



ООО «Сибирь-мехатроника»

---

## **Преобразователи частоты серии СМ 500**

(в том числе, входящие в состав  
станции частотного управления СЧ 500).

### **Часть 1.**

Техническое описание.

## Уважаемый пользователь !

Представленное описание является первой версией технического описания преобразователей частоты СМ500 (в том числе, входящих в состав станции частотного управления). Производитель убедительно просит сообщать о возможно допущенных неточностях, противоречиях и пр., и приложит все усилия для их устранения.

Просим все замечания и пожелания направлять производителю:

телефон (8-383-3) 46-11-64  
тел./факс (8-383-3) 46-27-84

e-mail: [common@sibmech.ru](mailto:common@sibmech.ru)

630092 Новосибирск - 92, пр. К. Маркса 20, ООО «Сибирь-Мехатроника»;

## Содержание.

|                                                   |            |
|---------------------------------------------------|------------|
| <b>Раздел 1. Общие сведения .....</b>             | <b>1-1</b> |
| 1.1. Назначение .....                             | 1-3        |
| 1.2. Состав преобразователя частоты.....          | 1-4        |
| 1.3. Основные технические характеристики .....    | 1-6        |
| <b>Раздел 2. Техническое описание .....</b>       | <b>2-1</b> |
| 2.1. Шкаф распределения .....                     | 2-3        |
| Силовая схема .....                               | 2-4        |
| Измерительные и информационные цепи .....         | 2-4        |
| Схема питания собственных нужд .....              | 2-5        |
| 2.2. Модуль преобразователя частоты .....         | 2-6        |
| Система питания .....                             | 2-7        |
| Вторичные цепи .....                              | 2-7        |
| Аналоговый интерфейс .....                        | 2-8        |
| Дискретный интерфейс .....                        | 2-8        |
| Сигнальный интерфейс .....                        | 2-9        |
| Силовая часть .....                               | 2-10       |
| Измерительная система .....                       | 2-12       |
| 2.3. Шкаф фильтров .....                          | 2-13       |
| Силовая схема .....                               | 2-13       |
| Вторичные цепи .....                              | 2-14       |
| <b>Раздел 3. Основные функции управления.....</b> | <b>3-1</b> |
| 3.1. Общие сведения .....                         | 3-2        |
| 3.2. Органы управления и индикации .....          | 3-4        |
| 3.3. Режимы работы ПЧ.....                        | 3-4        |
| Штатные режимы работы.....                        | 3-8        |
| Нештатные режимы работы.....                      | 3-9        |
| 3.4. Формирование управляющих сигналов.....       | 3-11       |
| Формирователь команд управления.....              | 3-11       |
| Формирователь сигнала задания частоты .....       | 3-13       |
| 3.5. Совместное управление МПЧ.....               | 3-14       |
| 3.6. Внешний технологический контроллер.....      | 3-19       |

|                                               |            |
|-----------------------------------------------|------------|
| <b>Раздел 4. Эксплуатация.....</b>            | <b>4-1</b> |
| 4.1. Порядок управления .....                 | 4-2        |
| 4.2. Диагностика нештатных ситуаций.....      | 4-6        |
| 4.3. Порядок включения преобразователя .....  | 4-10       |
| 4.4. Порядок выключения преобразователя ..... | 4-11       |
| 4.5. Техническое обслуживание .....           | 4-12       |
| Общие указания .....                          | 4-12       |
| Виды и периодичность обслуживания.....        | 4-13       |
| Мероприятия ТО №1 .....                       | 4-14       |
| Мероприятия ТО №2 .....                       | 4-15       |
| Мероприятия ТО №3 .....                       | 4-16       |

**Приложение 1. Шкаф распределения. Схема электрическая принципиальная.**

**Приложение 2. Модуль преобразователя частоты. Схема электрическая принципиальная.**

**Приложение 3. Шкаф фильтров. Схема электрическая принципиальная.**

**Приложение 4. Преобразователь частоты. Схема электрическая соединений.**

## Раздел 1.

### Общие сведения.

Настоящий документ представляет техническое описание преобразователей частоты серии СМ500, выпускаемых предприятием «Сибирь-мехатроника». Описание ориентировано на представление всего ряда выпускаемых типоразмеров и исполнений данной серии. Конкретные характеристики комплекта поставки оборудования ПЧ представлены в приложениях настоящего руководства.

