

Высоковольтные преобразователи частоты VEDADrive

Руководство по эксплуатации



Содержание

Указания по технике безопасности	3
Введение	6
1. Устройство преобразователя частоты	8
1.1 Общие сведения о преобразователе частоты	8
1.2 Шкаф трансформатора	12
1.3 Шкаф силовых ячеек	13
1.4 Секция управления	15
2. Перемещение, хранение и механический монтаж	18
2.1 Подготовка места установки	18
2.2 Охлаждение	19
2.3 Перечень предмонтажных проверок	20
2.4 Подъем, перемещение и хранение преобразователя частоты	21
2.5 Монтаж преобразователя частоты	23
3. Электрический монтаж	24
3.1 Выбор силовых кабелей	24
3.2 Выбор кабелей управления	25
3.3 Выбор кабелей на напряжение 380 В и подключение внешнего питания	26
3.4 Подключение высоковольтных цепей	27
3.5 Электрическая блокировка вводного высоковольтного выключателя	28
3.6 Подключение цепей управления	29
4. Пусконаладочные работы и ввод в эксплуатацию	35
4.1 Требования к готовности объекта для проведения ШМ и ПНР	35
4.2 Последовательность пусконаладочных работ	37
4.3 Высоковольтные испытания преобразователя частоты	38
4.4 Проверка силовых ячеек	40
4.5 Общие предпусковые проверки	41
4.6 Проверка системы управления и высоковольтной коммутации	43
4.7 Проверка преобразователя частоты под высоким напряжением	43
4.8 Проверка работы под нагрузкой	44
5. Интерфейс пользователя	45
5.1 Панель управления	45
5.2 Окно мониторинга	45
5.3 Окно графиков процесса	47
5.4 Окно настройки параметров	48
5.5 Журнал событий	63
5.6 Прочие настройки	64
5.7 Окно состояния силовых ячеек	65

6. Дополнительные опции	66
6.1 Байпас силовой ячейки	66
6.2 Дополнительная коммутация преобразователя частоты	68
6.3 Выходной токоограничивающий реактор	72
6.4 Система предварительного заряда	73
6.5 Пусковой шкаф	74
6.6 Система синхронного перевода электродвигателей на сеть	75
6.7 Модуль для связи по сетям Modbus TCP, Ethernet, Profinet, Profibus	81
6.8 Подключение энкодера	83
6.9 Функция ведущий – ведомый	84
7. Контроль, техническое обслуживание и эксплуатация	85
7.1 Предупреждения и аварийные сигналы	85
7.2 Сообщения об общих неисправностях	87
7.3 Сообщения о неисправностях силовых ячеек	93
7.4 Поиск и устранение основных неисправностей	95
7.5 Техническое обслуживание и эксплуатация	97
8. Основные функции	100
8.1 Управление по встроенному ПИД-регулятору	100
8.2 Пуск с подхватом двигателя	101
8.3 Восстановление после потери высокого напряжения	101
8.4 Функция преодоления кратковременных провалов высокого напряжения	103
8.5 Функция защиты двигателя от перегрузки по току	103
8.6 Работа с синхронным двигателем и возбудителем	104
8.7 Работа в векторном бездатчиковом режиме	108
8.8 Функция резервирования питания системы управления и вентиляции	108
9. Обмен данными по Modbus RTU	109
9.1 Характеристики и описание протокола	109
9.2 Регистры данных	113
10. Технические данные и типовой код преобразователя частоты	117
10.1 Общие технические данные	117
10.2 Типовой код и общие конфигурации	118
Приложение А. Краткая инструкция оператора ПО VEDATools_Can	120

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, 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 «Веда МК» 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 «Веда МК» 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 (необходимо обеспечить видимый разрыв силовой цепи). 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.



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. Посторонние лица не должны касаться электрических компонентов.

Непреднамеренный пуск



Если преобразователь частоты подключен к высоковольтной сети, двигатель может включиться в любое время. Двигатель можно запустить с помощью дискретной команды, команды по шине последовательной связи, 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 высоковольтной сети может привести к летальному исходу, получению серьезных травм или к повреждению оборудования.

Введение

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.

ООО «Веда МК» 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.

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 96,5 % (с учетом трансформатора).
- Модульная конструкция, облегчающая техническое обслуживание.
- Функция автоматического регулирования напряжения (APH), 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 остановки преобразователя частоты.
- Панель управления с сенсорным экраном, что обеспечивает простое управление и настройку преобразователя частоты.
- Режим ведущий – ведомый для совместной работы до четырёх преобразователей частоты (опция).
- Компактная конструкция и гибкая компоновка (возможна поставка устройств в специальном исполнении в соответствии с техническими условиями заказчика).
- Тройное резервирование питания управления (от внешнего источника питания, от обмоток собственных нужд и от источника бесперебойного питания). Источник

бесперебойного питания (ИБП) обеспечивает питание управления в течение 15 или 30 (опционально) минут при пропадании основного питания.

Кроме перечисленных выше преимуществ, преобразователи частоты VEDADRIVE имеют функции:

- Функция ограничения тока.
- Электрическая изоляция между силовыми ячейками и системой управления (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 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), протокол Ethernet IP (опция), протокол MODBUS TCP (опция), PROFINET (опция) и др.
- Регистрация отказов, возможность сохранять журнал ошибок на флэш-диске USB.
- Аварийный сигнал при открытии двери шкафа.

Преобразователи частоты VEDADRIVE имеют следующие основные защиты:

- Защита от перегрузки электродвигателя по току.
- Защита от перегрузки преобразователя частоты по току.
- Защита от однофазных замыканий на землю на выходе.
- Защита от перенапряжения.
- Защита от перегрева.

Гарантийные обязательства



Срок гарантии на преобразователи частоты указан в паспорте и в договоре на поставляемое оборудование. Гарантийные обязательства ООО «Веда МК» распространяются на оборудование только в случае выполнения пуско-наладочных работ специалистами авторизованных сервисных партнёров или сервисными инженерами ООО «Веда МК».

1. Устройство преобразователя частоты

1.1 Общие сведения о преобразователе 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. При необходимости преобразователи частоты могут быть оснащены дополнительной коммутацией и реактором.

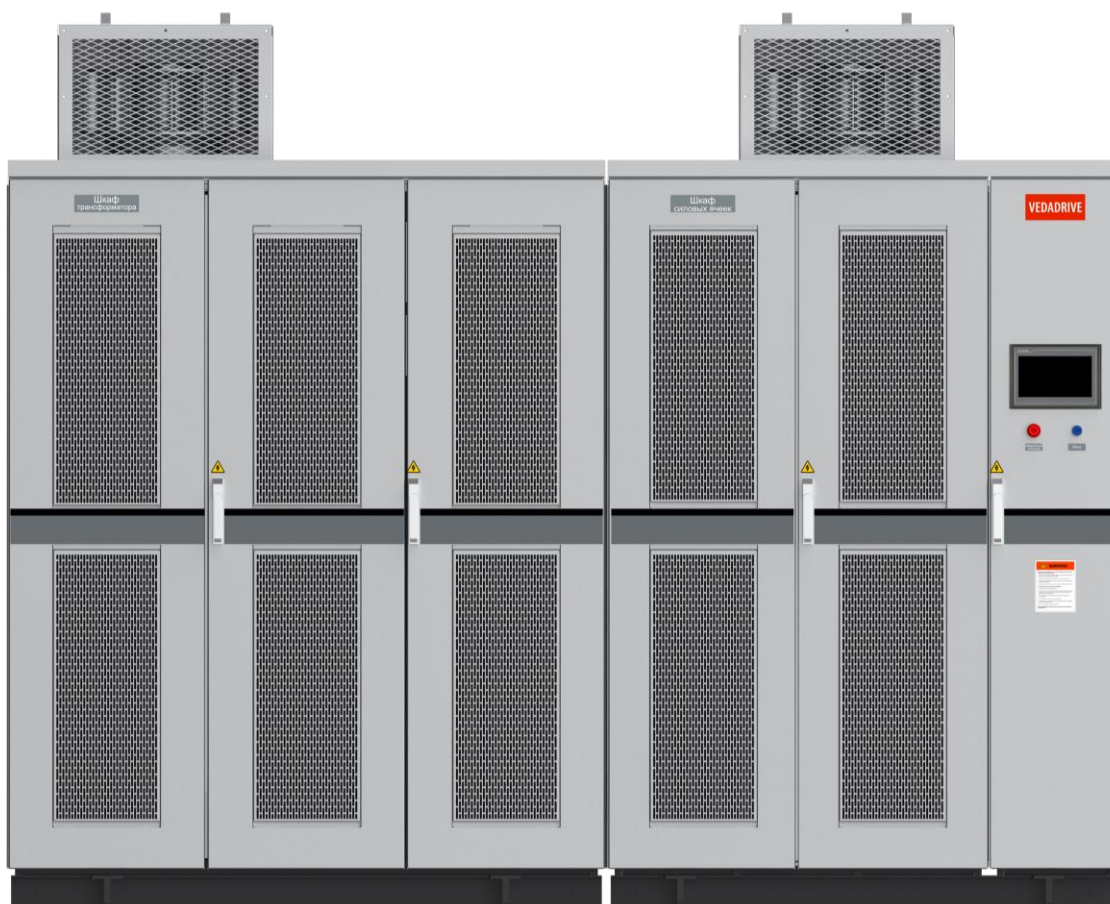


Рис. 1.1 - Общий вид преобразователя частоты VEDADRIVE

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, 48/54-пульсное для 10 кВ). Благодаря использованию схемы с высокой пульсностью выпрямления, в значительной степени минимизирован ток гармонического искажения питающей сети (см. рис. 1.3).

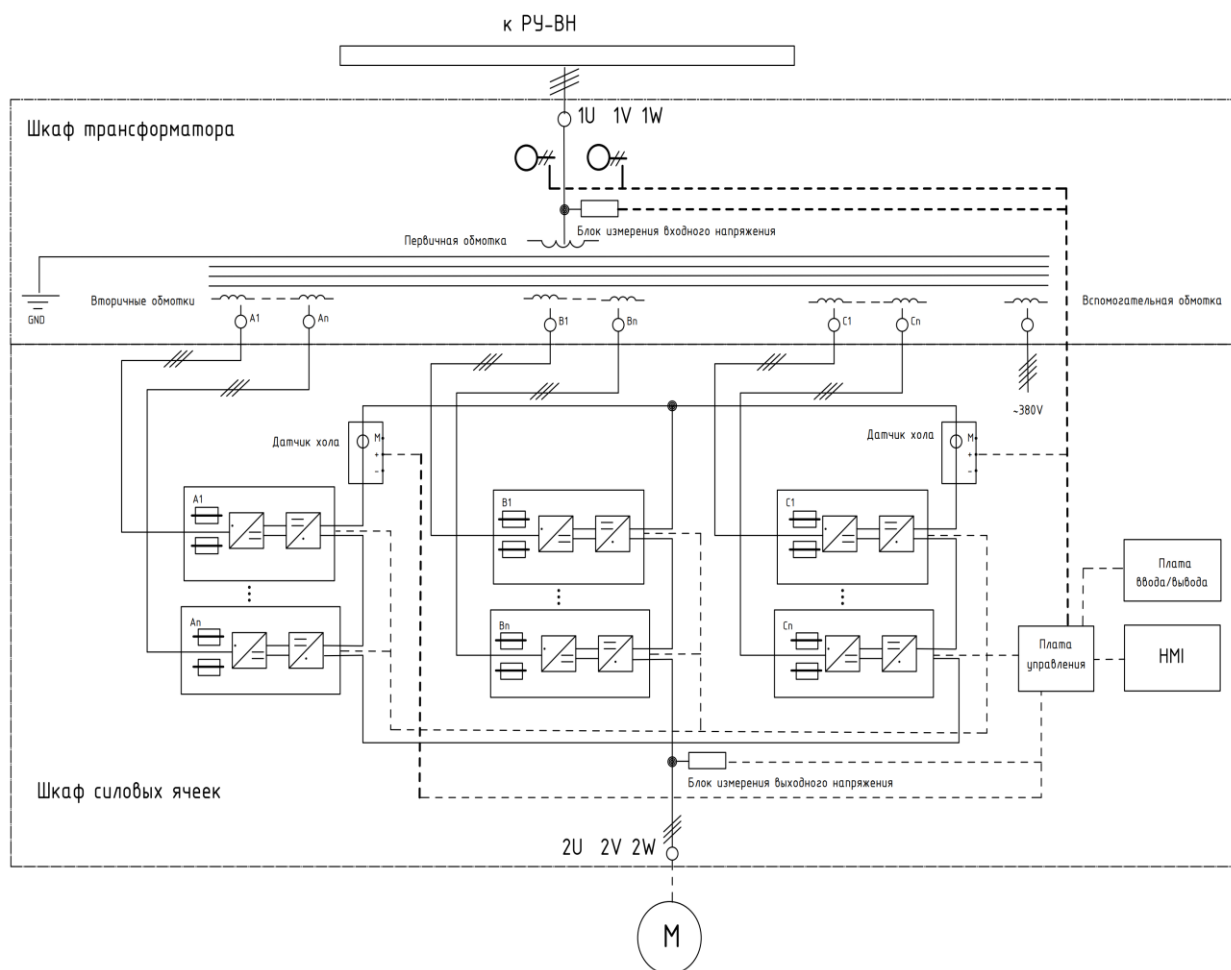


Рис. 1.2 – Структурная схема преобразователя частоты (на примере 10 кВ)

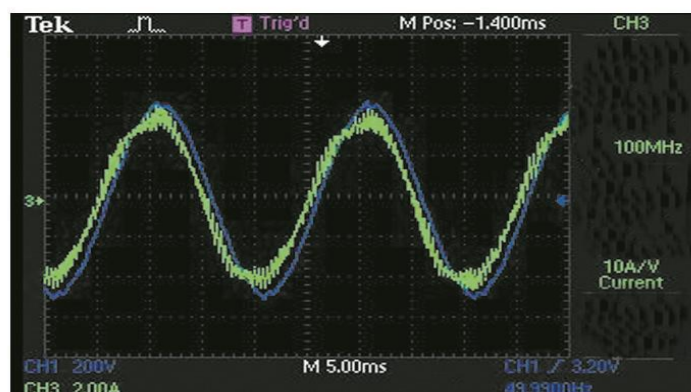


Рис. 1.3 - 30-импульсное входное напряжение, кривые тока и напряжения

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 и тока имеет практически синусоидальную форму (см. рис. 1.4 и 1.5).

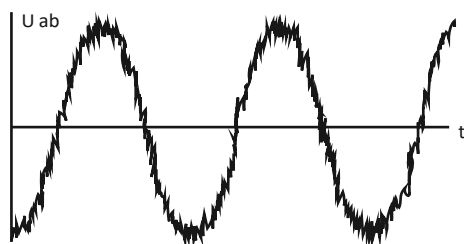


Рис. 1.4 - Форма кривой выходного напряжения

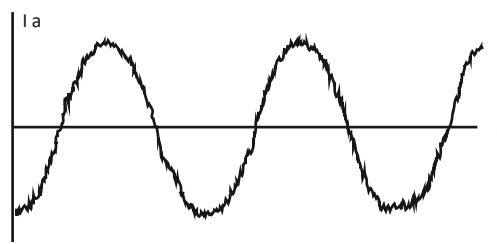


Рис. 1.5 - Форма кривой выходного тока

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.

В качестве разделительного трансформатора применяется трансформатор сухого типа. 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	8	720	5770	10000	17
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 — 24 или 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.

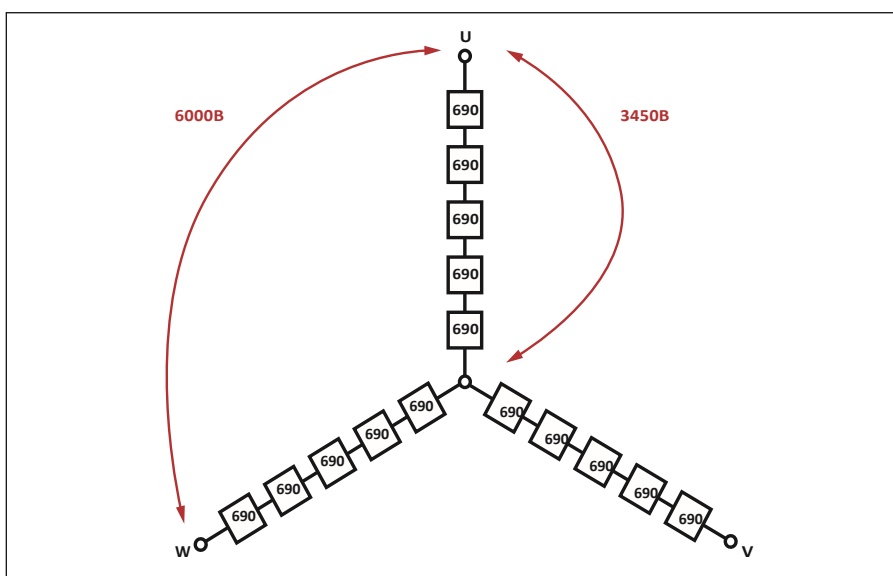


Рис. 1.6 - Схема суммирования напряжений для преобразователя частоты 6 кВ, с пятью силовыми ячейками в фазе

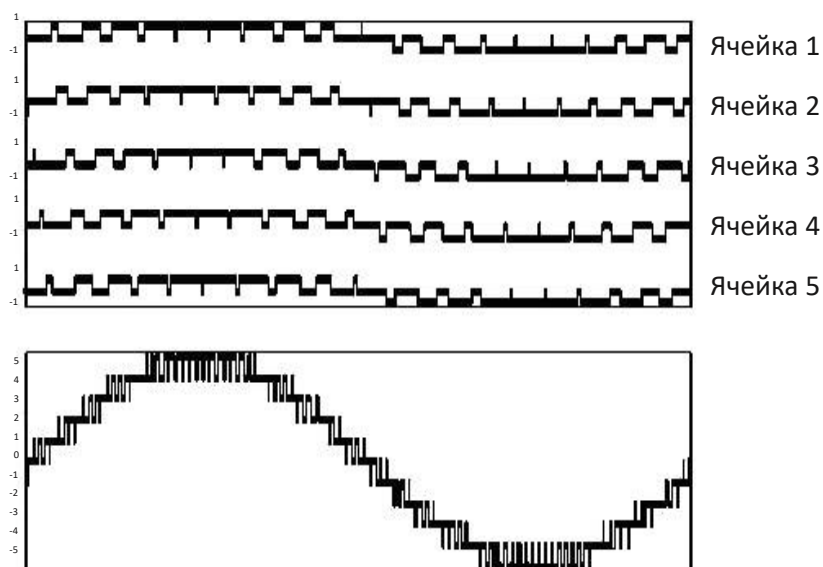


Рис. 1.7 - Форма напряжения для пяти силовых ячеек и форма кривой фазного напряжения

1.2 Шкаф трансформатора

Шкаф трансформатора состоит из следующих частей:

- Силовой трансформатора;
- Трансформаторы тока;
- Блоки измерения входного напряжения;
- Блоки измерения выходного напряжения (в стандартном исполнении);
- Вентилятор (или вентиляторы) охлаждения;
- ОПН на вводе трансформатора (опция);
- Нагреватель (опция).

Силовой трансформатор представляет из себя многообмоточный трансформатор сухого типа со сдвигом фазы, который подает трехфазное питание на силовые ячейки. Первичная обмотка соединена в звезду, вторичная – в треугольник, вспомогательная в звезду с нейтралью.

К вводной обмотке (в звезду) подключены два трансформатора тока для контроля входных токов. Для контроля температуры в силовых обмотках трансформатора установлены датчики температуры. Для контроля входного напряжения к высоковольтному вводу силового трансформатора подключены резистивные блоки входного напряжения (датчик входного напряжения).

При повышенном напряжении сети необходимо переключить перемычки на первичной обмотке в положение +5% (для трансформатора в стандартном исполнении).

Трансформатор имеет дополнительно вспомогательную обмотку для формирования трёхфазного напряжения собственных нужд (~380 В). При пропаже внешнего питания собственных нужд 380 В, переключение питания системы управления и вентиляции на вспомогательную обмотку выполняется автоматический.

Если преобразователь частоты оснащён системой предзаряда силовых ячеек, то данная функция осуществляется посредством обратной трансформации, через обмотку собственных нужд.

Также шкаф трансформатора оснащён воздушными фильтрами (устанавливаются на двери) и концевыми выключателями двери для формирования аварийного сигнала при ее открытии. Воздушные фильтры можно менять без остановки и снятия высокого напряжения с преобразователя частоты.

В большинстве исполнений в шкафу трансформатора располагаются шинки для подключения электродвигателя и соответственно блоки измерения выходного напряжения.

1.3 Шкаф силовых ячеек

Шкаф силовых ячеек состоит из следующих частей:

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

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 - на рис. 1.10, схема реализации - на рис. 1.8.

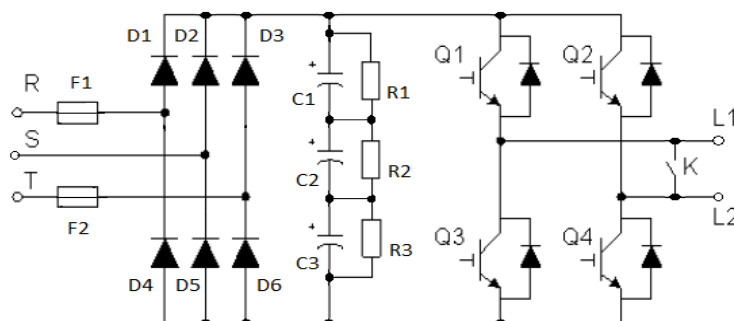


Рис. 1.8 - Схема силовой ячейки

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 механический (на контакторе) байпас (K).

Каждая силовая ячейка имеет собственную плату управления. Плата управления принимает сигналы управления и передает сигналы статуса и неисправностей по оптоволоконной линии на плату управления в секции управления. На плате управления имеются цепи для мониторинга таких неисправностей, как перегрев, обрыв фазы, перенапряжение в цепи постоянного тока, исчезновение питающего напряжения, отказ оптоволоконной системы и отказ драйвера.

В преобразователях частоты 6 кВ в каждой фазе установлено пять или шесть ячеек. В преобразователях частоты 10 кВ в каждой фазе установлено восемь или девять силовых ячеек. Ячейки подключены к трехфазной вторичной обмотке трансформатора с номинальным напряжением 690 В (640 В). Через однофазный выход все (пять, шесть, восемь 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

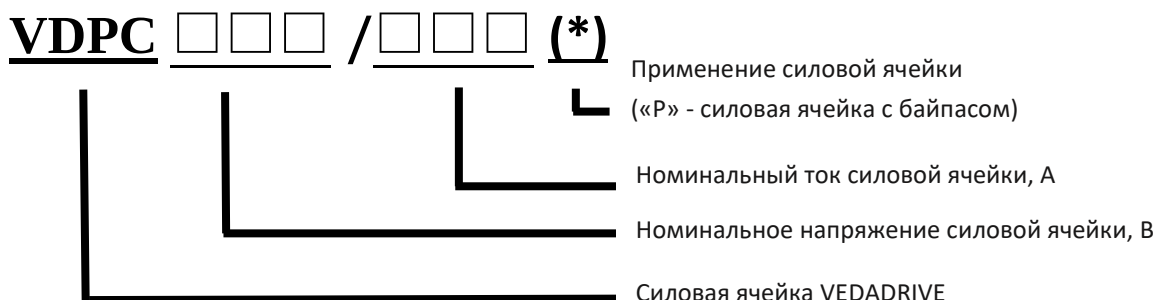


Рис. 1.10 - Расшифровка маркировки силовой ячейки

В шкафу силовых ячеек предусматривается воздушный канал, по которому воздух, проходящий через фильтры в двери шкафа и через радиаторы охлаждения силовых ячеек, отводится из шкафа посредством установленного на крыше шкафа вентилятора.

Плата измерения температуры предназначена для измерения температуры в обмотках силового трансформатора и в шкафу силовых ячеек. Датчики используются типа РТ100 с диапазоном измерения от -30 °С до + 240 °С. Передача данных на плату управления осуществляется посредством оптической линии связи.

Также шкаф силовых ячеек оснащён воздушными фильтрами (устанавливаются на двери) и концевыми выключателями двери для формирования аварийного сигнала при ее открытии. Воздушные фильтры можно менять без остановки и снятия высокого напряжения с преобразователя частоты.

1.4 Секция управления

Секция управления (см. рис. 1.11) преобразователя частоты состоит из следующих частей:

- Плата управления;
- Плата вводов-выводов;
- Панель управления с сенсорным дисплеем;
- Блок питания цепей управления;
- Источник бесперебойного питания.



Рис. 1.11 - Вид секции управления без дверной панели

Плата управления (см. рис. 1.12) предназначена для управления непосредственно силовыми ячейками, для чего оснащена оптоволоконным интерфейсом. По оптоволоконному интерфейсу передаются сигналы широтно-импульсной модуляции (ШИМ) или команды рабочего режима на силовую ячейку, а также осуществляет прием сигналов статуса с кодами неисправности, поступающих от силовых ячеек. Плата управления имеет DSP процессор, на котором реализованы все функции управления двигателем и обмена данными. Также к плате управления подключаются аналоговые сигналы входного-выходного напряжения и тока преобразователя частоты.

Также плата управления имеет:

- Разъём CAN интерфейса, по которому можно подключиться к ПЧ и контролировать параметры ПЧ (ток, напряжение и т.д.);
- Модуль связи Ethernet;
- Модуль связи RS-485 Modbus RTU;
- Модуль масштабирования тока;
- Модуль подключения энкодера (опционально);
- Оптические разъемы для связи нескольких ПЧ, работающих на общую нагрузку (опционально).

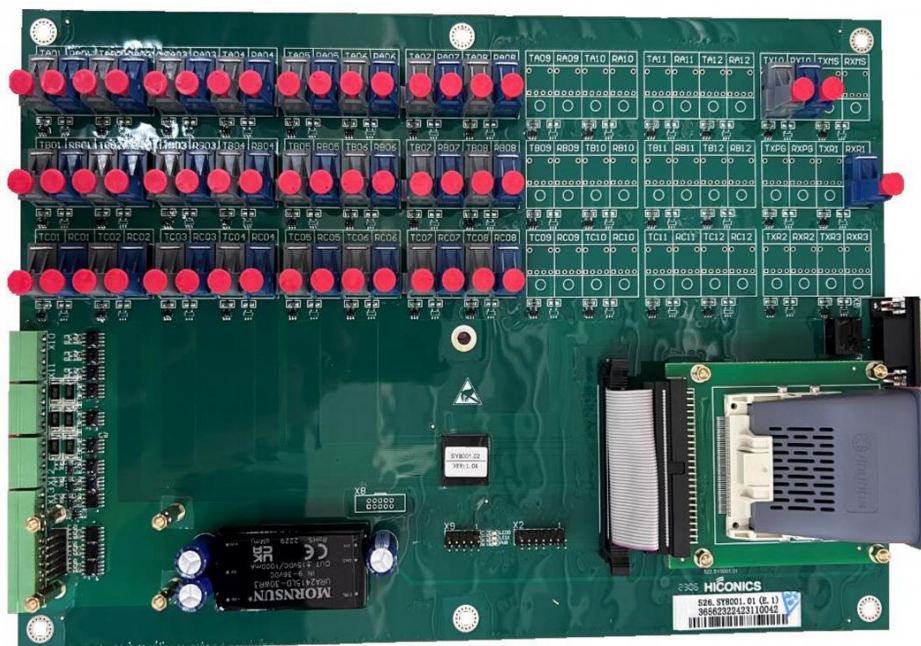


Рис. 1.12 – Плата управления

Плата вводов-выводов (см. рис. 1.13) осуществляет логическую обработку внутренних сигналов преобразователя частоты, сигналов управления и сигналов состояния, поступающих от внешнего оборудования. Имеет четыре аналоговых входа и четыре аналоговых выхода. Аналоговые входы используются для получения аналоговых сигналов задания и обратной связи (давление, расход и т. д.), тока возбуждения (для синхронных двигателей). Аналоговые выходы используются для передачи данных пользователю на верхний уровень о текущей частоте и выходном токе. Два программируемых аналоговых выходы могут также дополнительно передавать: температуру шкафа, выходной коэффициент мощности, выходную мощность, задание тока возбуждения (для синхронных двигателей). Аналоговые входы пассивные токовые (4-20 мА), аналоговые выходы активные токовые (4-20 мА).

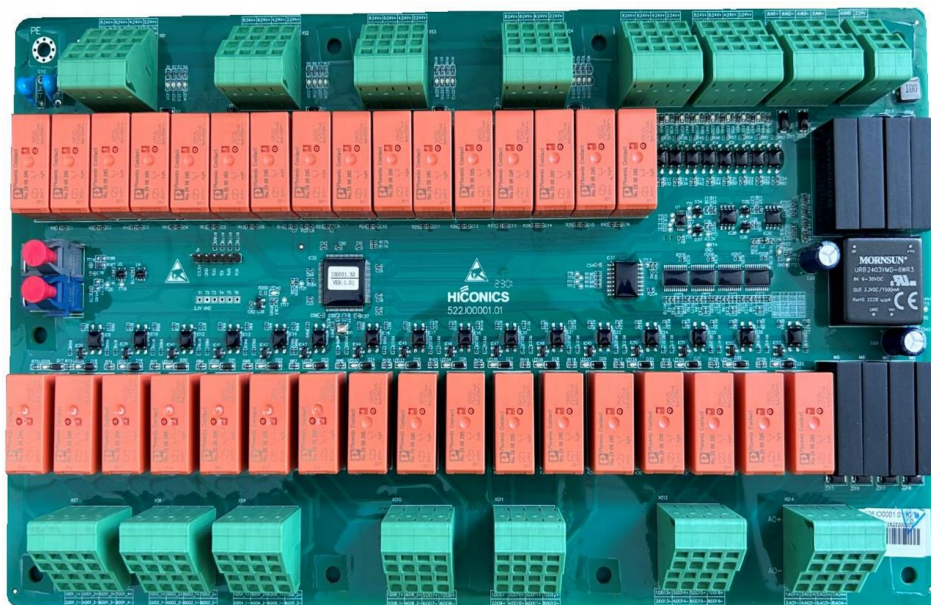


Рис. 1.13 – Плата вводов-выводов

Панель управления представляет из себя дисплей с сенсорным экраном, с удобным для пользователя интерфейсом на русском языке. Предназначена для вывода информации о состоянии и рабочих параметрах преобразователя частоты и для настройки его функций. В местном режиме управления возможно управление преобразователем частоты. Реализует функции аварийной сигнализации и предупреждений в случае возникновения неисправностей.

