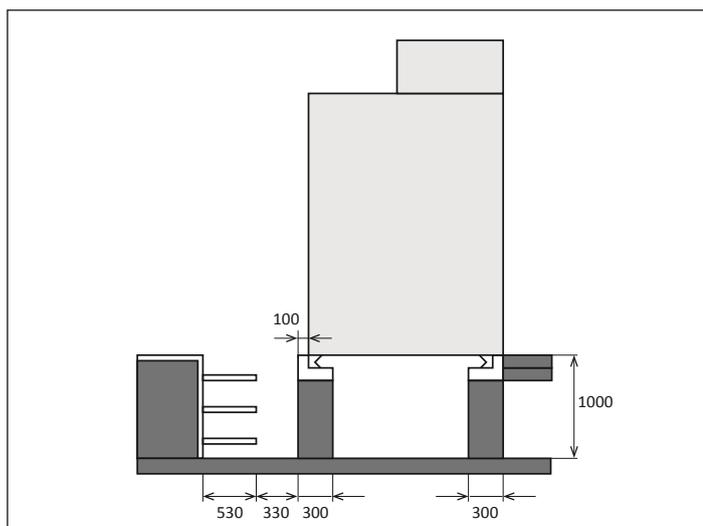


Рис. 2.7 - Монтаж преобразователя частоты на основание

## 3. Электрический монтаж

### 3.1 Выбор силовых кабелей

При выборе силовых кабелей следует строго соблюдать соответствующие нормы и руководствоваться следующими требованиями:

Установленное значение предельно допустимого тока;

- Стандарт изготовителя;
- Способы прокладки и монтажа;
- Величина падения напряжения в зависимости от длины кабеля;
- Электротехнические стандарты;
- Стандарты электромагнитной совместимости.

Для подключения электродвигателя к преобразователю частоты следует использовать высоковольтные бронированные кабели с экранированием, которые отвечают требованиям к электромагнитной совместимости.

Если общая площадь сечения составляет менее 50 % от площади сечения однофазного проводника, то необходима установка кабеля заземления для исключения возникновения сверхтоков в экране кабеля, вызванного разницей потенциалов в сети заземления. Площадь сечения кабелей заземления должна быть более 16 мм<sup>2</sup>.

После установки шкафов следует закрепить шкафы к стальным швеллерам основания с помощью точечной сварки, такое основание должно быть надежно заземлено. Сопротивление цепи заземления не должно превышать 4 Ом.

### 3.2 Выбор кабелей управления

Следующие типы кабелей должны быть использованы для подключений сигналов управления:

- Кабели для аналоговых входов и выходов: полностью экранированный кабель, площадь сечения 0,5–1,5 мм<sup>2</sup>, тип: витая пара.
- Кабели для дискретных входов и выходов: полностью экранированный кабель, площадь сечения 0,5–1,5 мм<sup>2</sup>, тип: витая пара.
- Кабель энкодера: полностью экранированный кабель, площадь сечения 0,5–1,5 мм<sup>2</sup>, тип: витая пара.
- Коммуникационный кабель: специальный коммуникационный кабель или полностью экранированный кабель, площадь сечения 0,5–1,5 мм<sup>2</sup>, тип: витая пара.

Типы кабелей управления могут быть произведены на базе одиночной витой пары с индивидуальным и общим экраном

Управляющие, сигнальные, коммуникационные и силовые кабели следует прокладывать отдельно в кабельных каналах и соединительных коробах. В случае совместной прокладки расстояния между слаботочными и силовыми кабелями должны быть не менее 300 мм друг от друга. Не рекомендуется параллельная прокладка кабелей.

Если такой тип прокладки необходимо выполнить, то следует увеличить расстояние между вспомогательными и силовыми кабелями по мере увеличения их длин параллельно проложенных кабелей.

Не допускается, чтобы силовые кабели или кабели заземления имели общий провод экранирования с сигнальными кабелями.

Если длина сигнального или управляющего кабеля превышает 50 м, то рекомендуется предусмотреть разделительный преобразователь и вспомогательное реле на входе и выходе кабеля.

Экраны кабелей следует заземлять только со стороны преобразователя частоты.

Для уменьшения разницы электрических потенциалов между различными компонентами следует проложить кабель выравнивания электрических потенциалов параллельно управляющим кабелям, при этом сечение такого кабеля должно быть больше 16 мм<sup>2</sup>.

При наличии в цепи реле или контакторов, или, если нагрузка имеет индуктивную или емкостную составляющую, следует предусмотреть установку в цепях реле и контакторов в специальном низковольтном отсеке.

Управляющие, сигнальные и коммуникационные кабели следует прокладывать по краям каналов с нулевым электрическим потенциалом для повышения защищенности от помех. Кабели для передачи различных сигналов должны прокладываться с перекрещиванием.

Участки подключения слоя экранирования к клеммам должны быть максимально короткими. Не рекомендуется заземлять экранирование с помощью отдельного длинного кабеля. После завершения прокладки кабелей выполните следующие проверки:

- Проверьте правильность подключения кабелей;
- Убедитесь в отсутствии взаимных коротких замыканий выводов и кабелей или коротких замыканий на землю;
- Убедитесь в том, что подключены все необходимые кабели;
- Убедитесь в том, что изоляционное расстояние и длина пути тока утечки отвечают установленным требованиям.

### **3.3 Подключение силовых кабелей**

Однолинейная схема подключения силовых кабелей изображена на рис. 3.1.

Преобразователь частоты к высоковольтной секции шин следует подключать через ячейку с высоковольтным выключателем (QF), оснащенную:

- Релейной защитной аппаратурой для защиты электродвигателя и ПЧ;
- Защитой от грозовых разрядов;
- Заземляющим устройством.

В высоковольтной ячейке (QF) также необходимо предусмотреть блокировку, обеспечивающую:

- При отказе преобразователя частоты включение высоковольтной ячейки (QF) должно быть невозможным;
- При отказе преобразователя частоты отключение высоковольтной ячейки (QF) должно быть автоматическое.

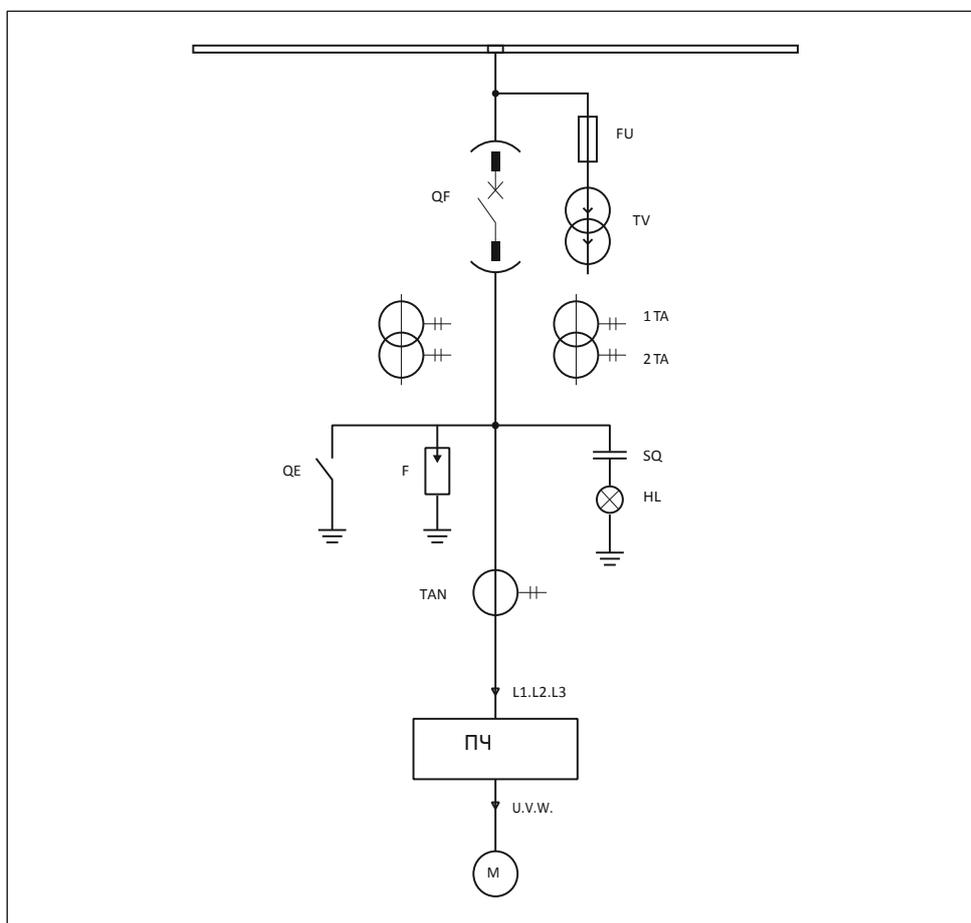


Рис. 3.1 - Электрическая схема силовой цепи



Неправильное подключение кабеля питания на входе, а также кабеля на выходе, приведет к повреждению преобразователя частоты и/или к несчастным случаям с персоналом.

Выводы вторичной обмотки трансформатора должны совпадать с маркировкой входного кабеля питания силовых ячеек.

При подключении электрических кабелей, шин к силовым ячейкам и вторичным обмоткам трансформатора, рекомендуется использовать динамометрический инструмент. Момент затяжки: **70-90 кгс-см**.

В нижней левой и задней части шкафа трансформатора размещена медная шина заземления. После монтажа преобразователя частоты, контакты заземления трансформатора и шкафа должны быть присоединены к медной шине заземления и к локальной сети заземления.

### 3.4 Электрическая блокировка вводного выключателя

Между преобразователем частоты и вводным выключателем (автоматическим выключателем / вакуумным контактором) должна быть реализована электрическая блокировка:

- Сигнал преобразователя частоты о его готовности к включению («Разрешение замыкания ВН») последовательно заведен на вход вводного выключателя «Замыкание», как условие включения.
- Сигнал преобразователя частоты о его неготовности («Размыкание ВН») заведен параллельно на вход вводного выключателя «Размыкание» для обесточивания преобразователя частоты при аварийном событии.

### 3.5 Подключение проводов управления

Клеммы для подключения цепей управления располагаются в секции управления (рис. 3.2):

- XS1T-XS4T: над контроллером ввода/вывода;
- XS11T-XS18T: под контроллером ввода/вывода.

Схема подключения цепей управления приведена на рис. 3.3.

В нижней части секции управления находятся клеммы XT3 и XT4, предназначенные для питания системы управления преобразователя частоты.

Клеммы XS1T-XS4T, располагаемые над интерфейсной платой, в основном предназначены для подключения входных сигналов дистанционного управления.

Список сигналов клемм XS1T-XS4T приведен в таблице 3.1.

Часть входов управления — управляющие пуском и остановом — могут работать в двух режимах:

- по логическому уровню сигнала, определяемому напряжением;
- по импульсу (фронту) сигнала.

Выбор режима производится в пункте «Режим дистанц. пуска/останова» панели управления.

Импеданс нагрузки не должен превышать 500 Ом.

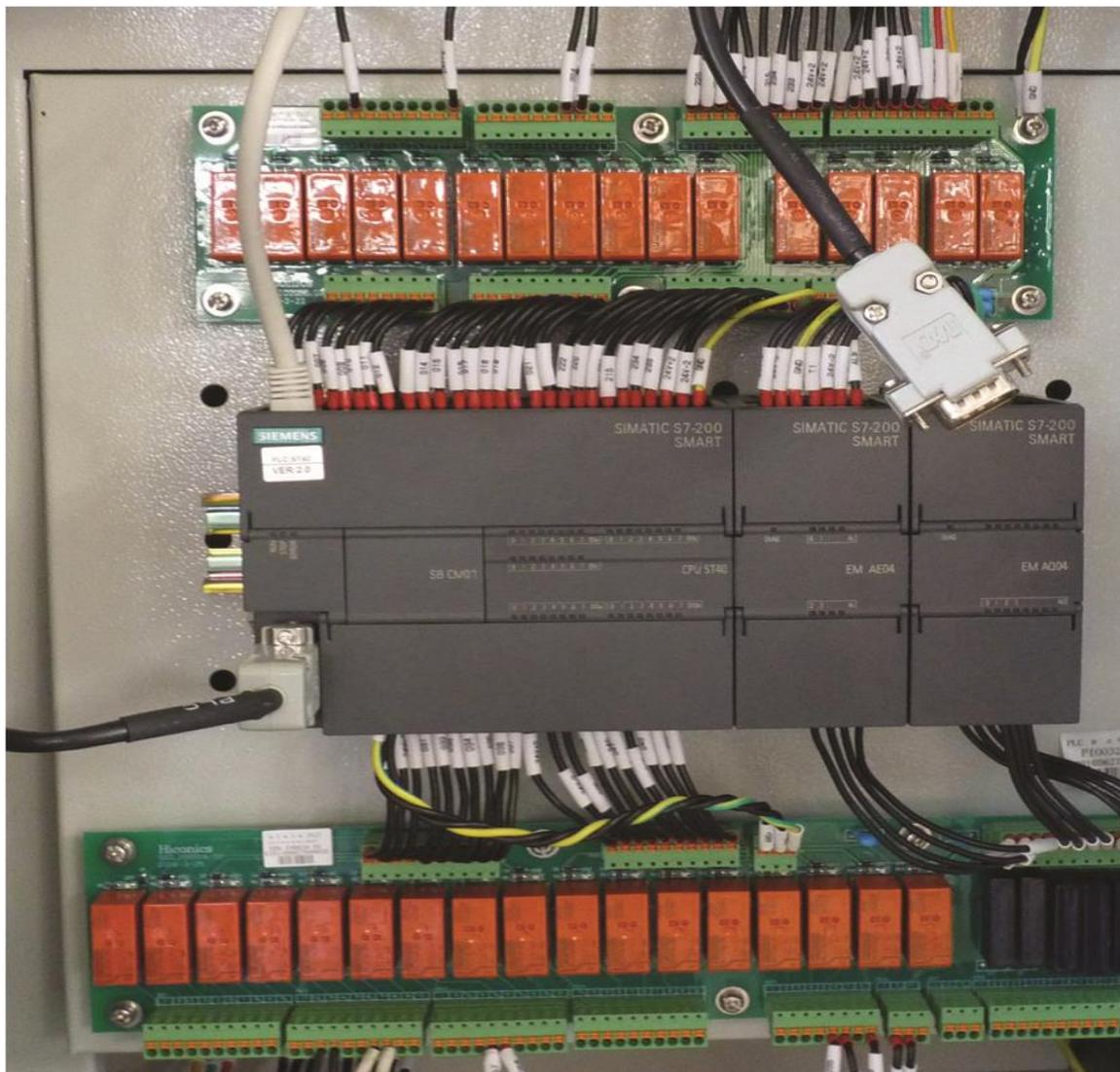


Рис. 3.2 – Блок ввода – вывода в секции управления

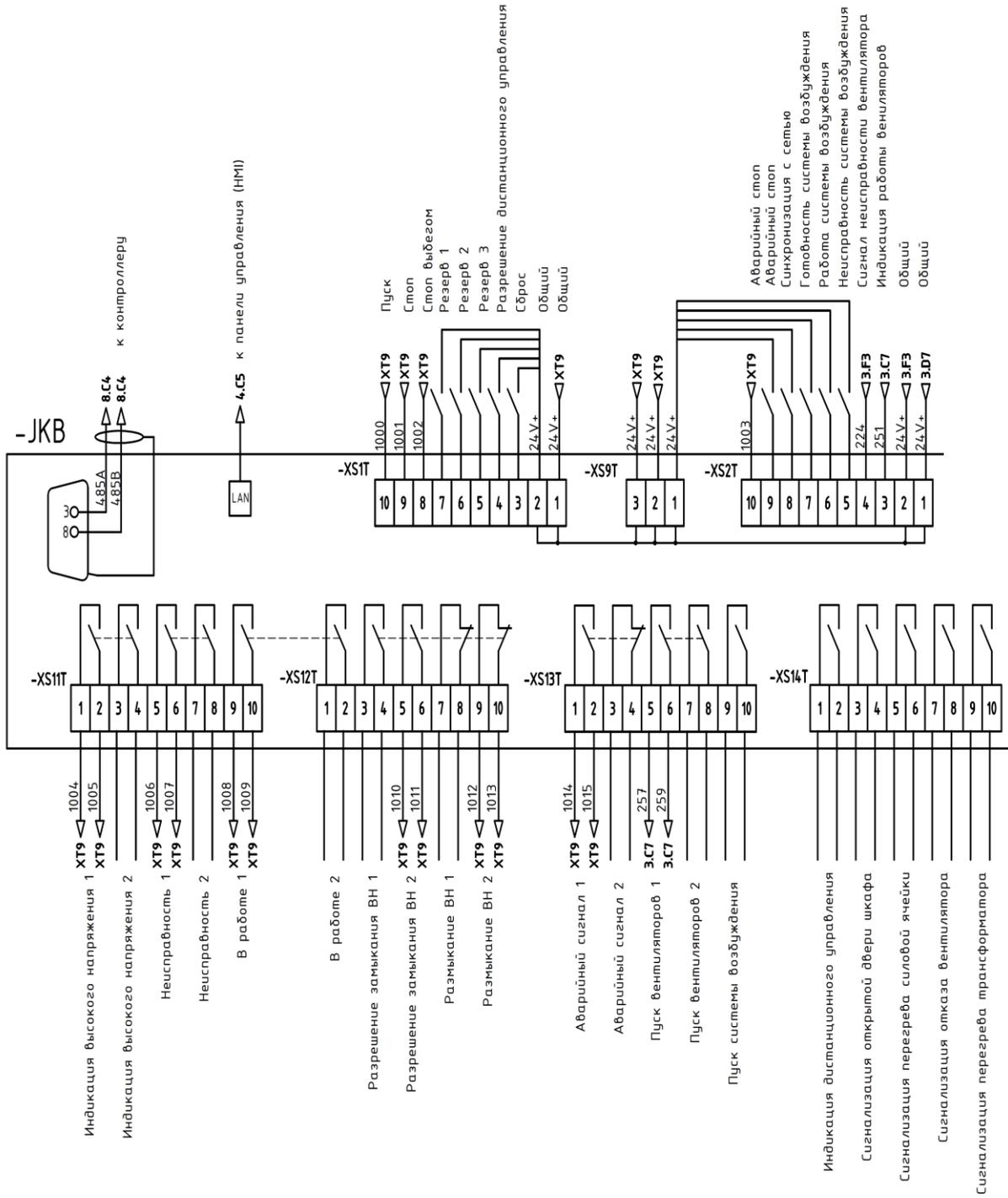


Рис. 3.3 - Электрическая схема подключения цепей управления





Таблица 3.1 - Входные сигналы управления

Номер контакта	Функция сигнала	Оперативное состояние	Тип входа и сигнала	Примечания
XS1T:1 XS1T:10	Пуск-останов по уровню / импульсный пуск	Замкнут/ Разомкнут	Цифровой сигнал уровня или импульс	Активно при выборе режима дистанционного управления в меню панели управления. Выбор режима дистанционного пуска/останова определяет условия срабатывания: <b>«По уровню»:</b> пуск в прямом направлении при замыкании, останов при размыкании; <b>«По импульсу»:</b> замыкание-размыкание (ширина импульса более 2 с) — пуск.
XS1T:1 XS1T:9	Реверсный пуск-останов по уровню / импульсный останов	Замкнут/ разомкнут	Цифровой сигнал уровня или импульс	Активно при выборе режима дистанционного управления в меню панели управления. Выбор режима дистанционного пуска/останова определяет условия срабатывания: <b>«По уровню»:</b> пуск в обратном направлении при замыкании, останов при размыкании; <b>«По импульсу»:</b> замыкание-размыкание (ширина импульса более 2 с) — останов.
XS1T:1 XS1T:8	Стоп выбегом	Разомкнут	Цифровой. Нормально-замкнутый Сигнал уровня	При размыкании блокируется выход преобразователя частоты, двигатель останавливается выбегом.
XS1T:1 XS1T:7	Резерв 1	Замкнут	Цифровой Нормально разомкнутый Сигнал уровня	В пункте меню панели управления «Тип управления» выбран «Разомкнутый контур», в «Источнике управления» — «Выбор количества скоростей». При замыкании происходит выбор одной из трех установленных частот.
XS1T:1 XS1T:6	Резерв 2	Замкнут		
XS1T:1 XS1T:5	Резерв 3	Замкнут		
XS1T:1 XS1T:4	Разрешение дистанц. управления	Замкнут	Цифровой Нормально разомкнутый Сигнал уровня	В меню панели управления активирован «Режим управл. Дистанционное». При замыкании преобразователь частоты переходит в режим удаленного управления.
XS1T:1 XS1T:3	Сброс	Замкнут	Цифровой Нормально разомкнутый Импульсный сигнал	При замыкании сбрасывается аварийный сигнал (при его наличии), либо перезагружается панель управления (равнозначен нажатию кнопки «Сброс» на двери секции управления)
XS2T:1 XS9T:1	Аварийный стоп	Замкнут	Цифровой Нормально разомкнутый Импульсный сигнал	При замыкании размыкается вводной выключатель (равнозначен нажатию кнопки «Аварийный останов»).

Номер контакта	Функция сигнала	Оперативное состояние	Тип входа и сигнала	Примечания
XS2T:1 XS9T:1	Аварийный стоп	Замкнут	Цифровой Нормально разомкнутый Импульсный сигнал	При замыкании размыкается вводной выключатель (равнозначен нажатию кнопки «Аварийный останов»)
XS2T:1 XS9T:1	Синхронизация с сетью	Замкнут	Цифровой Нормально разомкнутый Импульсный сигнал	Активно при выборе режима «синхронизация с сетью разрешена», при замыкании, выходная частота преобразователя частоты увеличивается до частоты сети и происходит «захват» частоты сети (синхронизация).
XS2T:1 XS9T:1	Готовность системы возбуждения	Замкнут	Цифровой Нормально разомкнутый Импульсный сигнал	Сигнал готовности системы возбуждения синхронных двигателей
XS2T:1 XS9T:1	Работа системы возбуждения	Замкнут	Цифровой Нормально разомкнутый Импульсный сигнал	Сигнал работы системы возбуждения синхронных двигателей
XS2T:1 XS9T:1	Неисправность системы возбуждения	Замкнут	Цифровой Нормально разомкнутый Импульсный сигнал	Сигнал неисправности в системе возбуждения синхронных двигателей
XS4T:1 XS4T:2	Ток системы возбуждения	4–20 мА	Аналоговый/ Токовый	Обратная связь по току возбуждения

Сигнал «Сброс» функционально сопряжен с кнопкой «Сброс» на двери секции управления. Если аварийные сигналы отсутствуют, то сигнал сброса перезагружает панель управления, без влияния на функционирование преобразователя частоты.

Клеммы XS11T-XS18T, располагаемые под контроллером ввода/вывода, предназначены для подключения выходных сигналов состояния, коммуникационных сигналов, сигналов аналогового ввода/вывода, а также сигналов блокировки.

Список сигналов клемм XS11T-XS18T приведен в таблицах 3.2 и 3.3.

Провода аналоговых входов должны быть экранированы.

Параметры аналоговых входов:

- Входное сопротивление - не менее 250 Ом,
- Максимальный входной ток - 30 мА,
- Максимальное входное напряжение - 15 В.

Сигнал разрешения замыкания ВН (высокого напряжения) и сигнал размыкания ВН заблокированы с вводным выключателем, например, расцепителем в шкафу ввода или контактором в шкафу автоматического байпаса.



Нормально разомкнутый контакт разрешения замыкания ВН должен быть последовательно подключен к управляющей цепи замыкания вводного выключателя. При замыкании контакта разрешения замыкания ВН вводной выключатель может быть замкнут для подачи питания на преобразователь частоты.



Нормально замкнутый контакт размыкания ВН должен быть подключен параллельно к управляющей цепи размыкания вводного выключателя. При возникновении аварийного события во время работы преобразователя частоты, контакт размыкания ВН замыкается и вводной выключатель отключает преобразователь частоты от питающей сети.

Таблица 3.2 - Выходные дискретные сигналы управления

Номер контакта	Функция сигнала	Оперативное состояние	Тип выхода и сигнала	Нагрузочная способность	Примечания
XS11T:1 XS11T:2	Индикация высокого напряжения 1	Замкнут	Цифровой Нормально разомкнутый	8 А/~250 В	Замыкается при готовности высокого напряжения
XS11T:3 XS11T:4	Индикация высокого напряжения 2	Замкнут	Цифровой Нормально разомкнутый	8 А/~250 В	
XS11T:5 XS11T:6	Неисправность 1	Замкнут	Цифровой Нормально разомкнутый	8 А/~250 В	Прерывистый сигнал предупреждения (0,5 с — замкнут, 0,5 с — разомкнут); постоянный сигнал: индикация аварии
XS11T:7 XS11T:8	Неисправность 2	Замкнут	Цифровой Нормально разомкнутый	8 А/~250 В	
XS11T:9 XS11T:10	В работе 1	Замкнут	Цифровой Нормально разомкнутый	8 А/~250 В	Замкнут, когда преобразователь частоты вращает двигатель
XS12T:1 XS12T:2	В работе 2	Замкнут	Цифровой Нормально разомкнутый	8 А/~250 В	
XS12T:3 XS12T:4	Разрешение замыкания ВН 1	Замкнут	Цифровой Нормально разомкнутый	8 А/~250 В	Замкнут при состоянии управления «Работа» и отсутствии аварийных сигналов
XS12T:5 XS12T:6	Разрешение замыкания ВН 2	Замкнут	Цифровой Нормально разомкнутый	8 А/~250 В	
XS12T:7 XS12T:8	Размыкание ВН 1	Замкнут	Цифровой Нормально замкнутый	8 А/~250 В	Замкнут при состоянии управления «Отладка» и наличии аварийных сигналов
XS12T:9 XS12T:10	Размыкание ВН 2	Замкнут	Цифровой Нормально замкнутый	8 А/~250 В	

Номер контакта	Функция сигнала	Оперативное состояние	Тип выхода и сигнала	Нагрузочная способность	Примечания
XS13T:1 XS13T:2	Аварийный сигнал	Замкнут	Цифровой Нормально разомкнутый	8 А/~250 В	Замкнут при наличии аварийных сигналов
XS13T:3 XS13T:4	Аварийный сигнал	Разомкнут	Цифровой Нормально замкнутый	8 А/~250 В	Разомкнут при наличии аварийных сигналов
XS13T:5 XS13T:6	Пуск крышного вентилятора 1	Замкнут	Цифровой Нормально разомкнутый	8 А/~250 В	Замыкается при необходимости запуска вентиляторов
XS13T:7 XS13T:8	Пуск крышного вентилятора 2	Замкнут	Цифровой Нормально разомкнутый	8 А/~250 В	
XS13T:9 XS13T:10	Пуск системы возбуждения	Замкнут	Цифровой Нормально разомкнутый	16 А/~250 В	Замыкается при необходимости запуска системы возбуждения
XS14T:1 XS14T:2	Индикация дистанционного управления	Замкнут	Цифровой Нормально разомкнутый	16 А/~250 В	Замыкается при выборе режима удаленного (дистанционного) управления
XS14T:3 XS14T:4	Сигнализация открытой двери шкафа	Замкнут	Цифровой Нормально разомкнутый	16 А/~250 В	Замыкается при открытой двери шкафа
XS14T:5 XS14T:6	Сигнализация перегрева силовой ячейки	Замкнут	Цифровой Нормально разомкнутый	16 А/~250 В	Замыкается при перегреве в шкафу силовых ячеек
XS14T:7 XS14T:8	Сигнализация отказа вентилятора	Замкнут	Цифровой Нормально разомкнутый	16 А/~250 В	Замыкается при отказе вентилятора
XS14T:9 XS14T:10	Сигнализация перегрева трансформатора	Замкнут	Цифровой Нормально разомкнутый	16 А/~250 В	Замыкается при перегреве трансформатора
XS15T:1 XS15T:2	ПЧ готов	Замкнут	Цифровой Нормально разомкнутый	16 А/~250 В	Замыкается при готовности ПЧ (отсутствии аварии и наличии высокого напряжения)
XS15T:3 XS15T:4	Синхронизация выполнена	Замкнут	Цифровой Нормально разомкнутый	16 А/~250 В	Формируется при синхронизации с сетью (фазы напряжения сети и выхода ПЧ совпали с допустимым отклонением фаз $\pm 5^\circ$ , амплитуды - $\pm 2\%$ )