По тексту описания приняты следующие термины и сокращения:

- **СЧУ** - станция частотного управления серии СЧ500.
- **СТК500** – технологический контроллер, управляющий регулированием технологических параметров и коммутацией вспомогательного силового оборудования.
- **СЧ500** – станция частотного управления, включающая в себя СМ500, СТК500 и коммутационную аппаратуру.
- **Штатная (традиционная) схема** – типовая схема управления двигателем с питанием непосредственно от сети или схема управления двигателем до внедрения СМ500.
- **ПЧ** – преобразователь частоты, осуществляющий регулирование частоты вращения двигателя исполнительного механизма.
- **МПЧ** – модуль преобразователя частоты. ПЧ базовой мощности, увеличением числа которых достигается увеличение полной мощности ПЧ. Возможное количество модулей от 1 до 4.
- **ШР** – шкаф распределения, включает в себя коммутационную аппаратуру, схемы заряда блока конденсаторов и сетевые фильтры.
- **ШФ** – шкаф фильтров, содержит силовые фильтры для исключения высших гармоник из выходного напряжения ПЧ.
- **Технологический параметр** – величина, описывающая технологический процесс (давление, уровень, расход и т.д.)
- **Датчик технологического параметра** – набор средств, позволяющих произвести непрерывную оценку величины технологического параметра.
- **Вспомогательный датчик** – набор средств, позволяющих произвести непрерывную оценку дополнительных характеристик технологического процесса, или используемых в качестве резервирования основного датчика технологического параметра.
- **Дискретные датчики** – набор измерительных пороговых устройств (как правило, электроконтактных), использующихся для независимого слежения за

характеристиками технологического процесса и диагностики нештатных режимов технологического оборудования.

- **Коммутационная аппаратура** – силовая схема, позволяющая производить коммутацию двигателей к выходным цепям ПЧ или непосредственно к сети.
- **Дополнительное оборудование** – оборудование не входящее в основной комплект поставки.
- **Агрегат** – технологическая установка, включающая в себя исполнительный механизм (насос) и приводной двигатель.

**Раздел 1.**

Целью настоящего руководства является описание функционирования, набора рекомендаций и правил типового использования серии СМ500.

Раздел 1 настоящего руководства содержит основные сведения по ПЧ серии СМ500 и их технические характеристики.

Раздел 2 представляет информацию по устройству серии СМ500, функциональные связи и требования к подключаемому оборудованию, описывает функционирование электрических схем и составных частей СМ500, основные режимы работы аппаратуры.

Раздел 3 представляет способы реализации на базе СМ500 наиболее часто встречающихся функций управления технологическим процессом.

Раздел 4 представляет оборудование СМ500 с точки зрения оператора и обслуживающего электротехнического персонала. Раздел содержит набор инструкций, позволяющих управлять работой оборудования, менять режимы работы, и правила технического обслуживания оборудования.

Приложения 1...7 содержат типовые схемы подключения оборудования СЧ500 и конкретизацию исполнения поставляемого оборудования (внутренние схемы электрошкафа, перечни элементов и сборочные чертежи).

## 1.1. Назначение преобразователя частоты.

Преобразователи частоты серии СМ500 предназначены для управления частотой вращения асинхронного электродвигателя, плавного запуска и останова агрегата (насосные агрегаты, компрессоры и т.п.).