На двери шкафа секции управления кроме панели управления также располагаются две кнопки:

- Кнопка **«Сброс»** используется для сброса аварийного состояния системы управления и отключения аварийной блокировки.
- Самоблокирующаяся кнопка **«Аварийный стоп»** предназначена для отключения преобразователя частоты от питающей сети высокого напряжения.

При нажатии на кнопку «Аварийный стоп» на дисплей выводятся сообщение о внешней неисправности, цепь сигнала «Разрешение высокого напряжения (ВН)» размыкается, цепь сигнала «Отключение ВН» замыкается. При техническом обслуживании эта кнопка должна находиться в нажатом состоянии для исключения случайного подключения преобразователя частоты к сети высокого напряжения.

2. Перемещение, хранение и 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;
- Отсутствие токопроводящей, коррозирующей, едкой и горючей среды;
- Отсутствие капель воды;
- Несанкционированный доступ;
- Наличие контура заземления;
- 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 (если нет специального вентиляционного канала).
- 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 (см. п 3 настоящего руководства).

Шкафы преобразователей частоты одностороннего обслуживания с номинальным током до 275 А можно устанавливать практически вплотную к стене, свыше 275 А – требуется устанавливать таким образом, чтобы расстояние от системы шкафов до стены было не менее 600 мм.

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

Если в помещении установлено несколько высоковольтных преобразователей частоты, есть другие источники тепла то убедитесь, что горячий воздух не попадает в зону забора охлаждающего воздуха.

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.

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

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

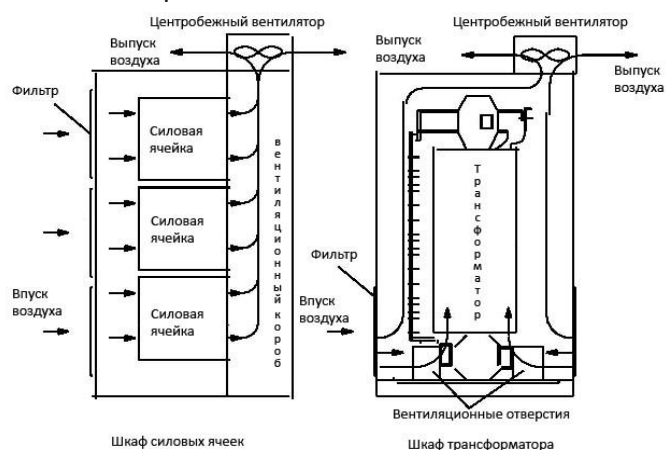


Рис. 2.1 - Стандартный вентиляционный короб преобразователя частоты одностороннего обслуживания

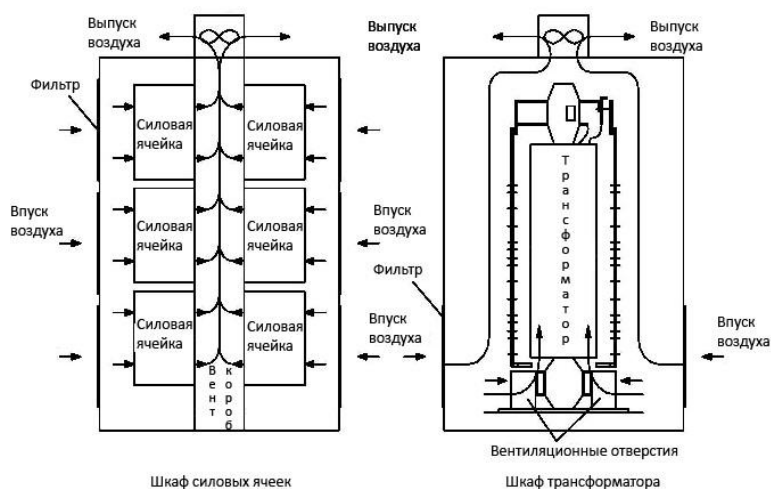


Рис. 2.2 - Стандартный вентиляционный короб преобразователя частоты двухстороннего обслуживания

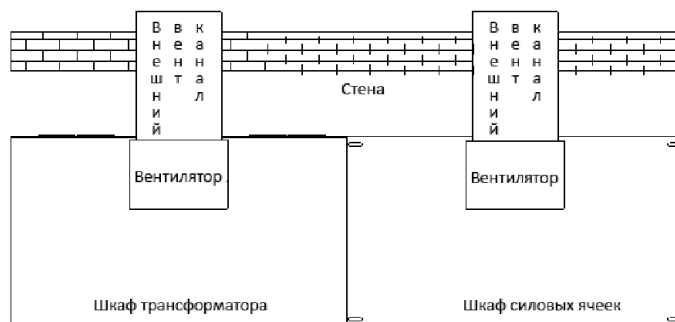


Рис. 2.3 - Внешний вентиляционный канал при установке решетки вентилятора параллельно передней или задней стенке преобразователя частоты

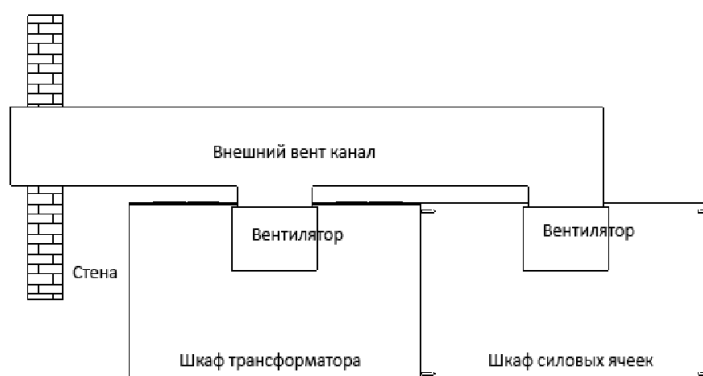


Рис. 2.4 - Внешний вентиляционный канал при установке решетки вентилятора параллельно боковой стенке преобразователя частоты

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 компоненты предназначены 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, перемещение и хранение 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;
- Перемещение с помощью вилочного погрузчика.

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 вил должно определяться с учетом расположения центра тяжести.

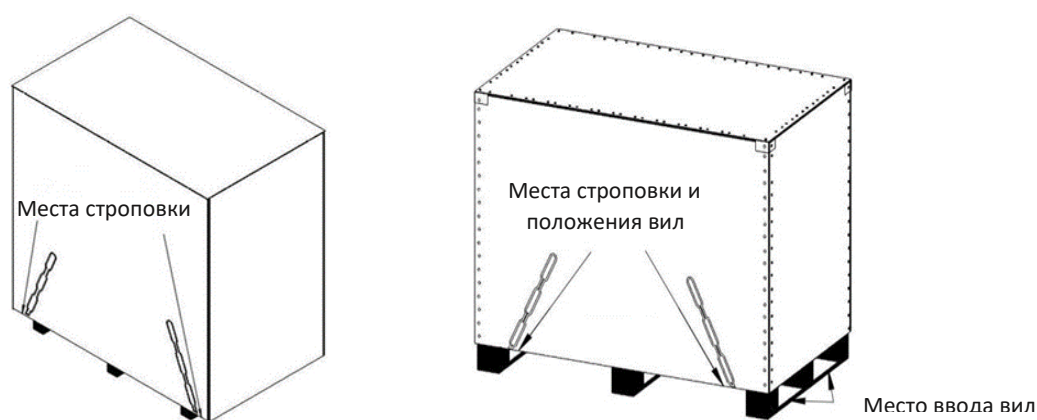


Рис. 2.5 - Стрповка (паллеты с выступом - слева, паллеты без выступа - справа)

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.

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 краном, ручной цепной талью, на катках или вилочным погрузчиком.



При транспортировке распакованного шкафа трансформатора не допускается подъем с зацеплением за подъемное кольцо шкафа (рым-болты). Т.к. шкаф трансформатора имеет большой вес — необходимо использовать подъемную проушину швеллеров в основании, либо использовать подъемные кольца непосредственно на трансформаторе, как показано на рис. 2.6.



При транспортировке шкафа трансформатора вилочным погрузчиком убедитесь, что его грузоподъемность превышает массу шкафа трансформатора.



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.

Хранение и транспортировка преобразователя частоты допускается при температурах до -40°C , отдельные элементы требуют хранения на теплом складе:

- Ящик ЗИП;
- Силовые ячейки.

Складские помещения, предназначенные для хранения преобразователей частоты, должны исключать воздействие на них атмосферных осадков.

Внимание! В ящике ЗИП хранятся также компоненты преобразователя частоты, которые демонтируются при транспортировании.

Подъемные кольца на трансформаторе

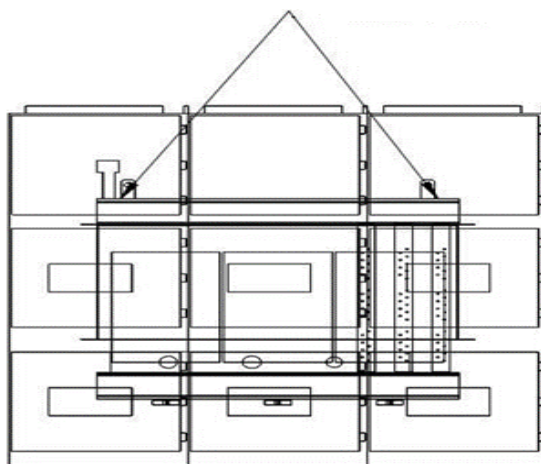


Рис. 2.6 - Подъем шкафа трансформатора

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.

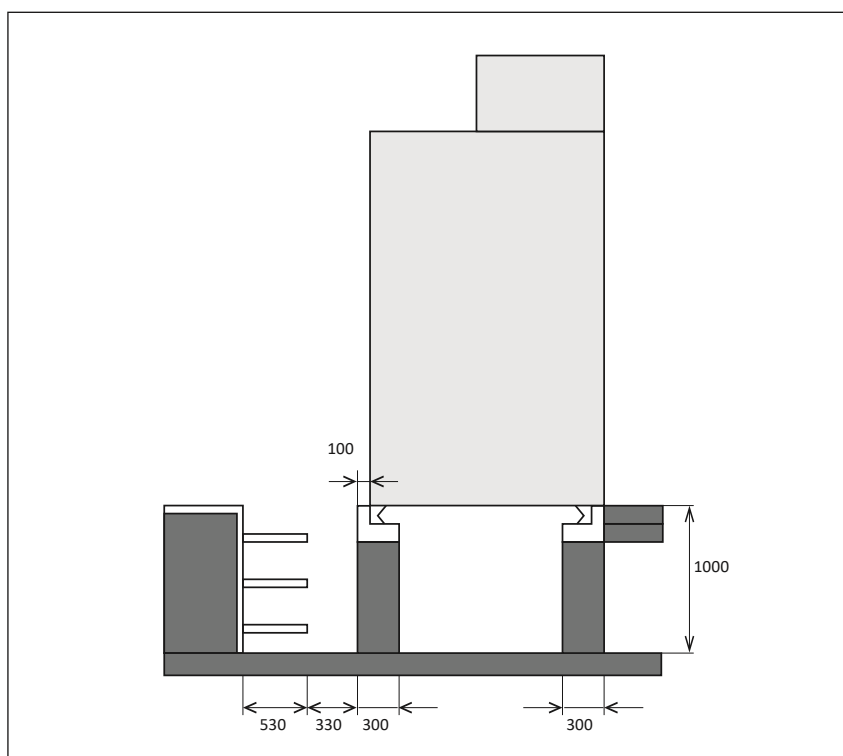


Рис. 2.7 - Монтаж преобразователя частоты на основание

3. Электрический монтаж

3.1 Выбор высоковольтных кабелей

При выборе высоковольтных 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 преобразователя частоты рекомендуется использовать медные (с многопроволочными жилами) высоковольтные бронированные кабели с экранированием и изоляцией типа шитый полиэтилен, которые отвечают требованиям к электромагнитной совместимости. В таблице 3.1 приведены рекомендуемые сечения для подключения силовых кабелей.

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 мм².

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

Таблица 3.1 – Выбор сечения высоковольтного кабеля.

№	Ток преобразователя частоты, А	Сечение высоковольтного кабеля, мм ²
1	31 - 48	16
2	61 - 77	25
3	96 - 104	35
4	115 - 130	50
5	154	70
6	165 - 192	95
7	205 - 220	120
8	243 - 275	150
9	304	185
10	325 - 340	240

Примечание: указаны сечения для медного трёхжильного кабеля в броне и изоляции из шитого полиэтилена, в случае прокладки в кабельном лотке и температуре окружающей среды +45 °С.

3.2 Выбор кабелей управления

Для подключений сигналов управления и контроля:

- Кабели для аналоговых входов и выходов: полностью экранированный медный кабель, площадь сечения 0,5–1,5 мм², тип - витая пара.
- Кабели для дискретных входов и выходов: полностью экранированный медный кабель, площадь сечения 0,5–1,5 мм², тип - витая пара.
- Коммуникационный кабель: специальный коммуникационный кабель или полностью экранированный медный кабель, площадь сечения 0,5–1,5 мм², тип - витая пара.

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

Управляющие, сигнальные, коммуникационные и высоковольтные 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 высоковольтными кабелями по мере увеличения их длин параллельно проложенных кабелей.

Не допускается, чтобы высоковольтные кабели, кабели питания 380 В и 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 мм².

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 убедитесь, что все кабели подключены верно, отсутствует короткое замыкание, удалены все посторонние предметы.

3.3 Выбор кабелей на напряжение 380 В и подключение внешнего питания

Для подключения трёхфазного питающего напряжения 380 В с нейтралью следует использовать 4-х жильный медный кабель в экране. Наличие нейтрали обязательно. Подключение осуществляется в нижней части секции управления к стандартно к клеммам ХТ4 (смотри обозначение на клеммах или принципиальную схему). Трёхфазное напряжение 380 В используется для питания:

- Вентиляторов;
- Системы управления преобразователя частоты (одна фаза и нейтраль);
- Освещения (одна фаза и нейтраль);
- Розетки (одна фаза и нейтраль);
- Цепи обогрева (при наличии);
- Питание цепей управления и блокировок высоковольтной коммутационной аппаратуры (при наличии);
- Системы предварительного заряда (при наличии).

Сечение медных проводников кабеля внешнего питания (минимальное допустимое) выбирается согласно таблице 3.2. Ввод кабеля внешнего питания должен быть защищён трёхфазным автоматическим выключателем (категории С или D), рекомендуемые номинальное значение по току указано в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Выбор сечения кабеля внешнего питания 380 В.

№	Опции преобразователя частоты	Сечение кабеля, мм ²	Номинальный ток автоматического выключателя, А
1	Стандартное исполнение (не более 4 вентиляторов, возможно наличие стандартной коммутации)	2,5	25
2	Стандартное исполнение (более 4 вентиляторов, возможно наличие стандартной коммутации)	4	40
3	Наличие дополнительной коммутации, подключенной к цепям питания преобразователя частоты	4	40
4	При наличии цепей обогрева	10	63
5	При наличии цепей предзаряда	10	63

Внешнее питание является основным и необходимым для пуска преобразователя частоты из отключенного состояния. Переключение на обмотки собственных нужд силового трансформатора преобразователя частоты происходит автоматическое и только при пропадании внешнего питания, переключение осуществляется без остановки работы.



Чередование фаз должно быть прямым, иначе вентиляторы преобразователя частоты будут крутиться в обратную сторону, что может привести к его перегреву и выходу из строя.



Не допускается попадание фазного проводника в клемму нейтрали, это может привести к повреждению внутренних цепей управления преобразователя частоты.

3.4 Подключение высоковольтных цепей

Однолинейная схема подключения высоковольтных кабелей изображена на рис. 3.1. Преобразователь частоты к высоковольтной секции шин следует подключать через ячейку с высоковольтным выключателем (QF), оснащённую:

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

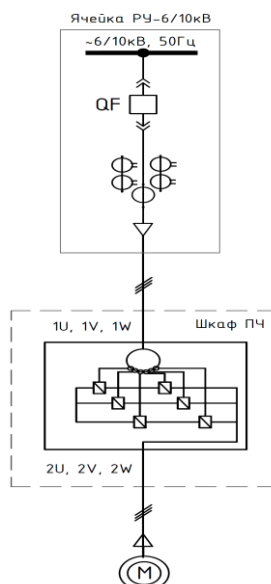


Рис. 3.1 - Электрическая однолинейная схема силовой цепи, где
QF – вводная высоковольтная ячейка ПЧ в РУ (в комплект поставки не входит),
ПЧ – преобразователь частоты, М – высоковольтный электродвигатель



Неправильное подключение высоковольтного кабеля на вводе и на выводе, приведет к повреждению преобразователя частоты и/или к несчастным случаям с персоналом.

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

При подключении электрических кабелей и шинок к силовым ячейкам и вторичным обмоткам трансформатора, рекомендуется использовать динамометрический инструмент. Момент затяжки: **70-90 кгс-см (7-9 Н•м)**.

В нижней 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.

Высоковольтный ввод сети подключается к вводным шинкам преобразователя частоты (подключенным к силовому многообмоточному трансформатору преобразователя частоты) обозначенным как 1U – желтая (фаза А), 1V – зелёная (фаза В), 1W – красная (фаза С).

Вывод на двигатель подключается к выводным шинкам преобразователя частоты (подключенным к силовым ячейкам преобразователя частоты) обозначенным как 2U (жёлтая), 2V (зелёная), 2W (красная).



Внимание! Преобразователь частоты всегда формирует на выходе прямое чередование фаз, вне зависимости от чередования на своём вводе. Это надо учитывать при монтаже, особенно если преобразователь частоты оснащён шкафами коммутации. Также неверное чередование фаз на вводе может привести к неверному вращению вентиляторов преобразователя частоты (при переходе на питание от обмотки собственных нужд) и как следствие к перегреву, аварийному останову и преждевременному выходу из строя преобразователя частоты.



Внимание! выход из строя преобразователя частоты в следствии неверного подключения не является гарантийным случаем!



Не перепутайте ввод и вывод преобразователя частоты! Ввод всегда подсоединяется со стороны трансформатора, вывод - со стороны силовых ячеек. Соблюдайте прямое чередование фаз!

3.5 Электрическая блокировка вводного высоковольтного выключателя

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

- Сигнал преобразователя частоты о его готовности к подаче на него высокого напряжения («Разрешение ВН») последовательно заведен на вход вводного выключателя «Включение», как условие включения. Сигнал замкнут, когда преобразователь частоты готов к подаче на него высокого напряжения.
- Сигнал преобразователя частоты о его неготовности («Отключение ВН») заведен параллельно на вход вводного выключателя «Отключение» для отключения высокого напряжения при аварийном событии. Сигнал замыкается при возникновении аварийной ситуации, при нажатии кнопки аварийного стопа, при переводе преобразователя частоты в тестовый режим.



Цепи подключения электрической блокировки вводного выключателя являются минимально необходимыми, и обязательны для безопасной эксплуатации преобразователя частоты!

Для обеспечения функционирования указанной блокировки необходимо предусмотреть кабель управления от преобразователя частоты до высоковольтной ячейки QF, имеющий как минимум четыре жилы.

При подаче высокого напряжения на преобразователь частоты значения входного тока ПЧ в течение нескольких десятков миллисекунд достигают 6 – 10-кратных значений номинального тока, поэтому необходимо соответствующим образом настроить релейную защиту (токовая отсечка и максимально токовая защита) вводного высоковольтного выключателя. Для снижения тока при подаче высокого напряжения на ПЧ применяют систему предварительного заряда или пусковой шкаф с резисторами (подробнее смотри соответствующие пункты РЭ).

Внимание: если преобразователь частоты оснащён системой синхронизации с сетью, то в высоковольтных ячейках на время синхронизации возможно потребуются запретить дифференциальную защиту.

3.6 Подключение цепей управления

Клеммы для подключения внешних цепей управления XT9 располагаются в нижней части секции управления (см. рис. 3.2). Схема подключения цепей управления к плате вводов-выводов приведена на рисунке 3.3.

Входные сигналы в преобразователе частоты реализованы на напряжении =24 В, со стороны системы управления верхнего уровня должны быть дискретные сигналы по типу – «сухой контакт». **Длительность импульсных сигналов должна быть не менее 3 с.**

Команды «Пуск» и «Стоп» могут работать в двух режимах (выбор осуществляется посредством параметра «Режим дистанц. пуска/останова» в панели управления):

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

Команда «Стоп выбегом» должна быть нормально замкнутой. При использовании команды «Стоп выбегом» необходимо удалить в клеммной колодке соответствующую перемычку (на рис.3.3 – перемычка между XT9:5 и XT9:6).

Команда «Дистанционное управление» необходимо только если пуск и останов ПЧ управляется со встроенной панели управления, для переключения данных команд в дискретный режим.

Команда «Аварийный стоп» останавливает ПЧ, при этом формируется сигнал на отключение высокого напряжения и состояние «Авария ПЧ». Для продолжения работы необходимо выполнить сброс ПЧ.

Команда «Сброс» функционально аналогична кнопке «Сброс» на двери секции управления и не влияет на функционирование преобразователя частоты.



Не допускается попадание напряжения 220 В в цепи подключения входных сигналов управления преобразователя частоты!

Клеммы XS1...XS4 в основном предназначены для подключения входных сигналов дистанционного управления. Список сигналов приведен в таблице 3.3.

XT9	код	адрес к	адрес из	код	адрес из
Пуск	1		1000	-КВ_XS1T10	
	2		24V+	-КВ_XS1T3	
Стоп	3		24V+	-КВ_XS1T8	
	4		1001	-КВ_XS1T9	
Стоп выбегом	5		24V+	-КВ_XS1T1	
	6		1002	-КВ_XS1T8	
Дистанционное управление	7		1003	-КВ_XS1T4	
	8		24V+	-КВ_XS1T3	
Аварийный стоп	9				
	10		1004	-КВ_XS2T9	
Индикация ВН	11		1010	-КВ_XS1T3	
	12		1011	-КВ_XS1T4	
Неисправность	13		1012	-КВ_XS1T5	
	14		1013	-КВ_XS1T6	
В работе	15		1014	-КВ_XS1T9	
	16		1015	-КВ_XS1T10	
Разрешение ВН	17		1016	-КВ_XS2T5	
	18		1017	-КВ_XS2T6	
Отключить ВН	19		1018	-КВ_XS2T9	
	20		1019	-КВ_XS2T10	
Авария ПЧ	21		1020	-КВ_XS3T1	
	22		1021	-КВ_XS3T2	
Индикация дист. управления	23		1022	-КВ_XS4T1	
	24		1023	-КВ_XS4T2	
ПЧ Готов	25		1024	-КВ_XS5T1	
	26		1025	-КВ_XS5T2	
Аналоговая установка задания	27		1040	-КВ_XS8T1	
	28		1041	-КВ_XS8T2	
Аналоговый сигнал ОС	29		ГND		
	30		1042	-КВ_XS8T3	
Частота вращения	31		1043	-КВ_XS8T4	
	32		ГND		
Выходной ток	33		1044	-КВ_XS8T5	
	34		1045	-КВ_XS8T6	
	35		ГND		
	36		1046	-КВ_XS8T7	
	37		1047	-КВ_XS8T8	
	38		ГND		
	39				
	40				

Рис. 3.3 – Клеммы для подключения внешних цепей управления
(пример, обменные сигналы могут быть изменены в зависимости от применения).

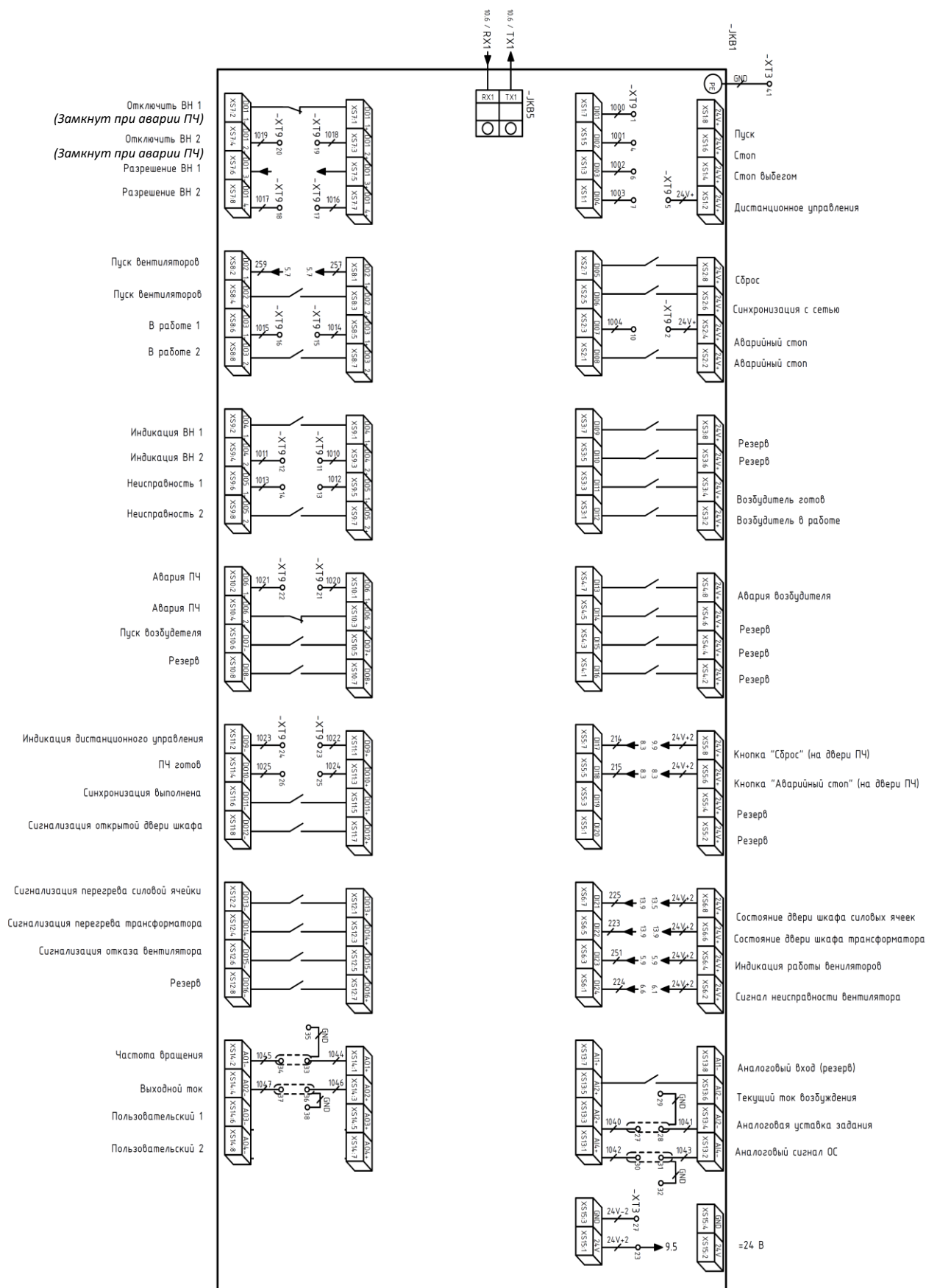


Рис. 3.4 - Электрическая схема подключения цепей управления к плате вводов-выводов

Таблица 3.3 - Входные дискретные сигналы управления

Номер контакта	Функция сигнала	Тип входа и сигнала	Примечания
XS1:1/2	Дистанц. управления	Нормально-разомкнутый сигнал уровня	В меню панели управления активирован «Режим управления» - «местное». При замыкании ПЧ переходит в режим удаленного управления.
XS1:3/4	Стоп выбегом	Нормально-замкнутый сигнал уровня	При размыкании блокируется выход ПЧ, ЭД останавливается выбегом.
XS1:5/6	Реверсивный пуск - стоп (по уровню) или стоп (импульс)	Уровень или импульс	Параметр «Выбор режима дистанционного пуска/останова» определяет функцию при срабатывании: «По уровню»: Пуск в обратном направлении при замыкании, останов при размыкании (в параметрах должен быть разрешён реверс); «По импульсу»: замыкание-размыкание - останов.
XS1:7/8	Прямой Пуск-стоп (по уровню) или пуск (импульс)	Уровень или импульс	Параметр «Выбор режима дистанционного пуска/останова» определяет функцию при срабатывании: «По уровню»: пуск в прямом направлении при замыкании, останов при размыкании; «По импульсу»: замыкание-размыкание — пуск.
XS2:1/2 и XS2:3/4	Аварийный стоп	Нормально-разомкнутый импульсный сигнал	При замыкании размыкается вводной выключатель (равнозначен нажатию кнопки «Аварийный стоп»).
XS2:5/6	Синхронизация с сетью	Нормально-разомкнутый импульсный сигнал	Активно при выборе параметра «синхронизация с сетью» - «разрешена». При замыкании, выходная частота ПЧ синхронизируется с частотой сети.
XS2:7/8	Сброс	Нормально-разомкнутый импульсный сигнал	При замыкании сбрасывается состояние «Авария ПЧ» (равнозначен нажатию кнопки «Сброс»).
XS3:1/2	Возбудитель в работе	Нормально-разомкнутый сигнал уровня	Сигнал работы системы возбуждения синхронных двигателей.
XS3:3/4	Возбудитель готов	Нормально-разомкнутый сигнал уровня	Сигнал готовности системы возбуждения синхронных двигателей.
XS3:5/6	Резерв	Нормально-разомкнутый импульсный сигнал	Сигнал неисправности системы жидкостного охлаждения.
XS3:7/8	Резерв	Нормально-разомкнутый импульсный сигнал	Сигнал об утечке в системе жидкостного охлаждения.
XS4:1/2	Резерв 1	Нормально-разомкнутый сигнал уровня	Активно если параметры «ПИД-регулятор» - «Запрещён», «Режим задания ПЧ» — «Дискретно». При замыкании происходит выбор предустановленных частот.
XS4:3/4	Резерв 2		
XS4:5/6	Резерв 3		
XS4:7/8	Авария возбудителя	Нормально-разомкнутый импульсный сигнал	Сигнал неисправности в системе возбуждения синхронных двигателей.

Сигналы «Разрешение ВН (высокого напряжения)» и «Отключить ВН» должны быть подключены к вводному выключателю преобразователя частоты или вводному контактору в шкафу автоматического байпаса.



Нормально разомкнутый контакт «Разрешение ВН» должен быть последовательно подключен к управляющей цепи замыкания вводного выключателя. При замыкании контакта «Разрешение ВН» вводной выключатель преобразователя частоты может быть замкнут для подачи высокого напряжения.



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

Сигнал «Неисправность» является предупреждением и означает наличие не критического отклонения в работе ПЧ. Является «моргающим» (0,5 с — замкнут, 0,5 с — разомкнут).