Таблица 3.3 - Аналоговые и интерфейсные сигналы управления

Номер контакта	Функция сигнала	Оперативное состояние	Тип входа и сигнала	Примечания
XS17T:1 XS17T:2 XS17T:3	Связь верхнего уровня (внешний ПЛК)		RS485	Сетевой интерфейс для связи ПЧ с верхним уровнем управления
XS18T:1 XS18T:2	Аналоговая уставка	4–20 мА или 0–10 В	Аналог. вход Ток или напряжение	Соответствие задается в параметрах «Макс. ток аналог входа» и «Мин. ток аналог входа» (точность — 1,5 %) Программная настройка аналоговых входов на интерфейсной плате определяет два режима: 4–20 мА и 0–10 В
XS18T:3 XS18T:4	Аналоговая уставка	4–20 мА или 0–10 В	Аналог. вход Ток или напряжение	Соответствие задается в параметрах «Макс. ток входа обратной связи» и «Мин. ток входа обратной связи» (точность — 1,5 %) Программная настройка аналоговых входов на интерфейсной плате определяет два режима: 4–20 мА и 0–10 В
XS18T:5 XS18T:6	Частота вращения	4–20 мА	Аналог. выход Ток	Макс. сопротивление нагрузки 500 Ом, АЦП 10 бит, разрешение 0,1 %, точность 1,0 %, 4–20 мА соотв. 0 — максимальная частота (Гц)
XS18T:7 XS18T:8	Выходной ток	4–20 мА	Аналог. Выход. Ток	Макс. сопротивление нагрузки 500 Ом, АЦП 10 бит, разрешение 0,1 %, точность 1,0 %, 4–20 мА соответствуют 0–150 % $I_{НОМ}$ ПЧ (А)
XS18T:9 XS18T:10	Пользовательский 1			Макс. сопротивление нагрузки 500 Ом, АЦП 10 бит, разрешение 0,1 %, точность 1,0 %. Настройка параметра «Аналоговый выход 1» на панели управления определяет режимы:
XS18T:11 XS18T:12	Пользовательский 2	4–20 мА	Аналог. Выход. Ток	<ul style="list-style-type: none"> <li>· «Выходная частота»: 4–20 мА соотв. 0– макс. частота (Гц);</li> <li>· «Выходной ток»: 4–20 мА соотв. 0–150 % <math>I_{НОМ}</math> ПЧ (А);</li> <li>· «Температура шкафа силовых ячеек»: 4–20 мА соотв. 0–100°C;</li> <li>· «Выходной коэффициент мощности»: 4–20 мА соотв. 0–1;</li> <li>· «Выходная мощность»: 4–20 мА соотв. 0–150 % ном. вых. мощности;</li> <li>· «Ток возбуждения»: 4–20 мА соответствуют 0– <math>I_{НОМ}</math> возб. (А).</li> </ul>

## 4. Пусконаладочные работы и ввод в эксплуатацию

### 4.1. Требования к готовности объекта для проведения ШМ и ПНР

Перед началом шеф-монтажных работ (ШМ) и пусконаладочных работ (ПНР) Заказчику необходимо провести операции, приведенные в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Требования к готовности объекта для проведения ШМ и ПНР

№	Требования к технологической площадке и готовности объекта к проведению ШМ и ПНР	Готовность выполненных работ
1	Заказчик обеспечивает наличие утвержденной проектной документации (однолинейная схема подключения ПЧ, схема внешних подключений) и передачу документации исполнителю	Минимум за 2 недели до начала производства работ по ШМ
2	Площадка огорожена от технологического оборудования, не относящегося к электрооборудованию напряжением выше 1кВ	До вызова специалистов ООО «Данфосс» для проведения ШМ и ПНР
3	Технологическая площадка имеет конечную стадию готовности в соответствии с проектной документацией (строительные работы в помещении ПЧ завершены, фундаменты готовы к установке оборудования и т. д.)	До вызова специалистов ООО «Данфосс» для проведения ШМ и ПНР
4	Выполнена прокладка, маркировка и «прозвонка» кабелей на соответствия выполненной маркировке. Проведены высоковольтные испытания силовых кабелей выше 1000В. Для всех выполненных работ должны быть предоставлены соответствующие протоколы.	До вызова специалистов ООО «Данфосс» для проведения ШМ и ПНР
5	Над площадкой нет никаких посторонних коммуникационных систем, в т. ч. трубопроводов и кабелей, либо обеспечена защита от попадания на площадку посторонних предметов, жидкости, искр и т.д.	До вызова специалистов ООО «Данфосс» для проведения ШМ и ПНР
6	Полностью выполнен монтаж и испытания электродвигателя, питающегося от ПЧ, а также его вспомогательных систем (смазки, охлаждения, взрывозащиты, технологических защит и т.д.). Предоставить протоколы на проведенные испытания.	До вызова специалистов ООО «Данфосс» для проведения ШМ и ПНР
7*	Площадка/помещение соответствуют паспортным условиям эксплуатации оборудования по предельной температуре, влажности, запыленности и наличию агрессивных сред	До начала производства работ по ПНР специалистами ООО «Данфосс»
8	Если применимо к объекту: при изменении погодных условий, организовать дополнительное оборудование для обогрева помещения ПЧ при проведении ПНР.	До начала производства работ по ПНР специалистами ООО «Данфосс»

№	Требования к технологической площадке и готовности объекта к проведению ШМ и ПНР	Готовность выполненных работ
9	Источники питания 6/10кВ и 0,4 кВ для оборудования готовы к работе, защитное коммутационное оборудование смонтировано и уставки электрических защит соответствуют проектной документации на подключаемое оборудование. Проведены все необходимые испытания коммутационного электрооборудования. Предоставлены протоколы испытания электрооборудования, относящегося к работе ПЧ.	До начала производства работ по ПНР специалистами ООО «Данфосс»
10	В помещении ПЧ имеется розетка 220В для подключения дополнительного оборудования	До начала производства работ по ПНР специалистами ООО «Данфосс»
11	Все дополнительное оборудование, входящее в технологическую схему, и предусмотренное проектной документацией смонтировано на площадке и готово к работе.	До начала производства работ по ПНР специалистами ООО «Данфосс»
12*	Система вентиляции/кондиционирования в помещении ПЧ смонтирована и готова к работе. Система обеспечивает требуемый отвод тепла при работе ПЧ.	До начала проведения рабочих испытаний ПЧ
13	Определены сроки приезда высоковольтной испытательной лаборатории для проведения испытаний ячеек КСО, трансформаторов ПЧ, высоковольтных кабелей, подключаемых к ПЧ. Сроки приезда специалистов электролаборатории должны совпадать со сроками проведения ПНР (Указать дату прибытия специалистов электролаборатории)	До начала производства работ по ПНР специалистами ООО «Данфосс»
14	Монтируемое оборудование доставлено на технологическую площадку в полном объеме. На площадке имеется все грузоподъемное оборудование, необходимое для распаковки и монтажа шкафов ПЧ на фундаменты.	До начала производства работ по ШМ и ПНР специалистами ООО «Данфосс»

*Примечание:*

*Несоблюдение пунктов, отмеченных \* (звездочкой), может повлечь снятие оборудования с гарантии.*

#### **4.2 Последовательность пусконаладочных работ**

Пусконаладочные работы должны проводиться поэтапно, согласно следующей последовательности:

- Высоковольтные испытания силового трансформатора;



- Проверка силовых ячеек;
- Общие предпусковые проверки (внешний осмотр);
- Проверка системы управления (цепей низкого напряжения);
- Проверка преобразователя частоты под высоким напряжением;
- Проверка работы под нагрузкой;
- Обучение эксплуатирующего персонала.

До проведения высоковольтных испытаний и проверки силовых ячеек **не следует** выполнять электрическое подключение силовых кабелей к силовому трансформатору и силовым ячейкам преобразователя частоты.

Перед началом проведения пусконаладочных работ необходимо:

- Выполнить высоковольтные испытания силовых кабелей;
- Установить вентиляторы на крыше преобразователя частоты;
- Силовые ячейки распаковать, но не устанавливать в шкаф силовых ячеек ПЧ;
- Выполнить внешний осмотр силовых ячеек на предмет повреждений.



Пусконаладочные работы и ввод в эксплуатацию должны осуществляться только квалифицированным персоналом, прошедшим необходимое обучение. Несоблюдение этого требования может привести к летальному исходу или получению серьезных травм.

Полная методика проведения пусконаладочных работ приведена в инженерном руководстве (доступно только авторизованным специалистам по оборудованию VEDADRIVE).

Результаты пусконаладочных работ подтверждаются актом ввода в эксплуатацию.

### **4.3 Высоковольтные испытания силового трансформатора**

Высоковольтные испытания силового трансформатора должны проводиться в присутствии представителей ООО «Данфосс».

#### **Подготовительные работы.**

Перед проведением испытаний трансформатора необходимо произвести следующие действия:

- Отсоединить силовые кабели от выводов первичной, вторичной и вспомогательной обмоток трансформатора;
- Отсоединить среднюю точку силового трансформатора;
- Отсоединить от клемм контроллера температуры все проводники, отсоединить разъемы (вывод на термодатчики);
- Извлечь термодатчики из трансформатора.

### Измерение сопротивления изоляции обмоток трансформатора.

Перед проведением высоковольтных испытаний трансформатора необходимо измерить сопротивление изоляции обмоток в соответствии со следующими параметрами:

- измерительное напряжение должно составлять не менее 1 кВ;
- продолжительность приложения измерительного напряжения — 1 мин;
- значения сопротивлений изоляции для обмоток напряжением до 1 кВ должны быть не менее 100 МОм, а для обмоток с номинальным напряжением более 6 кВ не менее 500 МОм (в соответствии с испытаниями завода-изготовителя трансформаторов).

Измерения сопротивления изоляции трансформатора проводятся в соответствии с таблицей 4.2.

Таблица 4.2 - Измерения сопротивления изоляции трансформатора

Номер испытания	Измеряемые обмотки	Заземленные части	Примечание
1	ВО	ПО, ВСО, корпус	ПО — первичная обмотка, ВО — вторичная обмотка, ВСО — вспомогательная обмотка
2	ВСО	ВО, ПО, корпус	
3	ПО	ВО, ВСО, корпус	

### Высоковольтные испытания трансформатора.

Высоковольтные испытания трансформатора проводятся в соответствии с таблицей 4.3. Продолжительность приложения испытательного напряжения — 1 минута.

Таблица 4.3 - Высоковольтные испытания трансформатора

Номер испытания	Испытываемые обмотки	Заземленные части	Испытательное напряжение, кВ (для 10 кВ)	Испытательное напряжение, кВ (для 6 кВ)
1	ПО	ВО, ВСО, корпус	24	17
2	ВСО	ВО, ПО, корпус	5	3
3	ВО	ПО, ВСО, корпус	3	3

Примечание: ПО — первичная обмотка, ВО — вторичная обмотка, ВСО — вспомогательная обмотка.

### 4.4 Проверка силовых ячеек

Проверка силовых ячеек выполняется представителями ООО «Данфосс». При проверке силовых ячеек проводится:

- Измерение сопротивления изоляции;
- Проверка состояния полупроводниковых модулей и предохранителей;
- Динамический тест силовых ячеек.

### **Измерение сопротивления изоляции.**

Перед проведением измерения сопротивления изоляции силовой части необходимо:

- Отсоединить все шлейфы от плат управления ячейки;
- Провод заземления средней точки звена постоянного тока от корпуса;
- Закоротить между собой три вводные фазы, выход и шины звена постоянного тока.

Измерение проводится мегомметром на 1000В между корпусом и закороченными токопроводящими шинами. Сопротивление изоляции должно быть не менее 30 МОм.

### **Проверка состояния полупроводниковых модулей и предохранителей.**

Принципиальная схема силовой части ячейки приведена на рисунке 1.8. Проверка выполняется в следующей последовательности:

- Проверить исправность входных предохранители F1 и F2;
- Проверка выпрямителя (падение напряжения на диоде в прямом направлении должно быть пределах 0,3-0,7В, в обратном – бесконечно большое сопротивление);
- Проверка инвертора (падение напряжения на диоде, который подключен параллельно IGBT-транзистору, в прямом направлении должно быть пределах 0,3-0,7В, в обратном – бесконечно большое сопротивление).

### **Динамический тест.**

Целью данного теста является проверка коммутации силовых модулей ячейки под управлением ШИМ-сигнала контроллера. Тест выполняется в следующей последовательности:

- Отключить шлейф от разъема XS1 и подключить к нему шлейф внешнего источника переменного напряжением 700В.
- К входным силовым шинам ячейки подключить источник питания постоянного напряжения 24В.
- Подключить оптический кабель к соответствующим разъемам силовой ячейки.
- К выходным шинам L1 и L2 силовой ячейки подключить осциллограф.
- На НМІ-панели настроить режим «тест», выставить местный режим управления.
- На НМІ-панели нажать на «ПУСК». На экране осциллографа должен наблюдаться двухполярный ШИМ-сигнал с амплитудой равной 24В (см. рис. 4.1).

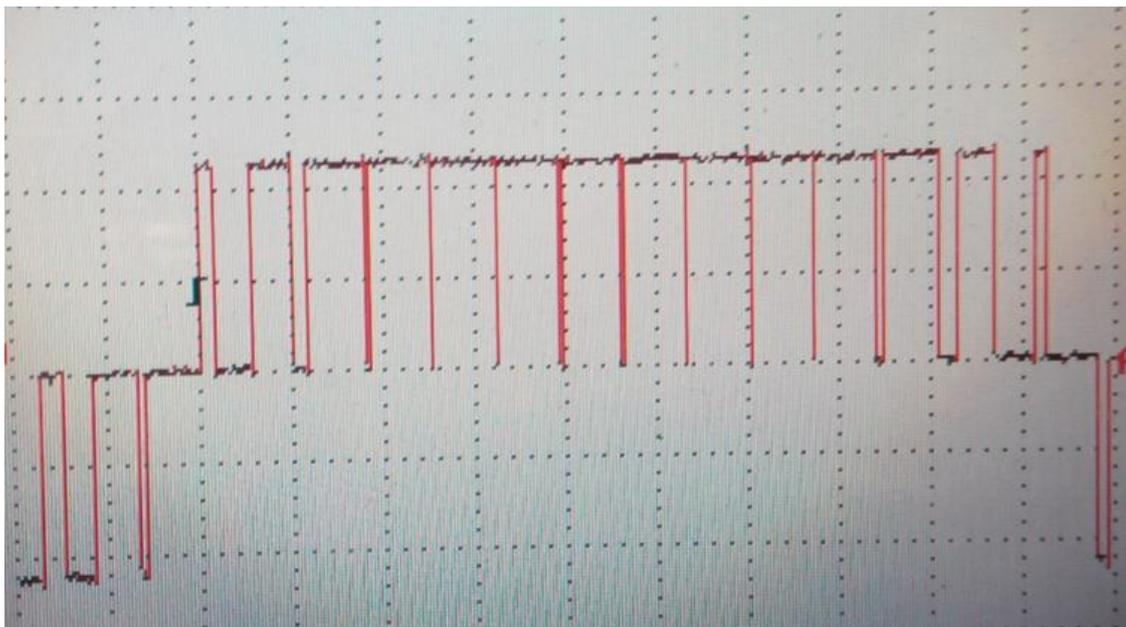


Рис. 4.1 - ШИМ-сигнал на выходе силовой ячейки.



**Внимание!**

**Осциллограф должен быть гальванически изолирован от сети.**

**Источник питания должен быть гальванически изолированным от сети.**



При подключении силовых ячеек следует использовать динамометрический инструмент. Момент затяжки: 70-90 кгс-см.

#### 4.5 Общие предпусковые проверки

Перед проведением электрических испытаний проведите полный внешний осмотр системы.

##### Спецификации оборудования

Убедитесь, что преобразователь частоты подходит под применение. Проверьте соответствие данных с информационных табличек преобразователя частоты, двигателя и нагрузочного оборудования.

##### Вспомогательное оборудование

- Изучите вспомогательное оборудование, реле, переключатели, разъединители, входные плавкие предохранители/автоматические выключатели, которые могут быть установлены со стороны подключения питания к преобразователю или со стороны подключения к двигателю.
- Проверьте установку и функционирование датчиков, используемых для подачи сигналов обратной связи на преобразователь частоты.
- Отключите от двигателя конденсаторы компенсации коэффициента мощности, если они подключены.

### **Силовые кабели**

- Проверьте соответствие характеристик силовых кабелей.
- Убедитесь, что входные силовые кабели двигателя и управляющая проводка разделены или находятся в трех разных металлических кабель-каналах для снижения высокочастотных помех.
- Убедитесь, что экраны силовых кабелей заземлены.

### **Прокладка кабелей**

- Убедитесь в том, что силовые кабели двигателя и сетевые кабели управления прокладываются в отдельных кабель-каналах, либо используется дополнительный изолированный экранированный кабель.
- Убедитесь в надежности соединений.

### **Вводные коммутационные аппараты**

- Необходимо использовать только подходящие вводные автоматические выключатели или контакторы.
- Убедитесь, что все автоматические выключатели или контакторы находятся в разомкнутом положении.

### **Подключение элементов управления**

- Убедитесь в отсутствии повреждения кабелей или ненадежных соединений.
- Проверьте изоляцию управляющей проводки от проводов питания и кабелей двигателя для защиты от помех.
- Убедитесь в работоспособности источника питания цепей управления, в т. ч. — в отсутствие коротких замыканий.
- Рекомендуется использовать экранированный кабель или витую пару. Убедитесь в правильной заделке экрана кабеля и качестве его заземления.

### **Заземление**

- Все шкафы должны быть приварены к стальному швеллеру, который предварительно надежно заземлен.
- Сопротивление заземления не должно превышать 4 Ом.

### **Окружающие условия**

- Проверьте, что влажность воздуха составляет 5–95 % без конденсации.
- Убедитесь, что в воздухе отсутствует токопроводящая пыль.

### **Охлаждение**

- Проверьте готовность системы принудительного охлаждения (при ее наличии).
- Вентиляционный короб или внешний вентиляционный канал: проверьте наличие воздушного потока на входе и выходе вентиляционного короба или внешнего вентиляционного канала.

## Место установки

- Убедитесь в том, что длина (периметр) стального швеллера, на который устанавливается преобразователь частоты, не меньше размеров самого преобразователя частоты.
- Преобразователь частоты должен устанавливаться на удалении от источников чрезмерных вибрационных нагрузок.

## Расположение шкафов преобразователя частоты

- Все шкафы преобразователя частоты должны размещаться на одном вертикальном уровне, вплотную друг к другу, и быть скреплены между собой болтовыми соединениями.
- Проверьте правильность взаимного расположения шкафов: (слева направо) шкаф трансформатора — шкаф силовых ячеек. При наличии нескольких шкафов трансформатора и силовых ячеек последовательность расположения определяется его конкретным чертежом общего вида.
- Проверьте допуски по размещению: с лицевой стороны преобразователя частоты должно оставаться свободное пространство длиной не менее 1500 мм, с тыльной (для преобразователя частоты двухстороннего обслуживания) — не менее 1000 мм для 1,45–6,6 кВ и не менее 1200 для 10–11 кВ.

### 4.6 Проверка системы управления (цепей низкого напряжения)

При проверке системы управления необходимо:

- Проверить правильность подключения к преобразователю частоты переменного трехфазного напряжения 380 В, от внешнего источника.
- Проверить подключение и управление высоковольтным выключателем.
- Проверить прохождение сигналов управления от внешней системы управления.
- Проверить правильное направление вращения вентиляторов преобразователя частоты.
- Проверить функционирование преобразователя частоты без силового напряжения в тестовом режиме.
- Выставить номинальные параметры двигателя, режим работы ПЧ - «Рабочий».

### 4.7 Проверка преобразователя частоты под высоким напряжением

Тест выполняется в следующей последовательности:

- Подать высокое напряжение на вход преобразователя частоты. Подождать 1 мин. По HMI-панели проконтролировать, что ни одна из защит не сработала.
- Проверить правильное направление вращения вентиляторов.
- Выставить частоту 5 Гц и произвести кратковременный запуск двигателя. Убедиться в правильности направления вращения двигателя.
- Запустить преобразователь частоты на номинальную частоту 50 Гц (при работе на холостом ходу при частоте около 50 Гц возможно срабатывание защиты

«перенапряжение в звене постоянного тока», что не является признаком неисправности преобразователя частоты).

#### 4.8 Проверка работы под нагрузкой

Перед испытаниями под нагрузкой необходимо провести цикл работы без нагрузки длительностью не менее 4 часов.

Порядок проведения тестирования:

- Соединить рабочий механизм с валом двигателя.
- Прикрыть выходной клапан/задвижку (если применимо).
- Выбрать в меню режим местного управления, местное задание, открытый контур управления, нормальный пуск, плавный останов.
- Выставить значения времени разгона/замедления исходя из типа нагрузки.
- Выставьте значение выходной частоты 10 Гц (в случае больших пульсаций тока, увеличить значение выходной частоты).
- Запустить двигатель.
- При подтверждении стабильности работы на 10 Гц, увеличить выходную частоту на 5 Гц и проверить работоспособность в течение 30 с. Продолжать увеличивать частоту в таком порядке до достижения её номинального значения.
- Остановить двигатель.
- Полностью открыть выходной клапан/ задвижку (если применимо).
- Перезапустить двигатель на частоте 10 Гц, увеличить значение частоты на 5 Гц через каждые 30 с стабильной работы до номинального значения частоты. При возникновении резонанса включить и настроить режим пропуска резонансных частот для всего диапазона выходной частоты.
- Остановить двигатель.
- Установить номинальную частоту, запустить двигатель.
- При наличии системы синхронизации проконтролировать переход на шунтирующую (байпасную) ячейку.
- Остановить двигатель.
- Установить настройки согласно требованиям применения: режим управления (местное, удаленное, ПК/ПЛК), источник задания (местный, аналоговый, ПК/ПЛК), режим управления (разомкнутый контур, замкнутый контур) и т. д.
- Установить верхнее и нижнее значение ограничений выходной частоты.
- Запустить ПЧ, проверить работоспособность системы, при необходимости провести настройку параметров.
- После окончательной настройки ПЧ должен проработать под нагрузкой в течение 24 часов.

## 5. Интерфейс пользователя

### 5.1 Панель управления

Сенсорная панель управления предназначена для вывода информации о состоянии преобразователя частоты и для настройки его функций.

При включении преобразователя частоты на дисплее панели управления отображается окно мониторинга (см. рис. 5.1).

В верхнем левом углу главного окна указаны версии программного обеспечения модуля интерфейса, системы управления и панели управления (HMI).

На правой стороне главного окна отображается меню функциональных окон:

- Окно мониторинга;
- Графики процесса;
- Параметры функций;
- Системные параметры;
- Журнал ошибок;
- Прочие настройки;
- Состояние силовых ячеек;
- Возбуждение.

Для сложных решений с большим количеством внешних элементов управления (кнопки, переключатели и т. д.) возможно дополнительное функциональное окно «Внешняя секция управления».

Для выбора функционального окна используются стрелки, расположенные напротив названия функционального окна. При нажатии на стрелку появляется окно авторизации, определяющей уровень доступа к параметрам преобразователя частоты. Используется уровни доступа: «User (Пользователь)» и «Engineer (Инженер)». После успешной авторизации происходит переход в выбранное функциональное окно.

### 5.2 Окно мониторинга

Окно мониторинга (см. рис. 5.1) поделено на три части:

- Поле состояния;
- Поле данных;
- Поле команд.



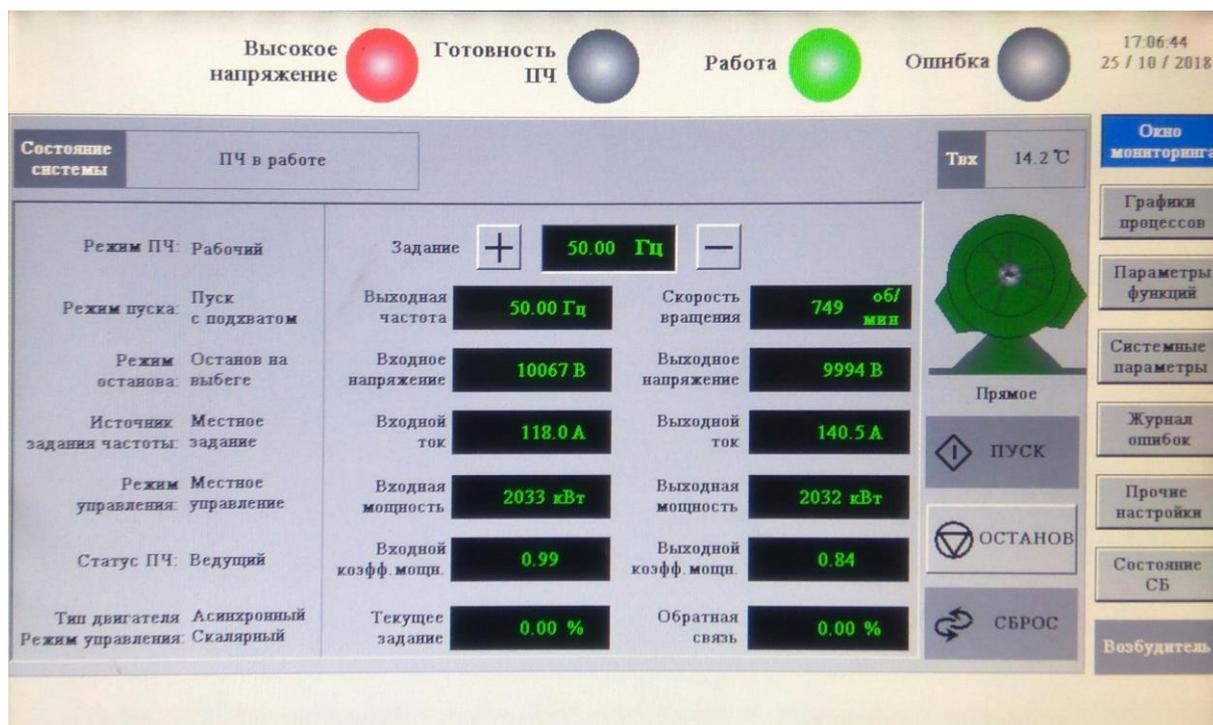


Рис. 5.1 - Окно мониторинга при местном режиме управления

В поле состояния отображаются текущие режимы работы элементов системы и их состояние. Индикаторы в верхней части экрана имеют следующие режимы работы:

- «Высокое напряжение» — горит оранжевым цветом при подаче питания на преобразователь частоты.
- «Готовность ПЧ» — горит зеленым при переходе преобразователя частоты в режим ожидания.
- «Работа» — горит зеленым, когда преобразователь частоты начинает управлять двигателем.
- «Ошибка» — мигает красным при возникновении предупреждающего сигнала (несущественная неисправность), горит красным — при аварийном сигнале (существенная неисправность).

При возникновении предупреждающего сигнала в нижнем правом углу окна также отобразится желтая полоса с предупреждением; при возникновении аварийного сигнала — отобразится красная полоса с описанием ошибки, а в поле «Состояние системы» будет указано название аварийного сигнала.

В поле данных отображаются наиболее часто используемые параметры, такие как: выходная частота/скорость вращения, входное/выходное напряжение, входной/выходной ток, и т. д.

При помощи кнопок «+» и «-» возможно изменять выходную частоту (изменение доступно только в режиме местного управления). Наведя курсор непосредственно на окно задания частоты можно задать требуемую частоту с всплывающей клавиатуры. Реверс можно осуществить если перед числовым значением поместить знак «-» (если реверс разрешен). Допустимый диапазон задания от -80 Гц до 80 Гц.

В поле команд расположены три кнопки: «Пуск», «Останов» и «Сброс», работающие только в режиме местного управления.

При нажатии кнопки «Пуск» появляется окно подтверждения с кнопками «Да» — для пуска двигателя и «Нет» — для отмены пуска и возврата в окно мониторинга (рис. 5.2).