СМ500 может использоваться в составе оборудования систем автоматического регулирования технологического процесса. В составе с управляющим контроллером СТК500 может быть реализован алгоритм регулирования технологического процесса, согласованного управления вспомогательным оборудованием. СТК500, в данном случае, управляет технологическими процессами, отображает на мнемосхеме состояние всего оборудования и позволяет регулировать и изменять технологический процесс с помощью графического меню.

СМ500 может использоваться в низковольтном и высоковольтном вариантах. В обоих вариантах конструкция СМ500 остается неизменной. В случае высоковольтного применения необходимы понижающий и повышающий трансформаторы, согласующие напряжение питающей сети, преобразователя частоты и двигателя.

## 1.2. Состав преобразователя частоты.

В состав преобразователя частоты серии СМ500, как правило, входят следующие функциональные элементы:

- шкаф распределения питающего напряжения (ШР);
- модули преобразователя частоты (МПЧ);
- шкаф выходных фильтров (ШФ);
- понижающий трансформатор ТС1 (в высоковольтном применении);
- повышающий трансформатор – ТС2 (в высоковольтном применении).

Общий вид функциональной схемы соединения элементов приведен на рисунке 1-1.

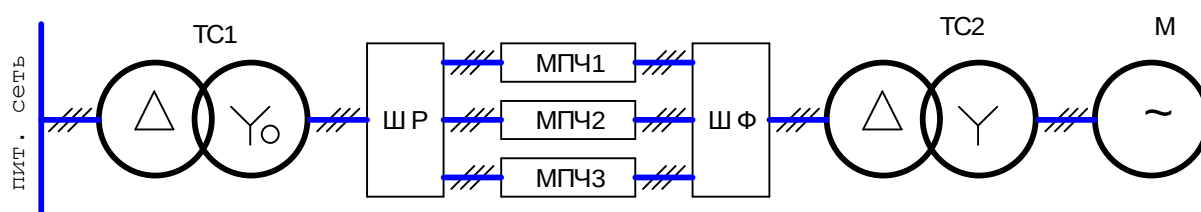


Рисунок 1-1. Общая функциональная схема СЧ500.

Согласующие трансформаторы могут быть исключены из комплекта поставки в случае, если это дополнительно согласовано на момент оформления заказа. В этом случае рекомендуется согласование с производителем типа и марки согласующих трансформаторов. Ниже приведены рекомендации по выбору трансформаторов.

В качестве согласующих трансформаторов возможно использование трансформаторов сухих (ТС, ТСЗ и т.п.), масляных (ТМ, ТМГ и т.п.), общего назначения. Допускается применение трансформаторных подстанций контейнерного типа для наружной установки. Конструкцией трансформаторов должно быть предусмотрено переключение ответвлений высоковольтной обмотки в пределах  $\pm 5\%$  от номинального значения напряжения.

| №  | Характеристика         | ТС1                                 | ТС2                                |
|----|------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| 1. | напр. в/в обмотки, В   | опр. суц. системой электроснабжения | опр. напряжением питания двигателя |
| 2. | напр. н/в обмотки, В   | 690                                 | 690                                |
| 3. | Соединение в/в обмотки | $\Delta$                            | Y                                  |
| 4. | Соединение н/в обмотки | Y <sub>o</sub>                      | $\Delta$                           |

Рекомендуемая мощность трансформаторов приведена в таблице 1.1.