Клеммы XS7...XS12, располагаемые под платой вводов-выводов, предназначены для подключения выходных сигналов состояния и сигналов блокировки, список сигналов клемм приведен в таблице 3.4

Дискретные выходы конструктивно являются — «сухим контактом». Предназначены для подключения цепей переменного или постоянного тока напряжением от 15 до 250 В, с током не более 8 А.

Клеммы XS13 предназначены для подключения аналоговых входов, XS14 — для подключения аналоговых выходов, список сигналов и клемм приведён в таблице 3.5. Провода аналоговых сигналов должны быть экранированные.

Параметры аналоговых входов:

- Входное сопротивление - не менее 250 Ом,
- Пассивный,
- Тип сигнала — ток 4-20 мА,
- Максимальный входной ток - 30 мА,
- Максимальное входное напряжение - 24 В,
- Точность — 1,5 %.

Параметры аналоговых выходов:

- Максимальное сопротивление нагрузки - 500 Ом,
- Активный,
- Тип сигнала — ток 4-20 мА,
- Напряжение - 24 В,
- Разрешение — 0,1%
- Точность — 1,0 %.

Коммуникационный кабель RS485 интерфейса Modbus RTU для связи с верхним уровнем управления подключается к клеммам XT4:9 и 10.

Таблица 3.4 - Выходные дискретные сигналы состояния и блокировок

Номер контакта	Функция сигнала	Примечания
XS7:1/2	Отключить ВН 1	Замкнут в следующих случаях: - состояние системы управления ПЧ «Тест», - при аварии ПЧ, - при зажатой кнопке «Аварийный стоп» (грибок), - при наличии сигнала «Аварийный стоп», - при отключенной системе управления ПЧ.
XS7:3/4	Отключить ВН 2	
XS7:5/6	Разрешение ВН 1	Замкнут в следующих случаях: - состоянии системы управления ПЧ «Работа», - отсутствии аварии ПЧ, - отсутствии сигнала «Аварийный стоп».
XS7:7/8	Разрешение ВН 2	
XS8:1/2	Пуск вентилятора 1	Замыкается при необходимости запуска вентиляторов.
XS8:3/4	Пуск вентилятора 2	
XS8:5/6	В работе 1	Замкнут, когда преобразователь частоты вращает двигатель.
XS8:7/8	В работе 2	
XS9:1/2	Индикация ВН 1	Замыкается при наличии на ПЧ высокого напряжения.
XS9:3/4	Индикация ВН 2	
XS9:5/6	Неисправность 1	Прерывистый сигнал предупреждения о не критическом отклонении в работе ПЧ (0,5 с — замкнут, 0,5 с — разомкнут).
XS9:7/8	Неисправность 2	
XS10:1/2	Авария ПЧ	Замкнут при наличии аварийных сигналов.
XS10:3/4	Авария ПЧ	Разомкнут при наличии аварийных сигналов.
XS10:5/6	Пуск системы возбуждения	Замыкается при запуске системы возбуждения.
XS10:7/8	Резерв	Авария системы водяного охлаждения.
XS11:1/2	Индикация дистанционного управления	Замыкается при выборе режима дистанционного управления.
XS11:3/4	ПЧ готов	Замыкается при готовности ПЧ (отсутствии аварии и наличии ВН или при состоянии управления ПЧ «Тест»).
XS11:5/6	Синхронизация выполнена	Формируется при синхронизации с сетью (фазы напряжения сети и выхода ПЧ совпали с допустимым отклонением фаз и амплитуды).
XS11:7/8	Сигнализация открытой двери	Замыкается при открытой двери шкафов ПЧ.
XS12:1/2	Сигнализация перегрева силовой ячейки	Замыкается при перегреве в шкафу силовых ячеек.
XS12:3/4	Сигнализация перегрева трансформатора	Замыкается при перегреве трансформатора.
XS12:5/6	Сигнализация отказа вентилятора	Замыкается при отказе вентилятора.
XS12:7/8	Резерв	Резерв

Таблица 3.5 - Аналоговые сигналы

Номер контакта	Функция сигнала	Тип сигнала	Примечания
XS13:1/2	Аналоговая уставка обратной связи	Аналоговый вход, ток (4-20 мА)	Соответствие задается в параметрах «Макс. ток входа обратной связи» и «Мин. ток входа обратной связи».
XS13:3/4	Аналоговая уставка задания	Аналоговый вход, ток (4-20 мА)	Соответствие задается в параметрах «Макс. ток аналог входа» и «Мин. ток аналог входа».
XS13:5/6	Ток системы возбуждения	Аналоговый вход, ток (4-20 мА)	Обратная связь по току возбуждения.
XS13:7/8	Резерв	Аналоговый вход, ток (4-20 мА)	Резерв
XS14:1/2	Частота вращения	Аналоговый выход, ток (4-20 мА)	4 мА соответствует 0, а 20 мА - максимальная частота (Гц).
XS14:3/4	Выходной ток	Аналоговый выход, ток (4-20 мА)	4 мА соответствует 0, а 20 мА – 150 % $I_{ном\ ПЧ}$ (А).
XS14:5/6	Пользовательский 1	Аналоговый выход, ток (4-20 мА)	В параметрах «Аналоговый выход 1 и 2» в панели управления можно выбрать следующие аналоговые сигналы для вывода: - «Выходная частота», где 4 мА соотв. 0, а 20 мА - макс. частота (Гц); - «Выходной ток», где 4 мА соотв. 0, а 20 мА – 150 % $I_{ном\ ПЧ}$ (А); - «Температура шкафа силовых ячеек», где 4 мА соотв. 0, а 20 мА – 100°C; - «Выходной коэффициент мощности», где 4 мА соотв. 0, а 20 мА – 1; - «Выходная мощность», где 4 мА соотв. 0, а 20 мА – 150 % номинальной выходной мощности; - «Ток возбуждения», где 4 мА соотв. 0, а 20 мА – $I_{ном\ возб.}$ (А).
XS14:7/8	Пользовательский 2	Аналоговый выход, ток (4-20 мА)	

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 «Веда МК» 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 «Веда МК» для проведения ШМ и ПНР
4	Выполнена прокладка, маркировка и «прозвонка» кабелей. Проведены высоковольтные испытания силовых кабелей выше 1000В. Предоставить протоколы на проведенные испытания.	До вызова специалистов ООО «Веда МК» 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 «Веда МК» 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 «Веда МК» 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 «Веда МК»
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 «Веда МК»

№	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 «Веда МК»
10	В помещении ПЧ имеется розетка 220В для подключения дополнительного оборудования.	До начала производства работ по ПНР специалистами ООО «Веда МК»
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 «Веда МК»
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 ПЧ. Сроки приезда специалистов электролаборатории должны совпадать со сроками проведения ПНР (Указать дату прибытия специалистов электролаборатории).	До начала производства работ по ПНР специалистами ООО «Веда МК»
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 «Веда МК»

Примечание:

1. Несоблюдение пунктов, отмеченных * (звездочкой), может повлечь снятие оборудования с гарантии.
2. Высоковольтные испытания преобразователя частоты выполняются заказчиком или эксплуатирующей организацией в присутствии представителей ООО «Веда МК».

4.2 Последовательность пусконаладочных работ

Пусконаладочные работы должны проводиться поэтапно, согласно следующей последовательности:

- Высоковольтные испытания силового трансформатора, высоковольтной коммутации и реактора (при наличии);
- Проверка силовых ячеек;
- Общие предпусковые проверки (внешний осмотр);
- Проверка системы управления (цепей низкого напряжения);
- Проверка функционирования высоковольтной коммутации (при наличии);
- 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;
- Установить компоненты системы управления, демонтируемые для транспортировки: панель управления, источник бесперебойного питания и т.д.;
- Обеспечить наличие трёхфазного питания 380В (с нейтралью) для питания преобразователя частоты;
- Проложить все необходимые кабели управления (обязательно от преобразователя частоты до вводной высоковольтной ячейки);
- Выполнить внешний осмотр преобразователя частоты и 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 руководстве по пусконаладке (доступно только авторизованным специалистам по оборудованию VEDADRIVE).

Результаты пусконаладочных работ подтверждаются актом ввода в эксплуатацию.

4.3 Высоковольтные испытания преобразователя частоты

Высоковольтные испытания преобразователя частоты должны проводиться в присутствии представителей ООО «Веда МК» заказчиком или эксплуатирующей организацией. Испытаниям подвергается силовой трансформатор, реактор (опция) и высоковольтная коммутация (опция). Перед началом испытания все оборудование должно быть заземлено.

При испытании проводятся измерение сопротивления изоляции обмоток и проверка электрической прочности изоляции.

Подготовительные работы.

Перед проведением испытаний трансформатора необходимо провести следующие действия:

- Отсоединить силовые кабели от выводов первичной, вторичной и вспомогательной обмоток трансформатора;
- Отсоединить от клемм платы измерения температуры все термодатчики;
- Отсоединить ОПН (при наличии);
- Отсоединить датчик входного напряжения;
- Объединить все вторичные обмотки перемычками;
- Объединить вспомогательную обмотку перемычками;
- Отсоединить все низковольтные разъёмные соединения в шкафу трансформатора (межшкафные и вентилятора);
- Извлечь термодатчики из трансформатора.

Перед проведением испытаний реактора необходимо провести следующие действия:

- Отсоединить силовые кабели от обмоток реактора;
- Отсоединить от клемм платы измерения температуры все проводники и разъёмы (вывод на термодатчики);
- Отсоединить все низковольтные разъёмные соединения в шкафу реактора (межшкафные и вентилятора при его наличии);
- Извлечь термодатчики из реактора.

Перед проведением испытаний высоковольтной коммутации необходимо провести следующие действия:

- Отсоединить все силовые кабели;
- Отсоединить ОПН (при наличии);
- Отсоединить датчики наличия силового напряжения.

Измерение сопротивления изоляции.

Перед проведением высоковольтных испытаний трансформатора, реактора (опция) и высоковольтной коммутации (опция) необходимо измерить сопротивление изоляции в соответствии со следующими параметрами:

- измерительное напряжение должно составлять не менее 1 кВ;
- значения сопротивлений изоляции для обмоток напряжением до 1 кВ должны быть не менее 100 МОм, а для обмоток с номинальным напряжением 6 кВ и более, а также высоковольтной коммутации - не менее 500 МОм (в соответствии с испытаниями завода-изготовителя).

Измерения сопротивления изоляции трансформатора проводятся в соответствии с таблицей 4.2. Измерения сопротивления изоляции реактора проводятся между обмотками и корпусом.

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	

Испытания на электрическую прочность изоляции.

Испытания электрической прочности изоляции трансформатора проводятся в соответствии с таблицей 4.3. Продолжительность приложения испытательного напряжения — 1 минута.

Реактор (опция) и высоковольтная коммутация (опция) испытывается относительно корпуса переменным напряжением 24 кВ (для ПЧ на 10 кВ) или 17 кВ (для ПЧ на 6 кВ) в течении 1 минуты.

Таблица 4.3 - Испытания электрической прочности изоляции трансформатора

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

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

4.4 Проверка силовых ячеек

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

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

Силовые ячейки не допускается хранить при температуре окружающего воздуха менее 0°C.

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. 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 12 - 24В.
- Подключить оптический кабель к соответствующим разъемам силовой ячейки.
- К выходным шинам L1 и L2 силовой ячейки подключить осциллограф.
- На HMI-панели в окне «Настройка параметров» установить режим «тест», и местный режим управления.
- На HMI-панели нажать на «ПУСК». На экране осциллографа должен наблюдаться двухполярный ШИМ-сигнал с амплитудой равной 24В (см. рис. 4.1).

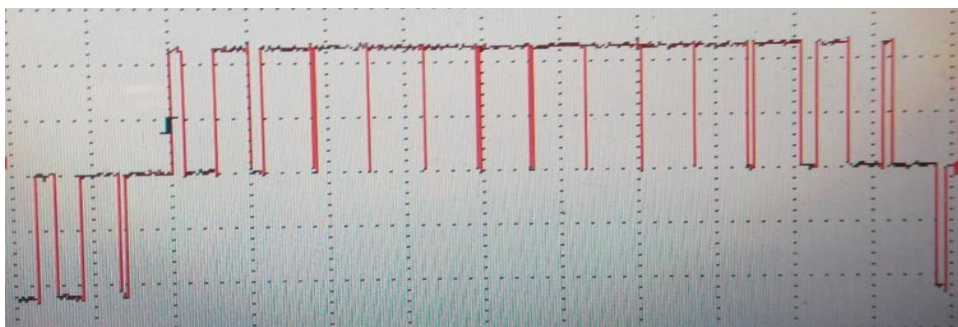


Рис. 4.1 - ШИМ-сигнал на выходе силовой ячейки.



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 (7-9 Н•м).

4.5 Общие предпусковые проверки

Перед проведением электрических испытаний проведите полный внешний осмотр. Убедитесь в отсутствии повреждений шкафов, HMI-панели и т.д.

Спецификации оборудования

Убедитесь, что преобразователь частоты подходит под применение. Проверьте соответствие данных с паспортных табличек преобразователя частоты, двигателя и механизма, соединённого с двигателем, высоковольтной коммутации.

Вспомогательное оборудование

- Проверьте цепи питания 380 В: автоматические выключатели, сечение проводников и другой коммутационной аппаратуры (при наличии); они должны соответствовать нагрузке.
- Проверьте установку и функционирование датчиков, используемых для подачи сигналов обратной связи на преобразователь частоты (при наличии).
- Убедитесь в работоспособности источника питания цепей управления, в т. ч. в отсутствие коротких замыканий.

Высоковольтное подключение

- Проверьте соответствие характеристик высоковольтных кабелей.
- Убедитесь, что высоковольтные кабели и цепи управления разделены или находятся в разных металлических кабель-каналах для снижения помех.
- Убедитесь, что высоковольтные кабели подключены верно (не перепутан вход и выход преобразователя частоты, а чередование фаз верное).
- Убедитесь, что наконечники высоковольтных кабелей надёжно прикручены к шинкам и клеммам.
- Убедитесь, что экраны высоковольтных кабелей заземлены.

Кабели управления

- Убедитесь в том, что проложен кабель управления между преобразователем частоты и вводной высоковольтной ячейкой преобразователя частоты.
- Рекомендуется использовать экранированный кабель с витой парой. Убедитесь в правильной заделке экрана кабеля и качестве его заземления.
- Убедитесь в надежности соединений и отсутствии повреждений.

Вводные высоковольтные коммутационные аппараты

- Необходимо использовать только подходящую вводную автоматическую коммутацию, убедитесь, что релейная защита выставлена верно.
- Убедитесь, что вся коммутация находится в разомкнутом положении.

Заземление

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

Окружающие условия в помещении, где установлен преобразователь частоты

- Проверьте, что влажность воздуха составляет 5 – 95 % без конденсации.
- Убедитесь, что температура воздуха находится в диапазоне +1 ... 40 °С.
- 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 преобразователь частоты установлен правильно, на стальное основание или в соответствии с конструкторской документацией.
- Преобразователь частоты должен устанавливаться на удалении от источников чрезмерной вибрации и нагрева.

Расположение шкафов преобразователя частоты

- Все шкафы преобразователя частоты должны размещаться на одном уровне, вплотную друг к другу, и быть скреплены между собой болтовыми соединениями.
- Проверьте правильность взаимного расположения шкафов трансформатора, силовых ячеек (слева направо при стандартном исполнении). При наличии большого количества шкафов последовательность расположения определяется его конкретным чертежом общего вида.
- Проверьте допуски по размещению: места должно быть достаточно для замены силовых ячеек.

4.6 Проверка системы управления и высоковольтной коммутации

При проверке системы управления необходимо:

- Проверить правильность подключения к преобразователю частоты переменного трехфазного напряжения 380 В от внешнего источника (чередование фаз – только прямое);
- Проверить подключение и управление высоковольтным выключателем (ПЧ не должен находиться в тестовом режиме);
- Проверить прохождение сигналов управления от внешней системы управления;
- Проверить правильное направление вращения вентиляторов преобразователя частоты (для чего в окне «Настройка параметров» параметр «Управление вентилятором» перевести в значение «Пуск»);
- Проверить функционирование преобразователя частоты без высокого напряжения в тестовом режиме (для чего в окне «Настройка параметров» параметр «Режим ПЧ» перевести в значение «Тест»);
- Выставить номинальные параметры двигателя, перевести значение параметра «Режим ПЧ» в «Рабочий».

Если ИБП не включается, снимите его крышку и подключите контакт к аккумуляторной батарее.

При наличии высоковольтной коммутации необходимо:

- Проверить правильность подключения напряжения 220 В;
- Включить, нажав кнопку «Power» (Сеть), индикатор наличия высокого напряжения;
- Проверить исправность и функционирование электромагнитных замков;
- Проверить подключение и прохождение сигналов управления и состояния высоковольтной коммутации;
- Выполнить не менее пяти циклов включения – отключения коммутации.

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. **Внимание: не допустимо подавать высокое напряжение в тестовом режиме работы ПЧ.**
- Отключите питание 380 В от внешнего источника, проконтролируйте безаварийный переход на питание от вспомогательной обмотки силового трансформатора.
- Проверить правильное направление вращения вентиляторов преобразователя частоты.
- Подключите питание 380 В от внешнего источника, проконтролируйте безаварийный переход.
- Оставьте преобразователь частоты под высоким напряжением на 15 минут.
- Выставить частоту 5 Гц и произвести кратковременный запуск двигателя. Убедиться в правильности направления вращения двигателя.

- Запустить преобразователь частоты на 30-50 Гц на период не менее 4х часов (при работе на холостом ходу при частоте около 50 Гц возможно срабатывание защиты «перенапряжение» в звене постоянного тока одной из силовых ячеек, что не является признаком неисправности преобразователя частоты).

4.8 Проверка работы под нагрузкой

Порядок проведения тестирования:

- Соединить рабочий механизм с валом двигателя (если был отсоединён).
- 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.
- Выставить 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 применить и настроить режим пропуска резонансных частот.
- Остановить двигатель.
- Установить номинальную частоту, запустить двигатель.
- При наличии системы синхронизации с сетью проконтролировать переход на шунтирующую (байпасную) высоковольтную ячейку и обратно.
- Остановить двигатель.
- Установить настройки согласно требованиям применения: режим управления (местное, дистанционное дискретное, по цифровому каналу), источник задания (местный, аналоговый, дискретное, по цифровому каналу), 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 ПИД-регуляторов.
- После окончательной настройки ПЧ должен проработать под нагрузкой в течение 24 часов.

5. Интерфейс пользователя

5.1 Панель управления

Панель управления оснащена сенсорным экраном, с интерфейсом на русском языке. Предназначена для вывода информации о состоянии преобразователя частоты, для настройки его функций, ввода команд и значений параметров.

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

На правой стороне интерфейса панели управления отображается меню функциональных окон:

- Окно мониторинга;
- Графики процессов;
- Настройка параметров;
- Журнал событий;
- Прочие настройки;
- Состояние силовых ячеек.

При нажатии на кнопку функционального окна «Настройка параметров» появляется окно авторизации, определяющий уровень доступа к параметрам преобразователя частоты. Используется уровни доступа: «Оператор» и «Инженер». После успешной авторизации происходит переход в выбранное функциональное окно.

Уровень доступа «Оператор» позволяет только просматривать параметры, а «Инженер» - менять все параметры. Если преобразователь частоты в работе - изменение параметров заблокировано.

5.2 Окно мониторинга

Окно мониторинга (см. рис. 5.1) поделено на три поля: состояния, данных, команд.

В поле состояния отображаются текущие режимы работы элементов системы и их состояние. Панель управления имеет следующую индикацию:

- «ВН» — становится красного цвета при подаче высокого напряжения на преобразователь частоты.
- «Готовность ПЧ» — становится зелёного цвета при переходе преобразователя частоты в режим ожидания (при этом нет аварий, силовое напряжение подано, емкости в силовых ячейках заряжены, преобразователь частоты не в работе).
- «Работа» — становится зелёного цвета, когда преобразователь частоты управляет двигателем.
- «Авария!» — мигает красным цветом при возникновении предупреждающего сигнала (несущественная неисправность), становится красного цвета при аварийном сигнале (существенная неисправность).

При возникновении предупреждающего сигнала в нижней части экрана отобразится желтая полоса с предупреждением; при возникновении аварийного сигнала — отобразится красная полоса с описанием ошибки.

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 -120 Гц до 120 Гц.



Рис. 5.1 - Окно мониторинга при местном режиме управления

В поле команд расположены три кнопки: «Пуск», «Стоп» 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).

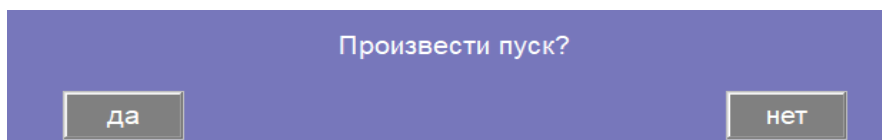


Рис. 5.2 - Подтверждение/отказ пуска двигателя в режиме местного управления

При управлении по цифровому каналу управления (от АСУ верхнего уровня) и дистанционном управлении кнопки «Пуск», «Стоп» и «Сброс» становятся неактивными.

Внимание: для осуществления пуска задание должно быть отличным от 0!

5.3 Окно графиков процесса

Графики процесса (см. рис. 5.3) отображают кривые изменения выходных параметров частота, ток и напряжение во времени.

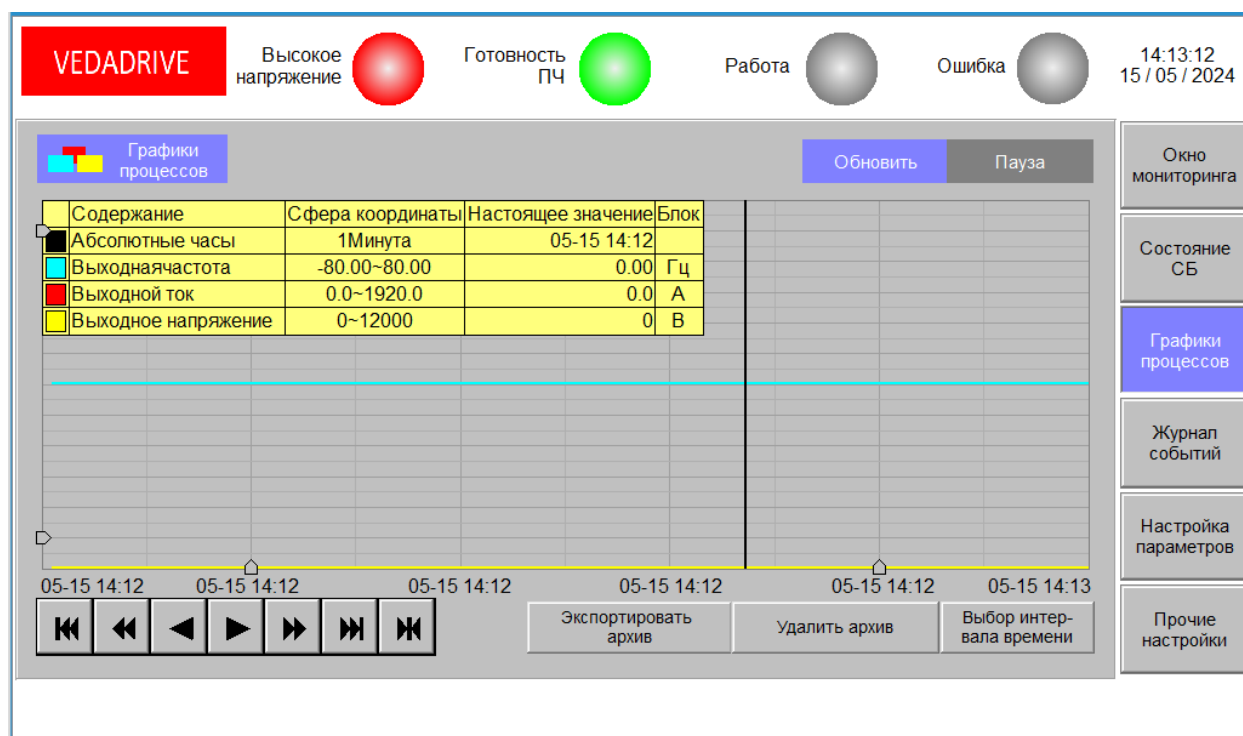


Рис. 5.3 - Окно графиков процесса

При необходимости сохранить графики на длительный срок, необходимо использовать функцию экспорта данных на USB. Для сохранения данных на USB установите USB-накопитель (обычная «флешка» с файловой системой FAT32 и объёмом не более 16 Гб) в USB порт HMI панели и нажмите кнопку «Экспортировать архив». Сохранённые графики можно просмотреть в Microsoft Excel. Архив графиков можно стереть вручную, для этого следует нажать кнопку «Удалить архив», и ввести пароль в появившемся окне авторизации.

При выборе любой точки на графиках появится желтая таблица с данными, привязанными ко времени.

Для остановки процесса отображения графиков (для их просмотра и фотофиксации) нажмите кнопку «Пауза» над графиками, для продолжения отображения – «Обновить».

Для навигации по графикам используйте кнопки со стрелочками в левом нижнем углу экрана.

Для настройки отображения графиков нажмите кнопку «Выбор интервала времени» и откроется окно настроек отображения графиков.

Для возврата в окно «Графики процессов» нажмите кнопку с крестиком в правом верхнем углу экрана.

5.4 Окно настройки параметров

Параметры расположены на нескольких страницах и сгруппированы следующим образом (см. рис. 5.4):

- Базовые функции (параметры вводятся при проведении пусконаладочных работ согласно технологическому процессу);
- Функции ПЧ (параметры вводятся на заводе изготовителе согласно конструкции преобразователя частоты и соответствуют его паспортной табличке);
- Параметры ЭД (параметры вводятся при проведении пусконаладочных работ согласно паспортной табличке электродвигателя);
- Векторное управление ЭД (параметры определяются при проведении пусконаладочных работ);
- Функция пуска и останова ЭД;
- Параметры аналоговых входов;
- Параметры аналоговых выходов;
- Дискретные входы – выходы;
- ПИД-регулятор;
- Настройки сигнализации;
- Параметры связи (DSC).

Для доступа к окну настройки параметров необходимо ввести пароль. Пароль **оператора** (только просмотр параметров) по умолчанию **123456**, пароль инженера (для изменения параметров) по умолчанию **300048**.

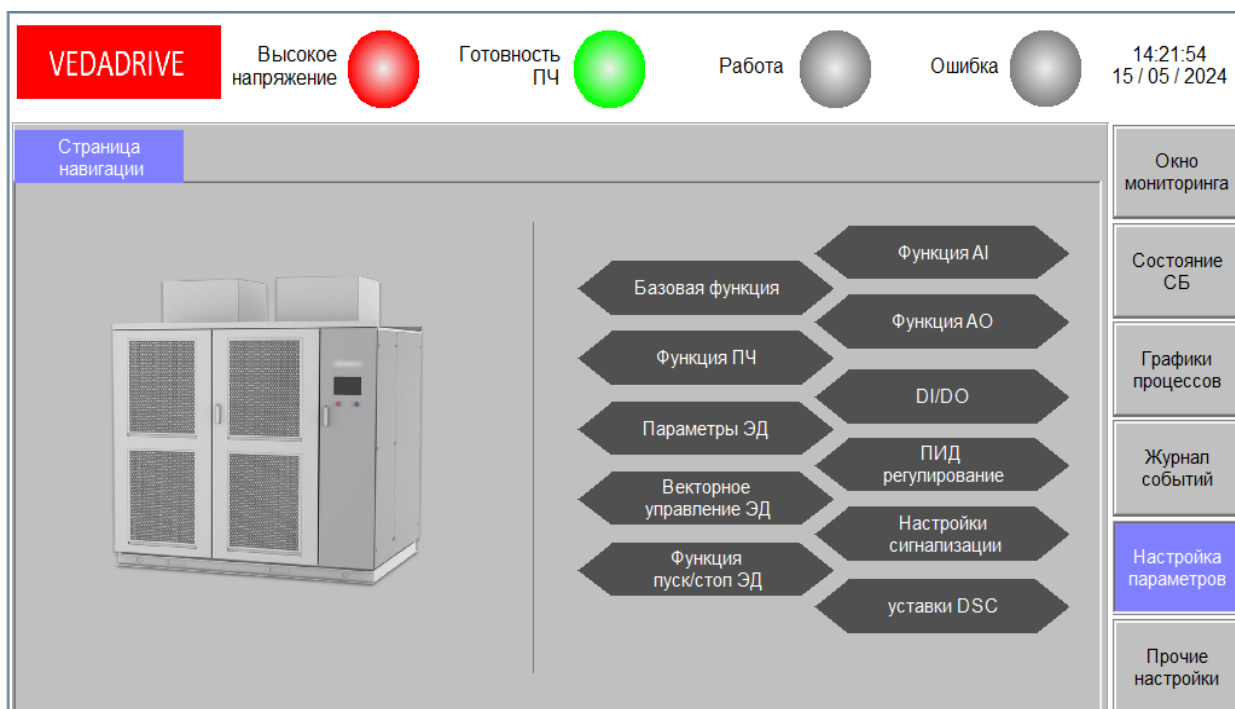


Рис. 5.4 - Окно меню настройки параметров

На странице «**Базовые функции**» (см. рис. 5.5) существует возможность возврата к заводским настройкам. Для этого необходимо выбрать «Восстановить заводские настройки — Разрешено», а затем нажать кнопку «↺», после чего появится окно подтверждения возврата к заводским настройкам (рис. 5.6). После его подтверждения все параметры преобразователя частоты возвращаются к параметрам по умолчанию.

Внимание: перед возвратом в заводские настройки, зафиксируйте все уставки, включая параметры предзаряда и управления возбудителем (при наличии).