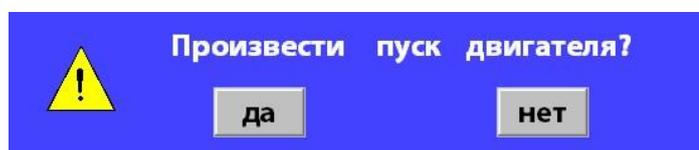


Рис. 5.2 - Подтверждение/отказ пуска двигателя в режиме местного управления

При управлении от ПЛК и дистанционном управлении кнопки «Пуск», «Останов» и «Сброс» становятся неактивными для изменений.

### 5.3 Окно графиков процесса

Графики процесса (см. рис. 5.3) отображают кривые изменения какого-либо параметра во времени.

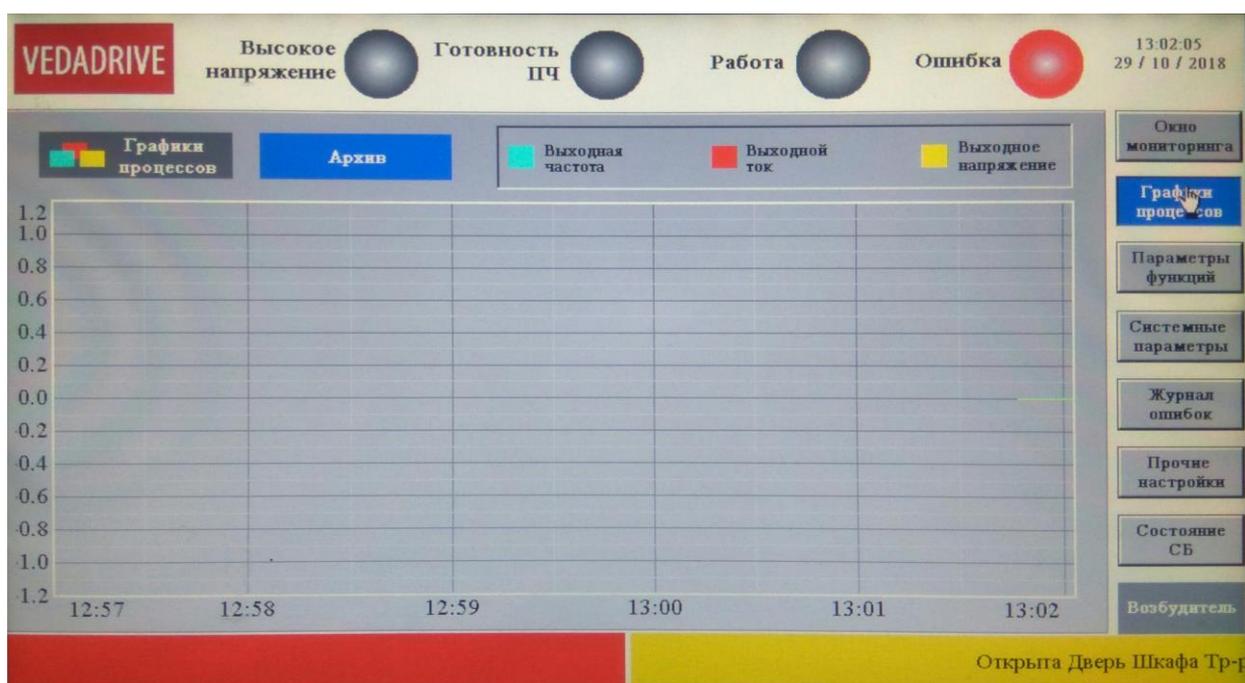


Рис. 5.3 - Окно графиков процесса

Для построения кривых используется выборка в 200 мс. Ось времени ограничена 5 минутами. Выбранная кривая отличается от прочих кривых цветом. Параметры отображения величин:

- Выходная частота (Гц): вертикальный диапазон  $[-60,00...60,00]$ .
- Выходной ток (А): вертикальный диапазон  $[0,0 — \text{переменный}]$ .
- Выходное напряжение (В): вертикальный диапазон  $[0,00–11,00]$ .

- Выходная частота, выходной ток и выходное напряжение на одном графике (%): вертикальный диапазон [-120,00...120,00].

Для просмотра архива графиков (см. рис. 5.4) выберите нужную величину и нажмите кнопку «Архив» в верхнем правом углу. В архиве сохраняются данные 3 синхронизированных каналов с выборкой 1 с.

Каждое первое число месяца архив графиков автоматически стирается. При необходимости сохранить графики на длительный срок, необходимо использовать функцию выгрузки данных по USB.

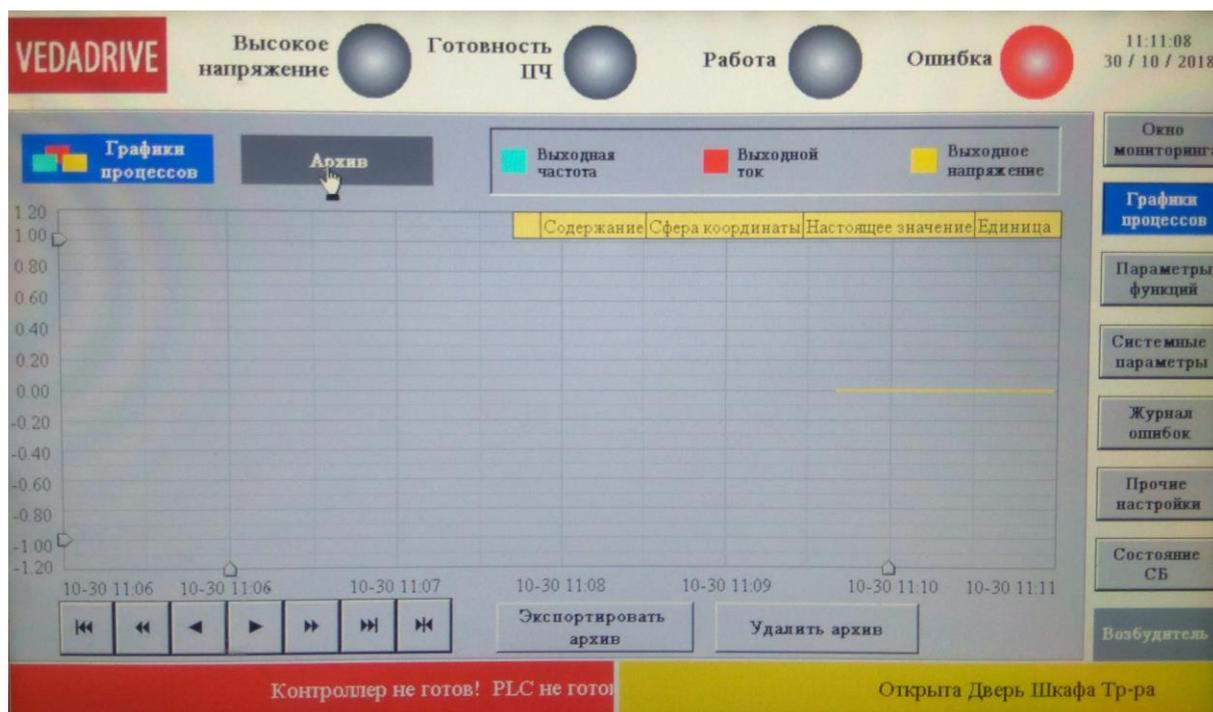


Рис. 5.4 - Окно архивных графиков процесса

Архив графиков можно стереть вручную. Для этого следует:

1. Нажмите кнопку «Удалить архив».
2. Введите логин и пароль в появившемся окне авторизации.
3. При успешной авторизации архив будет удален.
4. Для проверки удаления архива переключитесь на другое окно, затем вернитесь в окно архива графиков — оно не должно содержать каких-либо данных.

Архивные графики отображаются в течение 10 минут; единицы измерения: месяц-день-час-минута.

При выборе любой точки на архивной кривой появится желтая таблица с данными, привязанными ко времени. В столбце «диапазон» отображается длительность отрезка кривой по оси времени. Процентные значения рабочей частоты, выходного тока и выходного напряжения отражаются как минимальное и максимальное значения величины на вертикальной оси.

## 5.4 Окно параметров функций

Параметры функций (см. рис. 5.5) расположены на двух страницах; для переключения между ними используются кнопки перелистывания.

Для доступа к окну параметров функций необходимо ввести пароль. Пароль оператора по умолчанию **123456**.

Если в течении 10 минут не происходит никаких действий оператора, автоматический возвращается окно мониторинга. Изменения, внесённые до этого, не сохраняются.

Возможный диапазон значений и значения параметров, установленные по умолчанию окна параметров функций представлены в таблице 5.1.

Для ввода данных используются два типа элементов: поле ввода и кнопки ввода.

Поле ввода используется для ввода числовых значений: при нажатии на поле появляется экранная клавиатура.

Кнопка ввода используется для выбора значения параметра: при нажатии на кнопку будет отображаться один из возможных вариантов значения параметра.

*Примечание: в окне системных параметров используется тот же принцип ввода данных.*

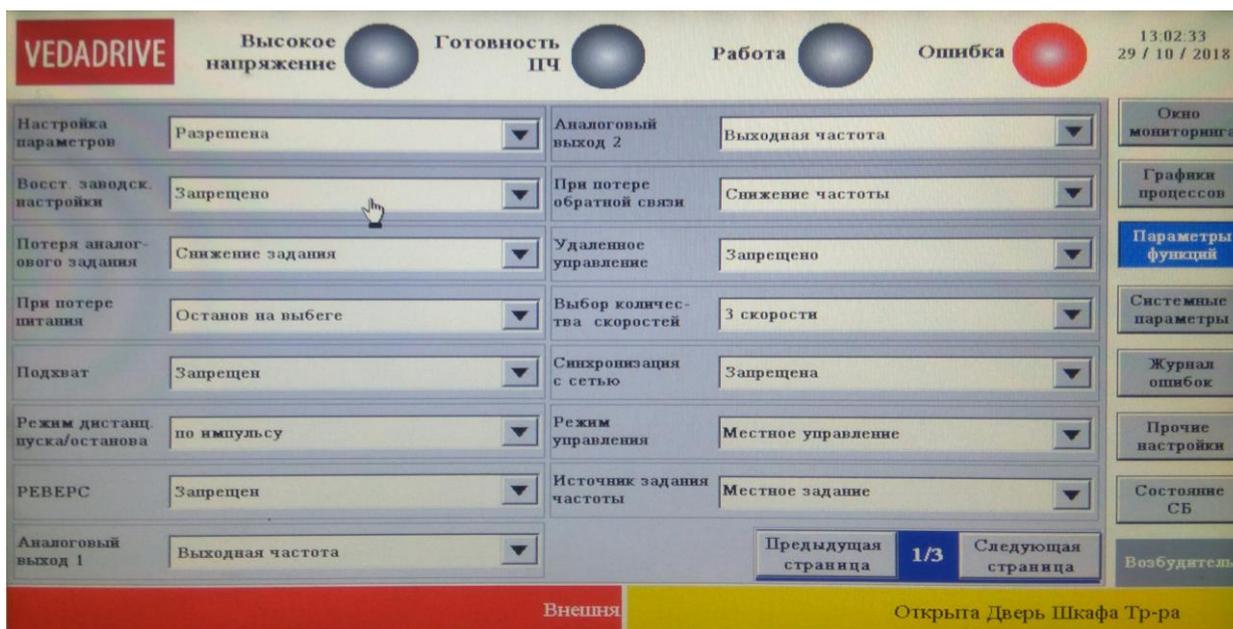


Рис. 5.5 - Окно параметров функций

В данном окне существует возможность возврата к заводским настройкам. Для этого необходимо выбрать «Настройка параметров — Разрешена», а затем «Восстановить заводские настройки», после чего появится окно подтверждения возврата к заводским настройкам (рис. 5.6).

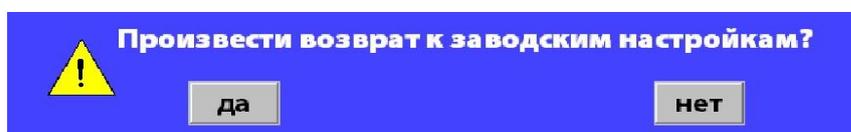


Рис. 5.6 - Возврат к настройкам всех параметров, установленных по умолчанию

После его подтверждения все параметры преобразователя частоты возвращаются к параметрам по умолчанию.

Таблица 5.1 - Параметры функций

№	Название параметра	Описание	Значение	Значение по умолчанию	Изменение во время работы
1	Настройка параметров	Разрешает или запрещает внесение изменений в параметры функции и в системные параметры	Запрещена Разрешена	Запрещена	нет
2	Восстановление заводских значений	Если параметр включить, то происходит восстановление заводских уставок	Запрещено Разрешено	Запрещено	нет
3	Потеря аналогового сигнала	Активен, когда выставлен аналоговый источник задания. <b>Задание до потери:</b> при обрыве аналогового сигнала поддерживается последняя заданная частота, если при этом оператор выполнит сброс, то выходная частота становится минимальной. <b>Мин. частота:</b> при обрыве аналогового сигнала выходная частота становится минимальной.	Мин. частота Задание до потери	Задание до потери	нет
4	Потеря питания	Если выставить этот параметр в состояние «Останов на выбеге», при пропадании высокого напряжения ПЧ сообщает о этом, не уходя в аварийное состояние, ПЧ готов.	Останов на выбеге Неисправность	Останов на выбеге	нет
5	Подхват	Когда параметр включен при пропаже и последующем восстановлении сетевого напряжения (в течении заданной уставки) происходит автоматический перезапуск ПЧ.	Запрещен Разрешен	Разрешен	нет
6	Режим дистанционного пуска/останова	Активен, когда выставлен дистанционный режим управления. <b>По импульсу:</b> старт при подаче импульсного сигнала на PLC-XS1T-1, 10; стоп - PLC-XS1T-1, 9. <b>По уровню</b> (старт высокий уровень, стоп – низкий): Старт/стоп при подаче сигнала на PLC-XS1T-1, 10; реверсивный старт/стоп - на PLC-XS1T-1, 9.	По импульсу По уровню	По уровню	нет
7	РЕВЕРС	Запрещен / разрешен реверс двигателя	Запрещен Разрешен	Запрещен	нет

№	Название параметра	Описание	Значение	Значение по умолчанию	Изменение во время работы
8	Аналоговый выход 1	Дополнительный аналоговый выход, настраиваемый пользователем	Выходная частота	Выходная частота	нет
			Выходной ток		
9	Аналоговый выход 2		Температура шкафа силовых ячеек	Выходной ток	
			Ток возбуждения		
			Выходная мощность		
10	Потеря аналоговой обратной связи	Активен, когда выставлен аналоговый источник задания. <b>Задание до потери:</b> при обрыве аналогового сигнала поддерживается последнее значение. <b>Мин. частота:</b> при обрыве аналогового сигнала значение сбрасывается в 0.	Мин. частота Частота до потери	Частота до потери	нет
11	Удаленное управление	Запрещено / разрешено дистанционное управление.	Запрещено Разрешено	Запрещено	нет
12	Выбор количества скоростей	Количество задаваемых посредством дискретных входов скоростей.	3 скорости 7 скоростей	3 скорости	да
13	Синхронизация с сетью	Используется при необходимости использования ПЧ как плавный пуск или при управлении от ПЧ нескольких двигателей. Выходная частота ПЧ синхронизируется с частотой сети и двигатель безударно переключается на работу от сети. Возможен и обратный процесс перевода двигателя с сети на работу от ПЧ. ПЧ должен быть оснащен шкафом синхронизации и реактором.	Запрещена Разрешена	Запрещена	нет
14	Режим управления	<b>Местное:</b> управление от сенсорной панели ПЧ. <b>От ПЛК/ПК:</b> управление от верхнего уровня по цифровому интерфейсному каналу. <b>Дистанционное:</b> управление по дискретным входам.	Местное управление Управление от ПЛК/ПК Дистанционное управление	Местное управление	да

№	Название параметра	Описание	Значение	Значение по умолчанию	Изменение во время работы
15	Источник задания частоты	<b>Местное:</b> от сенсорной панели управления ПЧ. <b>Аналоговое:</b> от аналоговых входов. Сигнал может быть токовый (4-20 мА) или напряжение (0-10 В). <b>С дискретных входов:</b> задание формируется согласно дискретным входам. Если ни один дискретный сигнал не замкнут, то выходная частота будет минимальной. Работа возможна только в разомкнутом контуре. <b>От ПЛК/ПК:</b> управление от верхнего уровня по цифровому интерфейсному каналу.	Местное задание Аналоговое задание С дискретных входов Задание от ПЛК/ПК	Местное задание	да
16	Тип управления	<b>Разомкнутый контур:</b> задание частоты подается напрямую. <b>Замкнутый контур:</b> задание частоты формируется путем регулирования контролируемой величины (давление, температура...)	Разомкнутый контур Замкнутый контур	Разомкнутый контур	да
17	Управление вентилятором	Принудительный запуск вентиляторов	Стоп / Пуск	Стоп	да
18	По наличию предупреждения	<b>Только сигнализация:</b> при возникновении не критической ошибки ПЧ продолжает работать. <b>Блокировка подачи силового напряжения:</b> при возникновении любой ошибки ПЧ уходит в аварию, двигатель останавливается выбегом.	Только Сигнализация Блокировка подачи силового напряжения	Только сигнализация	да
19	Скорость передачи (в бодах)	Скорость обмена данными по цифровому интерфейсному каналу с верхним уровнем.	1200    9600 2400    19200 4800    38400	9600	да
20	Система охлаждения	Если выбрать водяную систему охлаждения будет доступна дополнительная вкладка по настройке системы охлаждения.	Воздушная Водяная	Воздушная	нет
21	Извещать о загрязнении воздушных фильтров	Если выбрать <b>ДА</b> то периодический будет появляться сообщение о необходимости обслужить воздушные фильтры.	НЕТ / ДА	НЕТ	да
22	Открытие двери	Действие ПЧ при открытии дверей: <b>предупреждение</b> – только сигнализация, <b>отключение силового напряжения</b> – стоп выбегом.	Предупреждение Отключение силового напряжения	Отключение силового напряжения	да
23	Период обслуживания фильтров	Период, через которое будет появляться сообщение о необходимости обслуживании воздушных фильтров	15...34464 суток	30	да
24	Адрес ПЧ	Адрес ПЧ в сети с верхним уровнем	1...247	1	да

№	Название параметра	Описание	Значение	Значение по умолчанию	Изменение во время работы
25	Коэффициент фильтрации аналогового задания	Сглаживание аналогового сигнала (считается, что сигнал не содержит скачкообразных изменений)	0...50	10	да
26	Пропуск частоты 1 (нижний предел)	Пропуск резонансных частот двигателя. Должно соблюдаться логическое соотношение. Если при вводе значений оно нарушается, то появится окно с поясняющей информацией и заголовком «Ошибка параметра»	0,00...80,00 Гц	51,00	да
27	Пропуск частоты 1 (верхний предел)		0,00...80,00 Гц	51,00	да
28	Пропуск частоты 2 (нижний предел)		0,00...80,00 Гц	51,00	да
29	Пропуск частоты 2 (верхний предел)		0,00...80,00 Гц	51,00	да
30	Коэффициент входного напряжения	Для корректировки отображаемого входного напряжения при его отличии от реального	50...200	100	да
31	Макс. ток аналогового входа	Калибровка аналогового входа задания	10,00...25,00 мА	20,00	да
32	Мин. ток аналогового входа		0,00...8,00 мА	4,00	да
33	Частота скорости 1	Для задания скорости посредством логических дискретных входов	0,00...80,00 Гц	10,00	да
34	Частота скорости 2		0,00...80,00 Гц	30,00	да
35	Частота скорости 3		0,00...80,00 Гц	50,00	да
36	Макс. ток входа ОС	Калибровка аналогового входа обратной связи	10,00...25,00 мА	20,00	да
37	Мин. ток входа ОС		0,00...8,00 мА	4,00	да
38	Пропорциональный коэффициент ПИД техпроцесса	Пропорциональный коэффициент усиления ошибки (чем он больше, тем больше корректирующее воздействие)	0,5...20,00	10,00	нет
39	Время интегрирования ПИД техпроцесса	Интенсивность интегральной регулировки (чем он больше, тем устойчивей работа регулятора)	0,01...20,00 мин	10,00	нет
40	Время дифференцирования ПИД техпроцесса	Темп изменения отклонения регулируемой величины (для большинства применений этот параметр можно принять равным 0)	0,00...20,00 мин	0,00	нет
41	Время ожидания высокого	Время в течении которого, при пропадании высокого напряжения ПЧ не уходит в аварийное состояние, и при его восстановлении ПЧ автоматический перезапускается (необходимо параметр «Подхват» установить в состояние «разрешен»).	1...100 с	1	нет
42	Время охлаждения	Время после останова ПЧ, в течении которого не отключаются вентиляторы	0...30 мин	0	да



## 5.5 Окно системных параметров

Работа с окном системных параметров аналогична работе с окном параметров функций (рис. 5.7).



Рис. 5.7 - Окно системных параметров

Для доступа к окну параметров функций необходимо ввести пароль. Пароль оператора по умолчанию **123456**.

Если в течении 10 минут не происходит никаких действий оператора автоматический возвращается окно мониторинга. Изменения, внесённые до этого, не сохраняются.

Кнопки «Выгрузка параметров» и «Загрузка параметров» предназначены для обмена данными между панелью управления и контроллером. При нажатии кнопки «Выгрузка параметра», происходит сохранение текущих настроек в контроллере, при нажатии «Загрузка параметра» — восстановление настроек из памяти контроллера.

По результатам действий «Загрузка параметров» и «Выгрузка параметров» появляется соответствующее сообщение (см. рис. 5.8).



Рис. 5.8 - Отображаемые результаты загрузка/выгрузка параметров

Возможный диапазон значений и значения параметров, установленные по умолчанию окна системных параметров представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Системные параметры

№	Название параметра	Значение	Значение по умолчанию
1	Тип двигателя Режим управления	Асинхронный Скалярный Асинхронный Векторный Синхронный Скалярный Синхронный Векторный Асинхронный Векторный бездатчиковый Синхронный Векторный бездатчиковый	Асинхронный Скалярный
2	Режим пуска	Нормальный пуск Пуск с подхватом Пуск с повышенным моментом Пуск с определенного положения Позиционирование ротора Проверка на холостом ходу Определение параметров	Нормальный пуск
3	Режим останова	Останов с замедлением Останов выбегом	Останов с замедлением
4	Режим ПЧ	Тест / Работа	Работа
5	Режим ведущий- ведомый	Выключен / Включен	Выключен
6	Статус ПЧ	Ведущий / Ведомый	Ведущий
7	Повышение момента	0...15 %	0
8	Коэффициент входного тока (:5)	100...2000	200
9	Стартовая частота	0,00...2,00 Гц	0,00
10	Минимальная частота	0,00...80,00 Гц	0,00
11	Максимальная частота	0,00...80,00 Гц	50,00
12	Номинальное входное напряжение ПЧ	380...15000 В	6000
13	Номинальное выходное напряжение ПЧ	380...15000 В	6000
14	Номинальный ток ПЧ	30,0...3000,0 А	77,0
15	Предел ограничения по току	10...200 %	100
16	Время разгона	5,0...3000,0 с	30,0
17	Время торможения	5,0...3000,0 с	50,0
18	Время закрытия IGBT	0...1000 мс	0
19	Время компенсации мертвой зоны	0...10 мкс	5
20	Байпас СБ	0...1	0
21	Количество СБ в фазе	1...9	5
22	Угол синхронизации	0,0...5,0	5

№	Название параметра	Значение	Значение по умолчанию
23	Выбор группы параметров двигателя	Группа 1 ... Группа 4	Группа 1
24	Номинальная частота двигателя	5,00...80,00 Гц	50,00
25	Номинальное напряжение двигателя	380...15000 В	6000
26	Номинальный ток двигателя	1,0...1600,0 А	77,0
27	Номинальная скорость двигателя	0...3600 об/мин	980
28	Ток холостого хода двигателя	1,0...1600,0 А	20,0
29	Постоянная времени ротора	0,1...30,0 с	1,0
30	Индуктивность рассеяния статора	0,01...10,00 мГн	1,00
31	Сопротивление статора	0,001...10,000 Ом	0,100
32	Число пар полюсов двигателя	1...36	3
33	Коэффициент мощности двигателя	0,00...1,00	0,90
34	Заданный относительный магнитный поток двигателя	0,01...2,00	1,00
35	Пропорциональный коэффициент магнитного потока	0,50...20,00	5,00
36	Время интегрирования магнитного потока	0,1...20,0 с	2,0
37	Пропорциональный коэффициент регулирования скорости	0,50...20,00	5,00
38	Время интегрирования регулирования скорости	0,10...20,00 с	3,00
39	Пропорциональный коэффициент тока	0,10...15,00	1,00
40	Время интегрирования тока	0,15...30,00 мс	10,00
41	Значение положения ротора	0...16384	0
42	Направление вращения двигателя	Реверс / Прямое	Прямое
43	Число импульсов энкодера	512 / 1024 / 2048 / 4096 / 8192 / 16384 / 65535	1024

**Примечание:**

1. Режим ПЧ - тест, используется для тестирования ПЧ без силового напряжения.
2. Режим ведущий-ведомый - используется при работе двух ПЧ на одну нагрузку.
3. Повышение момента - используется в случае необходимости увеличить пусковой момент.
4. Коэффициент входного тока – коэффициент трансформатора тока на входе ПЧ (формат X:5).
5. Предел ограничения по току – коэффициент ограничения выходного тока ПЧ.
6. Время закрытия IGBT - время, в течение которого, при кратковременном падении силового напряжения, ПЧ продолжит работу.
7. Время компенсации мертвой зоны - компенсация задержек переключения IGBT в инверторе напряжения (для компенсации искажений в скорости при малых скоростях и токах нагрузки).

8. Угол синхронизации - максимальный разрешен электрический угол переключения с ПЧ на сеть и с сети на ПЧ.
9. Выбор группы параметров двигателя – используется при необходимости управлять несколькими двигателями с разными параметрами от одного ПЧ (система «мультистарт»). Выбор группы параметров двигателя осуществляется только по интерфейсу.
10. Ток холостого хода двигателя – обычно выставляется около 20 % от номинального тока двигателя или согласно паспортным данным на двигатель.
11. Параметры: Постоянная времени ротора, Индуктивность рассеяния статора, Сопротивление статора – указывается в технической документации на электродвигатель. Применяется только для векторного исполнения ПЧ.
12. Число пар полюсов двигателя – соответствует номинальной скорости двигателя при одной паре полюсов – 3000 об/мин, при двух парах – 1500 об/мин, при трёх парах – 1000 об/мин и т. д. Число пар полюсов также указывается в технической документации на электродвигатель. Применяется только для векторного исполнения ПЧ.
13. Коэффициент мощности двигателя – обычно близок к 0,9. Точное значение указано в паспортных данных на двигатель. Применяется только для векторного исполнения ПЧ.
14. Заданный относительный магнитный поток двигателя, Пропорциональный коэффициент магнитного потока, Время интегрирования магнитного потока – параметры регулятора магнитного потока. Применяется только для бездатчикового векторного исполнения ПЧ.
15. Пропорциональный коэффициент регулирования скорости, Время интегрирования регулирования скорости, Пропорциональный коэффициент тока, Время интегрирования тока – параметры ПИ-регулятора контура скорости и тока ПЧ. Применяется только для векторного исполнения ПЧ.
16. Значение положения ротора – положение начальной углового положения ротора синхронного двигателя относительно нулевой точки энкодера. Применяется только для векторного синхронного исполнения ПЧ для двигателя с энкодером.
17. Время торможения не следует задавать слишком малое, т. к. это может привести к перенапряжению звена постоянного тока и как следствие срабатыванию в преобразователе частоты соответствующей защиты.
18. Время разгона не следует указывать слишком малое т. к. это может привести к перегрузке по току преобразователя частоты.

## 5.6 Журнал записей ошибок

Журнал ошибок (см. рис. 5.9) отображает записи о всех аварийных сигналах, возникших после включения преобразователя частоты. Каждая запись содержит указание о времени возникновения аварийного сигнала и значениях основных величин в момент возникновения ошибки.