Ниже приведен состав оборудования ПЧ и рекомендуемая мощность трансформаторов в зависимости от мощности подключаемого электродвигателя.

| мощность двигателя | ШР          | МПЧ (количество) | ШФ          | I <sub>вых</sub> [А] | P <sub>ТС1</sub> [кВА] | P <sub>ТС2</sub> [кВА] |
|--------------------|-------------|------------------|-------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| 250 кВт            | ШР500-1х250 | МПЧ500-250 (1)   | ШФ500-1х250 | 280                  | 400                    | 400                    |
| 315 кВт            | ШР500-1х315 | МПЧ500-315 (1)   | ШФ500-1х315 | 350                  | 400                    | 630                    |
| 400 кВт            | ШР500-1х400 | МПЧ500-400 (1)   | ШФ500-1х400 | 450                  | 630                    | 630                    |
| 500 кВт            | ШР500-2х250 | МПЧ500-250 (2)   | ШФ500-2х250 | 560                  | 630                    | 1000                   |
| 630 кВт            | ШР500-2х315 | МПЧ500-315 (2)   | ШФ500-2х315 | 700                  | 1000                   | 1000                   |
| 800 кВт            | ШР500-3х315 | МПЧ500-315 (3)   | ШФ500-3х315 | 900                  | 1000                   | 1250                   |
| 1000 кВт           | ШР500-3х400 | МПЧ500-400 (3)   | ШФ500-3х400 | 1350                 | 1250                   | 1600                   |
| 1250 кВт           | ШР500-4х315 | МПЧ500-315 (4)   | ШФ500-4х315 | 1400                 | 1600                   | 1600                   |

Таблица 1.1. Выпускаемые типоразмеры СМ500.

Конструктивно, оборудование ПЧ представляет собой набор напольных шкафов одностороннего обслуживания, предназначенных для установки на кабельный канал, эстакаду и прочие строительные конструкции.

Для организации межшкафных соединений в комплект оборудования преобразователя частоты включается набор силовых и информационных кабелей.

При мощностях преобразователя частоты более 400 кВт (см. табл.1.1.) в состав оборудования входит два или более МПЧ соответствующей мощности. В этом случае, один МПЧ является ведущим, остальные – ведомыми. Ведущий МПЧ управляет синхронной работой всех МПЧ. Для организации управления несколькими МПЧ в состав оборудования включается комплект оптических и контрольных кабелей.

### 1.3. Основные технические характеристики.

Общие технические характеристики оборудования приведены в таблице 1.2.

| Наименование                                                                             | Ед. изм. | Значение                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------------------|
| Напряжение питания силовой цепи, трехфазное                                              | В        | 690 (–15...+10)%          |
| Частота питающего напряжения                                                             | Гц       | 50 (–1...+1)              |
| Диапазон регулирования                                                                   | Гц       | 1...50                    |
| Закон управления электродвигателем                                                       |          | скалярный                 |
| Напряжение питания собственных нужд (предусмотрено АВР напряжения питания) <sup>1)</sup> | В, (А)   | 2х220, (10 макс)          |
| Система охлаждения                                                                       |          | принудительная, воздушная |
| Температура окружающей среды                                                             | °С       | +5...+40                  |
| Степень защиты от окружающей среды по ГОСТ 14254-80 <sup>2)</sup>                        |          | IP20                      |
| Группа условий эксплуатации в части воздействия механических факторов по ГОСТ 14254-80   |          | M3                        |
| Мощность двигателей насосных агрегатов                                                   | кВт      | 250...1250                |
| Климатическое исполнение по ГОСТ 15150-69                                                |          | УХЛ4                      |

Таблица 1.2. Основные технические характеристики СМ500.

Примечания.

- 1). Конструкцией ПЧ предусмотрена схема АВР питания собственных нужд.
- 2). Исключая зоны подключения напряжения питания силовой цепи и выходного напряжения инвертора. Зоны подключения имеют степень защиты IP00.

Оборудование соответствует климатическому исполнению УХЛ4 по ГОСТ 15150-69 при следующих значениях климатических факторов:

- высота над уровнем моря не более 1000 м;
- температура окружающего воздуха +5...+40°С;
- относительная влажность воздуха не более 90%;
- недопустимо образование конденсата и выпадение росы;
- окружающая среда не должна содержать взрывоопасных газов в концентрациях, разрушающих металлы и изоляцию, и не должна быть насыщена токопроводящей и взрывоопасной пылью.