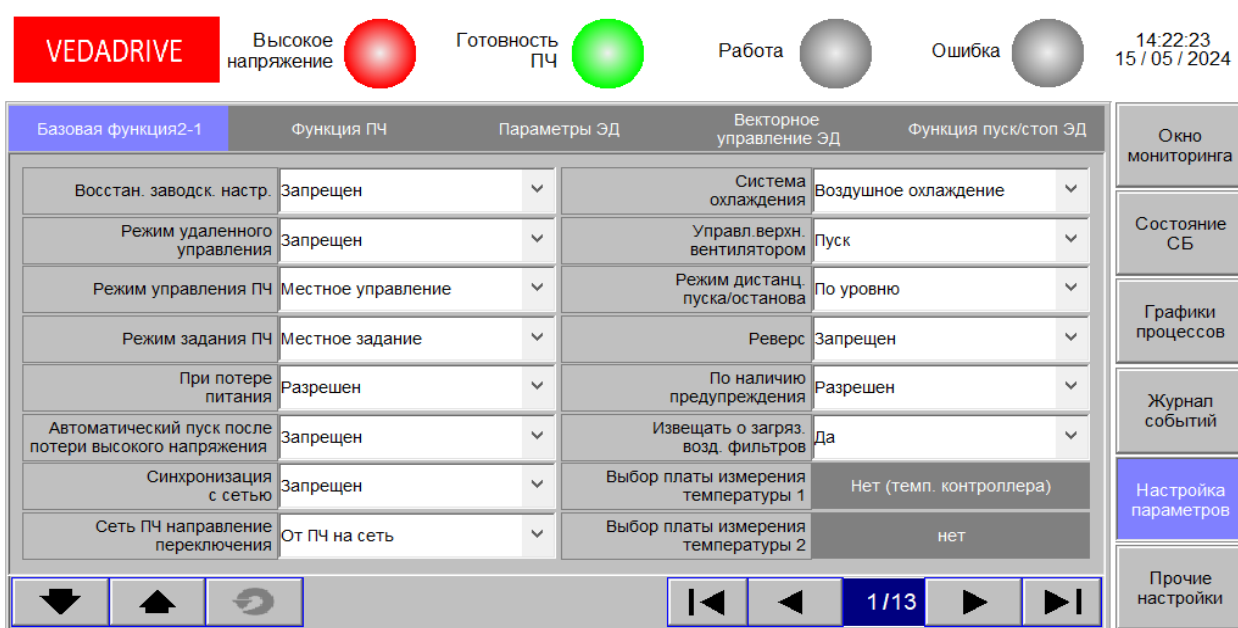


Рис. 5.5 - Окно меню настройки базовых функций



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

Кнопки «↗» (Сохранить) и «↘» (Загрузить) предназначены для обмена данными между панелью управления и платой управления. При нажатии кнопки «Сохранить», происходит сохранение текущих настроек в плате управления, при нажатии «Загрузить» — восстановление настроек из памяти платы управления. По результатам действий «Сохранить» и «Загрузить» появляется соответствующее сообщение (см. рис. 5.7).

После любого изменения уставок сохраните внесённые изменения прежде, чем покинуть страницу! Если в течение 10 минут не происходит никаких действий оператора, автоматический возвращается окно мониторинга. Изменения, внесённые до этого, не сохраняются.

Изменение параметров при работе ПЧ - недоступно (исключение: настройки источников задания управления)!



Рис. 5.7 - Отображаемые результаты загрузки и сохранения параметров

Таблица 5.1 – Параметры

№	Название параметра	Описание	Значение	Значение по умолчанию
1	Номинальное напряжение ПЧ	Параметры с паспортной таблички ПЧ (выставлены на заводе-изготовителе ПЧ)	380...13800 В	10000
2	Номинальный ток ПЧ		20,0...6000,0 А	54,0
3	Максимальная частота	Максимально возможная частота на выходе ПЧ, при работе с регулированием частоты	5,00...120,00 Гц	50,00
4	Минимальная частота	Минимально возможная частота на выходе ПЧ, при работе с регулированием частоты	0,00...120,00 Гц	0,00
5	Количество СБ в фазе	Определяется конструкцией ПЧ (выставлен на заводе-изготовителе ПЧ)	2...12	8
6	Количество байпасируемых СБ		0...3	0
7	Несущая частота	скорость, с которой переключаются выходные транзисторы в силовых ячейках	100...2000	300
8	Коэффициент входного тока	Коэффициент трансформатора тока на входе ПЧ (формат X:5, выставлены на заводе-изготовителе)	100...2000	200
9	Коэфф. фильтрации аналогового зад.	Сглаживание аналогового сигнала (для исключения скачкообразных изменений)	0...1,00 Гц	0,01
10	Готовность ВН	Значение высокого напряжения, при котором формируется сигнал готовности к пуску	50...100 %	75
11	Предел ограничения по току	Коэффициент ограничения выходного тока ПЧ	10...200 %	110
12	Полоса пропускания при подавлении колебаний	Параметры для подавления колебаний скорости, возникающих за счет колебаний выходного тока	0,00...5,00 Гц	0,10
13	Коэффициент подавления колебаний		0,00...5,00	0,10
14	Диапазон подавления колебаний		0,00...120,00 Гц	20,00
15	Отклонение частоты ведомого	Параметры управления ведомого устройства	0,00...5,00 Гц	0,10
16	Пропорциональный коэффициент ведомого		0,00...80,00	0,01
17	Интегральный коэффициент ведомого		0,001...5,000 Гц	1,000
18	Угол синхронизации	Максимальный разрешённый электрический угол переключения с ПЧ на сеть и с сети на ПЧ. Рекомендуется выставить данный параметр не более 3,0 °	-90,0...9,0°	2,0
19	Разность частоты при синхронизации	Максимальная разрешённая разность частот при переключении с ПЧ на сеть и с сети на ПЧ	0,0...5,0 Гц	1,0
20	Лимит времени синхронизации	Время ожидания переключения с ПЧ на сеть и сети на ПЧ. После истечения времени ожидания, если не произошло переключения формируется состояние ошибки	0,0...1000,0 с	10,0
21	Время работы при провале ВН	Время, в течение которого, при краткой пропаже ВН, ПЧ продолжит работу	0...1000 мс	10
22	Пропорциональный коэффициент работы при провале ВН	Коэффициент замедления ЭД при краткой пропаже ВН	0...100,00	1
23	Интегральный коэффициент работы при провале ВН	Порог замедления ЭД при краткой пропаже ВН	800...1200	950

№	Название параметра	Описание	Значение	Значение по умолчанию
24	Восстановление заводских настроек	Если параметр включить, то происходит активация кнопки сброса к заводским настройкам	Запрещен/ Разрешен	Запрещен
25	Дистанционное управление	Для переключения в дискретный режим управления, когда с меню HMI-панели выставлено местное управление	Запрещен/ Разрешен	Запрещен
26	Режим управления ПЧ	Местное: управление от сенсорной панели ПЧ. По цифровому каналу: управление от верхнего уровня по цифровому интерфейсному каналу. Дискретное: управление по дискретным входам.	Местное По цифровому каналу Дискретное	Местное
27	Режим задания ПЧ	Местное: от сенсорной панели управления ПЧ. Аналоговое: от аналоговых входов. Сигнал может быть токовый (4-20 мА) или опционально напряжение (0-10 В). Дискретное: задание формируется согласно дискретным входам. Если ни один дискретный сигнал не замкнут, то выходная частота будет минимальной. Работа возможна только в разомкнутом контуре. По цифровому каналу: управление от верхнего уровня по цифровому интерфейсному каналу.	Местное Аналоговое Дискретное По цифровому каналу	Местное
28	Потеря ВН	Если выставить этот параметр в состояние: « Стоп выбегом », при пропадании высокого напряжения ПЧ (в течении времени заданной параметром « Время ожидания ВН »), не уходит в аварийное состояние. « Авария » ПЧ сразу выключает вводную ячейку и переходит в состояние «Авария ПЧ»	Стоп выбегом / Авария	Стоп выбегом
29	АПВ	Когда параметр разрешён, при пропаже и последующем восстановлении ВН (в течении времени заданной параметром « Время ожидания ВН ») происходит автоматический перезапуск ПЧ. Необходимо выставить также параметр « Режим пуска » - « Пуск с подхватом »	Запрещен / Разрешен	Разрешен
27	Синхронизация с сетью	Используется при необходимости перевода ЭД на сеть и обратно. ПЧ должен быть оснащен шкафом реактором и выходной коммутацией.	Запрещен / Разрешен	Запрещена
28	Сеть – ПЧ направление переключения	Определяет работу выходной коммутации при отсутствии шкафа управления коммутацией	От ПЧ на сеть / От Сети на ПЧ	От ПЧ на сеть
29	Система охлаждения	Тип системы охлаждения ПЧ	Воздушная / Водяная	Воздушная
30	Управление вентилятором	«Пуск» - принудительный запуск вентиляторов, «Авто» - вентиляторы запускаются автоматический	Авто / Пуск	Авто
31	Режим дистанционного пуска/останова	По импульсу: старт при подаче импульсного сигнала на плату ввода-вывода - XS1:7; стоп - XS1:5. По уровню: старт высокий уровень, стоп - низкий при подаче сигнала на плату ввода-вывода - XS1:7.	По импульсу / По уровню	По уровню

№	Название параметра	Описание	Значение	Значение по умолчанию
32	Реверс	Запрещен / разрешен реверс двигателя. При активации данной функции возможно задание отрицательной частоты для осуществления вращения в противоположную сторону (при активации данной функции не происходит вращения двигателя в противоположную сторону без задания отрицательной частоты).	Запрещен/ Разрешен	Запрещен
33	По наличию предупреждения	Только сигнализация: при возникновении не критической ошибки ПЧ продолжает работать. Блокировка ВН: при возникновении не критической ошибки ПЧ продолжает работать, но подача ВН заблокирована до устранения неисправности	Только Сигнализация / Блокировка ВН	Только сигнализация
34	Извещать о загрязнении воздушных фильтров	Если выбрать ДА , то с периодичностью (сутки) указанной в параметре « Период обслуживания фильтров », будет появляться сообщение о необходимости обслужить воздушные фильтры. Для квитирования предупреждения необходимо выставить «нет», после снова «да»	НЕТ / ДА	НЕТ
35	Дискретное задание 1	Для задания скорости посредством дискретных входов, где 100% — это параметр « Максимальная частота »	0,0...100,0 %	12.5
36	Дискретное задание 2			25.0
37	Дискретное задание 3			37.5
38	Дискретное задание 4			50.0
39	Дискретное задание 5			62.5
40	Дискретное задание 6			75.0
41	Дискретное задание 7			87.5
42	Дискретное задание 8			100.0
43	Пропуск частоты 1 (начало)	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
44	Пропуск частоты 1 (конец)			
45	Пропуск частоты 2 (начало)			
46	Пропуск частоты 2 (конец)			
47	Коэффициент входного напряжения	Для корректировки отображаемого входного напряжения при его отличии от реального	50...200	100
48	Время ожидания ВН	Время, в течение 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
49	Время охлаждения	Время после останова ПЧ, в течение которого не отключаются вентиляторы	0...30 мин	0
50	Период обслуживания фильтров	Период времени, через которое будет появляться сообщение о необходимости обслуживания воздушных фильтров (является предупреждением)	15...34464 суток	15
51	Режим ПЧ	Режим «Тест» - используется для опробования ПЧ без ВН	Тест / Работа	Работа

№	Название параметра	Описание	Значение	Значение по умолчанию
52	Режим ведущий-ведомый	Используется при работе от двух до четырёх ПЧ на одну нагрузку	Запрещен/Разрешен	Запрещён
53	Ведущий или ведомый		Ведущий/Ведомый	Ведущий
54	Режим останова	Возможные режимы останова двигателя при поступлении команды «СТОП»	Плавно/Выбегом	Выбегом
55	Работа при провале ВН	При кратковременной пропаже ВН ПЧ продолжит работу, за счёт запасённой в конденсаторах звена постоянного тока энергии	Запрещен/Разрешен	Запрещён
56	Подавление колебаний	Компенсация искажений в скорости при малых скоростях и токах нагрузки	Запрещен/Разрешен	Запрещён
57	Байпас СБ	Запрет или разрешение (при наличии) байпасирования силовых блоков при их аварии	Запрещен/Разрешен	Запрещён
58	Тип СБ	Без байпаса – силовые блоки ПЧ без байпаса; С мех. байпасом – силовые блоки ПЧ оснащены контакторным байпасом; С IGBT байпасом – силовые блоки ПЧ оснащены байпасом полупроводниковым байпасом. Параметр выставлен на заводе-изготовителе ПЧ.	Без байпаса С IGBT байпасом С мех. байпасом	Без байпаса
59	Группа параметров ЭД	Используется при управлении несколькими ЭД с разными параметрами от одного ПЧ (система «мультистарт»). Выбор группы параметров возможен только по цифровому интерфейсу	ЭД 1 ЭД 2 ЭД 3 ЭД 4	ЭД 1
60	Управление ведущий-ведомый	Выбирается, какой выходной параметр будет поддерживаться в системе ведущий-ведомый	Баланс мощности / Контроль скорости	Баланс мощности
61	Функция перевозбуждения	Предназначен для предупреждения срабатывания защиты по перенапряжению в звене постоянного тока силовых ячеек.	Запрещен/Разрешен	Запрещён
62	Приращение перевозбуждения	Для определения параметров осуществляется торможение, визуально по экрану ПЧ фиксируется повышение напряжения в звене постоянного тока силовой ячейки. Постепенно повышая значение, достигают отсутствия срабатывания защит (выполнять совместно со следующим пунктом)	0...30 %;	0
63	Частота перевозбуждения	Для определения параметра осуществляется торможение, визуально по экрану ПЧ фиксируется повышение напряжения в звене постоянного тока силовой ячейки. Частота, при которой начало повышаться напряжение указывается в значении данного параметра	1...30 Гц	30
64	Номинальная частота ЭД	Указывается в технической документации на ЭД или на его паспортной табличке (параметры необходимо задать при проведении наладочных работ)	5,00...120,00 Гц	50,00
65	Номинальное напряжение ЭД		380...13800 В	10000
66	Номинальный ток ЭД		1,0...6000,0 А	54,0
67	Номинальная скорость ЭД		0...60000 об/мин	1500
68	Номинальная мощность ЭД		0...60000 кВт	500

№	Название параметра	Описание	Значение	Значение по умолчанию
69	Ток холостого хода	Обычно выставляется около 25 % от номинального тока ЭД или согласно его паспортным данным. Возможно автоматическое определение при проведении автонастройки.	0,0...100,0 %	25,0
70	Момент инерции	Указывается в технической документации на ЭД. Применяется только в векторном режиме. Возможно автоматическое определение при проведении автонастройки.	0...65535 кг•м ²	30,0
71	Индуктивность рассеяния	Указывается в технической документации на ЭД. Применяется только в векторном режиме. Возможно автоматическое определение при проведении автонастройки.	0,01...100,00 %	0
72	Сопротивление статора			0,1
73	Постоянная времени ротора			0
74	Номинальный ток возбуждения	Только для синхронного ЭД. Указывается в технической документации на ЭД или на его паспортной табличке (параметр необходимо задать при проведении наладочных работ)	0,0...1000,0 А	0,0
75	Индуктивность магнитной оси d СД	Только для синхронного ЭД. Указывается в технической документации на ЭД. Применяется в векторном режиме. Возможно автоматическое определение при проведении автонастройки	0,01...50,00 %	0
76	Индуктивность магнитной оси q СД			
77	Постоянная противоЭДС		0,01...100,00 %	0
78	Начальная позиция ротора	Только для синхронного электродвигателя с энкодером. Применяется в векторном режиме. Возможно автоматическое определение при проведении автонастройки	0...65535	8192
79	Тип ЭД	Задаётся тип ЭД	Асинхронный Синхронный Синхронный с постоянными магнитами	Асинхронный
80	Пропорциональный коэффициент 1 РС	Параметры ПИ-регулятора контура скорости (рекомендуемые значения выставлены на заводе-изготовителе ПЧ)	0,00...10,00	0,40
81	Интегральный коэффициент 1 РС		0,01...10,00 с	0.20
82	Частота переключения 1 РС		0...120 Гц	5
83	Пропорциональный коэффициент 1 РС		0,00...10,00	0,20
84	Интегральный коэффициент 1 РС		0,01...10,00 с	0,40
85	Частота переключения 1 РС		0...120 Гц	20
86	Время фильтрации РС		0,000...2,000 с	0
87	Компенсация скольжения		0,0...250,0%	50,0%

№	Название параметра	Описание	Значение	Значение по умолчанию
88	Пропорциональный коэффициент РТ	Параметры ПИ-регулятора контура тока, для большинства применений дифференциальный коэффициент равен 0 (рекомендуемые значения выставлены на заводе-изготовителе ПЧ)	0,00...30,00	0,65
89	Интегральный коэффициент РТ		0,01...80,00 мс	0,50
90	Дифференциальный коэффициент РТ		0,000...2,000с	0,000
91	Пропорциональный коэффициент магнитного поток	Параметры ПИ-регулятора магнитного потока (рекомендуемые значения выставлены на заводе-изготовителе ПЧ)	0,00...30,00	0,65
92	Интегральный коэффициент магнитного поток		0,01...80,00 мс	0,50
93	Время фильтрации магнитного поток		0,000...2,000 с	0,000
94	Ограничение крутящего момента	Ограничение статического электромагнитного момента в двигательном режиме работы (100 % соответствует номинальному крутящему моменту ЭД)	0,0...150,0 %	100,0
95	Ограничение момента торможения	Ограничение электромагнитного момента при торможении (100 % соответствует номинальному крутящему моменту ЭД)	0,0...150,0 %	100,0
96	Начальный сегмент S-кривой	Задание формы S-образной кривой при пуске и торможении	0,0...40,0 %	30,0
97	Начальный сегмент S-кривой		0,0...40,0 %	30,0
98	Время разгона	Время разгона от 0 до номинальной частоты ЭД. Не устанавливать слишком малое, т.к. это может привести к перегрузке ПЧ по току!	5,0...6000,0 с	30,0
99	Время торможения	Время торможения от номинальной частоты ЭД до 0	5,0...6000,0 с	50,0
100	Стартовая частота	Частота, которую ПЧ выдает сразу при пуске	0,00...10,00 Гц	0,10
101	Время задержки пуска	Время задержки после поступления команды «Пуск» и запуска ПЧ	0,0...50,0 с	2,0
102	Число импульсов энкодера	Число импульсов энкодера на один оборот двигателя (применяется только в векторном режиме для двигателя с энкодером)	0...65535	8192
103	Компенсация позиции ротора	Для компенсации отклонений в установке энкодера (применяется только в векторном режиме для двигателя с энкодером)	-100...100	0
104	Время подхвата	Время задержки исполнения команды «Пуск» для определения текущей скорости	2...20 с	6
105	Верхний предел приращения момента	Момент при пуске	0,00...100,00 %	0,00
106	Кривая разгона/торможения	Определяет кривую разгона и торможения	Линейная 2ух режимная S-образная	Линейная
107	Направление ЭД	Определяет направление вращения ЭД	Прямое Обратное Реверсивное	Прямое

№	Название параметра	Описание	Значение	Значение по умолчанию
108	Режим пуска	Стандартный – стандартный режим пуска; С подхватом – при запуске ПЧ отслеживает частоту вращения двигателя и запускает его с текущей частоты; Поддержание момента – при пуске поддерживается заданный момент; Позиционирование ротора – перед пуском определяется нулевая точка ротора; Определение статических параметров и Определение динамических параметров предназначен для определения параметров двигателя при «автонастройке», когда используется векторный режим управления	Стандартный С подхватом Поддержание момента Позиц. ротора Определение статических параметров Определение динамических параметров	Стандартный
109	Режим управления	Определяет режим управления ЭД	V/f Асинхронный векторный бездатчиковый Асинхронный векторный с энкодером Синхронный векторный бездатчиковый Синхронный векторный с энкодером	V/f
110	Направление вращения энкодера	Определяет направление вращения	Прямое/ Обратное	Прямое
111	Аналоговый вход 1	Задаётся назначение аналоговых входов: температура – температура с датчиков температуры в шкафах ПЧ (стандартно не используется); Ток возбуждения – обратная связь с возбудителя при работе с синхронным ЭД; Задание – задание частоты вращения или поддержания параметра работы при работе с ПИД-регулятором техпроцесса; ОС – обратная связь при работе с ПИД-регулятором техпроцесса	Температура Ток возбуждения Задание ОС	Температура
112	Аналоговый вход 2			Ток возбуждения
113	Аналоговый вход 3			Задание
114	Аналоговый вход 4			ОС
115	Коэффициент фильтра аналогового входа 1	Сглаживание аналогового сигнала (считается, что сигнал не должен содержать скачкообразных изменений)	0,000...10,000 с	0,100
116	Коэффициент фильтра аналогового входа 2			
117	Коэффициент фильтра аналогового входа 3			
118	Коэффициент фильтра аналогового входа 4			

№	Название параметра	Описание	Значение	Значение по умолчанию
119	Нижний предел аналогового входа 1	Калибровка аналоговых входов	0,00...20,00 мА	4,00
120	Нижний предел аналогового входа 2			
123	Нижний предел аналогового входа 3			
124	Нижний предел аналогового входа 4			
125	Верхний предел аналогового входа 1		0,00...20,00 мА	20,00
126	Верхний предел аналогового входа 2			
127	Верхний предел аналогового входа 3			
128	Верхний предел аналогового входа 4			
129	Задание нижнего предела аналогового входа 1		0,0...100,0 %	0,0
130	Задание нижнего предела аналогового входа 2			
131	Задание нижнего предела аналогового входа 3			
132	Задание нижнего предела аналогового входа 4			
133	Задание верхнего предела аналогового входа 1		0,0...100,0 %	100,0
134	Задание верхнего предела аналогового входа 2			
135	Задание верхнего предела аналогового входа 3			
136	Задание верхнего предела аналогового входа 4			
137	Потеря задания	Действие ПЧ при обрыве аналогового сигнала задания: Останов выбегом - ПЧ останавливается выбегом; Частота до потери - поддерживается последнее значение; Мин. частота - заданная частота вращения равна уставке заданной параметром «Минимальная частота»	Останов выбегом Частота до потери Мин. частота	Частота до потери

№	Название параметра	Описание	Значение	Значение по умолчанию
138	Аналоговый выход 1	Задаётся значение аналоговых выходов	Выходная частота	Выходная частота
139	Аналоговый выход 2		Выходной ток Температура шкафа силовых ячеек Ток возбуждения	Выходной ток
140	Аналоговый выход 3		Выходная мощность Выходной коэффициент мощности Выходное напряжение	Резерв
141	Аналоговый выход 4		Входная мощность Входной коэффициент мощности Выходной ток Входное напряжение	Резерв
142	Коэффициент смещения нуля аналогового выхода 1	Калибровка аналоговых выходов	0,00...4,00 мА	0
143	Коэффициент смещения нуля аналогового выхода 2			
144	Коэффициент смещения нуля аналогового выхода 3			
145	Коэффициент смещения нуля аналогового выхода 4			
146	Приращение аналогового выхода 1		0,0...150,0 %	100,0
147	Приращение аналогового выхода 2			
148	Приращение аналогового выхода 3			
149	Приращение аналогового выхода 4			

№	Название параметра	Описание	Значение	Значение по умолчанию
150	Дискретный вход 17	Настройки дискретных входов	Пуск	Сброс
			Стоп	
			Стоп выбегом	
151	Дискретный вход 18		Дистанционное управление	Отключение ВН
			Сброс	
			Аварийный стоп	
152	Дискретный вход 19		Синхронизация	Резерв
			Авария вентилятора	
			Вентиляторы в работе	
153	Дискретный вход 20	Настройки дискретных входов	Двери шкафа СБ открыты	Резерв
			Двери шкафа трансформатора открыты	
			Перегреве трансформатора (предупреждение)	
154	Дискретный вход 21		Перегрев трансформатора (отключение)	Резерв
			Отключение ВН	
			ВН подано	
155	Дискретный вход 22		Авария системы жидкостного охлаждения	Резерв
			Утечка в системе жидкостного охлаждения	
156	Дискретный вход 23		Выбор скорость 1	Резерв
			Выбор скорость 2	
			Выбор скорость 3	
157	Дискретный вход 24	Настройки дискретных входов	Возбудитель готов	Резерв
			Возбудитель в работе	
			Авария возбудителя	

№	Название параметра	Описание	Значение	Значение по умолчанию
158	Дискретный выход 13	Настройки дискретных выходов	Индикация ВН Авария ПЧ В работе Разрешение ВН (отключить ВН)	Перегрев ПЧ
159	Дискретный выход 14		Пуск вентиляторов Индикация дистанционного управления	Перегрев Трансформатора
160	Дискретный выход 15		Двери ПЧ открыты Перегрев ПЧ Авария вентиляторов	Авария вентиляторов
161	Дискретный выход 16		Перегрев трансформатора ПЧ готов Синхронизация выполнена Пуск возбуждителя	Резерв
162	ПИД-регулятор	При управлении по ПИД-регулятору можно подключить обратную связь для регулирования частоты вращения в зависимости от контролируемого параметра техпроцесса (например давления, расхода, температуры и т. д.)	Запрещен/ Разрешен	Запрещен
163	Потеря задания	Действие ПЧ при обрыве аналогового сигнала: Частота до потери - поддерживается последнее значение; Мин. частота - заданная частота вращения равна уставке заданной параметром « Минимальная частота »	Частота до потери	Частота до потери
164	Потеря ОС		Мин. частота	
165	Канал задания ПИД	Местное : от сенсорной панели управления ПЧ; Аналоговый : токовый сигнал (4-20 мА) от аналоговых входов; По цифровому каналу : управление от верхнего уровня по цифровому интерфейсному каналу	Местное Аналоговое По цифровому каналу	Местное

№	Название параметра	Описание	Значение	Значение по умолчанию
166	Канал ОС	Аналоговый: токовый сигнал (4-20 мА) от аналоговых входов; По цифровому каналу: управление от верхнего уровня по цифровому интерфейсному каналу	Аналоговый По цифровому каналу	Аналоговый
167	Направление отклонения ПИД	Тип обратной связи: прямая или обратная	Прямое/ Обратное	Прямое
168	Период выборки ПИД	Период выборки ПИД	0,01...100,00 с	0,05
169	Значение потери задания ПИД	Значение сигнала задания ПИД при котором ПЧ формирует состояния обрыва задания ПИД	0,0...100,0 %	0,0
170	Значение потери ОС ПИД	Значение сигнала ОС ПИД при котором ПЧ формирует состояния обрыва ОС ПИД	0,0...100,0 %	0,0
171	Тайм-аут потери задания ПИД	Тайм-аут сигнала задания ПИД при котором ПЧ формирует состояния обрыва задания ПИД	0,00...100,00 с	0,10
172	Тайм-аут потери ОС ПИД	Тайм-аут сигнала ОС ПИД при котором ПЧ формирует состояния обрыва ОС ПИД	0,00...100,00 с	0,10
173	Пропорциональный коэффициент ПИД	Пропорциональный коэффициент усиления ошибки (чем он больше, тем больше корректирующее воздействие)	0,00...100,00 с	1,00
174	Интегральный коэффициент ПИД	Интенсивность интегральной регулировки (чем он больше, тем устойчивей работа регулятора)	0,01...10,00 с	10,00
175	Дифференциальный коэффициент ПИД	Темп изменения отклонения регулируемой величины (для большинства применений этот параметр можно принять равным 0)	0,000...2,000 с	0,000
176	Предел отклонения ПИД	Допустимый предел отклонения ПИД управления	0,00...100,00 %	0,00
177	Ограничение выхода ПИД	Ограничение выходного сигнала ПИД-регулятора	0,00...100,00 %	10,00
178	Температура пуска вентиляторов	Температура, при которой запускаются вентиляторы на крыше ПЧ	0,0...100,0 °C	50,0
179	Температура останова вентиляторов	Температура, при которой останавливаются вентиляторы на крыше ПЧ	0,0...100,0 °C	45,0
180	Предупреждение при перегреве трансформатора	Температура обмоток трансформатора, при которой формируется сигнал «Предупреждение»	0,0...100,0 °C	80,0
181	Отключение при перегреве трансформатора	Температура обмоток трансформатора, при которой ПЧ отключается, и формируется сигнал «Авария ПЧ»	0,0...150,0 °C	130,0
181	Предупреждение при перегреве шкафа силовых ячеек	Температура внутри шкафа силовых ячеек, при которой формируется сигнал «Предупреждение»	0,0...100,0 °C	55,0
183	Отключение при перегреве шкафа силовых ячеек	Температура внутри шкафа силовых ячеек, при которой ПЧ отключается, и формируется сигнал «Авария ПЧ»	0,0...100,0 °C	60,0
184	Сброс сигнализации о перегреве в шкафу силовых ячеек	Температура внутри шкафа силовых ячеек, при которой снимается сигнал «Предупреждение»	0,0...100,0 °C	53,0
185	Время превышения температуры в шкафу силовых ячеек	Время задержки срабатывания защиты по перегреву шкафа силовых ячеек	0...1000 с	80

№	Название параметра	Описание	Значение	Значение по умолчанию
186	Порог дисбаланса входного тока	Калибровка защиты от дисбаланса тока и напряжения на входе и выходе ПЧ	0-отключено 5,0...100,0 %	0
187	Порог дисбаланса выходного тока		0-отключено 5,0...100,0 %	0
188	Порог дисбаланса входного напряжения		0-отключено 5,0...100,0 %	0
189	Порог дисбаланса выходного напряжения		0-отключено 5,0...100,0 %	0
190	При открытии дверей	Действие ПЧ при открытии дверей: предупреждение – только сигнализация, отключение – формирования состояния «Авария ПЧ» и отключение ВН	Предупреждение Отключение	Отключение
191	Защита от потери фазы на входе	Активация защиты от потери фазы на входе	Запрещен/ Разрешен	Запрещен
192	Защита от потери фазы на выходе	Активация защиты от потери фазы на выходе	Запрещен/ Разрешен	Запрещен
193	Категория DSC	Параметр определяет порядок взаимодействия с АСУТП по цифровому интерфейсу: Пользователь – выполняется приём и передача данных; Отладка – только передача данных	Пользователь/ Отладка	Пользователь
194	Протокол связи	Выбор протокола для управления ПЧ (Profibus или Profinet выбирать только если ПЧ оснащен данной дополнительной опцией)	Modbus Profibus Profinet	Modbus
195	Адрес ПЧ	Адрес ПЧ в сети с верхним уровнем, 0 – широковещательный адрес	0...247	1
196	Скорость передачи данных	Скорость обмена данными по цифровому интерфейсному каналу с верхним уровнем (в бодах)	2400 /4800 / 9600 /19200 / 38400/115200	9600
197	Тайм-аут связи	Время переживания связи, в течении которого не будет формироваться состояние тревоги	0,1...100,0 с	1,0
198	При потере связи	Действие ПЧ при обрыве связи с АСУТП верхнего уровня по цифровому интерфейсу	Предупреждение и стоп выбегом Предупреждение и работа	Предупреждение и стоп выбегом

Примечание: время останова от заданной частоты до нуля, при выбранном режиме останова с замедлением, может быть дольше заданной, ввиду того что при торможении происходит повышение напряжения в звене постоянного тока, для предотвращения срабатывания соответствующей защиты преобразователь частоты затягивает время торможения.