К аварийным сигналам относятся: перегрузка преобразователя частоты по току, системное превышение по скорости, ошибка задания параметра, ошибка контроллера,

внешняя ошибка, потеря питания, перегрев шкафа трансформатора, перегрев шкафа силовых ячеек, перегрузка двигателя по току и отказ силовой ячейки.

При отказе силовой ячейки сообщение об этом появится в окне мониторинга и в прокручиваемой строке состояния. При этом в журнале ошибок будет отображена более подробная информация.

В перечень аварийных сигналов силовых ячеек входят:

- отказ предохранителя,
- перегрев,
- отказ IGBT-транзистора,
- отказ питания,
- пониженное напряжение на шине,
- перенапряжение на шине,
- ошибка оптоволоконной связи.

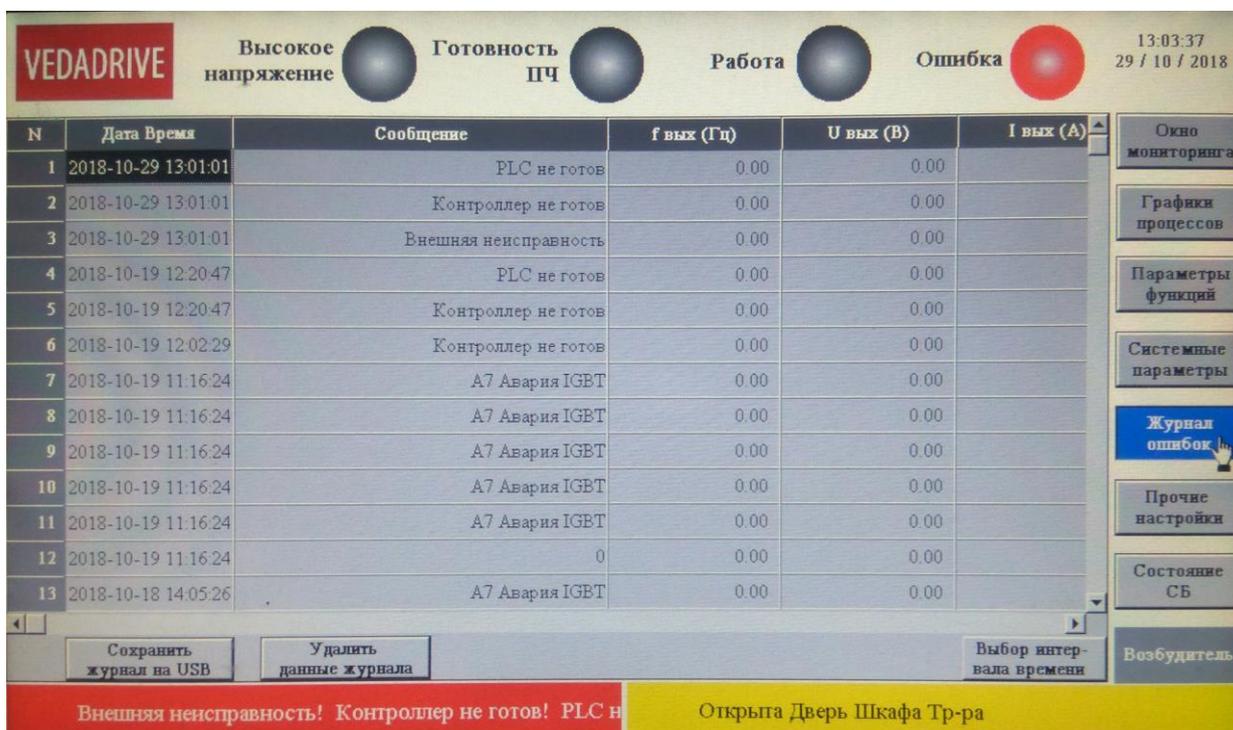


Рис. 5.9 - Окно журнала записей ошибок

Журнал ошибок хранится в течение календарного года: все записи автоматически стираются 1 января каждого года. При необходимости, журнал можно очистить вручную, а также сохранить записи на USB-диске.

Для ускорения поиска нужной записи существует возможность ограничить временной диапазон поиска. Для этого необходимо нажать кнопку «Выбор интервала времени» и задать пределы времени / дат в появившемся окне.

## 5.7 Прочие настройки

В окне прочих настроек (рис. 5.10) расположены следующие разделы: установка времени, настройка окна ожидания, смена пароля, отображение времени работы, отображение версий программного обеспечения, контроль системы водяного охлаждения, выбор языка.

Для того, чтобы иметь возможность вносить изменения необходимо в окне параметров функций предварительно выставить «Настройка параметров – разрешена».

Раздел установки времени предназначен для задания системной даты (год, месяц, день) и времени (часы, минуты, секунды). После ввода новых числовых значений даты/времени необходимо нажать кнопку подтверждения корректировки времени.

Окно времени работы содержит два пункта:

- «Текущий период» — время управления двигателем с момента последнего пуска и до останова.
- «Общее время» — общее время управления двигателем за весь срок службы преобразователя частоты.

Пароли по умолчанию: **оператора – 12345, инженера – 300048.**

Настройка окна ожидания, позволяет выбрать время ожидания. Панель управления автоматически переключается на отображение окна ожидания через заданное время неактивности (отсутствия работы с сенсорной панелью управления). Окно ожидания приведено на рис. 5.11.

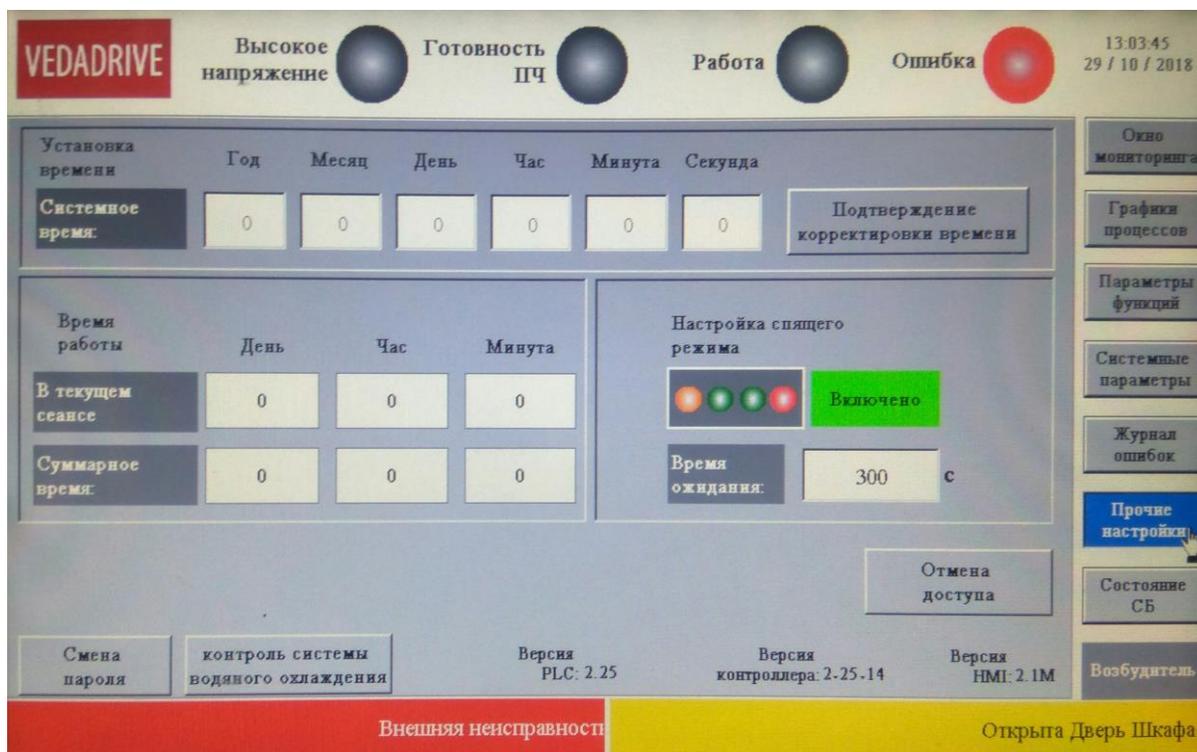


Рис. 5.10 - Окно прочих настроек

Индикаторы окна ожидания имеют следующие режимы работы:

- «Высокое напряжение» — горит оранжевым при подаче питания на преобразователь частоты.
- «Готовность ПЧ» — горит зеленым при переходе в режим ожидания преобразователя частоты.
- «Работа» — горит зеленым при управлении двигателем.
- «Ошибка» — мигает красным при возникновении предупреждающего сигнала, горит красным — при аварийном сигнале.

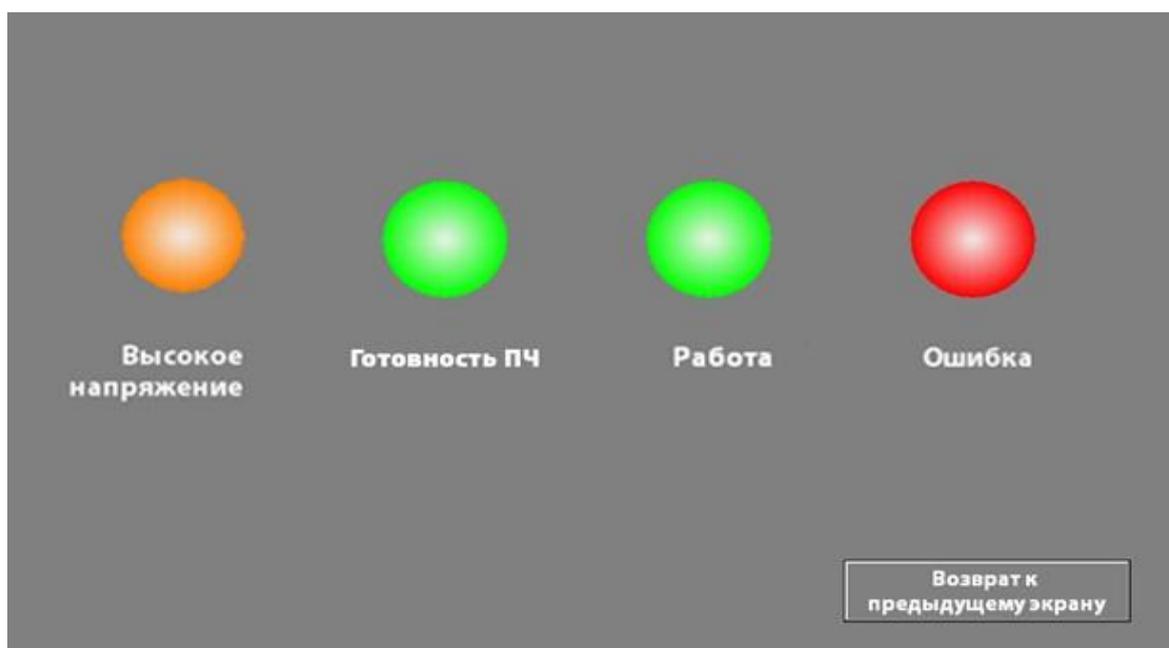


Рис. 5.11 - Окно ожидания

### 5.8 Окно состояния силовых ячеек

В окне состояний силовых ячеек (рис. 5.12) в табличной форме отображается текущее состояние каждой силовой ячейки:

- В норме (ОК);
- Отказ предохранителя;
- Перегрев;
- Отказ IGBT-транзистора;
- Отказ питания;
- Пониженное напряжение на шине постоянного тока;
- Перенапряжение на шине постоянного тока;
- Ошибка оптоволоконной связи.

Состояние «не определено» означает что преобразователь частоты не под силовым напряжением, и соответственно силовые ячейки не запитаны.

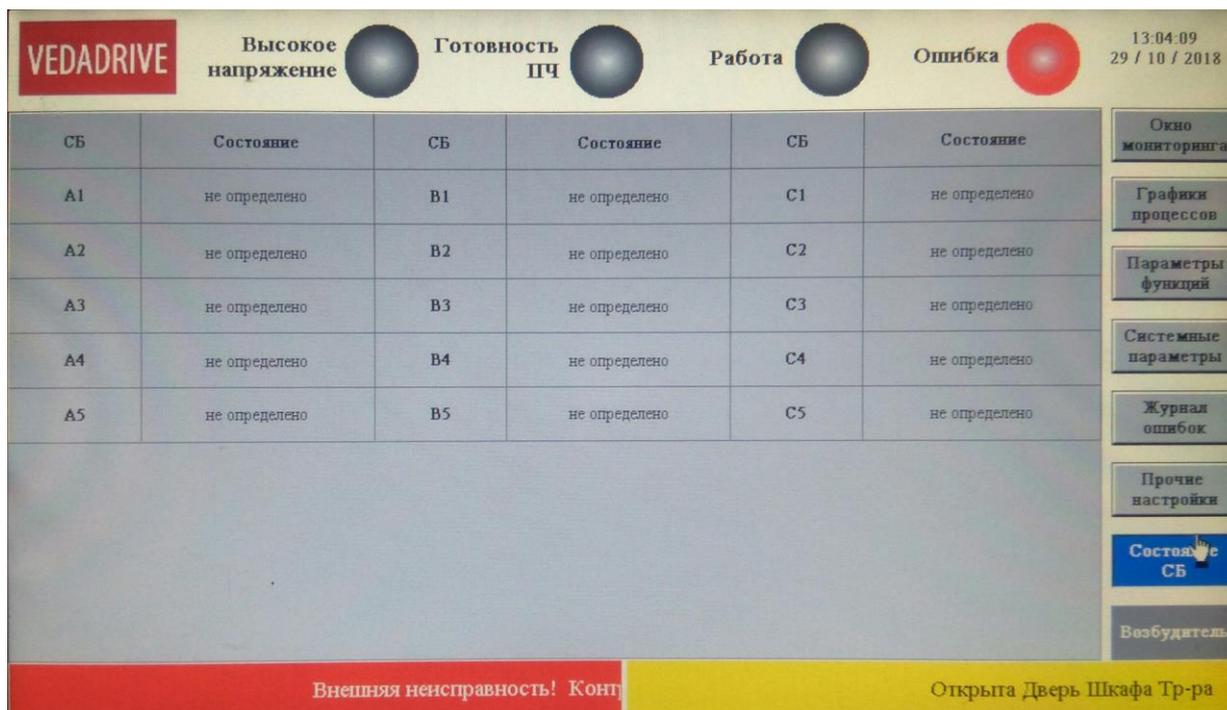


Рис. 5.12 - Окно состояния силовых ячеек

### 5.9 Окно параметров возбудителя

Окно параметров возбудителя (рис. 5.13) становится доступным если в окне системных параметров выбран синхронный двигатель. В этом окне отображается текущее состояние возбудителя и собственно параметры возбудителя.

Для корректной работы преобразователя частоты должны быть выполнены следующие условия:

- В «системных параметрах» должен быть выбран «Тип двигателя. Режим управления – Синхронный»;
- В «системных параметрах» должен быть выбран «Режим пуска - Нормальный пуск»;
- Возбудитель должен быть включен;
- Готовность ПЧ;
- Готовность возбудителя.

Можно задать два режима возбудителя (с поддержанием заданного  $\cos \varphi$  и с поддержанием заданного тока) и два режима пуска (асинхронный и синхронный). Также можно выполнить пуск и останов возбудителя непосредственно из окна возбудителя посредством соответствующих кнопок (см. рис. 5.13).

#### С поддержанием заданного $\cos \varphi$ .

В параметрах возбудителя должен быть выбраны: «Пуск ЭД – синхронный», «режим работы - с заданным  $\cos \varphi$ ». Пока преобразователь частоты работает на частоте, менее заданной параметром «Частота ВКЛЮЧЕНИЯ автоматического регулирования», поддерживается неизменным ток возбуждения. Когда частота больше заданной



параметром «Частота ВКЛЮЧЕНИЯ автоматического регулирования», поддерживается неизменным  $\cos \varphi$ .

### С поддержанием заданного тока.

В параметрах возбудителя должен быть выбран: «режим работы - с заданным током». При работе ПЧ поддерживается неизменным ток возбуждения.

### Асинхронный пуск.

После получения команды «Пуск ЭД» преобразователь частоты сначала запускает двигатель в асинхронном режиме, разгоняя его до скорости, заданной параметром «Частота ВКЛЮЧЕНИЯ возбуждения» и только затем подает команду на подачу тока возбуждения с возбудителя.

### Синхронный пуск.

После получения команды «Пуск ЭД» преобразователь частоты сначала подает команду на подачу тока возбуждения с возбудителя и только потом запускает двигатель сразу в синхронном режиме.

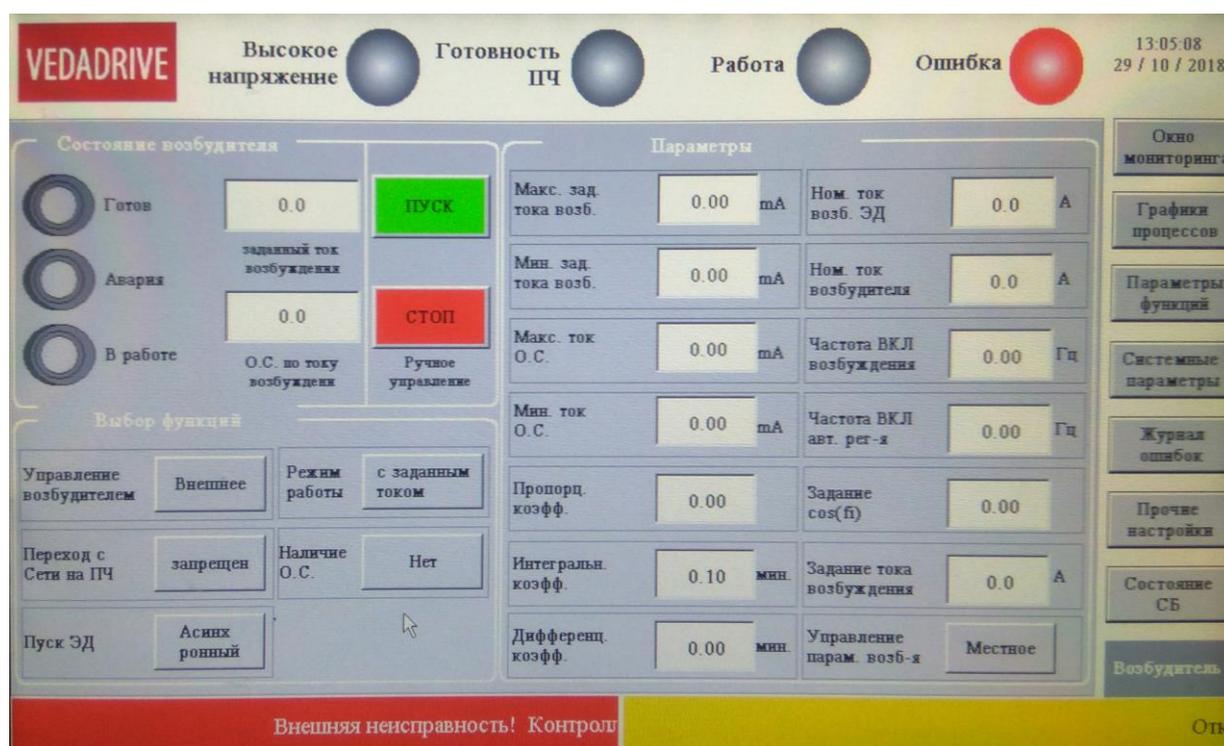


Рис. 5.13 - Окно возбудителя

Возможный диапазон значений и значения параметров, установленные по умолчанию окна возбудителя приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Параметры возбудителя

№	Название параметра	Значение	Значение по умолчанию
1	Управление возбудителем	Внешнее / От ПЧ	Внешнее
2	Режим работы	С заданным током / С заданным cos φ	С заданным током
3	Переход с сети на ПЧ	Запрещен / Разрешен	Запрещен
4	Наличие обратной связи	Нет/Есть	Нет
5	Пуск ЭД	Асинхронный / Синхронный	Асинхронный
6	Максимальное задание тока возбуждения	0...20 мА	20
7	Минимальное задание тока возбуждения	0...20 мА	4
8	Максимальный ток обратной связи	0...20 мА	20
9	Минимальный ток обратной связи	0...20 мА	4
10	Пропорциональный коэффициент обратной связи	0,01...20,00	10,00
11	Интегральный коэффициент обратной связи	0,01...20,00	10,00
12	Дифференциальный коэффициент обратной связи	0,01...20,00	0,00
13	Номинальный ток возбуждения электродвигателя	0...65535 А	0
14	Номинальный ток возбудителя	0...65535 А	0
15	Частота ВКЛЮЧЕНИЯ возбуждения	0...50 Гц	3
16	Частота ВКЛЮЧЕНИЯ автоматического регулирования	25...50 Гц	35
17	Задание cos φ	0,5...0,98	0,95
18	Задание тока возбуждения	0...65535 А	0
19	Управление параметрами возбудителя	Местное / Дистанционное	Местное

Примечание:

1. Управление возбудителем - **Внешнее**: не контролировать ток возбуждения, **от ПЧ**: контролировать и поддерживать заданный ток возбуждения.
2. Режим работы - **С заданным током**: поддерживается неизменным ток возбуждения, **С заданным cos φ**: поддерживается неизменным cos φ.
3. Наличие обратной связи - **Нет**: не отображать ток возбуждения, переключение с сети на ПЧ недопустимо. **Есть**: отображать ток возбуждения, также сработает тревога, если ток возбуждения будет отличаться от заданного.
4. Пропорциональный, Интегральный и Дифференциальный коэффициенты обратной связи – коэффициенты обратной связи тока возбуждения. Применяются только при векторном исполнении ПЧ и при наличии обратной связи по возбуждению.

## 6. Дополнительные опции

### 6.1 Обзор опций

Для лучшего соответствия применению преобразователи частоты VEDADRIVE могут быть оборудованы дополнительными устройствами и опциональными функциями. К таким опциям относятся байпас силовых ячеек, байпас преобразователя частоты, система жидкостного охлаждения, система предварительного заряда и т. д.

Список доступных опций указан в описании типового кода преобразователя частоты.

### 6.2 Байпас силовой ячейки

В преобразователях частоты VEDADRIVE применяется прогрессивный метод байпаса силовых ячеек сдвигом нейтральной точки.

Функция байпасирования ячейки позволяет обеспечить бесперебойность работы преобразователя частоты, при прекращении работы одной из силовых ячеек. Если ячейка отключилась из-за отказа входного предохранителя, отказа драйвера IGBT или внутреннего перегрева, то эта ячейка автоматически шунтируется.

Для реализации функции байпаса силовой ячейки, каждая силовая ячейка оснащается дополнительной цепью шунтирования (K) на базе IGBT-транзисторов (рис. 6.1). Шунтирование проводится без прерывания работы преобразователя частоты, при этом на дисплей панели управления выводится сообщение об активации режима байпасирования силовой ячейки.

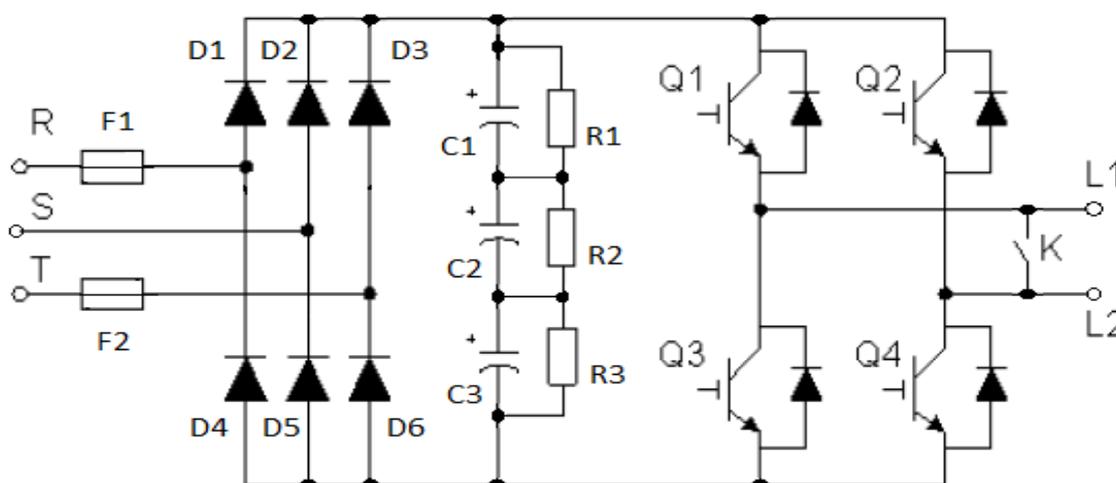


Рис. 6.1 - Схема силовой ячейки с байпасом  
(K – автоматический электрический байпас силовой ячейки)

При байпасировании ячейки, в связи с уменьшением количества работающих ячеек, номинальное напряжение на выходе понизится. В случае, если рабочая выходная частота преобразователя частоты относительно низкая, то выполнится автоматическое повышение напряжения на выходе, и байпасирование проходит без возникновения переходных процессов с сохранением требуемых выходных характеристик.

На рис. 6.2 приведена диаграмма силовой части преобразователя частоты. Когда все силовые ячейки исправны угол между фазами выходного напряжения будет равен 120 электрическим градусам. Если в случае неисправности силовой ячейки (например A5) в ней сработает байпас. Фазное выходное напряжение фазы A уменьшается, что приведет к разбалансу выходного напряжения преобразователя частоты.

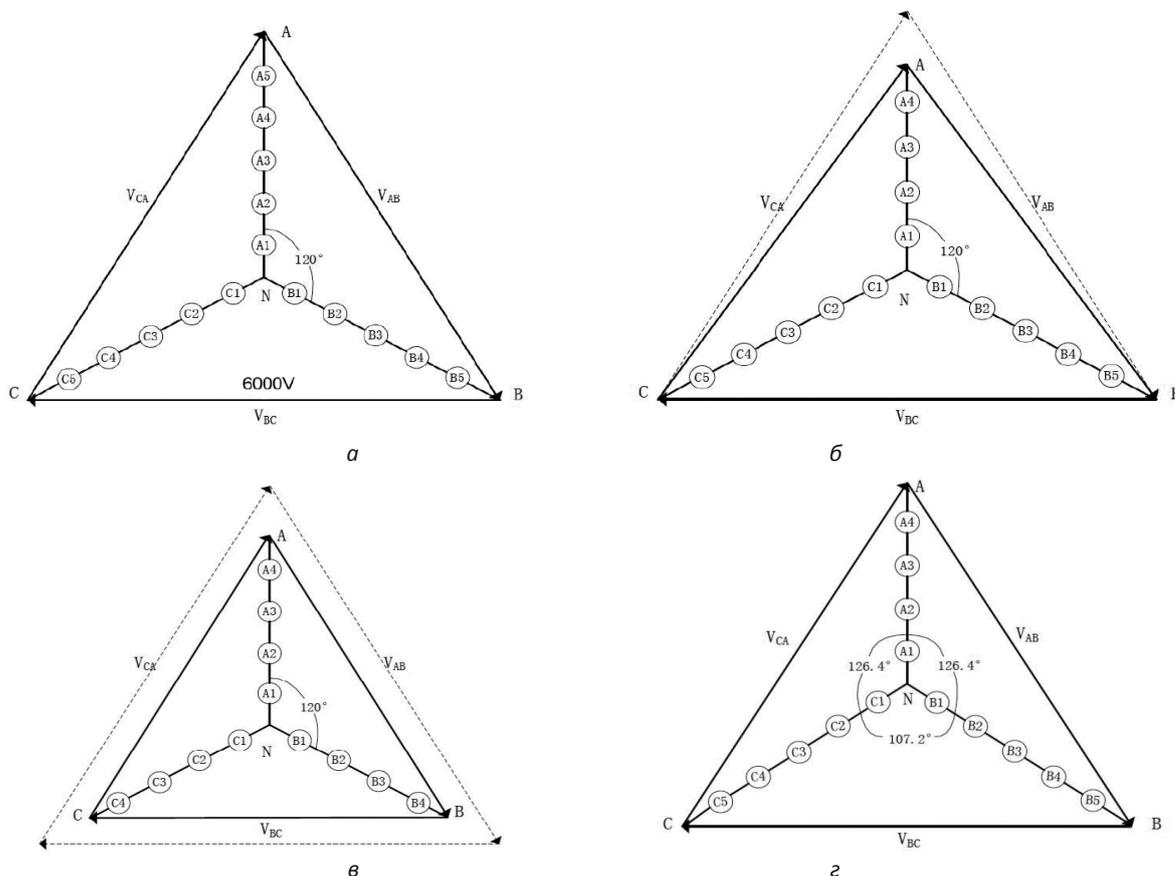


Рис. 6.2 - Диаграмма силовой части преобразователя частоты с 5 ячейками на 6 кВ  
 а – нормальная работа ( $V_{AB} = V_{BC} = V_{CA}$ )  
 б – разбаланс выходного напряжения, в случае байпаса ячейки A5  
 в – для исключения разбаланса, преобразователь частоты байпасирует также соответствующие ячейки в двух других фазах ( $V_{AB} = V_{BC} = V_{CA}$ ), в указанном примере это будут ячейки B5 и C5  
 г – для исключения разбаланса, преобразователь частоты использует алгоритм дрейфа нейтральной точки ( $V_{AB} = V_{BC} = V_{CA}$ )

Для сохранения баланса необходимо:

- Также байпасировать соответствующие исправные ячейки в двух других фазах (в указанном примере это будут ячейки B5 и C5). Хотя это сбалансировало выходное напряжение преобразователя частоты, но привело к его значительному (на 80 %) снижению.
- Использовать алгоритм дрейфа нейтральной точки. Благодаря тому, что нейтральная точка преобразователя частоты не связана с нейтральной точкой двигателя, есть возможность сдвинуть ее. Следовательно, баланс выходного напряжения преобразователя частоты можно регулировать, корректируя угол между фазами выходного напряжения. Хотя фазное напряжение на выходе различно, можно достичь сбалансированного линейного выходного напряжения

преобразователя частоты, и двигатель может работать стабильно. Этот метод обеспечивает выходное напряжение в 92,9% от номинального выходного напряжения. На рис. 6-2 (з) фазовый угол выходного напряжения между фазами А и В, А и С составляет 126,4 электрических градусов, между фазами В и С - 107,2 электрических градусов, а не обычных 120, но именно это обеспечивает сбалансированный выход линейного напряжения.