В таблице 1.3. приведены характеристики оборудования ПЧ в зависимости от типоразмера.

| Типоразмер | Р <sub>вых</sub><br>[кВт] | I <sub>вых</sub><br>[А] | КПД | Р <sub>потерь</sub><br>[кВт] | Вес<br>[кг] |
|------------|---------------------------|-------------------------|-----|------------------------------|-------------|
| СМ500-250  | 250                       | 280                     |     |                              |             |
| СМ500-315  | 315                       | 350                     |     |                              |             |
| СМ500-400  | 400                       | 450                     |     |                              |             |
| СМ500-500  | 500                       | 560                     |     |                              |             |
| СМ500-630  | 630                       | 700                     |     |                              |             |
| СМ500-800  | 800                       | 900                     |     |                              |             |
| СМ500-1000 | 1000                      | 1120                    |     |                              |             |
| СМ500-1250 | 1250                      | 1400                    |     |                              |             |

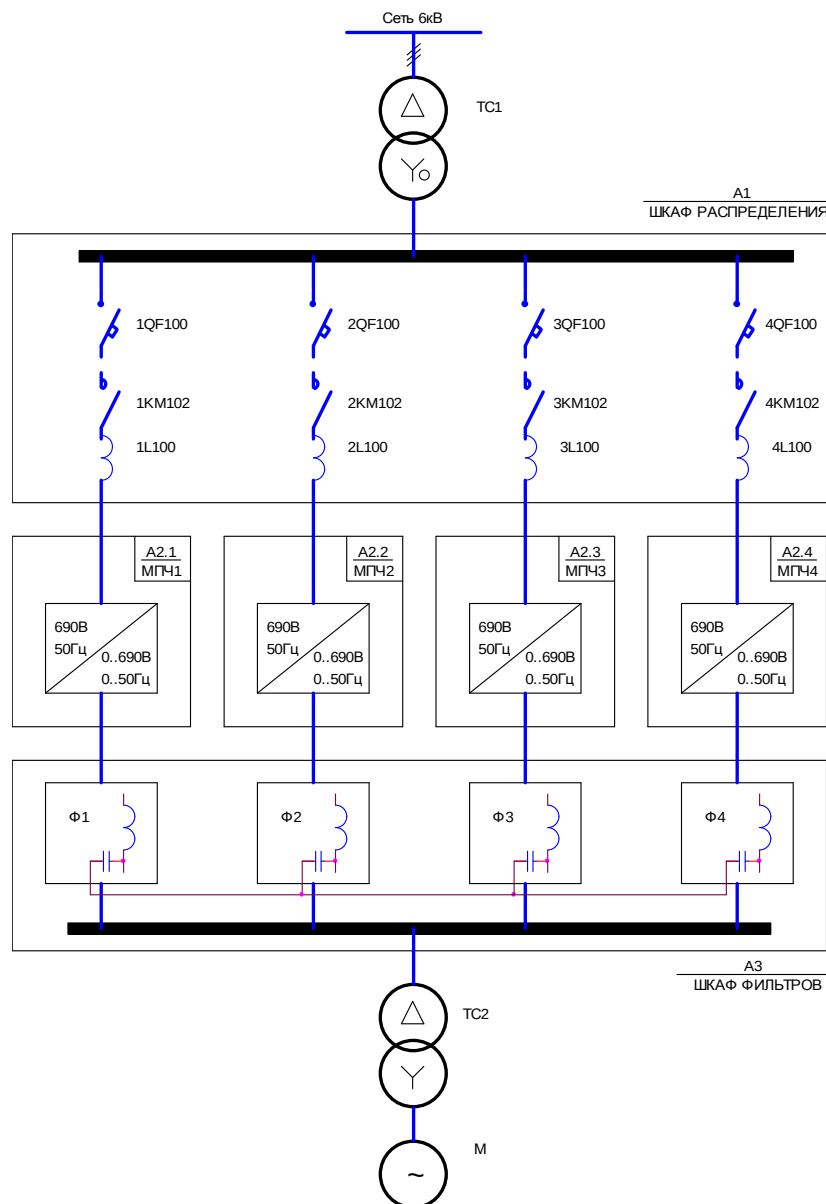
Таблица 1.3. Технические характеристики типоразмеров.