5.5 Журнал событий

Журнал событий (см. рис. 5.8) отображает записи обо всех событиях (пуск или стоп) и авариях, возникавших при эксплуатации преобразователя частоты. Каждая запись содержит указание о времени возникновения события и значениях основных величин в момент возникновения события.

При необходимости журнал событий можно сохранить на USB-накопитель. Для чего установите USB-накопитель (обычная «флешка» с файловой системой FAT32 и объёмом не более 16 Гб) в USB порт HMI панели и нажмите кнопку «Сохранить журнал на USB». Сохранённый журнал можно просмотреть в Microsoft Excel. Журнал событий можно стереть вручную, для этого следует нажать кнопку «Удалить журнал», и ввести пароль в появившемся окне авторизации.

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.

VEDADRIVE		Высокое напряжение 	Готовность ПЧ 	Работа 	Ошибка 	14:17:21 15/05/2024
N	Время	событий	f вых(Гц)			
1	2024-05-15 14:14:24	Выполнение местной команды стоп-E	0.00			
2	2024-05-15 14:10:54	Выполнение местной команды стоп-E	13.18			
3	2024-05-15 14:10:54	Выполнение местной команды стоп-E	13.18			
4	2024-05-15 14:10:30	Местное управление пуск-E	0.00			
5	2024-05-15 14:10:30	Местное управление пуск-E	0.00			
6	2024-05-15 14:09:54	Местно останов на выбеге-E	0.00			
7	2024-05-15 14:09:54	Выполнение местной команды стоп-E	11.31			
8	2024-05-15 14:09:34	Местное управление пуск-E	0.00			
9	2024-05-15 14:09:34	Выполнение местной команды пуск -E	0.00			
10	2024-05-15 14:05:05	Местно останов на выбеге-E	50.00			
11	2024-05-15 14:05:05	Местно останов на выбеге-E	50.00			

Окно мониторинга

Состояние СБ

Графики процессов

Журнал событий

Настройка параметров

Прочие настройки

Сохранить журнал на USB

Удалить данные журнала

Выбор интервала времени

Рис. 5.8 - Окно журнала событий

5.6 Прочие настройки

В окне прочих настроек расположены следующие разделы: настройки пользователя, версия ПО, время работы, возбудитель, прочий контроль, прочие системы.

Для того, чтобы иметь возможность вносить изменения, необходимо предварительно войти в окно «Настройка параметров» и ввести пароль инженера.

Настройки пользователя, содержат:

- Системные параметры (см. рис. 5.9) - установка времени, настройка спящего режима HMI-панели, выбор языка интерфейса (доступны: русский, английский, китайский, немецкий, французский), перезагрузка системы;
- Смена пароля, пароли по умолчанию: **оператор – 123456, инженер – 300048**;
- Настройка оборудования – установка IP-адресов панели и других компонентов ПЧ;
- Прочая конфигурация - настройка отображения журнала событий и т.д.
- Выход (отмена доступа);
- Вход пользователя (вход под другим пользователем - инженер или оператор).

Установка времени предназначена для задания системной даты (год, месяц, день) и времени (часы, минуты, секунды). После ввода новых числовых значений даты/времени необходимо нажать кнопку «ОК» для подтверждения корректировки времени.

Настройка окна спящего режима, позволяет выбрать время ожидания. Панель управления автоматически переключается на отображение окна спящего режима через заданное время неактивности (отсутствия работы с HMI-панелью).

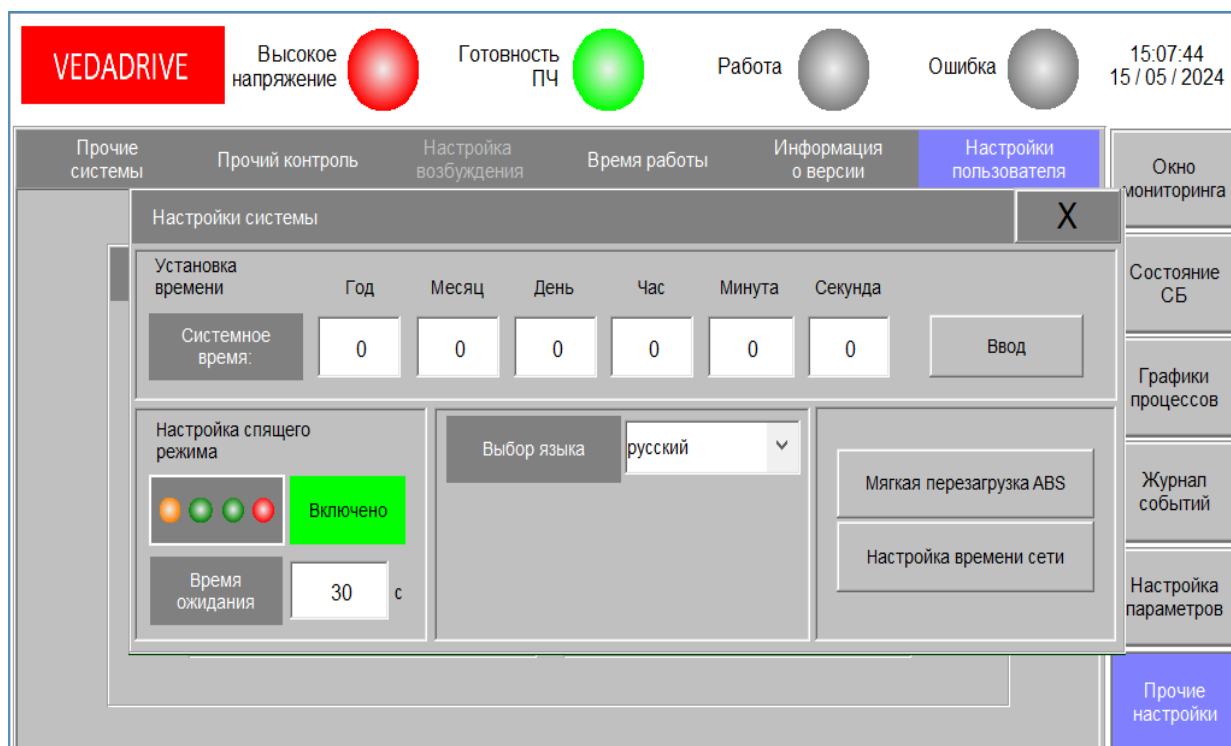


Рис. 5.9 – Системные параметры

Индикация при спящем режиме:

- «ВН» — красная индикация при подаче высокого напряжения на преобразователь частоты;
- «Готовность ПЧ» — зеленая индикация при переходе в режим ожидания команды «Пуск» преобразователем частоты;
- «Работа» — зеленая индикация при управлении двигателем;
- «Авария!» — мигающая красная индикация при возникновении предупреждения, красная индикация — при аварии преобразователя частоты;
- Отображение температуры преобразователя частоты;
- Отображение системного времени.

Также присутствует кнопка выхода из спящего режима.

Время работы содержит два пункта:

- «Время работы текущее» — время управления двигателем с момента последнего пуска и до останова.
- «Время работы суммарное» — общее время управления двигателем за весь срок службы преобразователя частоты.

В разделе **Возбудитель** находятся параметры настройки работы с возбудителем. Раздел становится доступным только если выбрать синхронный двигатель.

В разделе **Прочие системы** находятся параметры контроля жидкостного охлаждения

В разделе **Прочий контроль** можно проверить состояние дискретных и аналоговых входов-выходов.

5.7 Окно состояния силовых ячеек

На странице **Топология СБ** отображается текущее состояние каждой силовой ячейки. Если преобразователь частоты не под высоким напряжением (соответственно силовые ячейки не запитаны) ячейки будут помечены серым цветом. Если силовые ячейки запитаны (высокое напряжение подано) и исправны, то они будут помечены зелёным цветом. Если силовые ячейки оснащены байпасом, то при срабатывании байпаса, можно посмотреть по какой защите он сработал.

Нажав на соответствующую силовую ячейку, можно проверить состояние и параметры конкретной силовой ячейки.

На странице **Напряжение СБ** отображается текущее напряжение на входе силовых ячеек и в звене постоянного тока.

На странице **Температура СБ** отображается текущая температура силовых ячеек.

6. Дополнительные опции

6.1 Байпас силовой ячейки

В преобразователях частоты VEDADRIIVE применяется прогрессивный метод байпаса силовых ячеек со 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 байпасируется.

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

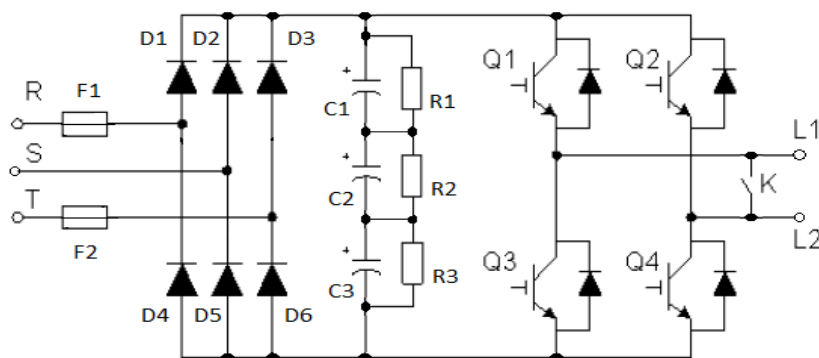


Рис. 6.1 - Схема силовой ячейки с байпасом
(K – автоматический байпас силовой ячейки)

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.

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 (г) 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.

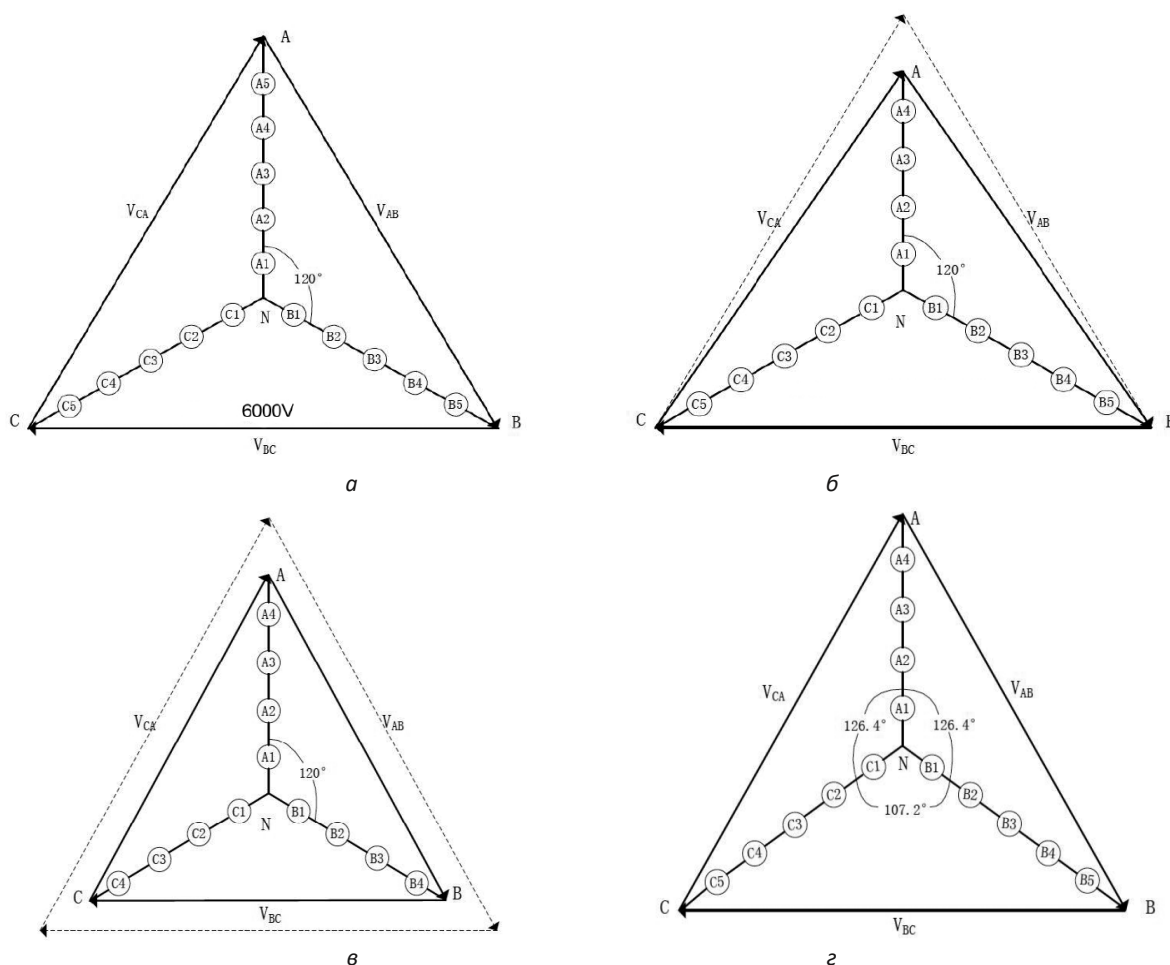


Рис. 6.2 - Диаграмма силовой части преобразователя частоты с 5 ячейками на 6 кВ
а – нормальная работа ($V_{AB} = V_{BC} = V_{CA}$)
б – разбаланс выходного напряжения, в случае байпаса ячейки A5
в – для исключения разбаланса, преобразователь частоты байпасирует также соответствующие ячейки в двух других 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 ($V_{AB} = V_{BC} = V_{CA}$)

6.2 Дополнительная коммутация преобразователя частоты

Для выбора доступны следующие варианты реализации дополнительной коммутации преобразователя частоты:

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

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. Имеется вариант байпаса на два двигателя.

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 провести 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».

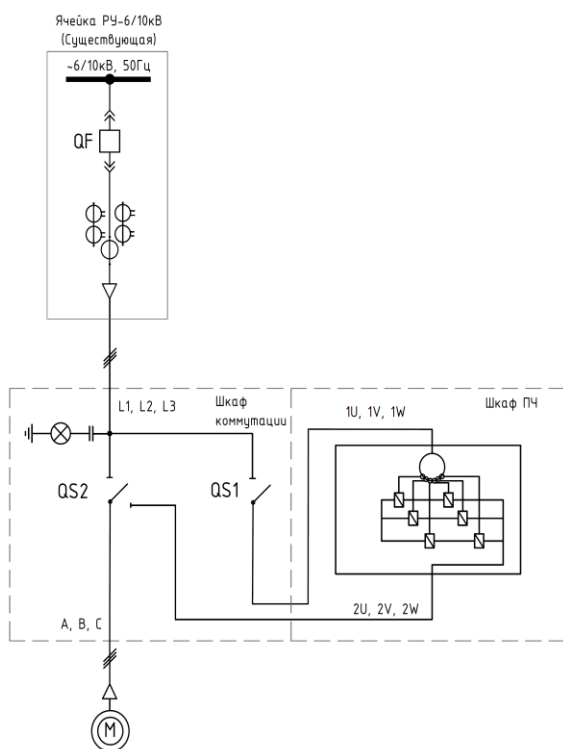


Рис. 6.3 - Схема ручного байпаса

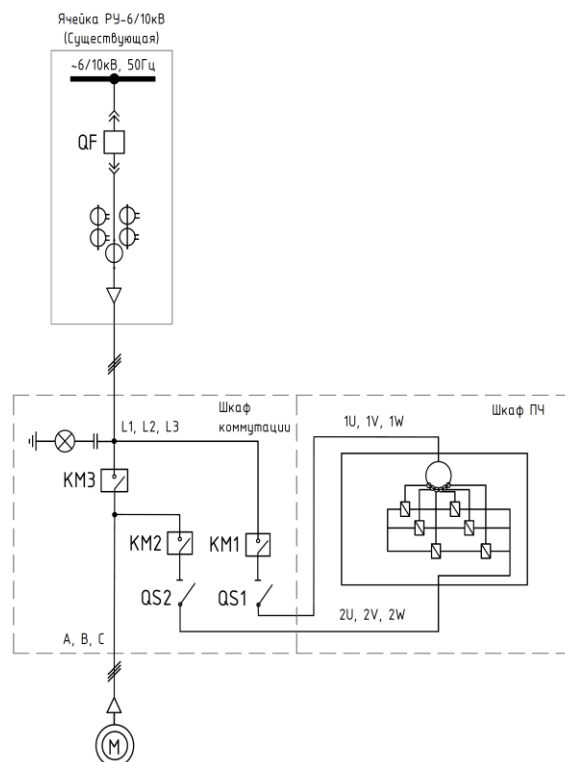


Рис. 6.4 - Схема автоматического байпаса

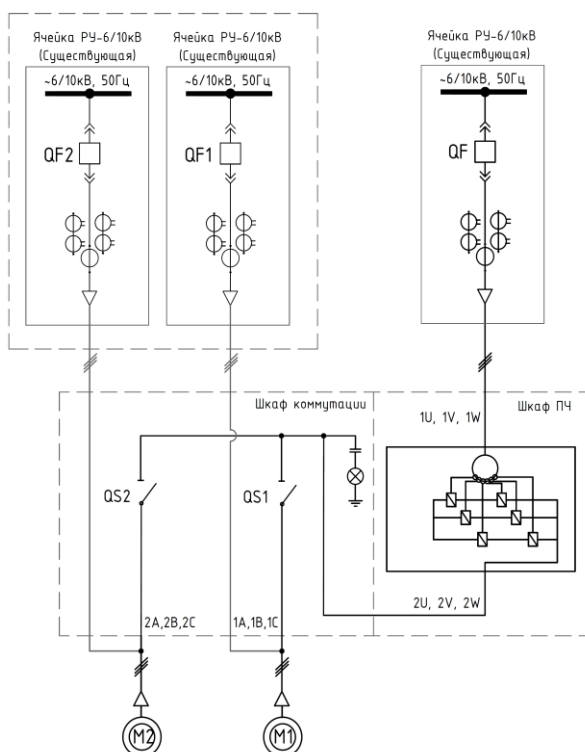


Рис. 6.5 - Схема переключения
рабочий-резервный ручной

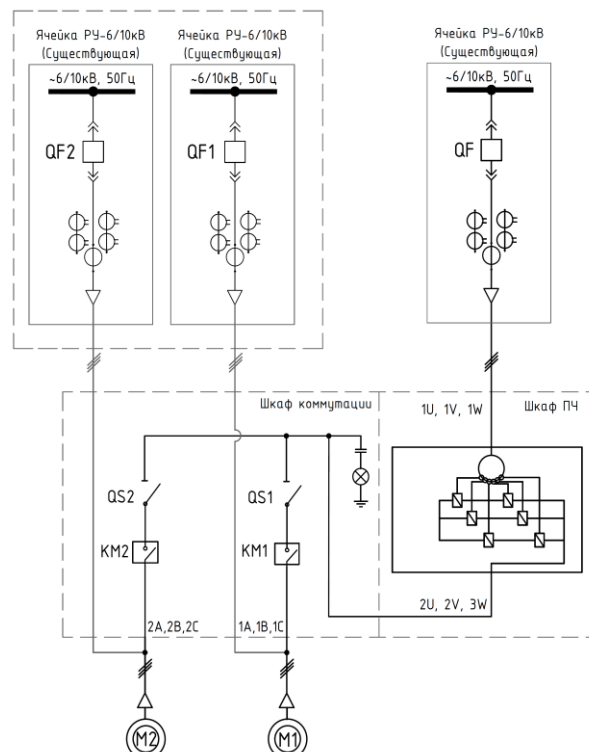


Рис. 6.6 - Схема переключения
рабочий-резервный автоматический



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.



Рис. 6.8 - Панель управления системы автоматического байпаса

Шкафы коммутации комплектуется реле наличия силового напряжения, кнопка «Power» на нем всегда должна быть включена (при этом должен светиться зеленый индикатор). Если светится еще дополнительно красный индикатор «Locked», значит двери заблокированы. Три красных индикатора «А», «В», «С» – 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). При отсутствии напряжения управления для разблокировки замка используйте прилагаемый ключ.

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.

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).

В комплект поставки (при стандартном исполнении) входят провода для высоковольтных подключений преобразователя частоты к шкафам коммутации (если они поставлялись совместно с преобразователем частоты) и реактора (при наличии), и также кабель для подключения цепей управления.

Подключение высоковольтного кабеля осуществляется в соответствии с маркировкой на силовых шинах и однолинейной схемы подключения, изображённой на табличке передней двери шкафов коммутации (при стандартном исполнении):

- 1U, 1V, 1W – силовой ввод преобразователя частоты (к силовому трансформатору);
- 2U, 2V, 2W – силовой вывод преобразователя частоты (к силовым ячейкам);
- 3U, 3V, 3W – выход реактора (при наличии);
- 1A, 1B, 1C – подключение двигателя (второй двигатель подключается к шинкам с маркировкой 2A, 2B, 2C и т.д.);
- L1, L2, L3 – подключение к вводным высоковольтным ячейкам РУ 6 или 10 кВ при наличии в шкафах коммутации дополнительной вводной коммутации (в шкафах байпаса), если присутствует два ввода к двум секциям шин, то первый обозначается как 1L1, 1L2, 1L3, второй - 2L1, 2L2, 2L3.

6.3 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 термодатчиками, измеряющим температуру внутри обмоток реактора.

Двери высоковольтного отсека шкафа реактора оснащены электромагнитными замками, которые блокируют двери шкафа при наличии высокого напряжения на вводе ПЧ. Для разблокировки двери нажмите кнопку «Open» на корпусе электромагнитного замка (при этом должен засветиться красный индикатор) и сдвиньте рычажок (по направляющей в доступную сторону). При отсутствии напряжения управления для разблокировки замка используйте прилагаемый ключ.

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.

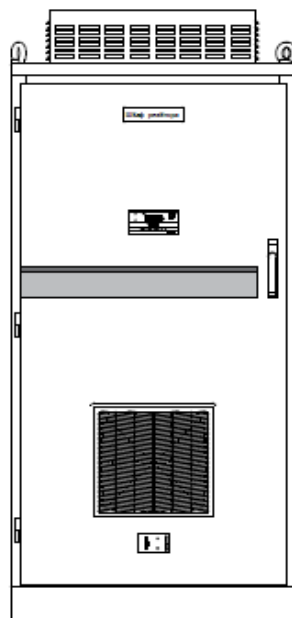


Рис. 6.9 - Внешний вид шкафа выходного реактора

6.4 Система предварительного заряда

Система предварительного заряда предназначена для плавного заряда конденсаторов силовых ячеек. Необходимо использовать систему предварительного заряда для преобразователей частоты с номинальным током от 243 А.

Система предварительного заряда устанавливается в отдельном шкафу или отсеке.

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

Для активации системы предварительного заряда необходимо включить автоматический выключатель QF7 (в секции управления) и переключатель S1 на двери шкафа поставить в положение «Предзаряд» либо подать дискретный сигнал «Пуск системы предзаряда». После запуска предзаряда, начинается плавное увеличение напряжения до 380 В на дополнительной обмотке силового трансформатора преобразователя частоты.

Напряжение 380 В держится 5 сек., после чего предзаряд прекращается. Через 2,5 сек. после окончания зарядки будет выдан дискретный сигнал «Предзаряд выполнен». В течение 2,5 сек. необходимо подать сигнал на включение. Если такого не происходит, сигнал «Предзаряд выполнен» пропадает и необходимо повторить процесс предзаряда.

Систему предварительного заряда также можно использовать для тестирования силовых ячеек, для этого необходимо:

1. Включить автоматический выключатель QF7;
2. Переключатель S1 перевести в положение «тест».

Далее начинается процесс аналогичный предзаряду, за исключением того, что 380 В будет подаваться пока не отключишь предзаряд или не нажмёшь кнопку «Аварийный стоп» на двери преобразователя частоты.

Внимание!

1. Прервать процесс предзаряда можно нажав кнопку "Аварийный стоп".
2. В шкафах преобразователя частоты при процессе предзаряда присутствует опасное для жизни напряжение. Открытые двери шкафов блокируют процесс предзаряда.
3. Во время процесса предзаряда, дисбаланс 3х фаз силового напряжения составит более 50 В и через 5 секунд предзаряд остановится, но не при режиме тестировании силовых ячеек.

6.5 Пусковой шкаф

Пусковой шкаф является стандартным внешним устройством для преобразователей частоты VEDADRIIVE с номинальным выходным током более 600 А.

Функционально он аналогичен цепи предварительного заряда. Пусковой шкаф служит для ограничения пусковых токов трансформатора и тока, протекающего через конденсаторы звена постоянного тока силовых ячеек. В мощных преобразователях частоты такие скачки тока могут вызвать срабатывание аппаратов защиты.

Однолинейная схема пускового шкафа представлена на рисунке 6.10.

Дроссели (L) пускового шкафа ограничивают ток в силовых ячейках перед пуском ПЧ, заряжая конденсаторы.

При подаче высокого напряжения контактор (KM) находится в разомкнутом состоянии. В таком режиме ток ограничивается дросселями (L). Через 1 секунду после появления высокого напряжения контактор KM замыкается. Если в течение 3 секунд после появления высокого напряжения контактор KM не замкнулся формируется сигнал на отключение высокого напряжения. При пропаже или отключении высокого напряжения через 1,5 секунд формируется сигнал на отключение контактора KM.

Пусковой шкаф также оснащён трансформаторами тока и токовыми реле для защиты от сверхтоков при процессе предзаряда.

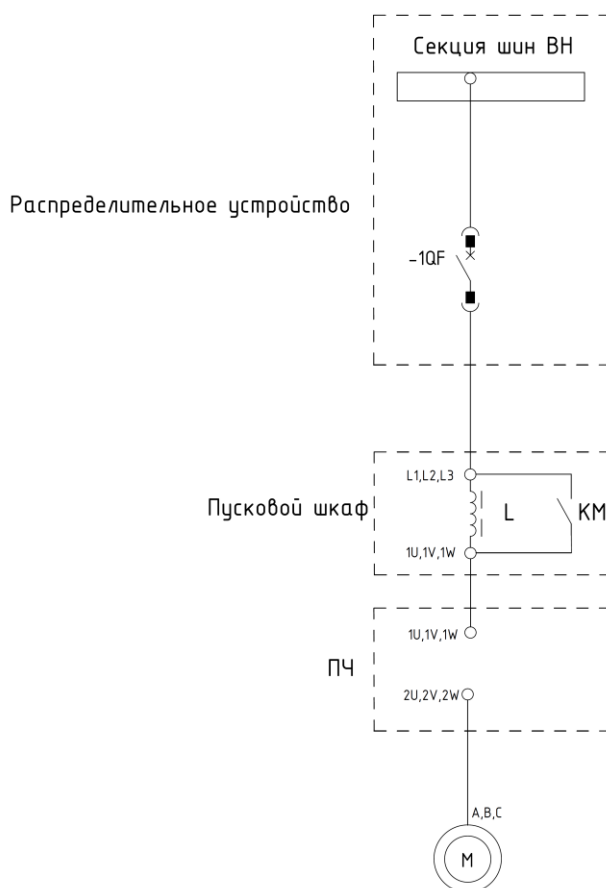


Рис. 6.10 - Однолинейная схема преобразователя частоты с пусковым шкафом

6.6 Система синхронного перевода электродвигателей на сеть

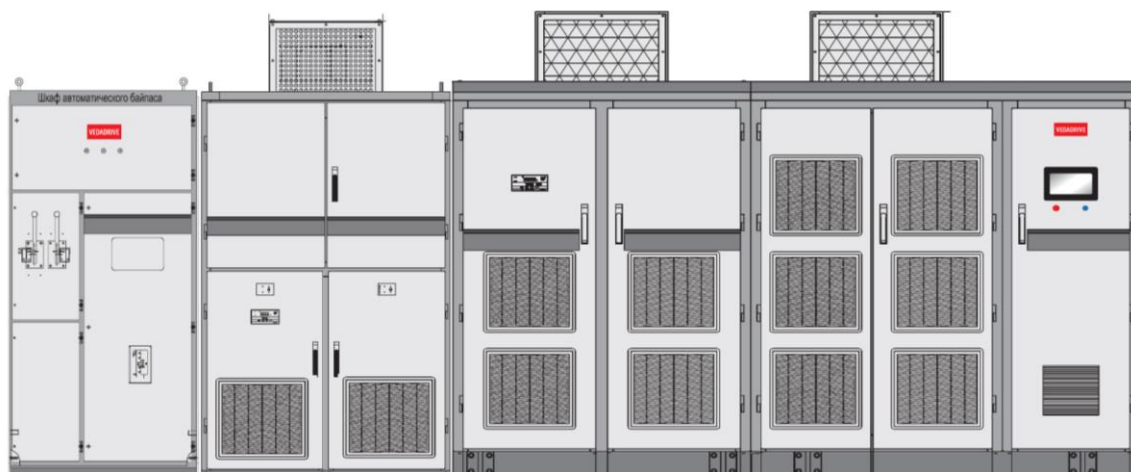
Система синхронного перевода электродвигателей на сеть (система «Мультистарт») предназначена для запуска и регулирования скорости электродвигателя (от 1 до 4 шт. – возможно увеличение количества подключаемых двигателей) от высоковольтного преобразователя частоты VEDADRIVE с последующим синхронизированным 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. 6.11, схема на рис. 6.12.

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, или коммутационные ячейки, или смонтирована в отдельном шкафу);
- Вводной высоковольтный выключатель преобразователя частоты (опционально);
- Высоковольтные ячейки для работы электродвигателей от сети (опционально);
- Высоковольтная коммутация для работы электродвигателей от преобразователя частоты VEDADRIVE.

Примечание: высоковольтные ячейки для работы электродвигателей от сети и вводной высоковольтный выключатель не входят в стандартную комплектацию системы синхронизированного переключения и при необходимости могут быть включены в поставку по запросу.