### 6.3 Байпас преобразователя частоты

Система байпаса преобразователя частоты допускает его шунтирование, и подключение двигателя на прямую к сети, для обеспечения работоспособности оборудования при сбоях в работе преобразователя частоты. После переключения двигателя на работу от сети, преобразователь частоты может быть изолирован от высоковольтной сети для технического обслуживания.

Для выбора доступны следующие варианты реализации байпаса преобразователя частоты:

- система ручного байпаса;
- система автоматического байпаса;
- система переключения двигателей рабочий-резервный ручной;
- система переключения двигателей рабочий-резервный автоматический.

Система ручного байпаса предполагает ручное переключение питания двигателя при помощи разъединителей QS1/QS21 и QS22 — см схему на рис. 6.3.

Система автоматического байпаса (рис. 6.4), в дополнение к разъединителям, оборудована вакуумными контакторами и позволяет выполнить автоматическое переключение двигателя на питание от сети, для предотвращения простоя оборудования. Помимо этого, возможно выполнить ручное переключение — как с местной панели управления, так и дистанционно.

На лицевой стороне шкафа автоматического байпаса (рис. 6.7) установлены рукоятки разъединителей QS1 и QS2 (см. схему на рис. 6.4) и панель управления системой байпаса (рис. 6.8).

Для перевода двигателя на управление от преобразователя частоты необходимо произвести следующие действия:

1. Убедиться, что индикатор «Напряжение управления» светится — это сигнализирует о наличии напряжения ~220 В в цепи управления шкафа автоматического байпаса.
2. Перевести переключатель режима управления в положение «Местный» для управления работой шкафа байпаса с местной панели управления.
3. Перевести ручки разъединителей QS1 и QS2 в вертикальное положение для их замыкания.
4. Нажать кнопку «Работа от ПЧ» — после чего, контакторы KM1 и KM2 замкнутся.

При пуске двигателя от преобразователя частоты на панели управления загорится индикатор «Работа от ПЧ».

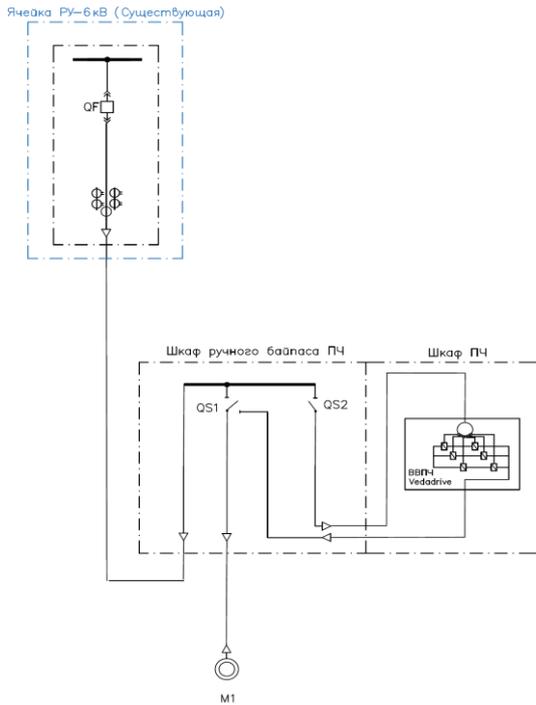


Рис. 6.3 - Схема ручного байпаса

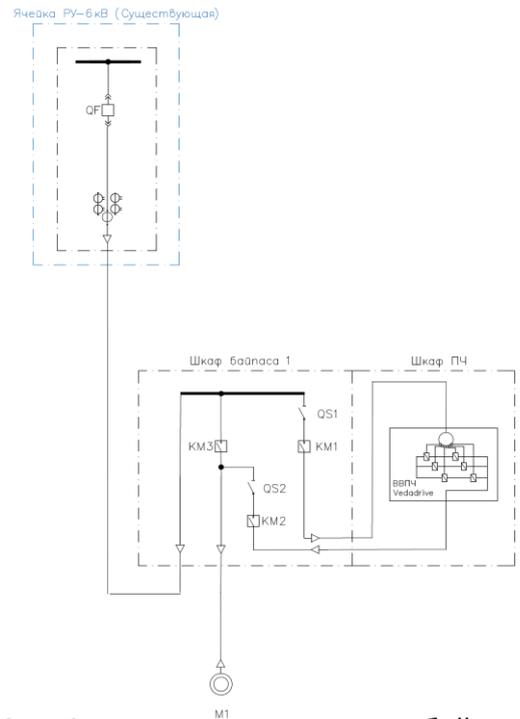


Рис. 6.4 - Схема автоматического байпаса

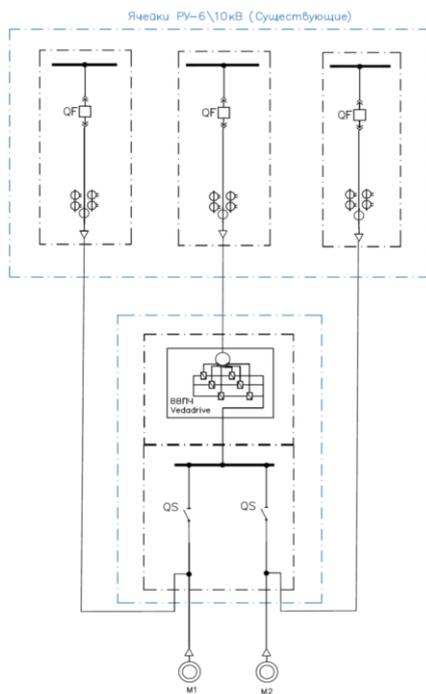


Рис. 6.5 - Схема переключения  
рабочий-резервный ручной

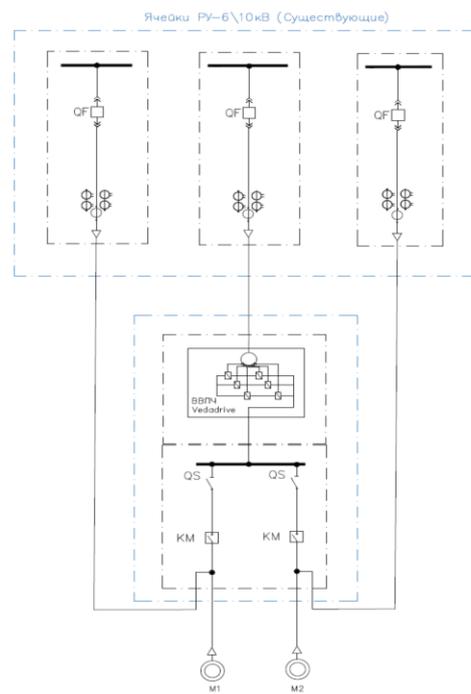


Рис. 6.6 - Схема переключения  
рабочий-резервный автоматический



Рис. 6.7 - Шкаф автоматического байпаса



Запрещается переключать разъединители QS1 и QS2 в шкафу байпаса при наличии силового напряжения!

При включенной высоковольтной ячейке QF в шкафу байпаса всегда присутствует опасное для жизни высокое напряжение!

Для переключения двигателя на работу от сети необходимо нажать кнопку «Стоп» и затем кнопку «Работа от сети». При этом контакты KM1 и KM2 разомкнутся, а KM3 — замкнется. О подаче силового напряжения на двигатель сигнализирует индикатор «Работа от сети».

Переключатель «Автоматическое переключение на сеть» позволяет реализовать автоматический перевод двигателя на работу от сети при аварии преобразователя частоты, т. е. функцию автоматического байпаса.

Шкафа байпаса комплектуется реле наличия силового напряжения, кнопка на нем всегда должна быть включена (индикатор должен светиться зеленый). Если светится еще дополнительно желтый значит двери заблокированы. Три красных индикатора – наличие всех трех фаз. Для разблокировки двери силового отсека или разъединителей в шкафу байпаса нажмите кнопку Open на корпусе электромагнитного замка (при этом должен засветиться красный индикатор) и сдвиньте рычажок (по направляющей в доступную сторону).

Схема переключения рабочий-резервный (рис. 6.5 и 6.6) применяется, когда имеется два двигателя один из которых находится в работе, другой – в резерве. Возможны варианты как автоматического, так и ручного переключения.



Рис. 6.8 - Панель управления системы автоматического байпаса

При необходимости каскадного управления двумя двигателями возможен вариант двойного автоматического байпаса.

Если необходимо синхронное (безударное) переключение двигателя с преобразователя к сети (без отключения двигателя), ПЧ должен быть оснащен в дополнение к шкафу байпаса (шунтирования) токоограничивающим реактором (шкафом реактора).

#### 6.4 Выходной токоограничивающий реактор

Выходной реактор функционально представляет собой индуктивный фильтр, который установлен на выходе ПЧ VEDADRIVE. Внешний вид шкафа выходного реактора представлен на рис. 6.9. Использование фильтра позволяет сгладить нежелательные броски тока, которые могут быть вызваны, например, синхронным (без отключения) переключением двигателя от ПЧ на сеть и обратно, а также длинными линиями для подключения двигателя.

Поэтому применение выходного реактора является обязательным при использовании опции «Мультистарт» и длине моторного кабеля, превышающей 600 м. Для остальных случаев выходной токоограничивающий реактор является опциональным внешним устройством для преобразователя частоты VEDADRIVE.

Выходной токоограничивающий реактор является индуктивностью переменного тока, который устанавливается в шкафу реактора. Шкаф реактора комплектуется и термоконтроллером, измеряющим температуру внутри шкафа. При этом выходные сигналы термоконтроллера шкафа реактора подключается последовательно с выходом термоконтроллера шкафа трансформатора. Таким образом, при возникновении ошибки по перегреву в одном из шкафов, на панели управления ПЧ отобразится лишь одна возможная ошибка «Перегрев шкафа трансформатора». Двери высоковольтного отсека шкафа реактора оснащены электромагнитными замками, которые блокируют двери шкафа при наличии высокого напряжения на вводе ПЧ. В случае применения для синхронного переключения двигателя в низковольтном отсеке может располагаться контроллер управления переходом. Шкаф реактора, в зависимости от мощности ПЧ, может оснащаться либо вентилятором на крыше, либо вентиляционными жалюзи.



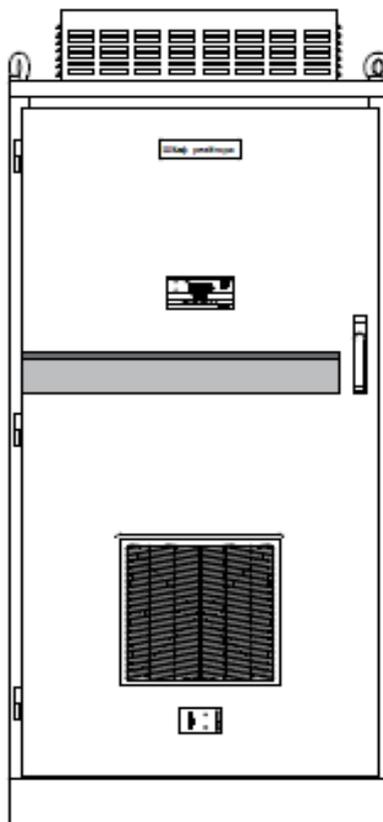


Рис. 6.9 - Внешний вид шкафа выходного реактора

### 6.5 Система предварительного заряда

Устройство предварительного заряда необходимо для плавного заряда конденсаторов силовых ячеек. Необходимо использовать цепь предварительного заряда для преобразователей частоты с номинальным током от 243 А.

Система предварительного заряда устанавливается в отдельном шкафу. Электрическая схема системы представлена на рис. 6.10.

Цепь предварительного заряда подключается ко вторичной дополнительной обмотке трансформатора (~380 В) и запитывается от внешнего источника питания ~380 В.

Для активации системы предварительного заряда переключатель на двери шкафа необходимо поставить в положение «Предзаряд». После запуска предварительного заряда таймер начинает отсчет первого этапа зарядки. Далее ПЛК, получая данные о текущем напряжении, управляет реле для коммутации силовых контакторов. Всего предусмотрено 3 уровня зарядки:

- уровень 1: 0–130 В (160 В — для силовых ячеек с номинальным током <250 А);
- уровень 2: 130–200 В;
- уровень 3: 200–380 В (верхний уровень напряжения определяется внешним питанием).

Третий уровень зарядки длится 5 сек., после чего зарядка прекращается. Через 3,5 сек. после окончания зарядки будет отправлен сигнал о готовности подачи высокого напряжения. В течение 4,5 сек. необходимо подать сигнал на включение. Если такого не происходит, сигнал готовности пропадает и необходимо повторить процесс предзаряда.



При подаче питания контактор находится в разомкнутом состоянии. В таком режиме ток ограничивается зарядными резисторами. Когда напряжение на конденсаторах достигает определенного значения, контактор КМ1 шунтирует цепь резисторов и обеспечивает протекание номинального тока.

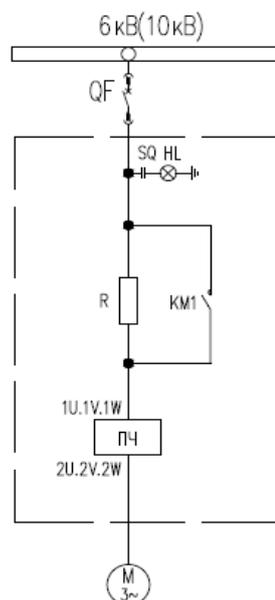


Рис. 6.11 - Силовая схема система пускового шкафа

## 6.7 Система синхронного перевода электродвигателей на сеть

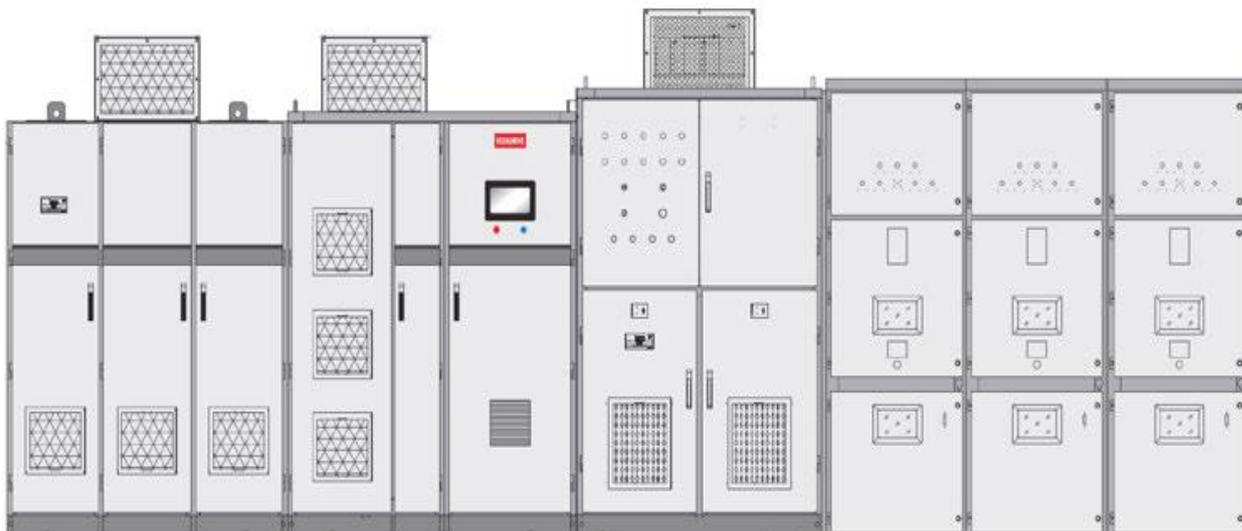
Система синхронного перевода электродвигателей на сеть (система «Мультистарт») предназначена для запуска и регулирования скорости электродвигателя (от 1 до 4 шт.) от высоковольтного преобразователя частоты VEDADRIVE с последующим синхронизированным безударным переводом электродвигателя на работу от силовой сети 50 или 60 Гц. Также предусмотрен синхронизированный безударный обратный перевод электродвигателя(ей) с питания от силовой электросети на работу от преобразователя частоты.

Внешний вид системы синхронного перевода электродвигателей на сеть в составе ПЧ VEDADRIVE показан на рис. 6.12, схема на рис. 6.13.

Состав системы синхронного перевода электродвигателей на сеть:

- Высоковольтный преобразователь частоты VEDADRIVE (состоит из шкафа трансформатора, шкафа силовых ячеек и шкафа управления);
- Шкаф выходного токоограничивающего реактора;
- Система управления синхронизированным переключением (встроена в шкаф выходного реактора);
- Вводной высоковольтный выключатель преобразователя частоты (опционально);
- Высоковольтные коммутационные ячейки для работы электродвигателей от сети (опционально);
- Высоковольтные коммутационные ячейки для работы электродвигателей от преобразователя частоты VEDADRIVE.

*Примечание. Коммутационные ячейки и вводной высоковольтный выключатель не входят в стандартную комплектацию системы синхронизированного переключения и при необходимости могут быть включены в поставку по запросу.*



Шкаф трансформатора      Шкаф силовых ячеек      Шкаф управления      Шкаф реактора      Коммутационные ячейки

Рис. 6.12 - Внешний вид ПЧ с системой синхронного перевода электродвигателей на сеть

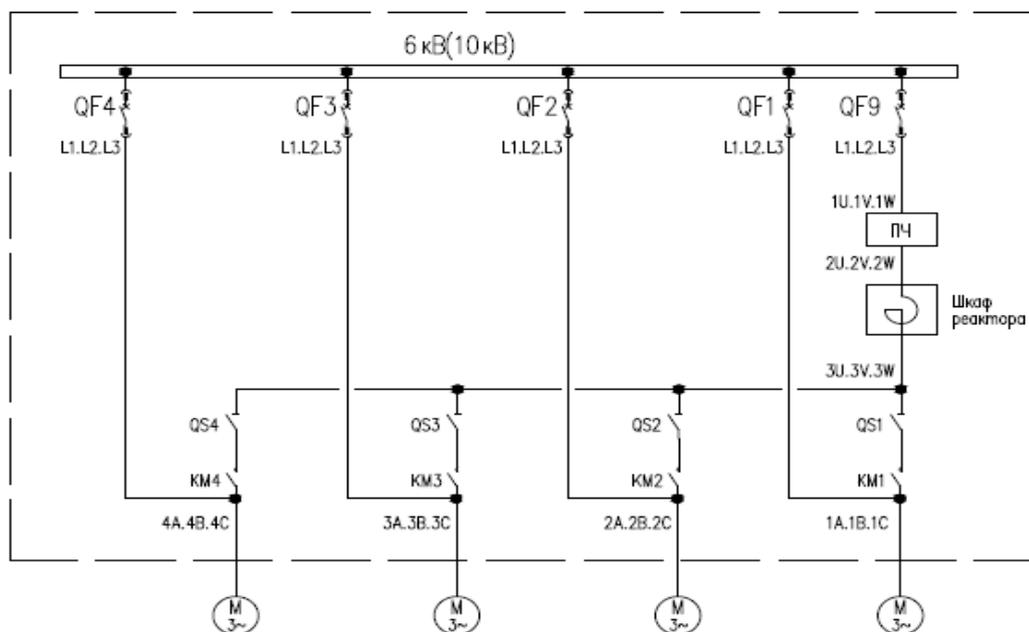


Рис. 6.13 - Схема системы синхронного перевода электродвигателей на сеть (для четырёх электродвигателей с питанием от одной секции шин)

QS1-QS4 – высоковольтные разъединители;  
KM1-KM4 - Высоковольтные контакторы для работы электродвигателей от ПЧ;  
QF1-QF4 - Высоковольтные ячейки для работы электродвигателей от сети;  
QF9 – Вводная высоковольтная ячейка для подключения ПЧ.

## 6.8 Модуль Ethernet/IP

Для подключения системы управления преобразователя частоты к промышленным сетям Ethernet/IP используется соответствующий модуль связи, устанавливаемый в секции управления как опция.

Модуль связи Ethernet/IP (рис. 6.14) имеет характеристики, приведенные в таблице 6.1.

Таблица 6.1 - Характеристики модули связи Ethernet/IP

Описание	Характеристика
Классификация модуля	Ethernet/IP: группы 2, 3
Максимальный объем передаваемых данных (размер буфера)	512 байт вход, 512 байт выход
Подключение к сети передачи данных	2 равнозначных разъема типа RJ45
Топология шины	Звезда
Нагрузка передатчика	100 Ом
Входной импеданс приемника	100 Ом



Рис. 6.14 - Модуль связи Ethernet/IP

Для подключения к сети Ethernet/IP в модуле предусмотрено два выходных порта — P1 и P2. Выходы портов выведены на розетки типа RJ45, расположенные в нижней части модуля и обозначенные «X3 P1» и «X3 P2», соответственно. Подключение к ним осуществляется стандартным Ethernet-кабелем. Назначение контактов розеток X3 P1 и X3 P2 приведено в таблице 6.2.

Преобразование сообщения Modbus RTU в формат Ethernet/IP происходит по схеме, изображенной на рис. 6.15. Модуль работает в режиме Transparent при котором данные, отправленные по внешней сети во внутреннюю RS-485, и наоборот проходят без значительных изменений. Единственно, что при преобразовании сообщения Ethernet/IP в сообщение Modbus RTU модуль автоматически рассчитывает и добавляет поля контрольной суммы.

Таблица 6.2 - Назначение контактов розеток X3 P1 и X3 P2

№ клеммы	Название	Функция
1	TD+	Линия передачи данных, положительный сигнал
2	TD-	Линия передачи данных, отрицательный сигнал
3	RD+	Линия приема данных, положительный сигнал
4		
5		
6	RD-	Линия приема данных, отрицательный сигнал
7		
8		



Рис. 6.15 - Структура преобразования сообщения

Необходимо учитывать жестко заданное в модуле время таймаута — 2 мс. При отсутствии принимаемых данных в течение времени таймаута, посылка передается в объеме уже полученных данных.

Относительно внешней сети передачи данных, модуль всегда работает как ведомое устройство, поэтому обмен данными должен всегда инициироваться ведущим сетевым устройством.

Во внутренней сети Modbus модуль является ведущим устройством.

Текущее состояние связи отображается на 11-ти светодиодных индикаторах модуля.

1. Индикатор «Power/State»: горит зеленым при наличии напряжения в последовательной шине данных RS-485.

2–5. Индикаторы «1», «2», «4», «8» отображают двоичный код номера ошибки при неполадках в работе модуля.

6. Индикатор «State» отображает состояние последовательной шины данных RS-485:

- Горит зеленым при активной передаче данных по шине RS-485.
- Мигает зеленым при нормальном состоянии шины и отсутствии постоянной передачи данных.
- Мигает красным/зеленым при отсутствии передачи данных после включения.
- Горит красным при возникновении общей ошибки модуля.
- Мигает красным при переводе модуля в служебный режим конфигурирования.

7. Индикатор «Net State» отображает состояние внешней сети Ethernet IP:

- Горит зеленым при активной передаче данных.

- Мигает зеленым при ожидании подключения.
- Мигает красным/зеленым в режиме самодиагностики и при таймауте подключения.
- Горит красным при дублировании IP-адреса.

8. Индикатор «Mod State» отображает состояние модуля:

- Горит зеленым при активной передаче данных.
- Мигает зеленым в режиме ожидания подключения.
- Мигает красным/зеленым при возникновении ошибки модуля.
- Горит красным при неисправности модуля.

9. Индикатор «Bus/Power»: горит зеленым при наличии напряжения во внешней сети передачи данных Ethernet IP.

10–11. Индикаторы «Link/ActP1» и «Link/ActP2» отображают состояние портов передачи данных P1 и P2, соответственно:

- Горят зеленым при наличии подключения к сети.
- Мигают зеленым при передаче данных.

### 6.9. Модуль Modbus TCP/IP

Для подключения системы управления преобразователя частоты к промышленным сетям Modbus TCP /IP используется соответствующий модуль связи, устанавливаемый в секции управления как опция.

Модуль связи Modbus TCP/IP (рис. 6.16) имеет характеристики, приведенные в таблице 6.3.

Таблица 6.3 - Характеристики модули связи Modbus TCP/IP

Описание	Характеристика
Классификация модуля	Modbus TCP/IP: классы 0, 1
Максимальный объем передаваемых данных (размер буфера)	1024 байт вход, 1024 байт выход
Подключение к сети передачи данных	Разъем типа RJ45

Для подключения к сети Modbus TCP используется розетка типа RJ45, расположенная в нижней части модуля и обозначенная «X3». Подключение осуществляется стандартным Ethernet-кабелем. Назначение контактов розеток X3 приведено в таблице 6.4.

Относительно внешней сети передачи данных, модуль всегда работают как ведомое устройство, поэтому обмен данными должен всегда инициироваться ведущим сетевым устройством. Во внутренней сети Modbus модуль является ведущим устройством. Преобразование сообщения Modbus RTU в формат Modbus TCP происходит по схеме, изображенной на рис. 6.17.



Рис. 6.16 - Модуль связи Modbus TCP

Таблица 6.4 - Назначение контактов розетки X3

№ клеммы	Название	Функция
1	TD+	Линия передачи данных, положительный сигнал
2	TD-	Линия передачи данных, отрицательный сигнал
3	RD+	Линия приема данных, положительный сигнал
4		
5		
6	RD-	Линия приема данных, отрицательный сигнал
7		
8		

Из сообщения Modbus RTU удаляются:

- Поле адреса устройства, идущее в начале сообщения;
- Поля проверки контрольной суммы CRC, идущие в конце сообщения для получения сообщения в формате PDU.

Затем к PDU-сообщению добавляется 7-байтный заголовок MBAP, состоящий из следующий полей:

- Идентификатор транзакции — 2 байта, определяющие уникальность каждого сообщения.
- Идентификатор протокола — 2 байта, всегда имеющие значение «00» (протокол Modbus).
- Длина сообщения — 2 байта, определяющие объем передаваемых данных.
- Идентификатор устройства — 1 байт, определяющий ведомое устройство в сети — совпадает с адресом устройства из сообщения Modbus RTU.