Обратите внимание, что при работе преобразователя частоты выделяется значительное количество тепловой энергии. В зависимости от условий эксплуатации это может накладывать требования к организации дополнительной вентиляции помещения.



**Раздел 2.****Техническое описание.**

Настоящий раздел описывает устройство всех составных частей как независимых узлов и в составе преобразователя частоты. В зависимости от исполнения ПЧ некоторые элементы могут быть исключены. Наиболее общим случаем, представленным на рисунке 2-1, является ПЧ максимальной мощности работающий на высоковольтный двигатель.



Раздел 2.

Рисунок 2-1. Однолинейная схема SM500.

Перечень оборудования, входящий в состав ПЧ, определяется функциями и назначением преобразователя частоты. Наиболее полный перечень функциональных узлов, входящих в состав ПЧ представлен в таблице 2-1.

| № | наименование узла              | тип                   | Примечание                                                                                                             |
|---|--------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | трансформатор ТС1 (понижающий) | некомплектный элемент | согласует уровни напряжения сети с питающим напряжением ПЧ                                                             |
| 2 | шкаф распределения             | отдельный шкаф        | содержит защитную и коммутационную аппаратуру цепи питания ПЧ                                                          |
| 3 | МПЧ                            | отдельные шкафы       | электронный преобразователь напряжения (инвертор)                                                                      |
| 4 | шкаф фильтров                  | отдельный шкаф        | содержит элементы силового фильтра для исключения влияния высокочастотных гармоник выходного напряжения ПЧ на нагрузку |
| 5 | трансформатор ТС2 (повышающий) | некомплектный элемент | согласует уровни выходного напряжения ПЧ и приводного двигателя                                                        |

Таблица 2-1. Перечень функциональных узлов ПЧ.

Рекомендации к выбору мощности трансформаторов и схеме включения обмоток изложены в разделе 1 данного руководства.

Напряжение питающей сети, через согласующий трансформатор ТС1, поступает на сборные шины шкафа распределения (ШР). ШР содержит индивидуальные цепи защитной и коммутационной аппаратуры по числу МПЧ, входящих в состав ПЧ (автоматические выключатели, входные контакторы, фильтры электромагнитной совместимости с сетью). МПЧ представляет собой полупроводниковый преобразователь питающего сетевого напряжения в выходное напряжение переменной частоты и амплитуды. Силовые цепи каждого МПЧ идентичны. В исполнении ПЧ с несколькими МПЧ, один является ведущим, и обеспечивает синхронную работу всех инверторов. Каждый МПЧ имеет индивидуальные цепи управления входной коммутационной аппаратурой и систему диагностики. Выходное напряжение каждого МПЧ поступает на шкаф фильтров, содержащий элементы, исключающие влияние высших гармоник на подключенную нагрузку. В основе ШФ лежат индивидуальные LC фильтры. Выходное напряжение (близкое к синусоидальному) поступает на повышающий трансформатор ТС2, согласующий уровень выходного напряжения ПЧ и подключаемого двигателя.

**Внимание!**

**В зависимости от применения, во входных и выходных цепях ПЧ может быть установлена дополнительная коммутационная аппаратура. Перечень и тип коммутационной аппаратуры определяется при проектировании и не рассматривается в данном руководстве.**

### 2.1. Шкаф распределения.

Схема шкафа распределения, для преобразователя частоты, содержащего один МПЧ, показана на рисунке 2-2. Конкретная схема приведена в приложении П1.1.