Секция коммутации Шкаф реактора Шкаф трансформатора Шкаф силовых ячеек Секция управления

Рис. 6.11 - Внешний вид ПЧ с системой синхронного перевода электродвигателей на сеть

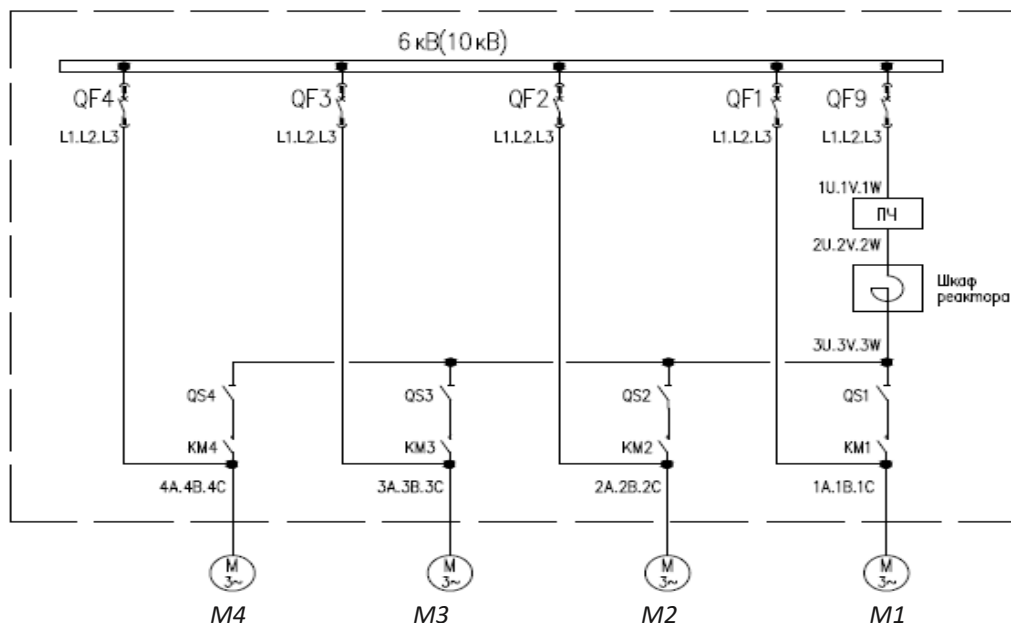


Рис. 6.12 – Однолинейная схема системы синхронного перевода электродвигателей на сеть (для четырёх электродвигателей с питанием от одной секции шин)

QS1-QS4 – высоковольтные разъединители;

KM1-KM4 - Высоковольтная коммутация для работы электродвигателей от ПЧ;

QF1-QF4 - Высоковольтные ячейки для работы электродвигателей от сети;

QF9 – Вводная высоковольтная ячейка для подключения ПЧ.

Система синхронизации с сетью оснащена сенсорной HMI-панелью, на которой присутствуют следующие функциональные окна:

- Главный экран (пример реализации на пять электродвигателей приведён на рис. 6.13), на котором приведена:
 - мнемосхема,
 - органы управления системой синхронизации с сетью,
 - индикация состояния системы синхронизации с сетью;
- Состояние сигналов (см. рис. 6.14);
- Настройка параметров (см. рис. 6.15);
- Тревога (см. рис. 6.16).

В зависимости от применения **главный экран** (см. рис. 6.13) может иметь различную конфигурацию.

На мнемосхеме в реальном времени осуществляется отображение состояние высоковольтной коммутационной аппаратуры, работа электродвигателей.

Органы управления:

- Переключатель Ручное / Автоматическое, где
 - «Ручное» - режим работы с заданием частоты вращения электродвигателя;
 - «Автоматическое» - режим «плавного пуска», при данном режиме по команде «ПУСК» преобразователь частоты автоматический разгоняется до 50 Гц синхронизируется с сетью и переключает двигатель на ячейку работы

от сети (байпасную ячейку), никаких дополнительных команд не требуется, задание частоты вращения электродвигателя не требуется.

- Переключатель ПЧ-Сеть / Сеть-ПЧ, где
 - «ПЧ-Сеть» – при команде «Переключение», преобразователь частоты синхронизируется с сетью и переключает двигатель, работающий через ПЧ на работу от сети;
 - «Сеть-ПЧ» – при команде «Переключение», преобразователь частоты синхронизируется с сетью и переключает двигатель, работающий от сети на работу от преобразователя частоты.
- Переключатель Местное/Дистанция – переключает управление либо на дистанционное (дискретное или по цифровому каналу), либо с пульта управления, установленного в преобразователь частоты.
- Переключатель «Выбор двигателя» (M1, M2, ...), отсутствует если в системе только один двигатель, осуществляет выбор двигателя, с которым будет выполнено оперирование (процессы пуска, стопа, переключение на сеть и т.д.).

При неверной комбинации органов управления команда «Переключение» будет игнорироваться.

Индикация состояния системы – на главный экран выведены наиболее важные сведения о состоянии системы: статусы работы преобразователя частоты (в работе, высокое напряжение подано и т.д.), состояние системы синхронного перехода на сеть (авария, выставленные режимы работ и т.д.).



Рис. 6.13 – Главный экран с мнемосхемой системы синхронизации с сетью

В окне **состояния сигналов** (см. рис. 6.14) отражено состояние входных дискретных сигналов системы синхронизации с сетью, по нему можно отследить состояния коммутационных ячеек, входящих в систему, состояние дискретных сигналов «ПУСК», «СТОП» по каждому из электродвигателей и т.д.



Рис. 6.14 – Окно состояния сигналов системы синхронизации с сетью

В **окне настройки параметров** (см. рис. 6.15) можно выставить уставки таймаутов реакции системы на входные дискретные сигналы. Запрещается менять данные уставки без предварительного согласования.



Рис. 6.15 – Окно настройка параметров системы синхронизации с сетью

Рекомендуемое значение параметров приведено на рис. 6.15, значение параметров:

- «Без задержки срабатывания высоковольтного выключателя» – выдержка времени в секундах, в течении которого, после останова преобразователя частоты или перевода работы двигателя с ПЧ на сеть остаётся включенным вводной высоковольтный выключатель ПЧ. Рекомендуемое значение 15 сек, при заданном значении 0 – отключение вводного высоковольтного выключателя ПЧ не происходит.

- «Таймаут после успешной блокировки фаз» – выдержка времени в секундах, до включения шунтирующего высоковольтного выключателя после успешной синхронизации выходного напряжения преобразователя частоты с сетью. Рекомендуемое значение – 5 секунд.

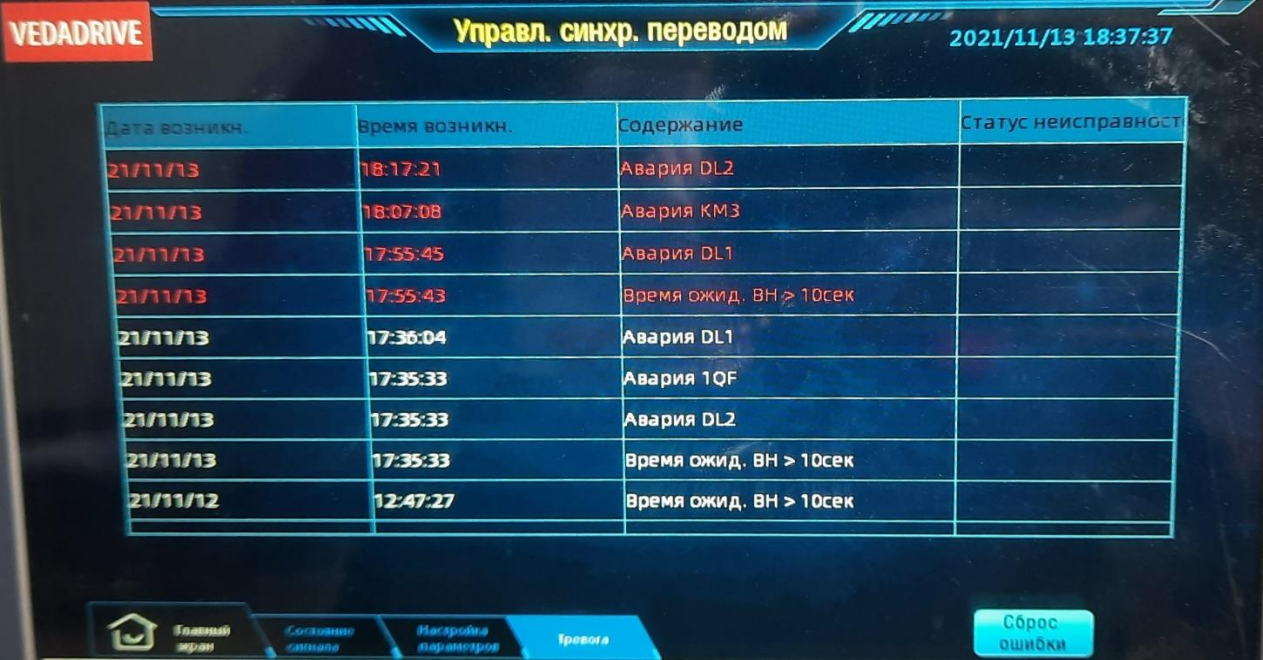
- «Таймаут отключения ПЧ при переключении ПЧ-Сеть» - время задержки на отключение выходной коммутации ПЧ при переключении ПЧ – Сеть. Рекомендуемое значение – 0 миллисекунд.

- «Таймаут подключения сети при переключении ПЧ-Сеть» - время задержки на включение байпаса при переключении ПЧ – Сеть. Рекомендуемое значение – 2 (20 миллисекунд).

- «Таймаут подключения ПЧ при переключении Сеть-ПЧ» - время задержки на включение выходной коммутации ПЧ при переключении Сеть – ПЧ. Рекомендуемое значение – 0 миллисекунд.

- «Таймаут отключения сети при переключении Сеть-ПЧ» - время задержки на отключение байпаса при переключении Сеть – ПЧ. Рекомендуемое значение – 2 (20 миллисекунд).

В окне тревог (см. рис. 6.16), приведены все аварийные состояния по системе синхронизации с сетью. На данной вкладке также размещена кнопка «Сброс».



Дата возникн.	Время возникн.	Содержание	Статус неисправности
21/11/13	18:17:21	Авария DL2	
21/11/13	18:07:08	Авария КМ3	
21/11/13	17:55:45	Авария DL1	
21/11/13	17:55:43	Время ожид. ВН > 10сек	
21/11/13	17:36:04	Авария DL1	
21/11/13	17:35:33	Авария 1QF	
21/11/13	17:35:33	Авария DL2	
21/11/13	17:35:33	Время ожид. ВН > 10сек	
21/11/12	12:47:27	Время ожид. ВН > 10сек	

Рис. 6.16 – Окно тревог системы синхронизации с сетью

Примечание: кнопка «Сброс» системы синхронизации ПЧ с сетью не сбрасывает аварии в ПЧ! Для сброса аварий в преобразователе частоты необходимо дополнительно нажать кнопку «Сброс» на двери шкафа секции управления.

Внимание! После каждого неудачного пуска, аварии преобразователя частоты или аварийного останова необходимо выполнить сброс системы (или отключить, а затем включить автоматический выключатель питания системы синхронизации с сетью)!

На шкафу системы синхронизации преобразователя частоты с сетью также может располагаться ряд электромеханических кнопок и переключателей:

- Кнопка «ПУСК» - запускает выбранный электродвигатель;
- Кнопка «СТОП» - останавливает выбранный электродвигатель (по умолчанию всегда осуществляется стоп выбегом);

- Кнопка «ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ» - выполняет синхронизацию электродвигателя с сетью и переключение его на работу от сети, или забирает двигатель от сети на работу через преобразователь частоты (в зависимости от состояния входного дискретного сигнала или переключателя «ПЧ-Сеть / Сеть-ПЧ»);
- Кнопка «Аварийный СТОП» - кнопка с фиксацией типа «грибок», отключает высокое напряжение от преобразователя частоты.



Внимание! Согласуйте все функции кнопки «Аварийный СТОП» при заказе оборудования. Выясните алгоритм функционирования кнопки «Аварийный СТОП» перед вводом оборудования в работу и доведите его до обслуживающего персонала.

При нажатии кнопки «Аварийный СТОП» (на двери системы синхронизации с сетью) происходит останов только преобразователя частоты. Другие функции, такие как останов двигателя, работающего от сети или останов всех двигателей, подключенных к системе синхронизации с сетью должны быть согласованы заранее.



Внимание! Кнопка «Аварийный СТОП» на двери шкафа секции управления (рядом с кнопкой «Сброс» - не та, что на системе синхронизации с сетью) отключает только преобразователь частоты, электродвигатели, подключенные к сети, остаются в работе.

При работе с системой синхронизации с сетью необходимо:

- На шкафах коммутации выставить режим управления «Дистанция» (Remote).
- В шкафу преобразователя частоты выставить следующие параметры:
 - Режим дистанционного пуска/останова – «По импульсу»,
 - Режим управления ПЧ – «Дискретный»,
 - Синхронизация с сетью – «Разрешена»,
 - Угол синхронизации – «3» градуса (рекомендуемое значение).

Для выполнения дискретных команд системой синхронизации с сетью:

- Пуск/останов – выбрать необходимый двигатель (если количество двигателей более одного, в процессе не снимать дискретный сигнал выбранного двигателя), затем подать команду «ПУСК» или «СТОП».
- Переключение на сеть – выбрать необходимый двигатель (если количество двигателей более одного, в процессе не снимать дискретный сигнал выбранного двигателя), подать импульсом команду «ПУСК», затем импульсом команду «ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ».
- Переключения с сети на преобразователь частоты – выбрать необходимый двигатель (если количество двигателей более одного, в процессе не снимать дискретный сигнал выбранного двигателя), подать команду «Сеть-ПЧ» (в процессе не снимать дискретный сигнал), затем подать импульсом команду «ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ».

Внимание: чтобы переключение на сеть и с сети произошло успешно, разница между напряжением сети и напряжением на выходе преобразователя частоты не должна составлять более 300 В.

6.7 Модуль для связи по сетям Modbus TCP, Ethernet, Profinet, Profibus

Для подключения системы управления преобразователя частоты к промышленным сетям Modbus TCP, Ethernet, Profinet, Profibus устанавливается соответствующий модуль связи.

Для выбора протокола связи, по которому будет осуществляться управление в окне настройки параметров преобразователя частоты выбрать параметр «Протокол связи» и установить его в соответствующее значение.

Для подключения к данным по сетям Modbus TCP, Ethernet, Profinet используется розетка типа RJ45. Подключение осуществляется стандартным Ethernet-кабелем. Дальность связи составляет не более 1 км (при отсутствии повторителей). Назначение контактов розетки приведено в таблице 6.1.

Для подключения к сети Profibus DP используется разъём RS485. Подключение осуществляется стандартным экранированным кабелем «витая пара». Дальность связи составляет не более 300 м (при отсутствии повторителей).

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

Таблица 6.1 - Назначение контактов розеток модуля связи

№ 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		

Стандартные параметры модуля связи:

- IP-адрес - 192.168.0.10;
- Маска подсети - 255.255.255.0;
- IP-адрес шлюза - 192.168.0.1.

Структура сообщений Modbus TCP приведена на рисунке 6.17.

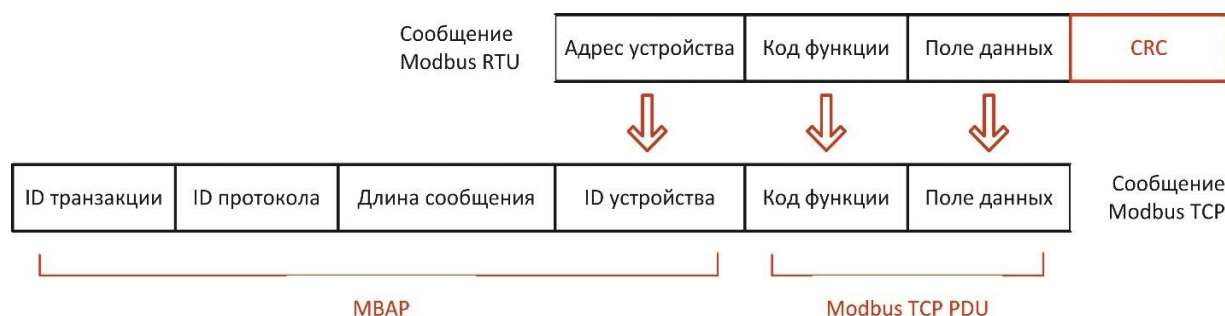


Рис. 6.17 - Структура преобразования сообщения Modbus TCP

Сообщение Modbus TCP состоит из PDU-сообщения, к которому добавляется 7-байтный заголовок MBAP, состоящий из следующих 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.

В таблице 6.2 приведен пример запроса Modbus TCP на считывание регистров с #40108 по 40110 ведомого устройства #17. Запрос в формате Modbus RTU: 11 03 006B0003 7687.

Таблица 6.2 - Пример запроса Modbus TCP

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. 6.3).

Таблица 6.3 - Пример сообщения 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

При работе в сетях Profinet и Profibus используется фиксированная область передачи данных. Область чтения данных (PIW) и ввода данных (PQW) соответствуют параметрам таблицы адресов связи Modbus.

Для Profinet:

- область вывода - область передачи 01, начальный адрес QB128, (где QW128 - заданная частота), длина данных составляет 8 байт;
- область ввода - область передачи 02, начальный адрес IB128, длина данных составляет 78 байт.

Для Profibus:

- Область данных имеет размер 2 x 122 байта = 122 слова.
- Сдвиг в области данных – 1756.

Внимание: при подключенном разъёме связи с верхним уровнем к модулю связи, связь должна быть предварительно настроена, иначе возможны сбои в работе преобразователя частоты и запись в преобразователь частоты некорректных команд!

Для получения GSD файла обратитесь в отдел силовой электроники ООО «Веда МК».

6.8 Подключение энкодера

Энкодер применяется в векторных режимах работы преобразователя частоты. Функция подключения энкодера является опцией. Для подключения энкодера плата управления должна быть оснащена соответствующим модулем расширения.

Требования к энкодеру и его подключению:

- питание энкодера +5 В (если питание энкодера +24 В, то необходимо использовать специальный преобразователь сигнала);
- для асинхронного двигателя – инкрементальный энкодер;
- для синхронного двигателя – абсолютный энкодер;
- выход энкодера – линейный драйвер;
- рекомендуемая длина кабеля не более 20 м (использовать специальный энкодерный кабель с 8мю или более жилами).

Для корректной работы преобразователя частоты с энкодером необходимо выполнить соответствующую настройку. Предварительно убедитесь, в корректной работе преобразователя частоты с двигателем в скалярном режиме. Затем выполните автонастройку параметров (двигатель при этом должен быть отключен от нагрузки).

6.9 Функция ведущий – ведомый.

Функции ведущий – ведомый предназначена для работы нескольких (до четырёх) преобразователей частоты на одну нагрузку (например конвейер). Все преобразователи частоты VEDADRIVE и двигатели должны быть одинаковые. Функция является опциональной, преобразователи частоты должны быть оснащены оптоволоконным интерфейсом для взаимной связи.

Функция ведущий – ведомый предназначена для работы только в скалярном режиме. Все сигналы управления («Пуск», «Стоп») и задания частоты подключаются только к ведущему устройству.

Для активации данной функции во вкладке «Настройка параметров» необходимо выставить следующие параметры:

- «Управление ведущий-ведомый» - «Баланс мощности»;
- «Стартовая частота» – «0»;
- «Время задержки пуска» - «0»;
- «Режим пуска» - «стандартный»;
- «Пропорциональный коэффициент ведомого» – «2» (ведомый ПЧ);
- «Время интегрирования ведомого» – «4» мс (ведомый ПЧ);
- «Отклонение частоты ведомого» – «0...5» Гц (ведомый ПЧ);
- «Режим ведущий ведомый» – «Включен»;
- «Статус ПЧ» – «Ведущий» (ведущий ПЧ), «Ведомый» (ведомый ПЧ).

Все остальные настройки должны быть одинаковые на всех преобразователях частоты. Платы управления всех преобразователей частоты должны быть соединены оптическим каналом связи. Также на дискретный вход «Стоп выбегом» ведущего преобразователя частоты должен быть заведен с дискретного выхода ведомого - сигнал «Авария ПЧ».

Параметр «Отклонение частоты» предназначен для задания разницы в частоте вращения между ведущим и ведомым устройством (ведомое устройство будет отставать на указанное значение).

7. Контроль, техническое обслуживание и эксплуатация

7.1 Предупреждения и аварийные сигналы

Система самодиагностики преобразователя частоты постоянно контролирует его состояние. В таблице 7.1 указаны предупреждающие и аварийные сигналы.

Таблица 7.1 - Предупреждающие и аварийные сигналы

Описание	Предупреждение	Авария
Перегрев трансформатора	V	V
Перегрев шкафа силовых ячеек	V	V
Открыта дверь шкафа трансформатора	V	V
Открыта дверь шкафа силовых ячеек	V	V
Нет приходящей связи с платой ввода-вывода		V
Нет исходящей связи с платой ввода-вывода		V
Нет питания платы ввода-вывода		V
Нет связи с платой измерения температуры		
Ошибка задания параметра		V
Наличие ВН в тестовом режиме		V
Аварийный стоп		V
Потеря ВН		V
Перегрузка ПЧ по току		V
Перегрузка ЭД по току	V	V
Короткое замыкание на землю на выходе ПЧ		V
Дисбаланс входного тока		V
Дисбаланс выходного тока		V
Дисбаланс входного напряжения	V	
Дисбаланс выходного напряжения	V	
Потеря фазы на входе		V
Потеря фазы на выходе	V	
Превышение выходной частоты		V
Авария источника 3,3 В		V
Авария источника 15 В		V
Неисправность платы управления (подсистема PG)		V
Неисправность платы управления (подсистема FPGA)		V
Неисправность платы управления (подсистема DSP)		V
Авария возбудителя		V
Авария оптической связи ведущий-ведомый		V
Авария вентилятора	V	
Потеря питания вентилятора	V	
Нет связи с HMI	V	
Нет связи с верхним уровнем	V	
Обрыв аналогового задания	V	
Обрыв аналоговой обратной связи	V	
Ток возбуждения не соответствует заданному	V	
Нет нагрузки	V	

Описание	Предупреждение	Авария
Нет измерения температуры	V	
Очистка воздушного фильтра	V	
Утечка из системы жидкостного охлаждения	V	
Авария системы жидкостного охлаждения		
Силовая ячейка: Неисправность предохранителя	V	V
Силовая ячейка: Пониженное напряжение	V	V
Силовая ячейка: Авария IGBT		V
Силовая ячейка: Перегрев IGBT	V	V
Силовая ячейка: Перенапряжение	V	V
Силовая ячейка: Авария исходящей опт. связи		V
Силовая ячейка: Авария входящей опт. связи		V
Силовая ячейка: Авария байпаса		V
Силовая ячейка: Авария питания байпаса	V	

Примечание: в таблице не указано предупреждение «Силовая ячейка: байпас», которое означает что данная ячейка байпасирована. Байпас силовой ячейки не работает при отказе оптической связи.

Преобразователь частоты постоянно проводит мониторинг основных параметров таких как ток и напряжение на входе и на выходе, выходную частоту, температуру основных компонентов, заданные параметры и, в случае их отклонения за допустимые пределы, выдаёт аварийное сообщение. Сразу после подачи высокого напряжения, в течении 3-5 секунд проводится самодиагностика силовых ячеек, проверка входных параметров высокого напряжения и только после этого формируется состояние «Готов».

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, контролируемые внутренней логикой преобразователя частоты.

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

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

Некоторые аварии, такие как дисбаланс входного тока, дисбаланс выходного тока, дисбаланс входного напряжения, дисбаланс выходного напряжения, потеря фазы на входе, потеря фазы на выходе, открытие дверей шкафов можно отключить через меню параметров преобразователя частоты.

7.2 Сообщения об общих неисправностях

Ниже приводится информация о предупреждениях/аварийных сигналах, описывающая условия их возникновения, возможные причины и способы их устранения. Если исправить неисправность самостоятельно не удалось, обратитесь в сервисную службу.

ПЕРЕГРЕВ ТРАНСФОРМАТОРА

При превышении первого порогового значения защиты от перегрева шкафа трансформатора (по умолчанию равному 80 °C) происходит подача предупреждающего сигнала. При превышении второго порогового значения (по умолчанию равному 130 °C) происходит срабатывание защиты, отключение преобразователя частоты и подача аварийного сигнала.

Меры по устранению:

1. Проверьте работоспособность вентиляторов на крыше шкафа.
2. Проверьте направление вращения вентиляторов.
3. Проверьте режим работы преобразователя частоты — не работает ли оборудование длительное время с перегрузкой.
4. Проверьте температуру окружающего воздуха — она не должна превышать 45 °C, в противном случае необходимо организовать дополнительную вентиляцию.
5. Проверьте не забиты ли воздушные фильтры пылью и мусором.

ПЕРЕГРЕВ ШКАФА СИЛОВЫХ ЯЧЕЕК

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

Меры по устранению:

1. Проверьте работоспособность вентиляторов на крыше шкафа.
2. Проверьте направление вращения вентиляторов.
3. Проверьте режим работы преобразователя частоты — не работает ли оборудование длительное время с перегрузкой.
4. Проверьте температуру окружающего воздуха — она не должна превышать 45 °C, в противном случае необходимо организовать дополнительную вентиляцию.
5. Проверьте не забиты ли воздушные фильтры пылью и мусором.

ОТКРЫТА ДВЕРЬ ШКАФА ТРАНСФОРМАТОРА / ОТКРЫТА ДВЕРЬ ШКАФА СИЛОВЫХ ЯЧЕЕК

Меры по устранению: проверьте исправность концевых выключателей и целостность электрической цепи.

НЕТ ПРИХОДЯЩЕЙ / ИСХОДЯЩЕЙ СВЯЗИ С ПЛАТОЙ ВВОДА-ВЫВОДА

Меры по устранению:

1. Проверьте подключение оптической линии между платой ввода-вывода и платой управления («цвет в цвет»).
2. Проверьте подключение кабеля питания платы ввода-вывода и управления.
3. Проверьте наличие питания платы ввода-вывода и управления.
4. Отключите и включите питание системы управления.
5. Замените неисправную оптическую линию.

НЕТ СВЯЗИ С ПЛАТОЙ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Меры по устранению:

1. Проверьте подключение оптической линии между платой измерения температуры и платой управления.
2. Проверьте подключение кабеля питания платы измерения температуры.
3. Проверьте наличие питания платы измерения температуры.
4. Отключите и включите питание системы управления.
5. Замените неисправную оптическую линию.

НЕТ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Меры по устранению:

1. Отключите и включите питание системы управления.
2. Проверьте подключение датчиков измерения температуры PT100 и их целостность.

НЕТ ПИТАНИЯ ПЛАТЫ ВВОДА-ВЫВОДА / АВАРИЯ ИСТОЧНИКА 3,3 В ИЛИ 15 В / НЕИСПРАВНОСТЬ ПЛАТЫ УПРАВЛЕНИЯ

Меры по устранению:

1. Проверьте подключение кабеля питания платы ввода-вывода и управления.
2. Проверьте работоспособность блока питания.
3. Проверьте наличие питания платы ввода-вывода и управления.
4. Отключите и включите питание системы управления.

ОШИБКА ЗАДАНИЯ ПАРАМЕТРА

Меры по устранению:

1. Проверьте правильность ввода параметра.
2. Отключите и включите питание системы управления.
3. Выполните сброс всех параметров в заводские и заново их введите.

ПОТЕРЯ ВН

Меры по устранению: проверьте состояние вводного выключателя.

ПЕРЕГРУЗКА ПЧ ПО ТОКУ

Защита от перегрузки преобразователя частоты срабатывает при 1,5-кратном превышении номинального тока ПЧ. Эта неисправность может быть вызвана ударной нагрузкой, быстрым ускорением с высокими моментами инерции, перекосом или пониженным входном напряжении.

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. Проверьте цепь заземления ПЧ и двигателя.
6. Проверьте исправность выходного силового кабеля.

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 % - время срабатывания 251 сек;
- 120 % - время срабатывания 120 сек;
- 130 % - время срабатывания 76 сек;
- 140 % - время срабатывания 55 сек;
- 150 % - время срабатывания 42 сек.
- 200 % - время срабатывания 18 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. Проверьте цепь заземления ПЧ и двигателя

КОРОТКОЕ ЗАМЫКАНИЕ НА ЗЕМЛЮ НА ВЫХОДЕ ПЧ

Меры по устранению:

1. Измерить сопротивление обмоток двигателя и кабеля, в случае необходимости выполнить ремонт или замену неисправного оборудования.
2. Проверьте цепь заземления преобразователя частоты и двигателя.
3. Отключите и включите питание системы управления.

ДИСБАЛАНС ВЫХОДНОГО ТОКА

Меры по устранению:

1. Проверьте нет ли обрыва фазы в выходном силовом кабеле.
2. Проверить затяжку контактных соединений выходной цепи преобразователя частоты.
3. Проверить двигатель на трехфазный дисбаланс полного сопротивления.
4. Измерить сопротивление обмоток электродвигателя и кабеля, в случае необходимости выполнить ремонт или замену неисправного оборудования.
5. Проверьте правильность параметров двигателя.
6. Увеличить значение параметра «Порог дисбаланса выходного тока».
7. Проверить цепь измерения тока от датчиков выходного тока до платы управления.
8. Проверьте цепь заземления преобразователя частоты и двигателя.

ПОТЕРЯ ФАЗЫ НА ВЫХОДЕ

Меры по устранению:

1. Проверьте нет ли обрыва фазы в выходном силовом кабеле.
2. Проверить затяжку контактных соединений выходной цепи преобразователя частоты.
3. Проверить двигатель на трехфазный дисбаланс полного сопротивления.
4. Измерить сопротивление обмоток двигателя и кабеля, в случае необходимости выполнить ремонт или замену неисправного оборудования.
5. Проверьте правильность параметров двигателя.
6. Проверить цепь измерения напряжения от датчиков выходного напряжения до платы управления.

ДИСБАЛАНС ВЫХОДНОГО НАПЯЖЕНИЯ

Меры по устранению:

1. Проверьте нет ли обрыва фазы в выходном силовом кабеле.
2. Проверить затяжку контактных соединений выходной цепи преобразователя частоты.
3. Проверить двигатель на трехфазный дисбаланс полного сопротивления.
4. Измерить сопротивление обмоток электродвигателя и кабеля, в случае необходимости выполнить ремонт или замену неисправного оборудования.
5. Проверьте правильность параметров двигателя.
6. Увеличить значение параметра «Порог дисбаланса выходного напряжения».
7. Проверить цепь измерения напряжения от датчиков выходного напряжения до платы управления.

НЕТ НАГРУЗКИ

Меры по устранению:

1. Проверьте нет ли обрыва фаз в выходном силовом кабеле.
2. Проверить затяжку контактных соединений выходной цепи преобразователя частоты.
3. Проверьте правильность параметров двигателя.
4. Проверить цепь измерения тока от датчиков выходного тока до платы управления.

ДИСБАЛАНС ВХОДНОГО ТОКА

Меры по устранению:

1. Проверьте нет ли обрыва фазы во вводном силовом кабеле преобразователя частоты.
2. Проверить затяжку контактных соединений входной цепи преобразователя частоты.
3. Измерить сопротивление вводного кабеля, в случае необходимости выполнить ремонт или его замену.
4. Проверьте правильность параметров преобразователя частоты.
5. Увеличить значение параметра «Порог дисбаланса входного тока».
6. Проверить цепь измерения тока от трансформаторов тока до платы управления.
7. Проверить входное напряжение.
8. Выполнить проверку силового трансформатора преобразователя частоты.