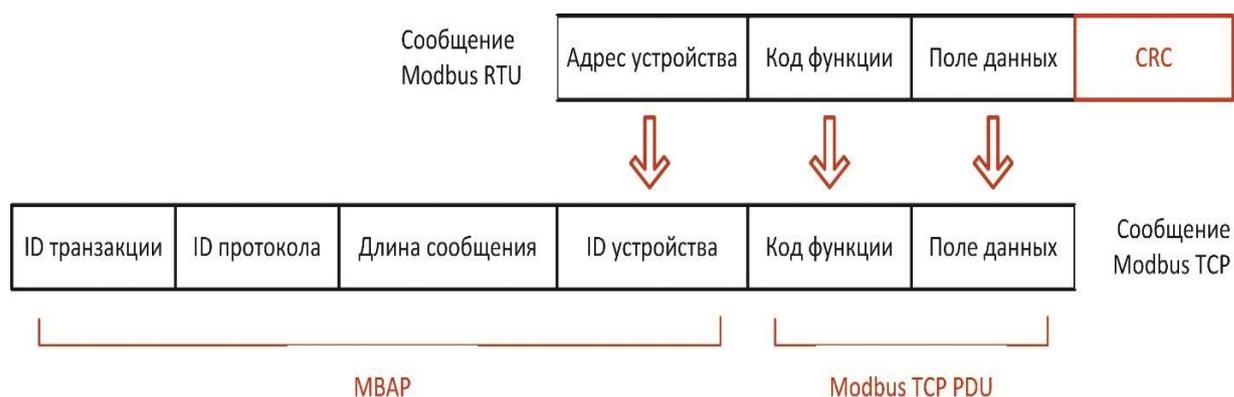


Рис. 6.17 - Структура преобразования сообщения

В таблице 6.5 приведен пример преобразования запроса на считывание регистров с #40108 по 40110 ведомого устройства #17. Запрос в формате Modbus RTU: 11 03 006B0003 7687.

Таблица 6.5 - Пример преобразования запроса

Байт	Поле запроса	Пример (h)
0	Адрес ведомого устройства	11
1	Код функции	03
2	Адрес начального регистра — старший байт	00
3	Адрес начального регистра — младший байт	6B
4	Количество считываемых регистров — старший байт	00
5	Количество считываемых регистров — младший байт	03
6	Проверка контрольной суммы CRC — младший байт	76
7	Проверка контрольной суммы CRC — старший байт	87

После удаления поля адреса устройства и полей проверки контрольной суммы получается сообщение в формате PDU: 03 006B0003. К нему добавляется заголовок MBAP и сообщение в формате Modbus TCP приобретает вид 0001 0000 0006 11 03 006B0003 (см. табл. 6.6).

Таблица 6.6 - Пример сообщение в формате Modbus TCP

Байты	Поля запроса	Пример (h)
0–1	Идентификатор транзакции	00 01
2–3	Идентификатор протокола	00 00
4–5	Длина сообщения	00 06
6	Идентификатор (адрес) устройства	11
7	Код функции	03
8–9	Адрес начального регистра	00 6B
10–11	Количество считываемых регистров	00 03

Необходимо учитывать жестко заданное в модуле время таймаута — 2 мс. При отсутствии принимаемых данных в течение времени таймаута, посылка передается в объеме уже полученных данных.

Текущее состояние связи отображается на 11-ти светодиодных индикаторах модуля.

1. Индикатор «Power/State»: горит зеленым при наличии напряжения в последовательной шине данных RS485.

2–5. Индикаторы «1», «2», «4», «8» отображают двоичный код номера ошибки при неполадках в работе модуля.

6. Индикатор «State» отображает состояние последовательной шины данных RS485:

- Горит зеленым при активной передаче данных по шине RS485.
- Мигает зеленым при нормальном состоянии и отсутствии передачи данных.
- Мигает красным/зеленым при отсутствии передачи данных после включения.
- Горит красным при возникновении общей ошибки модуля.
- Мигает красным при переводе модуля в служебный режим конфигурирования.

7. Индикатор «Bus State» отображает состояние внешней сети Modbus TCP:

- Горит зеленым при активной передаче данных.
- Мигает зеленым при ожидании подключения.
- Мигает красным/зеленым в режиме самодиагностики и при таймауте подключения.
- Горит красным при дублировании IP-адреса.

8. Индикатор «Bus/Power»: горит зеленым при наличии напряжения во внешней сети передачи данных (Ethernet IP/ Modbus TCP).

9. Индикатор «Full Duplex»: горит зеленым при работе в режиме полнодуплексной связи.

10. Индикатор «100 MB»: горит зеленым при скорости подключения 100 Мбит/с.

11. Индикатор «Link/Act» отображает состояние порта передачи данных Modbus TCP:

- Горит зеленым при наличии подключения к сети.
- Мигает зеленым при передаче данных.

## 7. Контроль неисправностей и техническое обслуживание

### 7.1 Предупреждения и аварийные сигналы

Система самодиагностики преобразователя частоты постоянно контролирует состояние питания на входе, состояние выходных сигналов, характеристики двигателя, а также другие рабочие параметры системы. Предупреждение или авария не обязательно означают, что проблема связана с самим преобразователем частоты. Возможно, сбой вызван причинами, связанными с входным напряжением, нагрузкой, температурой, внешними сигналами или с другими параметрами, контролируруемыми внутренней логикой преобразователя частоты.

Предупреждение (несущественная неисправность) выводится при возникновении отклонений от ненормальных условий работы, вследствие чего преобразователь частоты может выдать сигнал предупреждения. Предупреждение не влияет на работоспособность преобразователя частоты: двигатель продолжает работу, или его можно запустить, если он остановлен. Предупреждение сбрасывается автоматически при устранении причины.

Авария (существенная неисправность) выводится в случае отключения преобразователя частоты по срабатыванию защиты. При этом преобразователь частоты размыкает вводной выключатель для исключения повреждения оборудования. Двигатель останавливается выбегом. Система управления преобразователем частоты продолжает работать и контролирует состояние цепей управления. После устранения причины ошибки, аварийный сигнал можно сбросить и преобразователь частоты будет готов к работе.

Информация о каждом аварийном событии сохраняется в журнале ошибок. В таблице 7.1 указаны предупреждающие и аварийные сигналы.

Таблица 7.1 - Предупреждающие и аварийные сигналы

№	Описание	Предупреждение	Авария
001	Перегрев шкафа трансформатора	V	V
002	Перегрев шкафа силовых ячеек	V	V
004	Открыта дверь шкафа трансформатора	V	
005	Открыта дверь шкафа силовых ячеек	V	
006	Ошибка связи контроллера		V
007	Ошибка задания параметра		V
008	Внешняя ошибка		V
009	Потеря высоковольтного напряжения		V
010	Перегрузка преобразователя частоты по току		V
011	Перегрузка двигателя по току		V
012	Отказ вентилятора	V	
013	Системное превышение по скорости		V
014	Ошибка связи сенсорной панели	V	
101	Силовая ячейка: отказ предохранителя		V
102	Силовая ячейка: отказ драйвера IGBT		V
103	Силовая ячейка: перегрев		V
104	Силовая ячейка: перенапряжение		V
105	Силовая ячейка: отказ опт. связи		V

## 7.2 Сообщения об общих неисправностях

Ниже приводится информация о предупреждениях/аварийных сигналах, описывающая условия их возникновения, возможные причины и способы их устранения.

### **W001/A001: ПЕРЕГРЕВ ШКАФА ТРАНСФОРМАТОРА**

При превышении первого порогового значения защиты от перегрева шкафа трансформатора (по умолчанию равному 100 °С) происходит подача предупреждающего сигнала. При превышении второго порогового значения (по умолчанию равному 120 °С) происходит срабатывание защиты, отключение преобразователя частоты и подача аварийного сигнала.

Меры по устранению:

1. Проверьте работоспособность вентиляторов на крыше шкафа. Все вентиляторы должны работать для равномерного охлаждения обмоток различных фаз.
2. Проверьте режим работы преобразователя частоты — не работает ли оборудование длительное время с перегрузкой.
3. Проверьте температуру окружающего воздуха — она не должна превышать 45 °С, в противном случае необходимо организовать дополнительную вентиляцию.
4. Обратитесь в сервисную службу.

### **W002/A002: ПЕРЕГРЕВ ШКАФА СИЛОВЫХ ЯЧЕЕК**

При превышении первого порогового значения защиты от перегрева шкафа силовых ячеек (по умолчанию - 55 °С), происходит подача предупреждающего сигнала. При превышении второго порогового значения (по умолчанию - 60 °С) происходит срабатывание защиты, отключение преобразователя частоты и подача аварийного сигнала.

Меры по устранению:

1. Проверьте работоспособность вентиляторов на крыше шкафа.
2. Проверьте режим работы преобразователя частоты — не работает ли оборудование длительное время с перегрузкой.
3. Проверьте температуру окружающего воздуха — она не должна превышать 45 °С, в противном случае необходимо организовать дополнительную вентиляцию.
4. Обратитесь в сервисную службу.

### **W004: ОТКРЫТА ДВЕРЬ ШКАФА ТРАНСФОРМАТОРА**

### **W005: ОТКРЫТА ДВЕРЬ ШКАФА СИЛОВЫХ ЯЧЕЕК**

Меры по устранению: проверьте работоспособность концевых выключателей/обратитесь в сервисную службу.

### **A006: ОШИБКА СВЯЗИ КОНТРОЛЛЕРА**

Меры по устранению:

1. Проверьте подключение кабеля управления между платой ввода-вывода и платой управления.
2. Проверьте подключение питающего кабеля контроллера и платы ввода-вывода.

3. Отключите и включите питание системы управления.
4. Обратитесь в сервисную службу.

#### **A007: ОШИБКА ЗАДАНИЯ ПАРАМЕТРА**

Меры по устранению: проверьте правильность ввода параметра.

#### **A008: ВНЕШНЯЯ ОШИБКА**

Меры по устранению: проверьте состояние кнопки «Аварийный останов» на секции управления / обратитесь в сервисную службу.

#### **A009: ПОТЕРЯ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО НАПРЯЖЕНИЯ**

Меры по устранению: проверьте состояние вводного выключателя / обратитесь в сервисную службу.

#### **A010: ПЕРЕГРУЗКА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ ПО ТОКУ**

Защита от перегрузки преобразователя частоты срабатывает при 1,5-кратном превышении номинального значения его выходного тока. Эта неисправность может быть вызвана ударной нагрузкой или быстрым ускорением с высокими моментами инерции.

Меры по устранению:

1. Проверьте нагрузку на валу двигателя: вал не должен быть заблокированным.
2. Проверьте стартовую частоту, возможно, её необходимо понизить.
3. Проверьте время разгона, возможно, его необходимо увеличить.
4. Проверьте входное напряжение, возможно оно ниже номинального.
5. Обратитесь в сервисную службу.

#### **A011: ПЕРЕГРУЗКА ДВИГАТЕЛЯ ПО ТОКУ**

Защита от перегрузки двигателя по току срабатывает при 1,1-кратном превышении номинального тока двигателя, по интегральному принципу (см. п. 8.7):

- 110 ... 120 % - время срабатывания 1000 сек;
- 120 ... 130 % - время срабатывания 125 сек;
- 130 ... 140 % - время срабатывания 40 сек;
- 140 ... 150 % - время срабатывания 12 сек;
- более 150 % - время срабатывания 3 сек.

Меры по устранению:

1. Проверьте, нет ли механической перегрузки двигателя.
2. Проверьте напряжение питающей сети, возможно, оно ниже номинального.
3. Проверьте правильность параметров двигателя.
4. Обратитесь в сервисную службу.

### **7.3 Сообщения о неисправностях силовых ячеек**

Ниже приводится информация об аварийных сигналах, описывающая условия их возникновения, возможные причины и способы их устранения.

#### **A101: ОТКАЗ ПРЕДОХРАНИТЕЛЯ (СИЛОВОЙ ЯЧЕЙКИ)**

При отказе предохранителя в силовой ячейке произойдет пропадание одной из фаз.

При данном отказе силовая ячейка может быть байпасирована (при наличии функции байпаса силовых ячеек).

Меры по устранению:

1. Проверьте целостность предохранителей, при необходимости - заменить.
2. Проверьте наличие всех фаз питающего напряжения.
3. Проверьте надежность подключения питающего напряжения.
4. Обратитесь в сервисную службу.

#### **A102: ОТКАЗ ДРАЙВЕРА IGBT (СИЛОВОЙ ЯЧЕЙКИ)**

При данном отказе силовая ячейка может быть байпасирована (при наличии функции байпаса силовых ячеек).

Меры по устранению: обратитесь в сервисную службу для замены силовой ячейки.

#### **A103: ПЕРЕГРЕВ СИЛОВОЙ ЯЧЕЙКИ**

При нагреве радиатора силовой ячейки свыше 85 °С происходит срабатывание защиты.

При данном отказе силовая ячейка может быть байпасирована (при наличии функции байпаса силовых ячеек).

Меры по устранению:

1. Проверьте работоспособность вентиляторов на крыше шкафа силовых ячеек.
2. Проверьте режим работы преобразователя частоты — не работает ли преобразователь частоты длительное время с перегрузкой.
3. Обратитесь в сервисную службу.

#### **A104: ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЕ В СИЛОВОЙ ЯЧЕЙКЕ**

При превышении напряжения шины постоянного тока силовой ячейки выше порогового значения, происходит срабатывание защиты.

Меры по устранению:

1. Проверьте напряжение питающей сети - оно не должно превышать номинальное.
2. Если ошибка возникает при торможении двигателя — увеличьте время торможения.
3. Обратитесь в сервисную службу.

#### **A105: ОТКАЗ ОПТОВОЛОКОННОЙ СВЯЗИ (СИЛОВОЙ ЯЧЕЙКИ)**

Если после включения преобразователя частоты оптоволоконная связь с силовой ячейкой не установлена, возникает «ошибка опт связи».

Меры по устранению:

1. Проверьте питание силовой ячейки: зеленый светодиод должен светиться.
2. Проверьте надежность подключения оптоволоконного кабеля — со стороны силовой ячейки и со стороны контроллера.
3. Обратитесь в сервисную службу.

#### **7.4 Поиск и устранение основных неисправностей**

Ниже приводится информация о неисправностях, которые могут возникнуть при эксплуатации, описывающая условия их возникновения, возможные причины и способ устранения.

##### **Двигатель не вращается после подачи команды на запуск**

Если при этом на панели управления отображается отличное от нуля выходное напряжение, а выходной ток равен нулю, значит между преобразователем частоты и двигателем отсутствует подключение.

Меры по устранению:

1. Проверьте надежность подключения кабеля двигателя.
2. Убедитесь в отсутствии разрыва цепи между преобразователем частоты и двигателем, вызванного контактором или коммутационным шкафом.
3. Обратитесь в сервисную службу.

##### **Задание частоты вращения не совпадает с её фактическим значением**

Возможные причины:

1. Во время ускорения и замедления выходная частота не сразу стабилизируется с заданием.
2. При повышенном напряжении питающей сети выходная частота преобразователя частоты может повышаться для недопущения останова по срабатыванию защиты от перенапряжения в шине постоянного тока.
3. При превышении номинального выходного тока преобразователь частоты может ограничить выходную частоту для недопущения останова по срабатыванию защиты от перегрузки по току. Обычно это происходит при пониженном напряжении питающей сети или резком увеличении нагрузки на валу двигателя.
4. При переходных процессах в питающей сети, преобразователь частоты может ограничивать выходную частоту для стабилизации напряжения в цепи постоянного тока и дальнейшего управления двигателем.
5. При необходимости, обратитесь в сервисную службу.

##### **На дисплее панели управления нет изображения/экран темный**

Меры по устранению:

1. Нажмите кнопку «Сброс», расположенную на двери секции управления — это не повлияет на работу преобразователя частоты.

2. Проверьте надежность подключения питания панели управления.
3. Убедитесь в отсутствии радиопомех и наводок по цепи питания.
4. Обратитесь в сервисную службу.

#### **Срабатывание вводного выключателя сразу после его замыкания**

При подаче питания на преобразователь частоты, значения входного тока преобразователя частоты в течение нескольких десятков миллисекунд достигают 6–7-кратных значений номинального тока. В это время происходит намагничивание питающего трансформатора и заряд конденсаторов силовых ячеек. Заниженное значение уставки максимальной токовой защиты вводного выключателя может привести к её срабатыванию при включении преобразователя частоты.

Меры по устранению: необходимо скорректировать порог срабатывания максимальной токовой защиты вводного выключателя.

### **7.5 Техническое обслуживание**

Для обеспечения максимальной продолжительности эксплуатации преобразователя частоты необходимо регулярно проводить профилактические осмотры и техническое обслуживание.

Ежедневные профилактические осмотры проводятся обслуживающим персоналом предприятия в рамках ежедневного контроля работы преобразователя частоты. Осмотр включает в себя следующие проверки:

1. Проверка условий окружающей среды: температура, влажность и уровень загрязненности воздуха должны соответствовать техническим требованиям, указанным в настоящем руководстве.
2. Проверка на отсутствие посторонних шумов и вибраций: работа элементов преобразователя частоты (вентиляторов охлаждения, вводного трансформатора, выходного реактора и пр.) не должна сопровождаться нехарактерными звуками и вибрационными колебаниями.
3. Проверка на отсутствие посторонних запахов: при работе преобразователя частоты не должно быть запаха горячей изоляции, пластика и пр.



При выявлении несоответствий, работу преобразователя частоты необходимо немедленно прекратить. Для исправления несоответствий по п. 2 и 3 необходимо обратиться к сертифицированному сервисному партнеру VEDADRIVE.

Работы допускаются проводить обслуживающему персоналу, имеющему необходимую квалификацию и ознакомленному с эксплуатационной документацией на преобразователь частоты.

Рекомендуется привлекать для проведения технического обслуживания сотрудников сертифицированного сервисного партнера VEDADRIVE.

Для ремонта или замены неисправных элементов необходимо обращаться к сертифицированным сервисным партнерам VEDADRIVE.





Перед проведением работ по техническому обслуживанию преобразователь частоты должен быть полностью отключен от питающей сети с обеспечением видимого разрыва цепи питания.



Внутри шкафов может сохраняться опасное напряжение даже при отключенном электрическом питании. Убедитесь, что лампочки заряда силовых ячеек погашены, вентиляторы охлаждения не работают, световые индикаторы секции управления не светятся.



Персонал, проводящий работы, должен использовать средства защиты: обувь с изолированной подошвой и изолирующие перчатки. Все работы должны выполняться одной рукой.



Запрещается касаться любых частей отключенного преобразователя частоты, не удостоверившись, что такие части не находятся под напряжением и не нагреты до высокой температуры.

**Регулярные профилактические осмотры** проводятся согласно таблице 7.2.

Таблица 7.2 - Список проверок при профилактическом осмотре

Наименование проверки	Контрольное значение	Периодичность работ
Проверка вентиляторов охлаждения	Свободное вращение крыльчатки; стабильность воздушного потока; отсутствие повышенного низкочастотного шума и пр.	1 раз в 6 месяцев
Проверка воздушных фильтров	Отсутствие загрязнений	1 раз в 6 месяцев*
Проверка уровня загрязнения внутри шкафов	Отсутствие загрязнений на внутренних конструкциях шкафов	1 раз в 6 месяцев*
Проверка силовых элементов	Отсутствие загрязнений, следов коррозии, следов горения, подтеков, повреждений компонентов	1 раз в 6 месяцев
Проверка печатных плат	Отсутствие загрязнений, следов коррозии, следов горения, подтеков, деформации, повреждений компонентов	1 раз в 6 месяцев
Проверка кабельных соединений	Отсутствие повреждений и изменения цвета изоляции. Отсутствие соединений с некачественным электрическим/оптическим контактом	1 раз в 6 месяцев
Проверка крепежных соединений	Отсутствие незатянутых соединений	1 раз в 6 месяцев

*Примечание: пункты отмеченные \* При высоком уровне загрязнения окружающего воздуха проверку необходимо проводить 1 раз в месяц.*

**Техническое обслуживание** проводится по результатам профилактического осмотра и включает в себя мероприятия, приведенные в таблице 7.3.

Необходимо соблюдать осторожность при очистке элементов преобразователя частоты для недопущения их повреждения.

Таблица 7.3 - Список работ по техническому обслуживанию

Наименование работ	Описание
Очистка или замена воздушных фильтров	При легком загрязнении — аккуратно выбить пыль из фильтра. При более сильном — промыть водой с использованием неагрессивного моющего средства и высушить. При необходимости — заменить фильтр на новый.
Очистка шкафов изнутри	Использовать промышленный пылесос и чистую сухую ветошь. Очистку производить, начиная сверху и далее двигаться вниз.
Очистка печатных плат	При легком загрязнении использовать кисточку с мягким ворсом. При более сильном — использовать специализированные моющие составы.
Восстановление кабельных соединений	Для очистки контактных площадок, изоляторов и изоляции кабелей использовать изопропиловый спирт.
Протяжка крепежных соединений	Проверить моменты затяжки основных соединений динамометрическим ключом для характерного щелчка для резьбовых соединений (крепеж силовых ячеек) и соединений винт-гайка.
Ремонт или замена неисправных элементов	Обратитесь в сервисную службу.

## 8. Основные функции

### 8.1 Управление по замкнутому контуру с обратной связью

В режиме работы с управлением по замкнутому контуру можно подключить обратную связь для регулирования частоты вращения в зависимости от контролируемого параметра (например давления, расхода, температуры и т. д.). Для реализации данного режима управления в преобразователе частоты есть встроенный ПИ-регулятор техпроцесса (см. рис. 8.1).

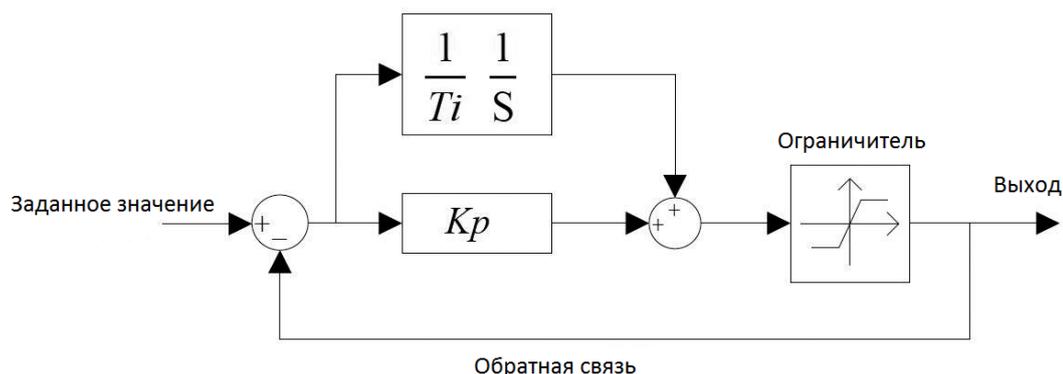


Рис. 8.1 - Блок схема ПИ-регулятора техпроцесса

Диапазоны задаваемых значений настраиваемых параметров ПИ-регулятора приведены в таблице 5.1 (в таблице указан ПИД-регулятор, но так как для большинства применений дифференциальная составляющая равна 0, то рассматривается ПИ-регулятор).

$K_p$  – Пропорциональный коэффициент (пропорциональный коэффициент усиления ошибки, чем он больше, тем больше корректирующее воздействие).

$T_i$  - Время интегрирования (интенсивность интегральной регулировки, чем он больше, тем устойчивей работа регулятора).

Ограничитель – если выход ПИ-регулятора больше или меньше диапазона ограничителя, то выход ПИ-регулятора принимается соответственно минимальному или максимальному значению ограничителя (пределы заданы программно их корректировка не предусмотрена).

Обратная связь – аналоговый сигнал 4-20 мА (или 0-10 В) с датчика, подключается к разъему XS18T клеммы 3 и 4 преобразователя частоты, (см. схему подключений цепей управления рис. 3.3 и таблицу 3.3).

Для включения режима работы с управлением по замкнутому контуру необходимо в окне «Параметры функций» выбрать параметр «Тип управления» - замкнутый контур. В этом случае становятся доступными для редактирования параметры ПИД-регулятора техпроцесса (пропорциональный коэффициент, время интегрирования и время дифференцирования).

## 8.2 Синхронизация с сетью

Функция синхронизации с сетью необходима для безударного перехода работы двигателя от преобразователя частоты на сеть и обратно. Для корректной работы этой функции необходимы дополнительное оборудование, не входящее в комплект стандартной поставки:

- выходной токоограничивающий реактор;
- автоматический байпас или шунтирующая ячейка.

Функция синхронизации с сетью необходима, когда преобразователь частоты используется как плавный пуск электродвигателя и в системах «Мультистарт».

Дискретный сигнал «Синхронизация с сетью» подключается к разъему XS2T клемма 8. По этому сигналу преобразователь частоты автоматически набирает выходную частоту 50 Гц (с заданным ускорением) и синхронизирует ее с сетью, после чего формируется выходной дискретный сигнал «Синхронизация выполнена» на разъеме XS15T клеммы 3 и 4 («сухой контакт»).

Для активации этой функции параметр «Синхронизация с сетью» должен быть в состоянии «Разрешена» в окне «Параметры функций».

## 8.3 Пуск с подхватом двигателя

Пуск с подхватом — это пуск ПЧ в состоянии, когда вал двигателя уже вращается. Если такой режим разрешен, то перед пуском ПЧ отслеживает скорость вращения двигателя и при получении команды «ПУСК» мгновенно выдает на выходе соответствующую частоту, а затем разгоняется или замедляется в зависимости от значения этой частоты, чтобы достичь заданного значения (см. рис. 8.2).

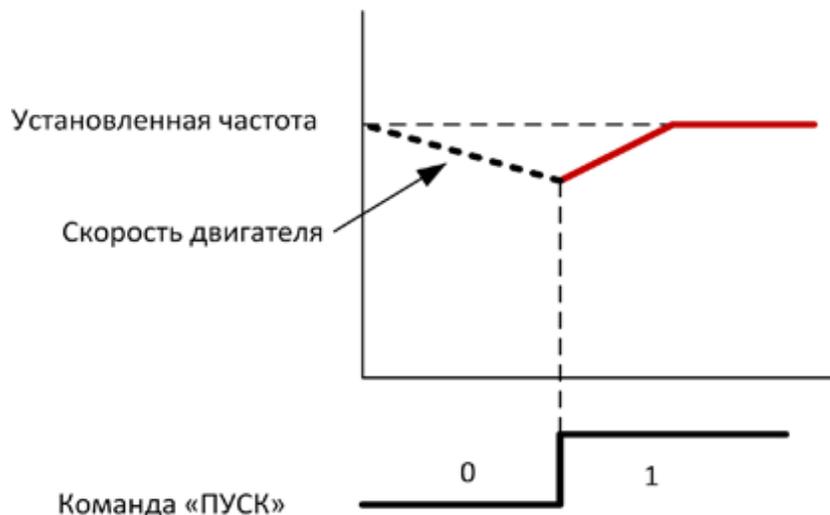


Рис. 8.2 - Пуск с подхватом двигателя

Пуск с подхватом применяется в основном при повторном запуске ПЧ после прекращения подачи питания или при переключении с сети на ПЧ.

## 8.4 Восстановление после потери силового напряжения

Настройка функций «При потере питания» и «Подхват» позволяет реализовать ряд автоматических действий, выполняемых преобразователем частоты при пропадании силового напряжения (см. рис. 8.3). Настройка параметра «Время ожидания высокого» задает длительность отсутствия питающего напряжения.

Если функция «При потере питания» установлена в «Неисправность», то при потере силового напряжения сработает аварийная сигнализация «Потеря высоковольтного напряжения».

Если функции «При потере питания» установлена «Останов выбегом», «Подхват» - «запрещен», то при пропаже силового напряжения преобразователь частоты остановится выбегом, авария ПЧ в этом случае не формируется.

Если функции «При потере питания» установлена «Останов выбегом», «Подхват» - «разрешен», то при пропаже силового напряжения и последующего его восстановлении в течении времени установленного параметром «Время восстановления высокого» преобразователь частоты осуществит автоматический перезапуск до заданной частоты. Если время, установленное параметром «Время восстановления высокого» истекло, а силовое напряжение не восстановилось преобразователь частоты остановится выбегом и будет ожидать появления силового напряжения.