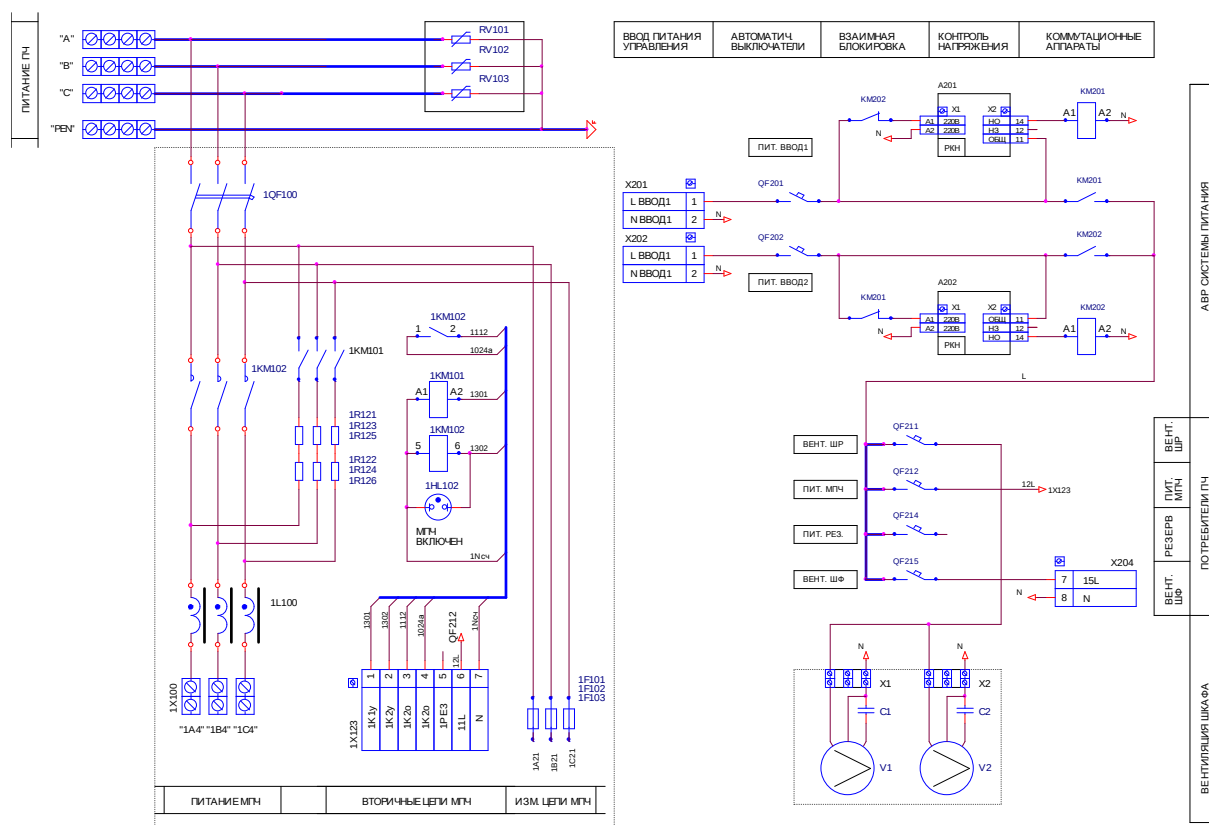


Рисунок 2-2. Принципиальная схема ШР.

Схема состоит из 2-х независимых частей. В левой части (обведенной пунктирной линией) находится основная силовая схема. Данная схема идентична для каждого МПЧ. В правой части находится схема распределения питания собственных нужд СМ500 и система охлаждения.

## Внимание!

Питающее напряжение подводится к отводам сборных шин на крыше ШР. Сборные шины открыты и имеют степень защиты IP00, поэтому при возможности случайного попадания на крышу ШР каких либо элементов или животных - необходимо принять меры по ограждению области подключения питающего напряжения к сборным шинам.