ПОТЕРЯ ФАЗЫ НА ВХОДЕ

Меры по устранению:

1. Проверьте нет ли обрыва во вводном силовом кабеле преобразователя частоты.
2. Проверить затяжку контактных соединений входной цепи преобразователя частоты.
3. Измерить сопротивление вводного кабеля, в случае необходимости выполнить ремонт или его замену.
4. Проверьте правильность параметров преобразователя частоты.
5. Проверить цепь измерения входного напряжения до платы управления.
6. Проверить входное напряжение.
7. Выполнить проверку силового трансформатора преобразователя частоты.

ДИСБАЛАНС ВХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Меры по устранению:

1. Проверьте нет ли обрыва во вводном силовом кабеле преобразователя частоты.

2. Проверить затяжку контактных соединений входной цепи преобразователя частоты.
3. Измерить сопротивление вводного кабеля, в случае необходимости выполнить ремонт или его замену.
4. Проверьте правильность параметров преобразователя частоты.
5. Увеличить значение параметра «Порог дисбаланса входного напряжения».
6. Проверить цепь измерения входного напряжения до платы управления.
7. Проверить входное напряжение.
8. Выполнить проверку силового трансформатора преобразователя частоты.

АВАРИЯ ВЕНТИЛЯТОРА

Меры по устранению:

1. Проверить подключение разъемов вентиляторов.
2. Убедиться, что все вентиляторы работоспособны.
3. Убедиться, что пускатели MS1...MSn включены и в них не сработала тепловая защита (кнопка на пускателях в нажатом состоянии).
4. Проверить целостность цепи контроля состояния вентиляторов.
5. Замените неисправный вентилятор.

ПОТЕРЯ ПИТАНИЯ ВЕНТИЛЯТОРА

Меры по устранению:

1. Убедиться, что автоматические выключатели QF1 и QF2 включены.
2. Убедиться, что все три фазы сети 380 В присутствуют.
3. Убедиться, что контакторы KM1 и KM2 включаются, проверить целостность цепи включения контакторов.
4. Проверить целостность цепи контроля наличия цепи питания вентиляторов.

НЕТ СВЯЗИ С НМИ

Меры по устранению: проверьте подключение LAN-кабеля, при необходимости замените LAN-кабель.

ПРЕВЫШЕНИЕ ВЫХОДНОЙ ЧАСТОТЫ

Меры по устранению:

1. Проверить не раскручивается ли двигатель под воздействием продукта.
2. Проверить настройки энкодера (при наличии).

7.3 Сообщения о неисправностях силовых ячеек

Ниже приводится информация об аварийных сигналах, описывающая условия их возникновения, возможные причины и способы их устранения. При наличии силовой ячейки в ЗИПе рекомендуется заменить неисправную силовую ячейку. Если исправить неисправность самостоятельно не удалось, обратитесь в сервисную службу.

НЕИСПРАВНОСТЬ ПРЕДОХРАНИТЕЛЯ

При выходе из строя предохранителя в силовой ячейке произойдет пропадание одной из фаз. Также эта защита может отрабатывать при плохом контакте на вводе силовой ячейки (не затянут или поврежден электрический контакт со стороны вводного силового трансформатора или силовой ячейки) и пропаже силового напряжения на вводе ПЧ при активированной функции преодоления провалов силового напряжения (см. п. 8.5).

При данном отказе силовая ячейка может быть байпасирована (при наличии функции байпаса силовых ячеек), но только если из строя вышел один предохранитель.

Меры по устранению:

1. Проверьте целостность предохранителей, при необходимости - заменить.
2. Проверьте наличие всех фаз питающего напряжения.
3. Проверьте надежность подключения питающего напряжения.
4. Проверьте цепь заземления шкафа силовых ячеек.

АВАРИЯ IGBT

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

Меры по устранению: в силовой ячейке проверить подключение разъёмов к IGBT модулям.

ПЕРЕГРЕВ IGBT

При нагреве IGBT модуля силовой ячейки свыше 105°C 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 направление вращения вентиляторов.
3. Проверьте режим работы преобразователя частоты — не работает ли преобразователь частоты длительное время с перегрузкой.
4. В силовой ячейке проверить подключение разъёмов к термодатчикам.
5. Проверьте затяжку силовых проводов и целостность контактных соединений.
6. Проверьте не забиты ли воздушные фильтры пылью и мусором.

ПОНИЖЕННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ

При падении напряжения шины постоянного тока силовой ячейки ниже порогового значения 680 В происходит срабатывание защиты.

Меры по устранению:

1. Проверьте напряжение питающей сети - оно не должно быть ниже номинального.
2. Проверьте исправность предохранителей силовой ячейки.
3. Проверьте затяжку силовых проводов и целостность контактных соединений.

ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЕ

При превышении напряжения шины постоянного тока силовой ячейки выше порогового значения 1100 В происходит срабатывание защиты.

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

Меры по устранению:

1. Проверьте напряжение питающей сети - оно не должно превышать номинальное.
2. Если ошибка возникает при торможении двигателя — увеличьте время торможения.
3. Если ошибка возникает при разгоне — уменьшите параметр «Пропорциональный коэффициент РС».
4. Если ошибка возникает при частоте около 50 Гц — увеличьте параметр «Ток холостого хода».
5. Если ПЧ работает в векторном режиме откорректируйте параметры «Приращение перевозбуждения» и «Частота перевозбуждения».

АВАРИЯ ИСХОДЯЩЕЙ / ПРИХОДЯЩЕЙ ОПТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ

Если после подачи силового напряжения на преобразователь частоты связь с силовой ячейкой посредством оптоволоконной линии не установлена, возникает «Авария 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 платы управления.
3. Замените неисправную оптическую линию.
4. Проверьте правильность подключения оптического кабеля («цвет в цвет»).

АВАРИЯ БАЙПАСА / АВАРИЯ ПИТАНИЯ БАЙПАСА

Меры по устранению: в силовой ячейке проверить подключение разъёмов цепи управления байпасом.

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. Если исправить неисправность самостоятельно не удалось, обратитесь в сервисную службу.

ДВИГАТЕЛЬ НЕ ВРАЩАЕТСЯ ПОСЛЕ ПОДАЧИ КОМАНДЫ НА ЗАПУСК

Внимание! Для того, чтобы команда «Пуск» была выполнена:

- Команд «Стоп» быть не должно;
- Команда «Стоп выбегом» должна быть замкнута;
- Должно быть подано высокое напряжение;
- Преобразователь частоты должен быть в состоянии «Готов»;
- Возбудитель должен быть в состоянии «Готов» (для синхронных двигателей);
- **Задание на частоту вращения двигателя не должно быть 0.**

Меры по устранению:

1. Проверьте по журналу событий наличие команды «Пуск».
2. При работе со встроенным ПИД-регулятором установите значение параметра «минимальная частота» отличное от нуля (если допустимо по технологии).
3. Убедиться, что двигатель не застопорен.
4. Уменьшите значение параметра «Ток холостого хода».

Если 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.

ЗАДАНИЕ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ НЕ СОВПАДАЕТ С 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. При постоянном повышенном напряжении в сети, рекомендуется установить перемычку в силовом трансформаторе ПЧ в положение 105%.
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. Убедитесь, что двигатель не раскручивается в результате движения продукта.

НА ДИСПЛЕЕ ПАНЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ НЕТ ИЗОБРАЖЕНИЯ / ЭКРАН ТЁМНЫЙ

Меры по устранению:

1. Нажмите кнопку «Сброс», расположенную на двери секции управления — это не повлияет на работу преобразователя частоты.
2. Проверьте надежность подключения и наличие питания панели управления.
3. Замените неисправную панель управления.

СРАБАТЫВАНИЕ ВВОДНОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ СРАЗУ ПОСЛЕ ЕГО ЗАМЫКАНИЯ

При подаче питания на преобразователь частоты значения входного тока преобразователя частоты в течение нескольких десятков миллисекунд достигают 6–10-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 или токовой отсечки вводного выключателя.

ИБП В НЕ ВКЛЮЧАЕТСЯ

Возможные причины:

1. Возможно ИБП полностью разрядился, убедитесь, что питание на ИБП приходит и подождите 15-20 минут до полной зарядке ИБП.
2. В ИБП снята перемычка с аккумулятора (транспортное состояние), вскройте корпус ИБП и проверьте подключение аккумулятора.
3. ИБП или аккумулятор неисправны. Замените аккумулятор или ИБП в сборе на аналогичный.

Если оперативно заменить ИБП не представляется возможным, то допускается работа преобразователя частоты без ИБП. Для этого демонтируйте ИБП или отключите его разъем. В соответствии с Альбомом схем, установите перемычки, шунтирующие ИБП. Преобразователь частоты готов к продолжению работы.

НЕ ПРОИСХОДИТ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ НА СЕТЬ ИЛИ С СЕТИ НА ПЧ

Если была подана команда на переключение, но перехода не произошло (двигатель разогнался до 50 Гц при заданном меньшем значении), возможны следующие причины:

1. Напряжение высоковольтной сети слишком велико или мало. Разница между напряжением сети и выходным напряжением преобразователя частоты не должно превышать 300 В.
2. Не замыкается шунтирующая высоковольтная коммутация.

7.5 Техническое обслуживание и эксплуатация

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 т.д.



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 допускается 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 высокого напряжения с обеспечением видимого разрыва цепи.



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



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



Запрещается касаться любых частей отключенного преобразователя частоты, не удостоверившись, что эти 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 загрязнения внутри шкафов	Отсутствие загрязнений на внутренних конструкциях шкафов	1 раз в 6 месяцев*
Визуальная проверка (без извлечения из шкафа) силовых элементов	Отсутствие загрязнений, следов коррозии, следов горения, подтеков, повреждений компонентов	1 раз в 6 месяцев
Визуальная проверка (без извлечения из шкафа) 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.

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 (особенно силовых ячеек) и через 6 месяцев после ПНР.
Ремонт или замена неисправных элементов	Обратитесь в сервисную службу.

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

Средний ремонт проводится раз в 5 лет. К списку работ, проводимых при техническом обслуживании (см. таблицу 7.3), добавляются работы согласно таблице 7.4.

Таблица 7.4 - Список работ, проводимых при среднем ремонте

Наименование работ	Примечание
Проверка заземления	Проверьте болтовые соединения. Убедитесь в отсутствии повреждений цепи заземления. Сопротивление цепи заземления не должно быть более 4 Ом.
Высоковольтные испытания силового трансформатора (реактора – при наличии)	См. п. 4.3.
Замена аккумулятора в ИБП	Если ПЧ находился на хранении долгое время или были частые циклы заряда-разряда замена аккумуляторов может потребоваться раньше.
Замена вентиляторов	Рекомендуется замена вентиляторов, если наработка ПЧ в год составляла более 6000 часов.

Капитальный ремонт проводится раз в 10 лет. К списку работ, проводимых при техническом обслуживании (см. таблицу 7.3) и при среднем ремонте (см. таблицу 7.4) добавляется замена конденсаторов в силовых ячейках.



При эксплуатации преобразователя частоты не рекомендуется подавать на него высокое напряжение чаще, чем два раза в час.



Если преобразователь частоты оснащён системой предзаряда, то повторная подача высокого напряжения возможна не ранее чем через 5 минут.

Предупреждение об очистке воздушного фильтра можно отключить или изменить период срабатывания через меню «Настройка параметров». Само сообщение можно убрать, нажав кнопку «Сброс».

Внимание: если при работе преобразователя частоты подать задание равное 0 Гц, то преобразователь частоты остановится по заданной рампе торможения; для повторного запуска преобразователя частоты надо подать команду «ПУСК».

8. Основные функции

8.1 Управление по встроенному ПИД-регулятору

В режиме работы с ПИД-регулятором 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).

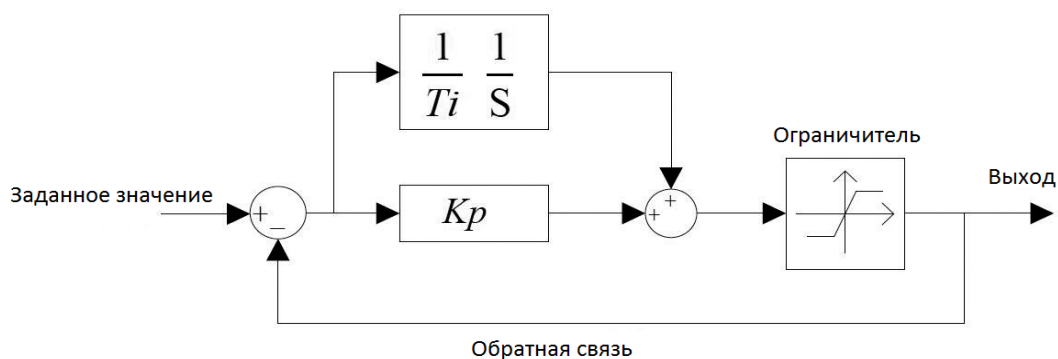


Рис. 8.1 - Блок-схема ПИ-регулятора техпроцесса

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.

Обратная связь – аналоговый сигнал 4-20 мА с датчика, подключается к разъему ХТ9 клеммы 30 и 31 преобразователя частоты, (см. схему подключений цепей управления рис. 3.3) или по цифровому интерфейсу.

Для включения режима работы с управлением по замкнутому контуру необходимо в окне «Настройка параметров» выбрать параметр «ПИД-регулятор» - Разрешено. В этом случае становятся доступными для редактирования параметры ПИД-регулятора техпроцесса.

Внимание: в некоторых версиях ПО панели управления (HMI) задание по поддержанию параметра задаётся в процентах, а не в герцах, где 100 % - 50.

Внимание: при работе по ПИД-регулятору техпроцесса возможно, что задание частоты вращения сформируется равным 0 Гц, в этом случае преобразователь частоты остановится; для исключения данного явления рекомендуется задавать минимальную частоту вращения двигателя.

8.2 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).

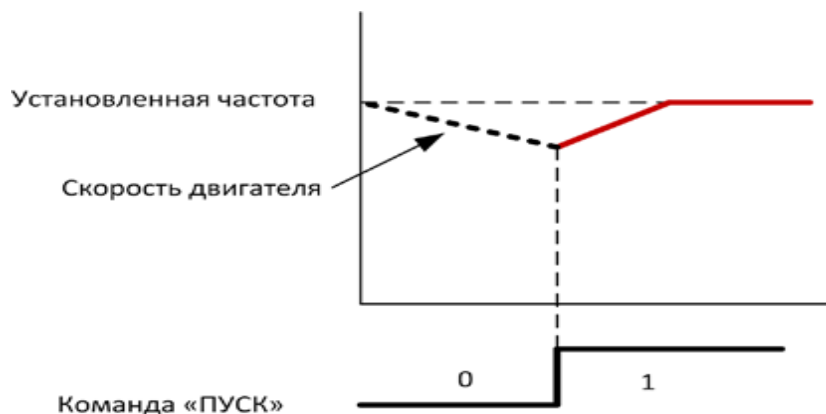


Рис. 8.2 - Пуск с подхватом двигателя

Пуск с подхватом применяется при повторном запуске ПЧ после кратковременной пропажи высокого напряжения, при переключении с сети на ПЧ, при пуске на вращающийся двигатель. Для активации этой функции параметр «Режим пуска» должен быть в состоянии «Пуск с подхватом» в окне «Настройка параметров». Данный режим может вступить в конфликт с функцией преодоления провалов напряжения, при применении функции пуск с подхватом двигателя – параметр «Работа при провале ВН» рекомендуется установить в состояние «Запрещён».

8.3 Восстановление после потери высокого напряжения

При кратковременной пропаже высокого напряжения при работе ПЧ имеется возможность продолжить работу с автоматическим перезапуском, если двигатель уже остановился или выполнить «подхват» вращающегося двигателя. Алгоритм предпринимаемых ПЧ действий приведен на рис. 8.3

Для активации этой функции необходимо:

- параметр «Режим пуска» должен быть в состоянии «Пуск с подхватом»;
- параметр «АПВ» должен быть в состоянии «Разрешен»;
- параметр «Потеря ВН» должен быть в состоянии «Стоп выбегом»;
- параметр «Работа при провале ВН» должен быть в состоянии «Запрещен»;
- параметр «Время ожидания высокого» должен быть равен или более 1 с (задает длительность отсутствия питающего напряжения, в течение которого следует выполнить автоматические действия);

- параметр «защита от потери фазы на входе» должен быть в состоянии «Запрещен».

Если параметр «Потеря ВН» установлена в «Авария», то при потере высокого напряжения срабатывает авария «Потеря ВН».

Если параметры «Потеря ВН» установлен в значение «Стоп выбегом», «АПВ» (автоматическое повторное включение) - «Разрешен», то при пропаже высокого напряжения и последующего его восстановлению в течении времени установленного параметром «Время восстановления ВН», преобразователь частоты осуществит автоматический перезапуск до заданной частоты. Если время, установленное параметром «Время восстановления ВН» истекло, а высокое напряжение не восстановилось, тогда в преобразователе частоты срабатывает авария «Потеря ВН».

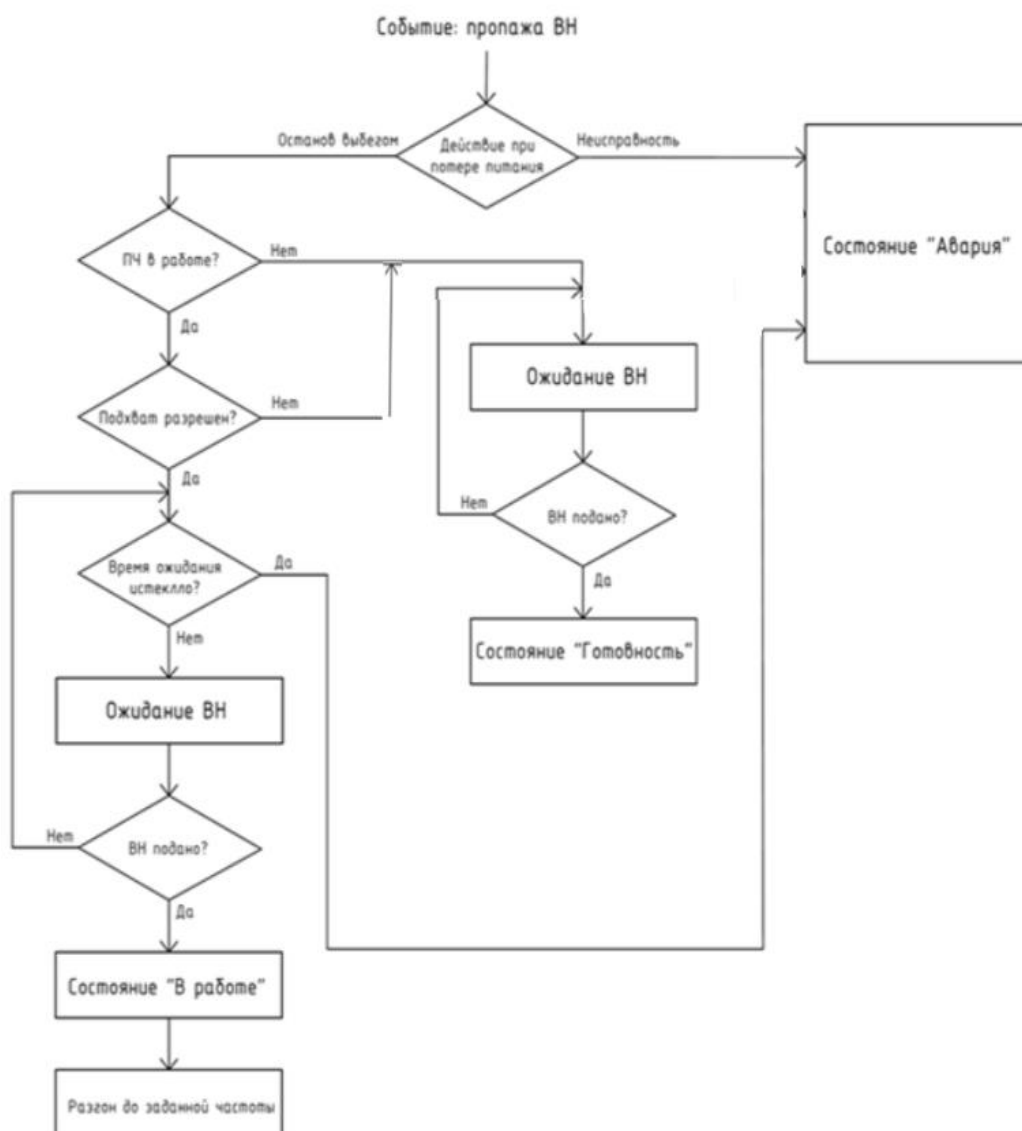


Рис. 8.3 – Действия, предпринимаемые ПЧ при пропадании высокого напряжения (ВН)

8.4 Функция преодоления кратковременных провалов высокого напряжения

Если при работе преобразователя частоты происходят кратковременные провалы в высоковольтной сети, то в течение времени, заданного параметром «Время работы при провале ВН», преобразователь частоты может продолжать работу за счет генераторного режима двигателя и запасённой в конденсаторах звена постоянного тока энергии. При этом будет происходить плавное торможение двигателя, за счёт чего происходит зарядка конденсаторов в звене постоянного тока силовых ячеек. Если ЭДС двигателя упало до уровня, при котором далее не поддерживается напряжение в звене постоянного тока силовых ячеек, а силовое напряжение не восстановилось, то произойдет срабатывание защиты «Потеря ВН».

8.5 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 с таблицей приведен на рис. 8.4.

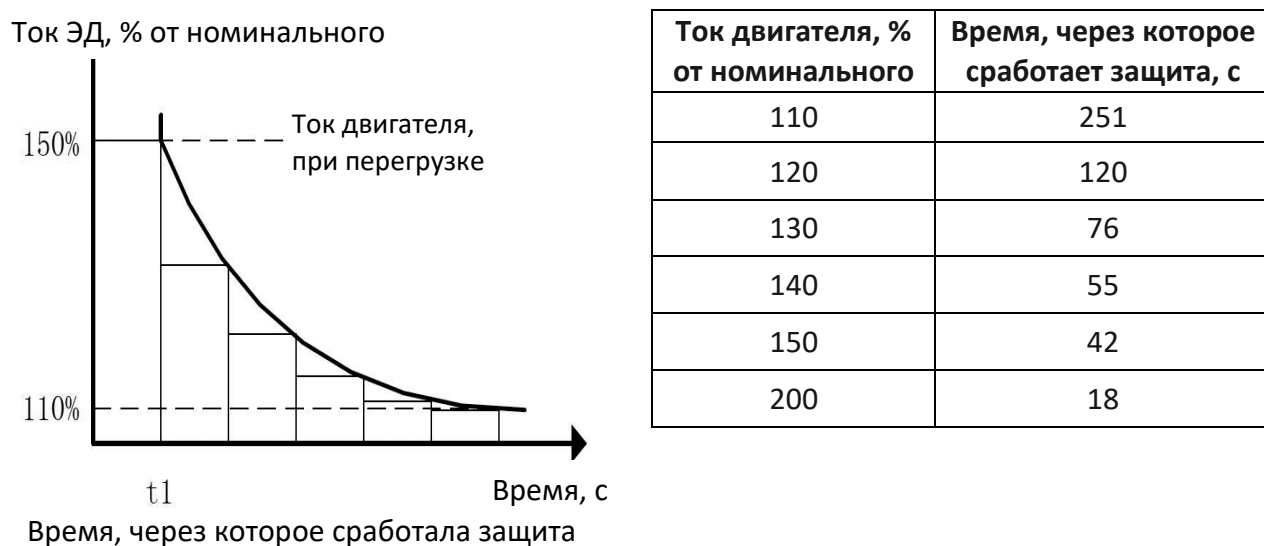


Рис. 8.4 - График и таблица функции защиты двигателя от длительной перегрузки по току

8.6 Работа с синхронным двигателем и возбудителем

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

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

- Сигналы от преобразователя частоты к системе 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 системы возбуждения к преобразователю частоты:
 - 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, где 4мА - 0А, 20мА - максимальный ток возбуждения).

Для управления возбудителем необходимо свободные (резервные) дискретные входные и выходные сигналы настроить для управления возбудителем. Схема подключения возбудителя приведена на рисунке 8.5.

Сигнал задания тока возбуждения подключается к одному из настраиваемых аналоговых выходов преобразователя частоты. Для корректной работы необходимо соответствующий аналоговый выход в окне «Настройка параметров» на интерфейсной панели установить, как «Ток возбуждения».

Сигнал обратной связи по току возбуждения подключается к одному из настраиваемых аналоговых входов преобразователя частоты. Для корректной работы необходимо соответствующий аналоговый вход в окне «Настройка параметров» на интерфейсной панели установить, как «Ток возбуждения».

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

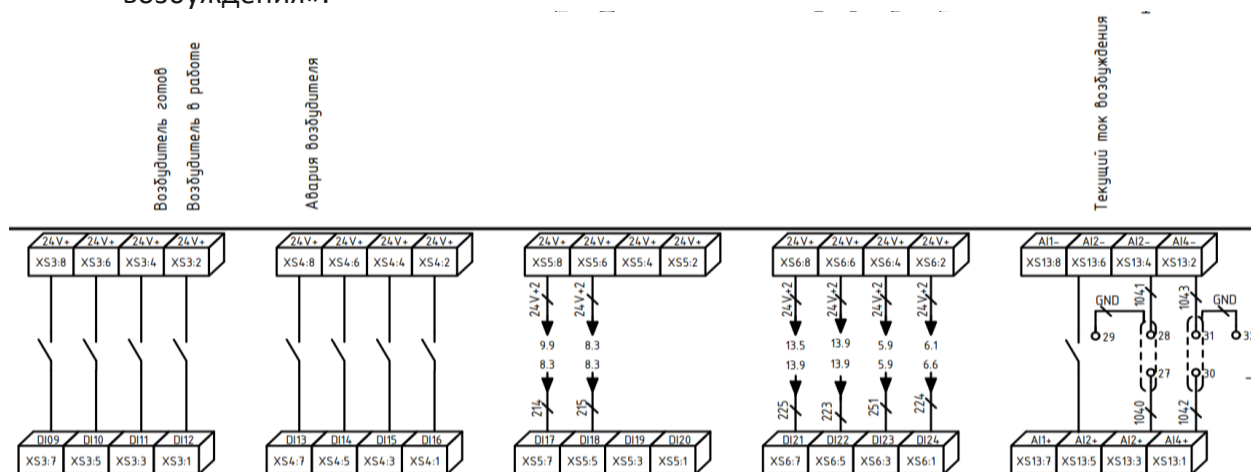
- При запуске:
 - На ПЧ приходит команда «ПУСК»;
 - ПЧ подает сигнал «Пуск возбуждения»;
 - Пуск ПЧ происходит только после того, как получен сигнал от Шкафа возбуждения "Возбуждение подано" и сигнал обратной связи по току возбуждения достиг требуемого значения;
 - При выходной частоте ПЧ<35 Гц (Значение 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.

Перед подачей команды «Пуск» убедитесь, что есть готовность возбудителя!

- 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».



Плата ввода-вывода

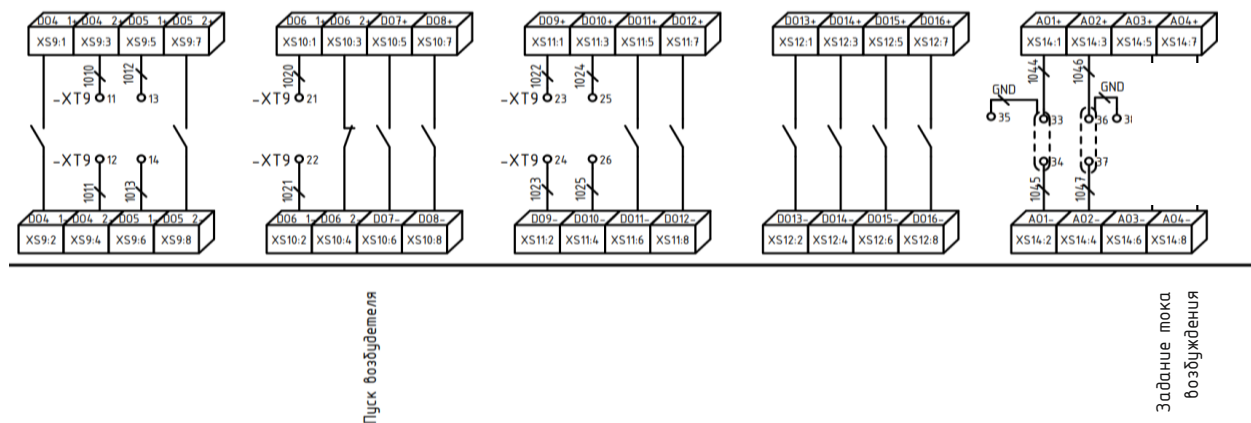


Рис. 8.5 – Схема подключения возбудителя к ПЧ

Рекомендуемое значение настройки параметров:

- Номинальный ток возбуждения – в соответствии с паспортной табличкой синхронного двигателя;
- Тип электродвигателя – «Синхронный»;
- Пропорциональный коэффициент магнитного потока – 5,0;
- Интегральный коэффициент магнитного потока – 2,0;
- Пропорциональный коэффициент РС – 0,5;
- Интегральный коэффициент РС – 3,0;
- Пропорциональный коэффициент РТ – 0,1;
- Интегральный коэффициент РТ – 10,0.

Пример настройки взаимодействия преобразователя частоты с возбудителем приведён на рисунке 8.6.

Окно параметров возбудителя становится доступным, если в окне «Настройка параметров» выбран синхронный двигатель. В этом окне отображается текущее состояние возбудителя и собственно параметры настройки взаимодействия с возбудителем. Возможный диапазон значений и значения параметров, установленные по умолчанию окна возбудителя, приведены в таблице 8.1.