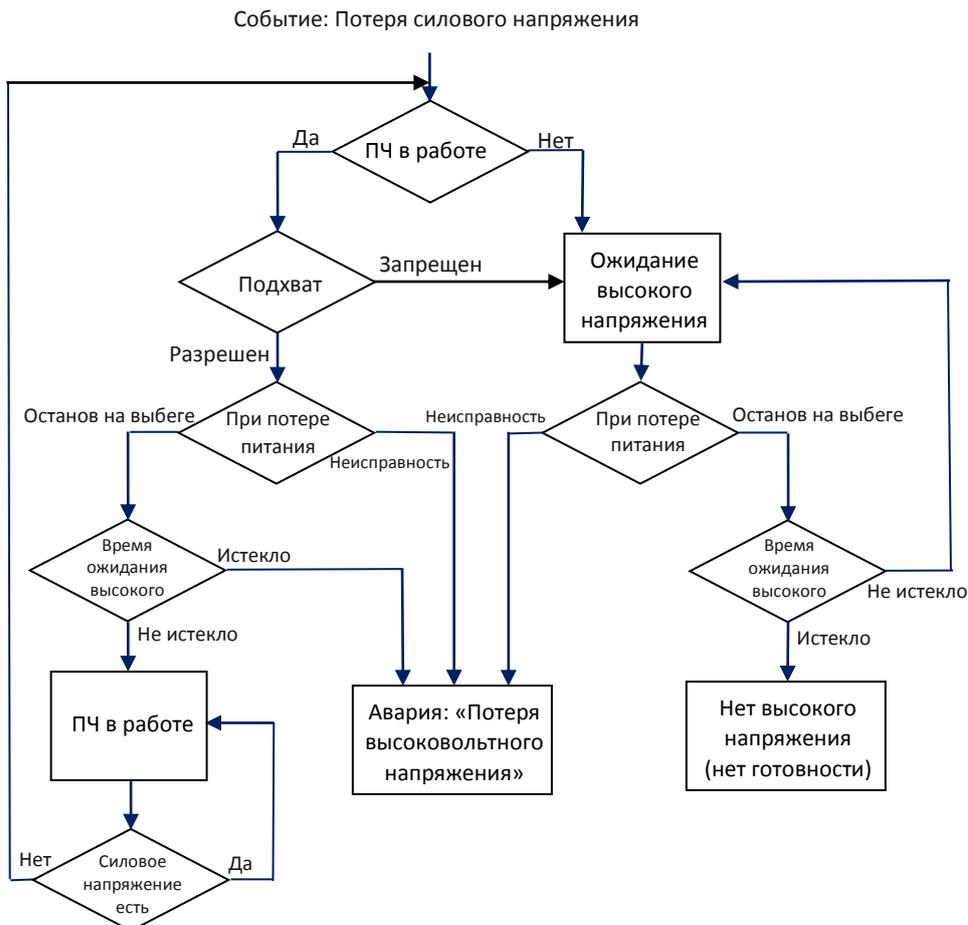


Рис. 8.3 - Действия предпринимаемые ПЧ при пропадании силового напряжения

### 8.5 Функция преодоления провалов силового напряжения

Если при работе ПЧ происходит кратковременные провалы напряжения в питающей сети, то в течение времени, заданного параметром «Время закрытия IGBT», преобразователь частоты может продолжать работу за счет генераторного режима двигателя. Как правило для большинства применений параметр «Время закрытия IGBT» устанавливают 1000 мс. Если в течении заданного времени силовое напряжение не восстановится, то вступает в действие алгоритм описанный в п. п. 8.4.

### 8.6 Функция повышения момента при пуске

Преобразователь частоты способен компенсировать падение напряжения, потребляемое ротором двигателя во время работы на низких частотах, чтобы повысить крутящий момент двигателя. Задав параметр «Повышение момента», можно увеличивать выходное напряжение при низкой выходной частоте (см. рис. 8.4). Данная функция может быть полезной для работы ПЧ с нагрузкой, имеющей большой момент инерции, такой как компрессор, шламовый насос, ленточный конвейер и т. д.

Параметр «Повышение момента» позволяет задать процент усиления от 0 до 15 %. При задании «0» повышения крутящего момента не происходит, при «15 %» произойдет максимальное увеличение момента.



Если задан слишком большой коэффициент усиления крутящего момента, то в преобразователе частоты может срабатывать защита от перегрузки по току. Поэтому параметр «Повышение момента» должен устанавливаться в соответствии с нагрузкой.

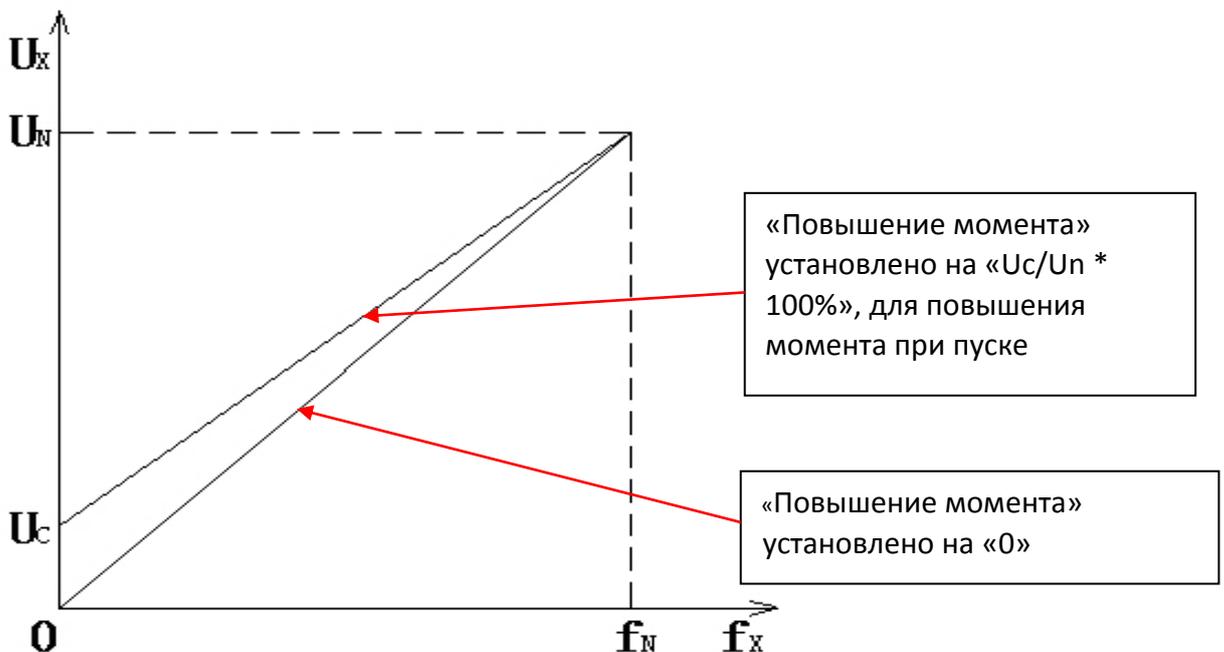


Рис. 8.4 - Функция повышения момента при пуске

$U_n$  – номинальное напряжение ПЧ;  $f_n$  – номинальная частота ПЧ;

$U_c$  - напряжение при пуске, повышающее крутящий момент

## 8.7 Функция защиты двигателя от перегрузки по току

Функция защиты двигателя от длительной перегрузки по току в преобразователях частоты VEDADRIVE реализована по интегральному принципу согласно следующей формуле:

$$\int_{t_0}^t \left[ \left( \frac{I}{I_N} \right)^2 - 1 \right] dt \geq k$$

- где,  $I$  – текущий ток двигателя;  
 $I_N$  – номинальный ток двигателя;  
 $t$  – время, через которое сработает защита от перегрузки по току;  
 $k$  – константа защиты (задано программно, корректировке не подлежит).

Когда текущий ток двигателя превышает номинальный заданный ток двигателя защита активируется. Чем больше ток двигателя, тем меньше время, через которое сработает защита. График приведен на рис. 8.5, результаты сведены в таблицу 8.1.



Рис. 8.5 - График функции защиты двигателя от длительной перегрузки по току

Таблица 8.1 - Время, через которое сработает защита от перегрузки по току

Ток двигателя, % от номинального	Время, через которое сработает защита, с
110-120	1000
120-130	125
130-140	40
140-150	12
>150	3

## 8.8 Работа с синхронным двигателем и возбудителем

В преобразователях частоты VEDADRIVE заложена возможность работы совместно с синхронным двигателем, что приводит к необходимости управлять его возбудителем. Эта функция успешно реализована в преобразователях частоты VEDADRIVE.

Окно возбудителя на интерфейсной панели (см. п. 5.9 «Окно параметров возбудителя»), становится доступной если выбрать в параметре «Тип двигателя, Режим управления» - синхронный, в окне «Системные параметры».

Для корректной работы преобразователя частоты совместно с возбудителем, возбудитель синхронного двигателя должен обеспечивать наличие следующих сигналов:

- Сигналы от ПЧ к Шкафу возбуждения:
  - Пуск возбуждения (Дискретный сигнал: при замыкании подать ток возбуждения);
  - Задание тока возбуждения (Аналоговый сигнал 4-20мА, соответствует требуемому току возбуждения, где 4мА - 0А, 20мА - максимальный ток возбуждения).
- Сигналы от Шкафа возбуждения к ПЧ:
  - Готовность возбудителя (Дискретный сигнал: замкнут - возбудитель готов к работе);
  - Возбуждение подано (Дискретный сигнал: замкнут - ток возбуждения подан);
  - Авария возбудителя (Дискретный сигнал: замкнут - неисправность возбудителя);
  - Обратная связь по току возбуждения (Аналоговый сигнал 4-20мА, соответствует текущему току возбуждения; 4мА - 0А, 20мА - максимальный ток возбуждения).

*Примечание: сигнал задания тока возбуждения подключается к одному из настраиваемых аналоговых выходов преобразователя частоты. Для корректной работы необходимо соответствующий аналоговый выход в окне «Параметры функций» на интерфейсной панели установить, как «Ток возбуждения».*

Схема подключения возбудителя приведена на рис. 8.6.

Алгоритм управления возбудителем (при синхронном пуске двигателя от ПЧ):

- При запуске:
  - На ПЧ приходит команда «ПУСК»;
  - ПЧ подает сигнал «Пуск возбуждения»;
  - Пуск ПЧ происходит только после того, как получен сигнал от Шкафа возбуждения "Возбуждение подано" и сигнал обратной связи по току возбуждения достиг требуемого значения;
  - При выходной частоте ПЧ < 35 Гц (Значение можно изменять), преобразователь частоты работает с постоянным током возбуждения (46% от номинального тока - Значение можно изменять);
  - При работе на частоте > 35 Гц (Значение можно изменять), преобразователь частоты регулирует ток возбуждения для поддержания коэффициента мощности на выходе 0,98.

*Примечание: 35Гц - пороговое значение для переключения между режимами работы возбудителя. Рекомендуется избегать задания частоты на ПЧ 35Гц+1Гц для избежание нестабильной работы.*



- При остановке
  - На ПЧ приходит команда «СТОП»;
  - Сначала отправляется сигнал на остановку, собственно, самого ПЧ;
  - После того, как ПЧ остановился, снимется сигнал "ПЧ в работе" и "Пуск возбуждения".

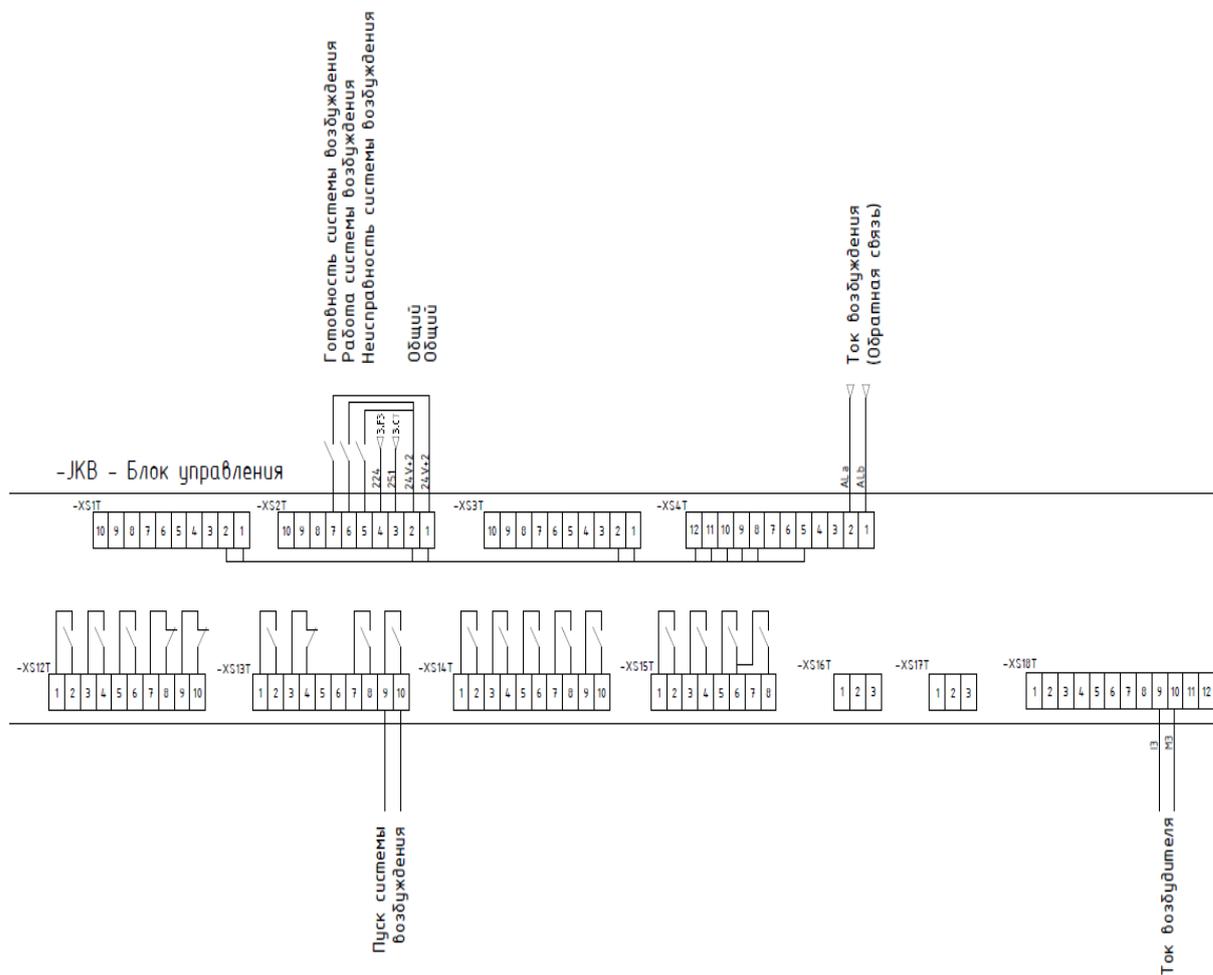


Рис. 8.6 - Схема подключения возбуждителя к ПЧ

## 9. Обмен данными по Modbus RTU

### 9.1 Характеристики протокола

Поддержка обмена данными по последовательной шине RS-485 является стандартной функцией преобразователей частоты VEDADRIVE.

Для передачи данных используется протокол Modbus RTU (дистанционный терминал) со следующими характеристиками:

- скорость передачи данных (бод) - 1200, 2400, 4800, 9600 (рекомендуемая), 19200 (рекомендуемая), 38400;
- 1 стартовый бит;
- 8 бит данных;
- без использования бита четности;
- 2 стоповых бита.

Используемый протокол соответствует спецификациям Modbus для ведомых устройств и поддерживает две функции:

- #03: Чтение значений из нескольких регистров хранения;
- #16: Запись значений в несколько регистров хранения.

Ведущее устройство может одновременно передать данные для всех ведомых устройств используя адрес 0. Это называется широковещательным сообщением. При этом ведомые устройства выполняют полученную команду без отправки подтверждения ведущему устройству.

### 9.2 Функция 03: Чтение нескольких регистров

Функция 03 предназначена для считывания двоичного содержимого регистров ведомого устройства. Широковещательная передача данной команды не поддерживается. В запросе указывается адрес первого считываемого регистра и общее количество регистров для чтения.

В таблице 9.1 приведен пример запроса на считывание регистра #10 ведомого устройства #1; поля запроса приведены в шестнадцатеричной системе счисления (h).

Таблица 9.1 - Пример запроса на считывание регистра

Байт	Поле запроса	Пример (h)
0	Адрес ведомого устройства	01
1	Код функции	03
2	Начальный регистр — старший байт	00
3	Начальный регистр — младший байт	0A
4	Количество считываемых регистров — старший байт	00
5	Количество считываемых регистров — младший байт	01
6	Проверка контрольной суммы CRC — младший байт	A4
7	Проверка контрольной суммы CRC — старший байт	08

В таблице 9.2 приведен пример ответа — из регистра #10 считывается число 100 в десятичном формате. Содержимое каждого регистра упаковывается в 2 байта: первый байт содержит старшие биты, второй байт — младшие биты.

Таблица 9.2 - Пример ответа на считывание регистра

Байт	Поле ответа	Пример (h)
0	Адрес ведомого устройства	01
1	Код функции	03
2	Число байтов	02
3	Данные — старший байт	00
4	Данные — младший байт	64
5	Проверка контрольной суммы CRC — младший байт	B9
6	Проверка контрольной суммы CRC — старший байт	AF

### 9.3 Функция 16: Запись нескольких регистров

Функция 16 предназначена для записи данных в несколько регистров. При широковещательной передаче данной команды одинаковые данные записываются в одни и те же регистры всех ведомых устройств.

В таблице 9.3 приведен пример запроса на запись данных в три регистра ведомого устройства #1: номер первого записываемого регистра #31, записываемое число 103h\*; записываемые числа для двух последующих регистров — 203h и 303h, соответственно.

Таблица 9.3 - Пример запроса на запись данных

Байт	Поле запроса	Пример (h)
0	Адрес ведомого устройства	01
1	Код функции	10
2	Начальный регистр — старший байт	00
3	Начальный регистр — младший байт	1F
4	Количество записываемых регистров — старший байт	00
5	Количество записываемых регистров — младший байт	03
6	Количество записываемых байтов	06
7	Данные — старший байт	01
8	Данные — младший байт	03
9	Данные — старший байт	02
10	Данные — младший байт	03
11	Данные — старший байт	03
12	Данные — младший байт	03
13	Проверка контрольной суммы CRC — младший байт	23
14	Проверка контрольной суммы CRC — старший байт	BD

В таблице 9.4 приведен пример ответа, содержащего адрес ведомого устройства, код функции, адрес первого записываемого регистра и общее количество записываемых регистров.

Таблица 9.4 - Пример ответа

Байт	Поле запроса	Пример (h)
0	Адрес ведомого устройства	01
1	Код функции	10
2	Начальный регистр — старший байт	00
3	Начальный регистр — младший байт	1F
4	Количество записываемых регистров — старший байт	00
5	Количество записываемых регистров — младший байт	03
6	Проверка контрольной суммы CRC — младший байт	B1
7	Проверка контрольной суммы CRC — старший байт	CE

#### 9.4 Проверка контрольной суммы

Поле проверки контрольной суммы состоит из двух байтов (16-битное значение). Значение контрольной суммы CRC рассчитывается передающим устройством и составляет часть каждого сообщения. Устройство-получатель пересчитывает контрольную сумму во время приема сообщения и сравнивает её со значением в поле CRC — последние два байта каждого принятого сообщения. Если эти значения контрольных сумм не совпадают, то формируется ошибка.

Перед расчетом контрольной суммы, все 16 бит счетчика контрольной суммы приобретают значение 1, т. е. регистр счетчика инициализируется значением FFFFh. После этого начинается процесс расчета, заключающийся в сложении каждого байта сообщения с текущим содержимым регистра счетчика CRC. Сложение происходит по правилу «исключающее ИЛИ».

Результат сдвигается в направлении младшего бита, с заполнением нулем старшего бита. Если младший бит равен 1, то производится «исключающее ИЛИ» содержимого регистра контрольной суммы и постоянного числа A001h. Если младший бит равен 0, то «исключающее ИЛИ» не производится.

Процесс сдвига повторяется восемь раз. После последнего (восьмого) сдвига, следующий байт складывается с текущей величиной регистра контрольной суммы и процесс сдвига повторяется восемь раз, как описано выше. Конечное содержание регистра счетчика является значением контрольной суммы.

Для расчета контрольной суммы используются только 8 бит данных каждого регистра; стартовый и стоповый биты в расчете не участвуют.

Пример функции на языке C, рассчитывающей контрольную сумму:

```
typedef unsigned int WORD; WORD CRC16(char *buf, char cnt)
{ char c, i, j;
  WORD temp = 0xFFFF;
  for (i=0; i<cnt; i++)
```

```
{  
temp ^= (WORD)buf[i]; for (j=0; j<8; j++)  
{  
c = (Temp & 0x0001); Temp >>= 1; if (c) Temp ^= 0xA001;  
}  
}  
return Temp;  
}
```

## 9.5 Обработка ошибок связи

Ведущее устройство ожидает ответ от ведомого устройства на все отправленные запросы, кроме широковещательных. После отправки запроса ведущим устройством возникает одна из четырех возможных ситуаций:

1. Если ведомое устройство приняло запрос без ошибок связи и способно обработать его, то оно отправляет стандартный ответ.
2. Если ведомое устройство не приняло запрос из-за ошибок связи, то ответ не отправляется. При этом ведомое устройство признает ошибку связи по истечению времени, отведенного на ответ.
3. Если ведомое устройство приняло запрос, но обнаружило ошибку связи (например, ошибку в контрольной сумме), то ответ не отправляется. Ведомое устройство признает ошибку связи по истечению времени, отведенного на ответ.
4. Если ведомое устройство приняло запрос без ошибок связи, но не может его обработать (например, если принят запрос на чтение несуществующих регистров), то оно отправляет в ответ ведущему сообщение об ошибке.

Сообщение об ошибке отличается от стандартного ответа двумя полями:

### 1 Поле - кода функции

Стандартный ответ ведомого устройства на запрос ведущего устройства содержит тот же код функции, что и код функции, отправленный в запросе.

В сообщении об ошибке старшему биту кода функции присваивается значение 1, тогда как в стандартных сообщениях старший бит кода функции всегда равен 0. Таким образом, код функции в сообщении об ошибке будет иметь значение на 80hex больше, чем в запросе или стандартном ответе. Получив ответ с таким значением кода функции, ведущее устройство опознает сообщение об ошибке и приступит к анализу поля данных в поисках кода ошибки 2.

### 2 Поле - данных

В стандартном ответе ведомого устройства поле данных содержит данные, запрошенные ведущим устройством. В сообщении об ошибке поле данных содержит код ошибки, описывающий проблему. В таблице 9.5 приведен список используемых кодов ошибок.

Таблица 9.5 - Список используемых кодов ошибок

Код	Наименование ошибки	Значение
01	ILLEGAL FUNCTION	Принятый код функции не может быть выполнен
02	ILLEGAL DATA ADDRESS	Адрес данных, указанный в запросе - недоступен
03	ILLEGAL DATA VALUE	Значение, указанное в поле данных запроса - недопустимая величина

В таблице 9.6, ведущее устройство запрашивает данные из регистра #1 ведомого устройства. Т.к. чтение из регистра #1 не поддерживается, ведомое устройство возвращает сообщение об ошибке с кодом 02.

Таблица 9.6 - Запрос ведущего устройства

Байт	Поле данных	Пример (h)
0	Адрес ведомого устройства	01
1	Код функции	03
2	Начальный регистр — старший байт	00
3	Начальный регистр — младший байт	01
4	Количество считываемых регистров — старший байт	00
5	Количество считываемых регистров — младший байт	01
6	Проверка контрольной суммы CRC — младший байт	D5
7	Проверка контрольной суммы CRC — старший байт	CA

В таблице 9.7 приведен ответ ведомого устройства, где исходный код функции 03 увеличивается на 80h и становится равным 83h.

Таблице 9.7 - Ответ ведомого устройства

Байт	Поле ответа	Пример (h)
0	Адрес ведомого устройства	01
1	Код функции	83
2	Код ошибки	02
3	Проверка контрольной суммы CRC — младший байт	C0
4	Проверка контрольной суммы CRC — старший байт	F1

## 9.6 Регистры данных

В таблице 9.8 приведены регистры данных преобразователя частоты. Режимы доступа к данным: R — только для чтения, RW — для чтения и записи.