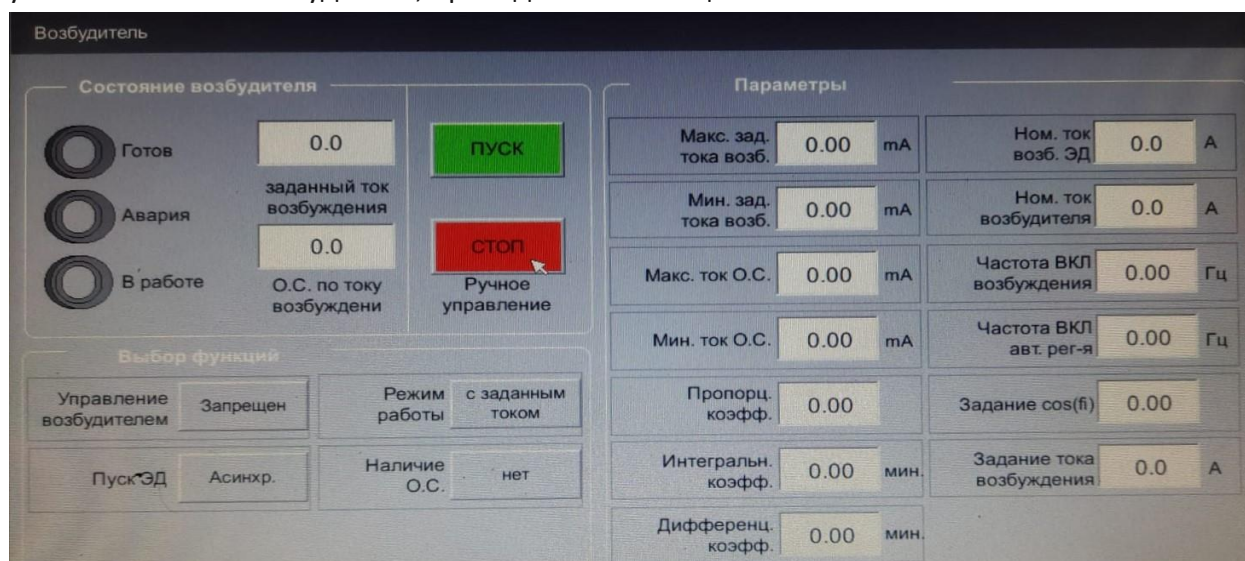


Рис. 8.6 - Пример настройки взаимодействия ПЧ с возбудителем

Возможна работа преобразователя частоты с синхронным двигателем и без функции управления возбудителем. В этом случае необходимо параметр «Управление возбудителем» поставить «Запрещено».

Если система возбуждения не имеет аналогового выхода, то возможна работа без обратной связи по току возбуждения. В этом случае преобразователь частоты не отображает и не контролирует ток возбуждения, не срабатывает тревога при отличии фактического тока возбуждения от заданного, переключение с сети на преобразователь частоты недопустимо. Для отключения контроля тока возбуждения, в окне «Возбудитель» параметр «Наличие ОС» необходимо выставить в значение «Нет».

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 «Возбудитель» посредством соответствующих кнопок (см. рис. 8.6).

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 преобразователя частоты поддерживается неизменным ток возбуждения.

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

Таблица 8.1 - Параметры возбудителя

№	Название параметра	Значение	Значение по умолчанию
1	Управление возбудителем	Запрещено / Разрешено	Запрещено
2	Режим работы	С заданным током / С заданным $\cos \varphi$	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	Макс. задание тока возбуждения	0...20 мА	20
7	Мин. 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	0,01...20,00	10,00
11	Интегральный коэффициент	0,01...20,00	10,00
12	Дифференциальный коэффициент	0,01...20,00	0,00
13	Номинальный ток возбудителя	0...65535 А	0
14	Частота ВКЛЮЧЕНИЯ возбуждения	0...50 Гц	3
15	Частота ВКЛЮЧЕНИЯ автоматического регулирования	25...50 Гц	35
16	Задание $\cos \varphi$	0,5...0,98	0,95
17	Задание тока возбуждения	0...65535 А	0

8.7 Работа в векторном бездатчиковом режиме

В преобразователи частоты VEDADRIVE имеют возможность работы в векторном бездатчиковом режиме. Используется для тех механизмов, где нагрузка на валу привода меняется часто и в широких пределах.

Для корректной работы преобразователя частоты в векторном бездатчиковом режиме необходимо выполнить соответствующую настройку. Предварительно убедитесь, в корректной работе преобразователя частоты с двигателем в скалярном режиме. Затем выполните автонастройку параметров (двигатель при этом должен быть отключен от нагрузки).

8.8 Функция резервирования питания системы управления и вентиляции

Цепи питания схем управления преобразователя частоты имеют следующие источники питания:

- От внешнего трёхфазного источника питания $\sim 380\text{В}$ с нейтралью – основной источник питания (необходим для запуска преобразователя частоты);
- От обмоток собственных нужд силового трансформатора непосредственно самого преобразователя частот (возможно только при поданном на преобразователь частоты высоком напряжении);
- От встроенного в преобразователь частоты источника бесперебойного питания.

Источник бесперебойного питания подключен к внешнему источнику питания (не заряжается при питании цепей управления от обмоток собственных нужд), предназначен для завершения работы преобразователя частоты при полном обесточивании оборудования (внешнего источника питания цепей управления и высокого напряжения) и восстановления работоспособности оборудования при кратковременных сбоях в питании. Время работоспособности источника бесперебойного питания – 15 - 30 минут. По предварительному согласованию возможна установка источника бесперебойного питания с более продолжительным временем работы (до 1 часа).

При пропаже внешнего источника питания переключение на питание от обмоток собственных нужд схем управления и вентиляции происходит в «горячем» режиме, автоматический, не требует остановки оборудования и не вызывает сбоев в работе преобразователя частоты.

9. Обмен данными по Modbus RTU

9.1 Характеристики и описание протокола

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

Для передачи данных используется протокол Modbus RTU со следующими характеристиками:

- скорость передачи данных (бод) - 1200, 2400, 4800, 9600 (рекомендуемая), 19200 (рекомендуемая), 38400;
- 1 стартовый бит;
- 8 бит данных;
- проверка четности - четная;
- 1 стоповый бит.

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 ширококестельным сообщением. При этом ведомые устройства выполняют полученную команду без отправки подтверждения ведущему устройству.

Функция 03 предназначена для считывания двоичного содержимого регистров ведомого устройства. Ширококестельная 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	Название поля запроса	Байт (Hex)
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	Название поля ответа	Байт (Hex)
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

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	Название поля запроса	Байт (Hex)
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	Название поля ответа	Байт (Hex)
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

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;  
}
```

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	Название поля данных	Байт (Hex)
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.

Таблица 9.7 - Ответ ведомого устройства

Байт	Название поля ответа	Байт (Hex)
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

9.2 Регистры данных

В таблице 9.8 приведены регистры данных преобразователя частоты.

Режимы доступа к данным: R — только для чтения, RW — для чтения и записи.

Для выбора протокола связи по протоколу Modbus RTU, в окне настройки параметров преобразователя частоты выбрать параметр «Протокол связи» и установить его в значение «Modbus». Адрес преобразователя по умолчанию — 1, изменить его можно посредством параметра «Адрес ПЧ». Скорость обмена данными указана в бодах (по умолчанию 9600), изменить ее можно параметром «Скорость передачи».

Таблица 9.8 - Регистры данных

№	Наименование	Режим	Адрес	Регистр	Примечание
Записать в ПЧ					
1	Управление	RW	40001	0H	Пуск: 0xbf; Стоп: 0x79; Сброс: 0xf0
2	Задание частоты	RW	40002	1H	0,01 Гц
3	Задание ОС	RW	40003	2H	0 – 100 %
4	Резерв	RW	40004 ... 40016	3H ... FH	Резерв
Прочитать из ПЧ					
1	Состояние ПЧ 1	R	30001	00H	Бит 3-0 0: Система инициализирована 1: Плата управления готова 2: ВН подано 3: ПЧ готов 4: ПЧ в работе 5: Авария ПЧ
					Бит 7-4 (Режим пуска) 0: Стандартный 1: С подхватом 2: Поддержание момента 3: Позиционирование ротора 4: Определение статических параметров 5: Определение динамических параметров
					Бит 11-8 (Режим работы) 0: Разгон 1: Работа с постоянной скоростью 2: Плавное торможение 3: Прямой поиск частоты 4: Определение частоты 5: Позиционирование ротора 6: Успешная синхронизация 7: Переключение ПЧ-Сеть 8: Переключение Сеть-ПЧ 9: Определение статических параметров 10: Определение динамических параметров
					Бит 14-12 Резерв
					Бит 15 ВН подано
2	Состояние ПЧ 2	R	30002	01H	Бит 0 - авария ПЧ Бит 1 – тревога Бит 15-2 - резерв

№	Наименование	Режим	Адрес	Регистр	Примечание
3	События ПЧ	R	30003	02H	Бит 0: Местный пуск Бит 1: Дистанционный дискретный пуск Бит 2: Пуск по цифровому каналу Бит 3: Местный стоп Бит 4: Дистанционный дискретный стоп Бит 5: Стоп по цифровому каналу Бит 6: Пуск Бит 7: Стоп выбегом Бит 8: Плавный останов Бит 9: Стоп выбегом (по дискретной нормально замкнутой команде) Бит 10: Команда сброс Бит 11: Сброс выполнен Бит 12: Режим местного управления Бит 13: Режим управления по цифровому каналу Бит 14: Режим управления по дискретным сигналам Бит 15: Разрешение ВН
4	Аварийные сообщения 1	R	30004	03H	Бит 0: Перегрузка ПЧ по току Бит 1: Перегрузка ЭД по току Бит 2: Авария силовой ячейки Бит 3: Потеря ВН Бит 4: Превышение выходной частоты Бит 5: Потеря фазы на входе Бит 6: КЗ на землю на выходе ПЧ Бит 7: Неисправность платы управления (подсистема PG) Бит 8: Авария опт. связи ведущий-ведомым Бит 9: Авария питания байпаса Бит 10: Авария байпаса Бит 11: Неисправность платы управления (подсистема FPGA) Бит 12: Неисправность платы управления (подсистема DSP) Бит 15-13: Резерв
5	Аварийные сообщения 1	R	30005	04H	Бит 0: Открыта дверь шкафа силовых ячеек Бит 1: Открыта дверь шкафа трансформатора Бит 2: Авария возбудителя Бит 3: Нет исходящей связи с платой ввода-вывода Бит 4: Нет питания платы ввода-вывода Бит 5: Ошибка задания параметра Бит 6: Перегрев шкафа силовых ячеек Бит 7: Перегрев трансформатора Бит 8: Наличие ВН в тестовом режиме Бит 9: Аварийный стоп Бит 10: Нет приходящей связи с платой ввода-вывода Бит 11: Нет связи с платой измерения температуры Бит 15-12: Резерв

№	Наименование	Режим	Адрес	Регистр	Примечание
6	Предупреждения 1	R	30006	05H	Бит 0: Перегрузка ЭД по току Бит 1: Нет нагрузки Бит 2: Тревога силовой ячейки Бит 3: Байпас силовой ячейки Бит 4: Дисбаланс выходного напряжения Бит 5: Дисбаланс входного напряжения Бит 6: Потеря фазы на выходе Бит 15-7: Резерв
7	Предупреждения 2	R	30007	06H	Бит 0: Обрыв аналоговой ОС Бит 1: Обрыв аналогового задания Бит 2: Очистка воздушного фильтра Бит 3: Ток возбуждения не соответствует заданному Бит 4: Нет связи с HMI Бит 5: Потеря питания вентилятора Бит 6: Авария вентилятора Бит 7: Нет измерения температуры Бит 8: Открыта дверь шкафа силовых ячеек Бит 9: Перегрев шкафа силовых ячеек Бит 10: Резерв Бит 11: Утечка из системы жидкостного охлаждения Бит 12: Перегрев трансформатора Бит 13: Открыта дверь шкафа трансформатора Бит 14: Авария системы жидкостного охлаждения Бит 15: Внешний стоп
8	Входное напряжение	R	30008	07H	1В
9	Входной ток	R	30009	08H	0,1А
10	Входная мощность	R	30010	09H	1кВт
11	Входной коэффициент мощности	R	30011	0AH	0,01
12	Резерв	R	30012 ... 30016	0BH ... 0FH	Резерв
13	Выходная частота	R	30017	10H	0,01 Гц
14	Выходное напряжение	R	30018	11H	1В
15	Выходной ток	R	30019	12H	0,1А
16	Выходная мощность	R	30020	13H	1кВт
17	Выходной коэффициент мощности	R	30021	14H	0,01

10. Технические данные и типовой код преобразователя частоты

10.1 Общие технические данные

Технические характеристики преобразователя частоты:

- Номинальная мощность: до 25000 кВА (стандартный диапазон — до 14500 кВА).
- Номинальный выходной ток: до 1445 А.
- Номинальное напряжение: 3; 4,16; 6; 6,6; 10; 11 кВ (–25 %...+15 %).
- Номинальная частота: 50/60 Гц (± 10 %).
- Частота модуляции ШИМ: 300 Гц.
- Напряжение управления: 3х фазное переменное 380 В с нейтралью (± 15 %).
- Входной коэффициент мощности: не менее 0,96.
- КПД: не менее 0,965 (с учетом трансформатора).
- Значение dU/dt : не более 500 В/мкс.
- Диапазон частот на выходе: 0 – 120 Гц.
- Разрешение по частоте: 0,01 Гц.
- Мгновенная токовая отсечка: при 200 % номинального тока.
- Ограничение тока: 10 – 200 % номинального тока.
- Аналоговые входы: 4 канала 4 – 20 мА.
- Аналоговые выходы: 4 канала 4 – 20 мА.
- Дискретные выходы: 24 «сухих» контакта, с нагрузочной способностью до 250В, 8 А переменного или постоянного тока.
- Протоколы связи: Modbus RTU (интерфейс RS-485) — стандартно, ControlNet, Ethernet IP, Profibus DP, Modbus TCP/IP, ProfiNet, DeviceNet — опции.
- Время разгона и торможения: 5 – 6000 с (зависит от нагрузки).
- Дискретные входы: 17 входов на ≈ 24 В.
- Рабочая температура: +1 ... +40 °С.
- Температура хранения/транспортировки: –40 ... +70 °С (хранение силовых ячеек и ящика ЗИП при температуре 0 ... +70 °С).
- Системы охлаждения: воздушное или жидкостное.
- 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 0,2 мг/м³, пыль должна быть не токопроводящей и не вызывающей коррозию.
- Степень защиты: IP31 или IP42.

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										315K – 14M5 Пример: 315K – 315кВА; 1000 – 1000кВА; 12M5 – 12500кВА Свыше 145000 кВА по индивидуальному заказу																							
9 - 10		Номинальное входное напряжение ПЧ										U1 – 6 кВ U2 – 6,6 кВ U3 – 10 кВ U4 – 11 кВ U5 – 3 или 3,3 кВ U6 – 4,16 кВ																							
11 - 12		Номинальная частота сети										F5 – 50 Гц F6 – 60 Гц																							
13 - 14		Степень защиты корпуса (IP)										31 – IP31 42 – IP42																							
15		Тип управляемого двигателя										A – Асинхронный двигатель S – Синхронный двигатель																							
16		Подключение энкодера										V – С энкодером, векторный режим S – Без энкодера																							
17		Наличие рекуператора										R – Рекуператор энергии X – Без рекуператора																							
18 - 20		Номинальный выходной ток ПЧ										031 – 1K4 Пример: 031 – 31 А; 1K4 – 1445 А																							
21		Тип охлаждения										A – Воздушное L - Жидкостное																							
22		Функция автоматического байпаса силовой ячейки										C – с байпасом X – без байпаса																							
23 - 25		Дополнительная высоковольтная коммутация * (25 позиция – кол. ЭД)										AXX – без коммутации A1X – автоматический байпас ПЧ (на 1 или 2 ЭД) A2X – ручной байпас ПЧ (на 1 или 2 ЭД) A3X – на несколько ЭД ручная A4X – на несколько ЭД автоматическая																							
26-27		Коммуникация										BX – Только Modbus RTU B1 – ControlNet B2 – Ethernet IP B3 – Profibus DP B4 – Modbus TCP/IP B5 - ProfiNet B6 - DeviceNet																							

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

Примечание:

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

Приложение А. Краткая инструкция оператора ПО VEDATools_Can

Программное обеспечение VEDATools_Can предназначено для контроля результата и процесса настройки ПЧ VEDADRIVE. ПО VEDATools_Can, установленное на ноутбуке, подключается к ПЧ, через конвертор USB-CAN (см. рис. В.2), посредством разъёма CAN платы управления.

Данное ПО обеспечивает:

1. Выбор канала, одновременно возможно отображения четырёх сигналов (например: I_v – выходной ток фазы В, I_d – ток намагничивания, I_q – ток момента, напряжение на силовой ячейке).
2. Запись и просмотр трендов, например переходных процессов при пуске ПЧ, как показано на рис. В.1).

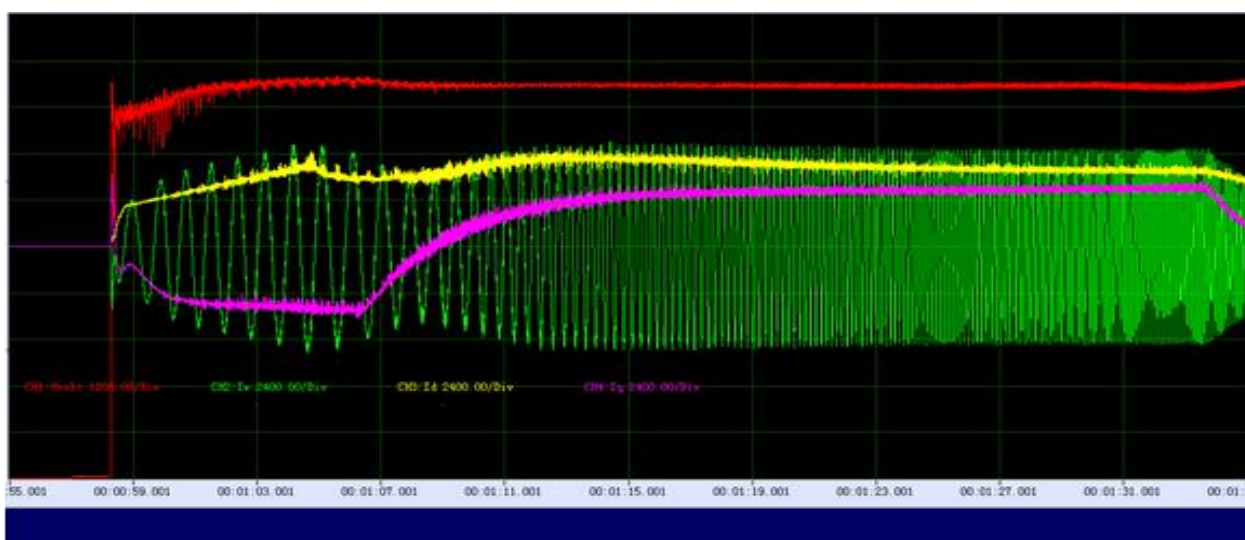


Рис. В.1 – График пуска ПЧ (на графике I_q – ток момента - будет иметь положительное значение при пуске ПЧ, при разгоне, под нагрузкой; без нагрузки будет колебаться около нуля или будет отрицательным)



Рис. В.2 - Конвертор USB-CAN

Внешний вид ПО VEDATools_Can приведён на рис В.3. Основной интерфейс разделен на две части: отображение формы сигнала (осциллограф) и текущие данные в режиме реального времени.

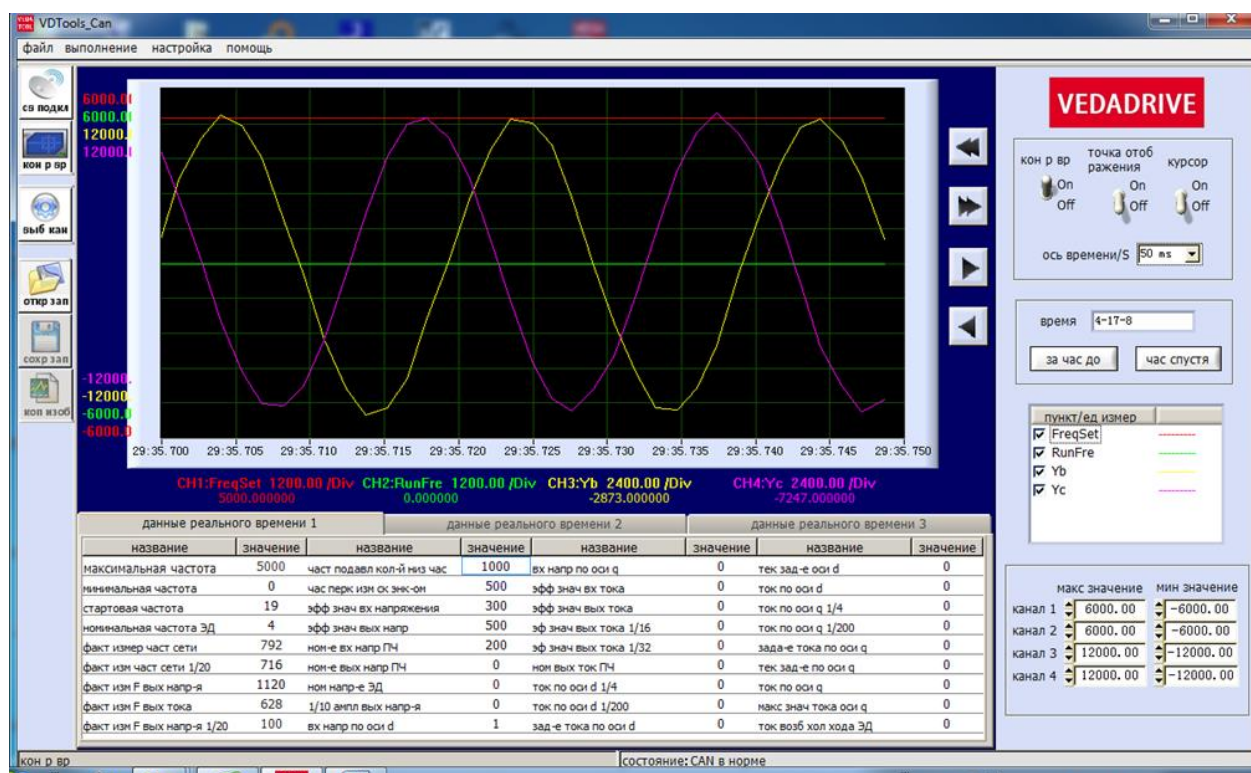


Рис. В.3 – Окно программы VEDATools_Can (первое после запуска программы)

Кнопка «Подключение связи» – предназначена для подключения программы к ПЧ через CAN. После нажатия данной кнопки в строке состояния (внизу экрана) должно отобразиться состояние «CAN в норме». Если отображается сообщение «Устройство CAN не может быть инициализировано», проверьте правильность подключения конвертора USB-CAN к плате управления. Начните работу с программой нажатием данной кнопки.

Кнопка «Контроль в реальном времени» – данная кнопка запускает отображение текущих данных в реальном времени (всего 3 вкладки). Продолжите работу с программой нажатием данной кнопки.

Кнопка «Выбор канала» – открывает окно, в котором можно выбрать графики для отображения формы сигнала (см. рис. В.4). Всего можно выбрать 4 графика.

Выбранные графики отобразятся в панели «пункт/единица измерения» главного окна программы, где можно отключить или включить отображение выбранных графиков (см. рис. В.5).

Ниже указанной панели, располагается панель с окнами для настройки масштаба отображения графика по оси X (для просмотра выбранного графика в «малом» и «большом» по отношению к другим графикам). Данная панель приведена на рис. В.6.

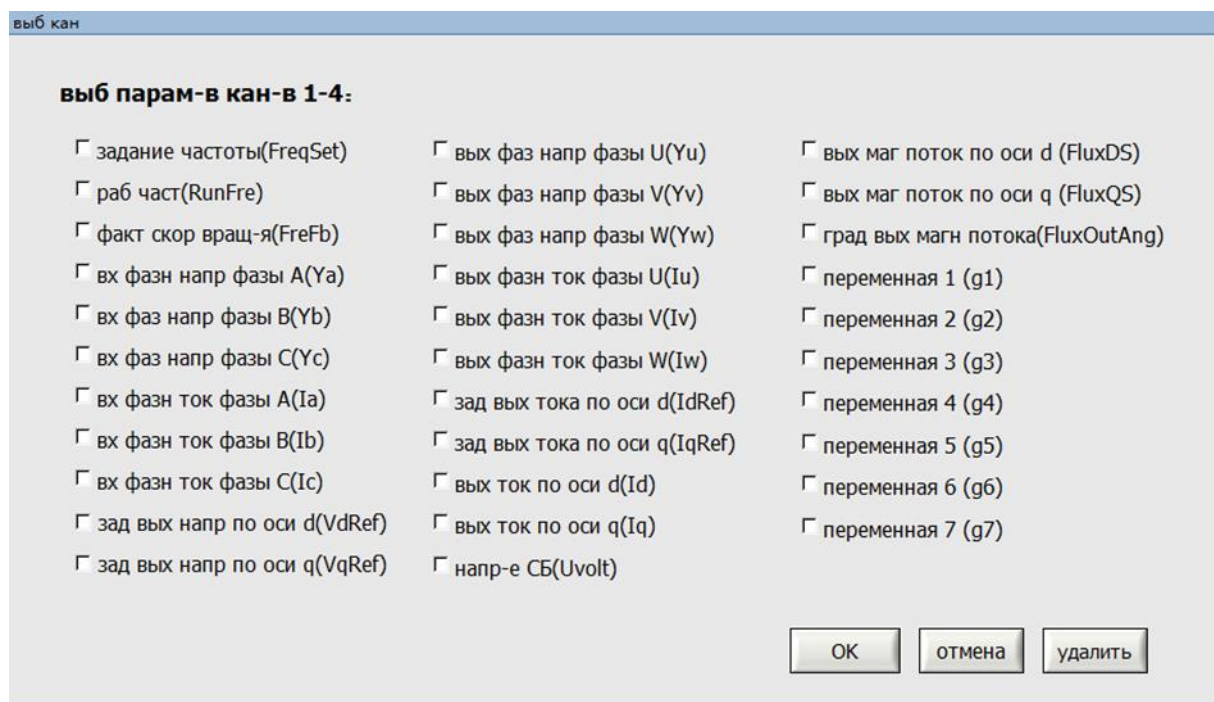


Рис. В.4 – Окно выбора графиков для отображения формы сигнала

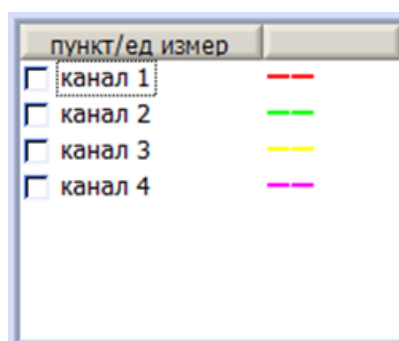


Рис. В.5 – Панель, где можно отключить или включить отображение выбранных графиков



Рис. В.6 – Панель настройки координат по оси X

Кнопки «Открыть запись» и «Сохранить запись» - предназначены для того, чтобы сохранить текущую форму сигнала в файл журнала или повторно открыть сохраненный файл записи сигнала в реальном времени, чтобы просмотреть форму сигнала. Формат файла – «.tdms».

Расположение файла журнала можно выбрать посредством кнопки меню «Настройка» (в верхней части экрана) > «Настройки записи данных» которое открывает диалоговое окно «Настройки записи данных», как показано на рисунке В.7. В данном окне можно задать путь для сохранения файла, путь для открытия файла и включить или отключить автоматическое сохранение выбранных графиков (графики сохраняются раз в час, после сохранения запись графиков начинается по новой).

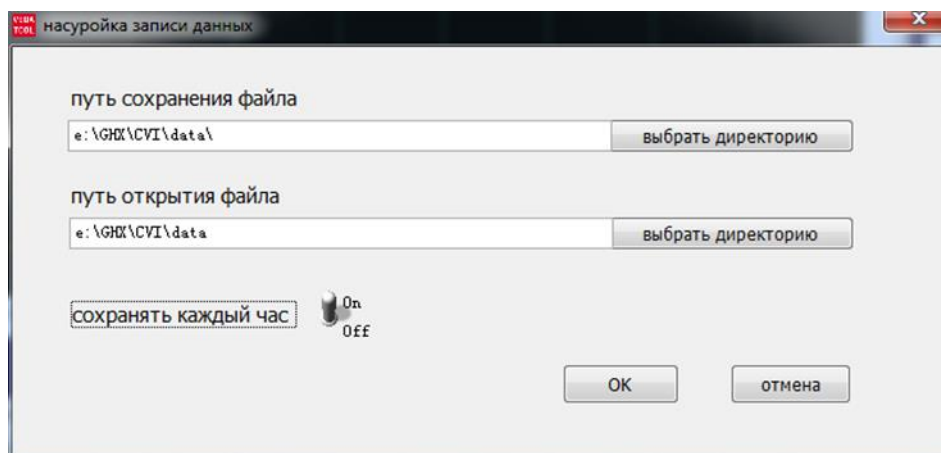


Рис. В.7 – Окно настройки записи данных

Сохранённые данные могут быть быстро открыты с помощью панели «Быстрого доступа» (см. рис. В.8). Относительно указанного на панели времени данные можно посмотреть за час до и час после с помощью соответствующих кнопок: «первого часа» и «последнего часа». Формат заданного времени: месяц-день-час.

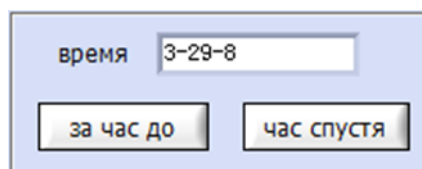


Рис. В.8 – Панель «Быстрого просмотра» сохранённых данных

Кнопка «Копировать изображение» - сохраняет текущую форму графика в буфер обмена, откуда ее можно вставить ее в нужный документ.

Панель «Отображения формы графика» - имеет три переключателя, для управления функцией отображения графика. Панель располагается в правом верхнем углу экрана (см. рис. В.9):.

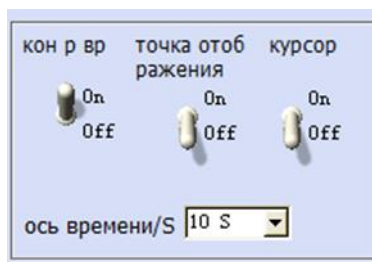


Рис. В.9 – Панель «Отображения формы графика»

Переключатель «Контроль в реальном времени» - положение «On» - пуск графика, «Off» - стоп графика. В положении «Off», нажав кнопку «Сохранить запись», можно сохранить текущую форму сигнала (кнопки «Сохранить запись» и «Копировать изображение» станут активными).

Переключатель «Точка отображения» - включает и отключает отображение формы сигнала точкой.

Переключатель «Курсор» - включает и отключает отображение курсора, с помощью которого можно наблюдать текущие данные формы сигнала, разницу между двумя измерениями координат (значение Delta).

Всплывающий список «Ось времени (S)», позволяет установить диапазон временной шкалы для удобного просмотра графика.

Кнопки навигации по графику (быстрое и медленное перемещение в прямую и обратную сторону по графику) приведены на рисунке В.10.



Рис. В.10 – Кнопки навигации по графику