Таблица 9.8 - Регистры данных

№	Наименование	Режим	PLC адрес	Адрес регистра	Информация
<b>Управление ПЧ</b>					
1	Задание частоты	RW	40001	0H	0,01 Гц
2	Задание параметра	RW	40002	1H	0 – 10000
3	Управление пуск/останов	RW	40003	2H	Пуск: 00ff; Останов: f00
<b>Состояние ПЧ</b>					
4	Параметр обратной связи	R	40004	3H	0 – 10000
5	Выходная частота	R	40005	4H	0,01 Гц
6	Входное напряжение	R	40006	5H	1 В
7	Входной ток	R	40007	6H	0,1 А
8	Входная мощность	R	40008	7H	1 кВт
9	Входной коэффициент мощности	R	40009	8H	0,01 – 1,00
10	Выходное напряжение	R	40010	9H	1 В
11	Выходной ток	R	40011	AH	0,1 А
12	Выходная мощность	R	40012	BH	1 кВт
13	Выходной коэффициент мощности	R	40013	CH	0,0001
14	Скорость вращения	R	40014	DH	1 об/мин
15	Температура шкафа силовых ячеек	R	40015	EH	0,1°C
16	Состояние системы	R	40016	FH	Старший байт (Статус ПЧ): <b>1:</b> Проведена инициализация <b>2:</b> Готовность контроллера <b>3:</b> Готовность высокого напряжения <b>4:</b> Готовность ПЧ <b>5:</b> В работе <b>10:</b> Отказ
					Младший байт (Статус системы): см. примечание 1 к таблице 9.8
17	Аварийное сообщение	R	40017	10H	См. примечание 2 к таблице 9.8
18	Мониторинг состояния	R	40018	11H	См. примечание 3 к таблице 9.8
19	Время работы за текущий период	R	40019	12H	Старший байт: минуты Младший байт: часы
20		R	40020	13H	День
21	Общее время работы	R	40021	14H	Старший байт: минуты Младший байт: часы
22		R	40022	15H	День
23	Версия контроллера	R	40023	16H	
24	Версия платы вх./вых.	R	40024	17H	

№	Наименование	Режим	PLC адрес	Адрес регистра	Информация	
25	A1B1	R	40025	18H	<p>Состояние силовой ячейки:</p> <p><b>0:</b> Нормальное</p> <p><b>1:</b> Отказ предохранителя</p> <p><b>2:</b> Перегрев</p> <p><b>3:</b> Отказ IGBT</p> <p><b>4:</b> Отказ по питанию</p> <p><b>5:</b> Пониженное напряжение</p> <p><b>6:</b> Перенапряжение</p> <p><b>7:</b> Отказ оптической связи</p> <p>Старший байт: первая ячейка (например, A1);</p> <p>Младший байт: вторая ячейка (например, B1)</p>	
26	C1A2	R	40026	19H		
27	B2C2	R	40027	1AH		
28	A3B3	R	40028	1BH		
29	C3A4	R	40029	1CH		
30	B4C4	R	40030	1DH		
31	A5B5	R	40031	1EH		
32	C5A6	R	40032	1FH		
33	B6C6	R	40033	20H		
34	A7B7	R	40034	21H		
35	C7A8	R	40035	22H		
36	B8C8	R	40036	23H		
37	A8B9	R	40037	24H		
38	C9	R	40038	25H		
<b>Параметры функций</b>						
39	Контрольные настройки	RW	40039	26H	См. примечание 4 к таблице 9.8	
40	Комбинация параметров 1	RW	40040	27H	См. примечание 5 к таблице 9.8	
41	Комбинация параметров 2	RW	40041	28H	Старший байт: Источник задания частоты	<p><b>0:</b> Местные настройки</p> <p><b>1:</b> Аналоговое задание</p> <p><b>2:</b> С дискретных входов</p> <p><b>3:</b> Задание от ПЛК/ПК</p>
					Младший байт: Режим управления	<p><b>0:</b> Местное управление</p> <p><b>1:</b> Управление от ПЛК/ПК</p> <p><b>2:</b> Дистанционное управление</p>
42	Настройка аналоговых выходов	RW	40042	29H	Старший байт: Аналоговый выход 1	<p><b>0:</b> Выходная частота</p> <p><b>1:</b> Выходной ток</p> <p><b>2:</b> Температура шкафа силовых ячеек</p> <p><b>3:</b> Ток возбуждения</p> <p><b>4:</b> Выходная мощность</p> <p><b>5:</b> Выходной коэффициент мощности</p>
					Младший байт: Аналоговый выход 2	



№	Наименование	Режим	PLC адрес	Адрес регистра	Информация	
43	Параметры MODBus	RW	40043	2AH	Старший байт: Адрес ПЧ	1-247
					Младший байт: Скорость передачи	0: 1200 3: 9600 1: 2400 4: 19200 2: 4800 5: 38400
44	Пропуск частоты 1 (нижний предел)	RW	40044	2BH	0–80,00 Гц	
45	Пропуск частоты 1 (верхний предел)	RW	40045	2CH	0–80,00 Гц	
46	Пропуск частоты 2 (нижний предел)	RW	40046	2DH	0–80,00 Гц	
47	Пропуск частоты 2 (верхний предел)	RW	40047	2EH	0–80,00 Гц	
48	Коэффициент входного напряжения	RW	40048	2FH	50-200	
49	Частота скорости 1	RW	40049	30H	0–80,00 Гц	
50	Частота скорости 2	RW	40050	31H	0–80,00 Гц	
51	Частота скорости 3	RW	40051	32H	0–80,00 Гц	
52	Время ожидания высокого напряжения	RW	40052	33H	0,1 сек	
53	Мин. ток аналог. входа	RW	40053	34H	0,01 mA (0,00-8,00 mA)	
54	Макс. ток аналог. входа	RW	40054	35H	0,01 mA (0,00-25,00 mA)	
55	Макс. ток входа ОС	RW	40055	36H	0,01 mA (0,00-8,00 mA)	
56	Мин. ток входа ОС	RW	40056	37H	0,01 mA (0,00-25,00 mA)	
57	Пропорциональный коэфф. ПИД техпроцесса	RW	40057	38H	0,01	
58	Время интегрирования ПИД техпроцесса	RW	40058	39H	0,01	
59	Время дифференцирования ПИД техпроцесса	RW	40059	3AH	0,01	
60	Коэффициент фильтрации аналогового задания	RW	40060	3BH	0-50	
61	Период обслуживания воздушных фильтров	RW	40061	3CH	15-34464 дней	
62	Время охлаждения	RW	40062	3DH	0-30 минут	
<b>Системные параметры</b>						
63	Стартовая частота	RW	40063	3EH	0–2,00 Гц	
64	Максимальная частота	RW	40064	3FH	0–80,00 Гц	
65	Минимальная частота	RW	40065	40H	0–80,00 Гц	
66	Предел ограничения тока	RW	40066	41H	10–200 %	
67	Комбинация параметров 3	RW	40067	42H	Старший байт: Байпас СБ (0-1) Младший байт: Кол. СБ в фазе (1-9)	

№	Наименование	Режим	PLC адрес	Адрес регистра	Информация
68	Комбинация параметров 4	RW	40068	43H	Старший байт: Время компенсации мертвой зоны (0-10мкс) Младший байт: Повышение момента (0-15 %)
69	Время разгона	RW	40069	44H	5,0–3000,0 с
70	Время замедления	RW	40070	45H	5,0–3000,0 с
71	Время закрытия IGBT	RW	40071	46H	0-1000 мс
72	Комбинация параметров 5	RW	40072	47H	См. примечание 6 к таблице 9.8
73	Комбинация параметров 6	RW	40073	48H	Старший байт: Тип двигателя, режим управления <b>1:</b> Асинхронный Скалярный <b>2:</b> Асинхронный Векторный <b>3:</b> Синхронный Скалярный <b>4:</b> Синхронный Векторный <b>5:</b> Асинхронный Векторный бездатчиковый <b>6:</b> Синхронный Векторный бездатчиковый
					Младший байт: Режим пуска <b>0:</b> Нормальный пуск <b>1:</b> Пуск с подхватом <b>2:</b> Пуск с повышенным мом. <b>3:</b> Пуск с опр. положения <b>4:</b> Позиционирование ротора <b>5:</b> Проверка на холост. ходу <b>6:</b> Определение параметров
74	Ном. входное напр. ПЧ	RW	40074	49H	380 – 15000 В
75	Ном. выходное напряжение ПЧ	RW	40075	4AH	380 – 15000 В
76	Номинальный ток ПЧ	RW	40076	4BH	30,0 – 3000,0 А
77	Коэфф. входного тока	RW	40077	4CH	100 - 2000
78	Угол синхронизации	RW	40078	4DH	0,0 - 5,0
79	Выбор группы параметров двигателя	RW	40079	4EH	<b>0:</b> Группа 1, <b>1:</b> Группа 2, <b>2:</b> Группа 3, <b>3:</b> Группа 4,
80	Ном. напр. двигателя	RW	40080	4FH	380–15000 В
81	Ном. ток ЭД	RW	40081	50H	1,0 – 1600,0 А
82	Ном. частота ЭД	RW	40082	51H	5,00 – 80,00 Гц
83	Ном. скорость ЭД	RW	40083	52H	0 – 3600 об/мин
84	Коэфф. мощности ЭД	RW	40084	53H	0 – 1,00
85	Число пар полюсов ЭД	RW	40085	54H	2 – 36
86	Ток холостого хода ЭД	RW	40086	55H	1 – 1600,0 А
87	Соппротивление статора	RW	40087	56H	0,001 – 10,000 Ω

№	Наименование	Режим	PLC адрес	Адрес регистра	Информация
88	Индуктивность рассеяния статора	RW	40088	57H	0,1 – 1000,0 мГн
89	Постоянная времени ротора	RW	40089	58H	0,1 – 30,00 с
90	Зад. отн. магнитный поток	RW	40090	59H	0,01 - 2,0 pu
91	Пропорциональный коэфф. регулирования скорости	RW	40091	5AH	0,5 – 20,00
92	Время интегрирования регулирования скорости	RW	40092	5BH	0,1 – 20,00 с
93	Пропорц. коэфф. магнитного потока	RW	40093	5CH	0,5 – 20,00
94	Время интегрирования магнитного потока	RW	40094	5DH	0,1 – 20,00 с
95	Пропорц. коэффициент тока	RW	40095	5EH	0,1 – 15,00
96	Время интегрирования тока	RW	40096	5FH	0,15 – 30,00 мс
97	Число импульсов энкодера	RW	40097	60H	<b>0:</b> 512, <b>1:</b> 1024, <b>2:</b> 2048, <b>3:</b> 4096, <b>4:</b> 8192, <b>5:</b> 16384, <b>6:</b> 65535
98	Значение положения ротора	RW	40098	61H	0 – 16384
99	Направление вращения ЭД	RW	40099	62H	<b>0:</b> Реверс / <b>1:</b> Прямое
100	Резерв	RW	40100	63H	
101	Резерв	RW	40101	64H	
<b>Параметры возбудителя</b>					
102	Комбинация параметров 7	RW	40102	65H	См. примечание 7 к таблице 9.8
103	Задание cos φ	RW	40103	66H	0,5 - 0,98
104	Частота включения автоматического регулирования	RW	40104	67H	25,00 – 50,00 Гц
105	Частота включения возбуждения	RW	40105	68H	0,00 – 50,00 Гц
106	Ном. ток возбуждения ЭД	RW	40106	69H	0,1 А
107	Мин. задание тока возбуждения	RW	40107	6AH	0 - 20,00 mA
108	Макс. задание тока возбуждения	RW	40108	6BH	0 - 20,00 mA
109	Мин. ток ОС	RW	40109	6CH	0 - 20,00 mA
110	Макс. ток ОС	RW	40110	6DH	0 - 20,00 mA
111	Ном. ток возбудителя	RW	40111	6EH	0,1 А
112	Задание тока возбуждения	RW	40112	6FH	0,1 А
113	ОС по току возбуждения	R	40113	70H	0,1 А
114	Заданный ток возбуждения	R	40114	71H	0,1 А
115	Пропорц. коэффициент ОС	RW	40115	72H	0,01
116	Интегральный коэффициент ОС	RW	40116	73H	0,01
117	Дифференц. коэффициент ОС	RW	40117	74H	0,01
<b>Система охлаждения</b>					
118	Объем воды	R	40118	75H	0,1
119	Температура воды на выходе	R	40119	76H	0,1
120	Температура воздуха на входе	R	40120	77H	0,1
121	Температура воздуха на выходе	R	40121	78H	0,1

Примечание 1.

Таблица 9.9 - Состояние системы, младший байт (статус системы)

Байт	0	1
Б15		
Б14		
Б13		
Б12		
Б11		
Б10		
Б9		
Б8		
Б7	Состояние системы управления -отказ	Состояние системы управления -норма
Б6	Синхронизация с сетью - успех	Синхронизация с сетью - отказ
Б5	Корректная настройка параметров	Некорректная настройка параметров
Б4	Состояние платы ввода/вывода - готов	Состояние платы ввода/вывода - не готов
Б3	норма	Превышение по скорости
Б2	норма	Перегрузка ПЧ по току
Б1	норма	отказ силовой ячейки
Б0	норма	Нет высокого напряжения

Примечание 2.

Таблица 9.10 - Аварийное сообщение

Байт	0	1
Б15		
Б14		
Б13		Открыты двери шкафа трансформатора
Б12		Открыты двери шкафа силовых ячеек
Б11		Отказ системы управления
Б10		Высокое напряжение при отладке
Б9		
Б8		
Б7		Отказ силовой ячейки
Б6		
Б5		Потеря высокого напряжения
Б4		Перегрузка ЭД по току
Б3		Перегрузка ПЧ по току
Б2		Перегрев шкафа силовых ячеек
Б1		Перегрев шкафа трансформатора
Б0		Внешняя ошибка

*Примечание 3.*

*Таблица 9.11 – мониторинг состояния (предупреждения – некритические ошибки)*

<b>Байт</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
Б15		
Б14		
Б13		
Б12		
Б11		
Б10		Авария водяного охлаждения
Б9		Нет связи с контроллером
Б8		Байпас силовой ячейки
Б7		Потеря аналоговой обратной связи
Б6		Потеря аналогового задания
Б5		Перегрузка ЭД
Б4		Открыты двери шкафа трансформатора
Б3		Открыты двери шкафа силовых ячеек
Б2		Перегрев шкафа силовых ячеек
Б1		Перегрев шкафа трансформатора
Б0		Авария вентилятора

*Примечание 4.*

*Таблица 9.12 – Контрольные настройки*

<b>Байт</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
Б15		
Б14		
Б13		
Б12		
Б11		
Б10		
Б9		
Б8		Ошибка загрузки параметров
Б7		Ошибка выгрузки параметров
Б6		Загрузка параметров успешна
Б5		Выгрузка параметров успешна
Б4		Загрузить параметры (имп. сигнал)
Б3		Выгрузить параметры (имп. сигнал)
Б2		Восстановить заводские настройки
Б1	Восст. завод. настроек запрещено	Восст. завод. настроек разрешено
Б0	Настройка параметров запрещена	Настройка параметров разрешена

Примечание 5.

Таблица 9.13 – Комбинация параметров 1

Байт	0	1
Б15	Интерфейс MODbus	Интерфейс Profibus-DP
Б14	При открытии двери - предупреждение	При открытии двери - отключение
Б13	Не извещать о загрязнение воздушных фильтров	Извещать о загрязнение воздушных фильтров
Б12	Система охлаждения - воздушная	Система охлаждения - водяная
Б11	Синхронизация с сетью - Запрещена	Синхронизация с сетью - Разрешена
Б10	По наличию предупреждения – Только сигнализация	По наличию предупреждения – блокировка подачи силового напряжения
Б9	Управление вентилятором - стоп	Управление вентилятором - старт
Б8	Количество скоростей заданных дискретно - 3	Количество скоростей заданных дискретно - 7
Б7	Удаленное управление - Запрещено	Удаленное управление - Разрешено
Б6	Потеря аналоговой обратной связи - Частота до потери	Потеря аналоговой обратной связи - Мин. Частота
Б5	Режим дистанционного пуска/останова - Импульс	Режим дистанционного пуска/останова - Уровень
Б4	Реверс - Запрещен	Реверс - Разрешен
Б3	Подхват - Запрещен	Подхват - Разрешен
Б2	Потеря питания - Останов выбегом	Потеря питания - Неисправность
Б1	Потеря аналогового задания - Задание до потери	Потеря аналогового задания - Мин. частота
Б0	Тип управления - Разомкнутый контур	Тип управления - Замкнутый контур

Примечание 6.

Таблица 9.14 – комбинация параметров 5

Байт	0	1
Б15		
Б14		
Б13		
Б12		
Б11		
Б10		
Б9		
Б8		
Б7		
Б6		
Б5		
Б4	Режим ПЧ - Тест	Режим ПЧ - Работа
Б3	Режим останова – плавное торможение	Режим останова - выбег
Б2	Статус ПЧ - Ведущий	Статус ПЧ - Ведомый
Б1	Режим Ведущий/Ведомый - отключен	Режим Ведущий/Ведомый - включен
Б0		

Примечание 7.

Таблица 9.15 – комбинация параметров 7 (параметры возбудителя)

Байт	0	1
Б15		
Б14		
Б13		
Б12		
Б11		
Б10		
Б9		
Б8	Нет аварии	Авария
Б7	Состояние - Стоп	Состояние - В работе
Б6	Не готов	Готов
Б5	Стоп	Старт
Б4	Наличие ОС - Есть	Наличие ОС - Нет
Б3	Переход с сети на ПЧ - Запрещен	Переход с сети на ПЧ - Разрешен
Б2	Режим работы - С заданным током	Режим работы - С заданным cos φ
Б1	Пуск - асинхронный	Пуск - синхронный
Б0	Управление возбудителем - Внешнее	Управление возбудителем - От ПЧ

## 10. Технические данные и типовой код преобразователя частоты

### 10.1 Общие технические данные

Технические характеристики преобразователя частоты:

- Номинальная мощность: 315 – 25000 кВА (стандартный диапазон — до 14500 кВА).
- Номинальный выходной ток: 31 – 1445 А.
- Номинальное напряжение: 3 – 11 кВ (–25 %...+15 %).
- Номинальная частота: 50/60 Гц ( $\pm 10$  %).
- Метод модуляции: синусоидальная ШИМ / векторная ШИМ.
- Напряжение управления:  $\sim 1 \times 110 - 220$  В и  $\sim 3 \times 380$  В ( $\pm 15$  %).
- Входной коэффициент мощности: не менее 0,96.
- КПД: не менее 0,96.
- Диапазон частот на выходе: 0 – 80 (120) Гц.
- Разрешение по частоте: 0,01 Гц / 0,002 Гц.
- Мгновенная токовая отсечка: при 200 % номинального тока.
- Ограничение тока: 10 – 150 % номинального тока.
- Аналоговые входы: 2 канала 4 – 20 мА.
- Аналоговые выходы: 4 канала 4 – 20 мА.
- Релейные выходы:  $\sim 250$  В, 5 А /  $\sim 30$  В, 3 А.
- Протоколы связи: интерфейс RS-485, Modbus RTU — стандартно, ControlNet, Ethernet IP, Profibus DP, Modbus TCP/IP, ProfiNet, DeviceNet — опции.
- Время разгона и торможения: 5 – 3000 с (зависит от нагрузки).
- Входы/выходы: 12 входов / 13 выходов (возможно увеличение).
- Рабочая температура:  $-5 \dots +45$  °С.
- Температура хранения/транспортировки:  $-40 \dots +70$  °С.
- Системы охлаждения: воздушное и жидкостное охлаждение.
- Влажность воздуха: не более 95 %, без выпадения конденсата.
- Высота над уровнем моря: не более 1000 м, понижение характеристик при превышении: 1 % на каждые 100 м.
- Уровень запыленности: не более 6,5 мг/дм<sup>3</sup>, пыль должна быть непроводящей и не вызывающей коррозию.
- Степень защиты: IP30, IP31.

Если рабочая температура преобразователя частоты или высота над уровнем моря выше указанных величин, необходимо выбирать преобразователь частоты на одну ступень выше по его выходному номинальному току.



## 10.2 Типовой код и общие конфигурации

Информация о конфигурации преобразователя частоты и его базовых характеристиках содержится в типовом коде. Общая структура типового кода, базовые характеристики и конфигурация преобразователя частоты приведена в таблице 10.1.

Таблица 10.1 - Структура типового кода преобразователя частоты

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
V	D	-	P					U	F													A			B			C			D				E	
Позиция	Наименование		Обозначение																																	
5 - 8	Номинальная полная мощность ПЧ		<b>315K – 14M5</b> Пример: 315K – 315кВА; 1000 – 1000кВА; 12M5 – 12500кВА Свыше 145000 кВА по индивидуальному заказу																																	
9 - 10	Номинальное входное напряжение ПЧ		<b>U1</b> – 6 кВ <b>U2</b> – 6,6 кВ <b>U3</b> – 10 кВ <b>U4</b> – 11 кВ <b>U5</b> – 3 или 3,3 кВ <b>U6</b> – 4,16 кВ																																	
11 - 12	Номинальная частота сети		<b>F5</b> – 50 Гц <b>F6</b> – 60 Гц																																	
13 - 14	Степень защиты корпуса (IP)		<b>31</b> – IP31																																	
15	Тип управляемого двигателя		<b>A</b> – Асинхронный двигатель <b>S</b> – Синхронный двигатель																																	
16	Подключение энкодера		<b>V</b> – С энкодером, векторный режим <b>S</b> – Без энкодера																																	
17	Наличие рекуператора		<b>R</b> – Рекуператор энергии <b>X</b> – Без рекуператора																																	
18 - 20	Номинальный выходной ток ПЧ		<b>031 – 1K4</b> Пример: 031 – 31 А; 1K4 – 1445 А																																	
21	Тип охлаждения		<b>A</b> – Воздушное <b>L</b> – Жидкостное																																	
22	Функция автоматического байпаса силовой ячейки		<b>C</b> – с байпасом <b>X</b> – без байпаса																																	
23 - 25	Дополнительная высоковольтная коммутация * (25 позиция – кол. ЭД)		<b>AXX</b> – без коммутации <b>A1X</b> – автоматический байпас ПЧ (на 1 или 2 ЭД) <b>A2X</b> – ручной байпас ПЧ (на 1 или 2 ЭД) <b>A3X</b> – на несколько ЭД ручная <b>A4X</b> – на несколько ЭД автоматическая																																	
26-27	Коммуникация		<b>BX</b> – Только Modbus RTU <b>B1</b> – ControlNet <b>B2</b> – Ethernet IP <b>B3</b> – Profibus DP <b>B4</b> – Modbus TCP/IP <b>B5</b> – ProfiNet <b>B6</b> – DeviceNet																																	

28 - 29	Количество ячеек на фазу	<b>C3</b> – 3 ячейки для 3 и 3,3 кВ <b>C4</b> – 4 ячейки для 4,16 кВ <b>C5</b> – 5 ячейки для 6 кВ <b>C6</b> – 6 ячейки для 6 кВ <b>C8</b> – 8 ячейки для 10 кВ <b>C9</b> – 9 ячейки для 10 и 11 кВ
30 - 31	Система ведущий-ведомый	<b>DX</b> – без данной опции <b>D2</b> – на 2 ПЧ <b>D3</b> – на 3 ПЧ <b>D4</b> – на 4 ПЧ
32	Ввод силового кабеля	<b>1</b> – ввод снизу <b>2</b> – ввод сверху
33	Ввод двигательного кабеля	<b>1</b> – ввод снизу <b>2</b> – ввод сверху
34 - 35	Система синхронного перевода двигателей на сеть (включает в себя реактор и систему управления)	<b>EX</b> – без данной опции <b>E0</b> – только выходной реактор <b>E1</b> – на 1 ЭД <b>E2</b> – на 2 ЭД <b>E3</b> – на 3 ЭД <b>E4</b> – на 4 ЭД
36	Обслуживание	<b>S</b> – Одностороннее <b>D</b> – Двухстороннее

*Примечание:*

\* автоматическая коммутация может использоваться совместно с системой синхронного перевода двигателя на сеть.

## Приложение А. Подключение и настройка термоконтроллера

Термоконтроллер LD-B10-10E предназначен для контроля температуры обмоток трех сухого трансформатора с использованием терморезисторов типа Pt-100.

Термоконтроллер имеет:

- автоматическую коррекцию смещения нуля;
- защиту от ложного срабатывания;
- LED дисплей для индикации температуры;
- пленочную клавиатуру для настройки параметров;
- энергонезависимую память для сохранения параметров.

Основные параметры и характеристики:

- диапазон измерения температур 0-200° С;
- класс точности 0,5;
- разрешение 0,1° С;
- температура окружающей среды минус 20 - +55° С;
- влажность менее 85% но не более 95%;
- питание =24 В;
- тип терморезистора Pt-100.

Функциональные возможности:

- отображение максимальной температуры с трех датчиков;
- контроль неполадок;
- автоматическое или ручное включение вентиляторов (не используется);
- сигнализация перегрева;
- автоматическая передача сигнала на отключение при перегреве;
- просмотра температур по каждому каналу.

Внешний вид передней панели и назначение элементов приведены на рисунке А.1. Назначение клемм приведено в таблице А.1.

Таблица А.1 - Назначение клемм

Номер клеммы	Назначение
1-2	Управление вентилятором (не используется)
3-4	Резерв
5-6	Сигнализация аварии (не используется)
7-8	Перегрев, сигнал на отключение
9-10	Перегрев, сигнализация
11	Заземление
12-13	Питание (=24 В)

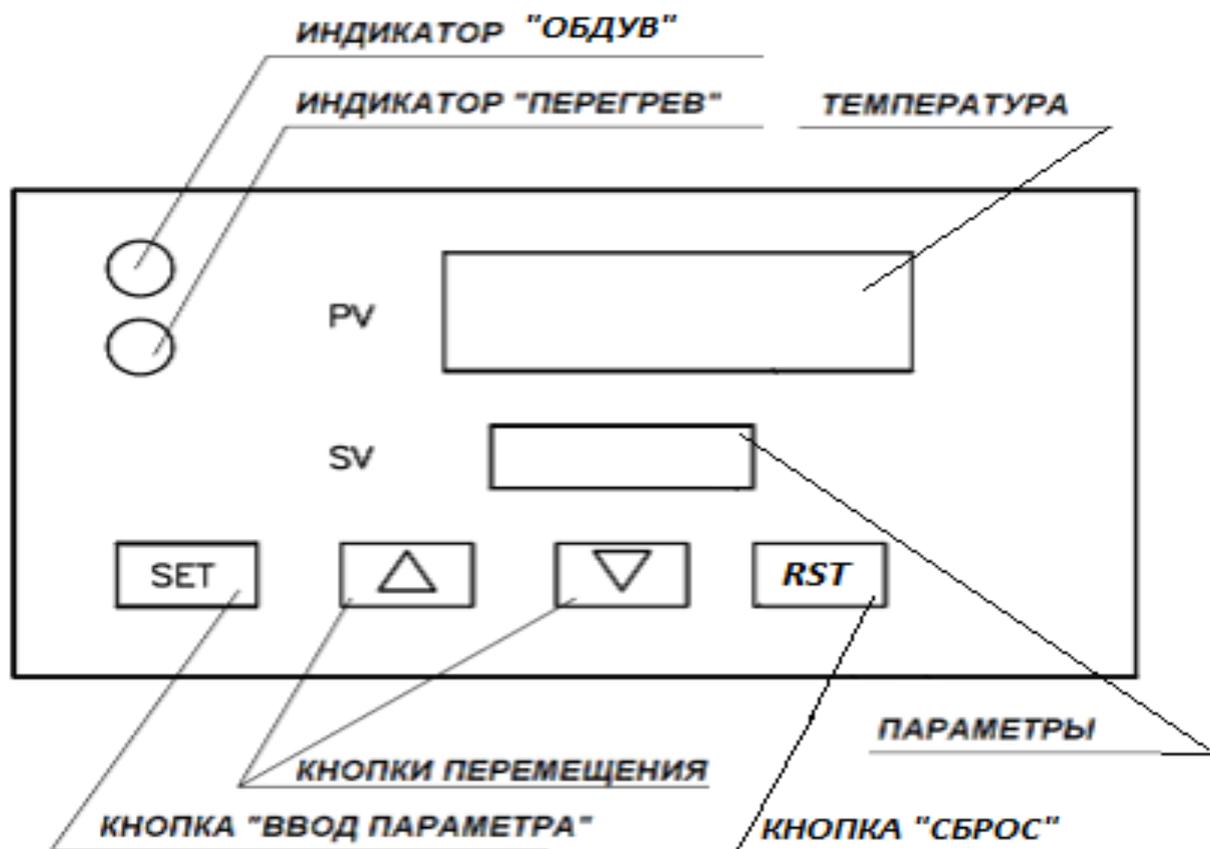


Рис. А.1 - Внешний вид передней панели и назначение элементов

#### Принцип работы.

1. При подаче питания в окне PV должна появиться надпись «LEAD», в окне SV – «-b10».
2. Через 6 сек термoeонтоллер переходит в номинальный режим работы. При этом на индикаторе PV отобразится:
  - при неисправности, в случае обрыва датчиков - «-Er-» и сработает сигнализация об аварии;
  - при неисправности в случае обрыва термодатчиков - «-OP-» и сработает сигнализация об аварии;
  - при перегреве - «-OH-» и сработает сигнализация об аварии.
3. При включении вентилятора загорается зеленый светодиод «Работа вентиляторов» (не используется).
4. При перегреве загорается желтый светодиод «Перегрев» и сработает сигнализация об перегреве.
5. При критическом перегреве в окне PV отображается температура и прибор передает сигнал на отключение ПЧ по перегреву трансформатора.

Окно SV отображает параметры термoeонтоллера. Значения параметров приведены в таблице А.2.

Таблица А.2 - Параметры системы

Обозначение	Параметр	Примечание
РН X	нижнее значение температуры включения сигнализации	X и X'' принимает значение А, В, С, где X – номер отображаемого канала, X'' – номер перегретого канала
X'' X	номер фазы, в которой перегрев	
НН X	нормальное значение температуры, вентилятор в режиме РУЧ.	
Н X'' X	вентиляторы в режиме РУЧ. X'' перегрев канала	
UU X	максимальная температура	
HU X	максимальная температура, вентилятор в режиме РУЧ	

### Порядок работы:

1. Нажать SET для выбора параметра, стрелками задать значение. При нажатии на стрелки значение увеличивается или уменьшается на единицу. В обычном режиме стрелка вверх меняет режим РУЧ. - АВТ. В обычном режиме стрелка вниз меняет отображение канала.
2. После выбора режима SET и ввода параметров, повторное нажатие сохраняет параметр. В таблице А.3 приведены параметры настроек.

Параметр 1005 служит для задания температуры срабатывания выходов (по умолчанию предупреждение - 100 °С, авария – 130°С.

Параметр 1012 служит для тестирования работоспособности выходов подключения внешнего оборудования.

Таблица А.3 - Параметры настроек

Команда	Окно PV	Окно CV	Информация	Примечание
SET	-cd-	1000	Готов к изменению параметров	
↓↑	-cd-	1005	Параметр для задания температуры срабатывания выходов	
SET	-Ob-	60	Температура включения вентиляторов	Диапазон 0 – 200 (не используется)
SET	-df-	10	Гистерезис температуры	Диапазон 0 – 15
SET	-AH-	100	Срабатывание предупреждения	Диапазон 0 – 200
SET	-AL-	130	Срабатывание аварии	Диапазон 0 – 200
SET			Сохранить	

### Примечание:

\* при переходе с фазы на фазу необходимо подождать некоторое время для сохранения. Если сохранение не будет выполнено в течение 100 сек, то прибор вернется к заводским параметрам.