### **Входная силовая схема.**

К входным шинам подключены ограничители перенапряжения (ОПН) RV101 – RV103, необходимые для защиты питания ПЧ от грозовых и коммутационных перенапряжений.

ОПН состоит из 2-х частей: съемной части, содержащий основной защитный элемент, и корпуса для крепления на рейку. ОПН имеет индикатор работоспособности, указывающий на работоспособность основного элемента. При индикации аварийной ситуации необходимо заменить съемную часть ОПН. Характеристики ОПН приведены в дополнительной документации и могут отличаться для разных ПЧ.

#### **Внимание!**

При проведении каких либо работ с питающими линиями (например, проверка изоляции), необходимо демонтировать съемный элемент ОПН и отключить автоматические выключатели силовых цепей QF100.

## **Раздел 2.**

### **Коммутационная аппаратура МПЧ.**

Силовые цепи защитно-коммутационной аппаратуры для каждого МПЧ состоят из следующих элементов: автоматического выключателя QF100, основного контактора питающей цепи KM102, контактора предварительного заряда KM101 с включенными последовательно токоограничивающими резисторами R121...R126, фильтрующего дросселя L100.

**Автоматический выключатель QF100 защищает оборудование МПЧ от короткого замыкания во входных цепях. При проведении каких-либо работ внутри МПЧ, для обесточивания силовой цепи, необходимо отключить автомат QF100 каждого МПЧ, входящего в состав преобразователя.**

KM101 – контактор предзаряда, предназначен для плавного заряда конденсаторов звена постоянного тока (ЗПТ) в МПЧ. Плавность заряда обеспечивается последовательным включением токоограничивающих резисторов R121 – R126 в процессе включения силовой части. Время предзаряда может достигать 1 минуты. После заряда ЗПТ МПЧ включается главный контактор питающей цепи – KM102, контактор KM101 при этом отключается. Включенное состояние KM102 индицирует сигнальная лампа на двери ШР. Команды управления KM101 и KM102 формируются системой управления МПЧ. Для обеспечения электромагнитной совместимости с питающей сетью служит дроссель L100. В качестве выходной клеммы X100 используются нижние выводы дросселя.

### **Измерительные и информационные цепи.**

Каждый МПЧ имеет схему измерения питающего напряжения. Для цепей измерения напряжение с нижних губок автоматического выключателя QF100 через предохранители F101 - F103 поступает в шкаф МПЧ. Информация о состоянии главного контактора поступает в МПЧ через клеммный сигнал K2o разъема X123.

Схема левой части повторяется для каждого присутствующего МПЧ. Схема правой части не зависит от количества МПЧ и присутствует во всех шкафах ШР.



**Схема питания собственных нужд.**

Напряжение питания собственных нужд преобразователя частоты – однофазное, переменное 220В, 50Гц. Схемой распределения предусмотрено АВР питающего ввода. Контроль питающего напряжения каждого ввода производится с помощью реле контроля напряжения (А201, А202). Уставки РКН (максимальное напряжение, минимальное напряжение, время задержки) определяются на момент пуско-наладки преобразователя частоты. Подключение ввода производится включением автоматического выключателя QF201 (ввод 1), QF202 (ввод 2). Основным является ввод, включенный первым.

**Внимание!**

Несмотря на наличие блокировок, следует использовать одноименную фазу ввода 1 и ввода 2.

Выход систем АВР поступает на блок автоматических выключателей, питающих систему охлаждения ШР, шкафы МПЧ и систему охлаждения ШФ. В процессе эксплуатации все автоматические выключатели должны быть включены.

Для принудительного охлаждения силовых элементов в ШР установлены вентиляторы V1 и V2. Вентиляторы должны быть включены перед началом запуска преобразователя частоты (QF211).

## 2.2. Модуль преобразователя частоты.

Блок-схема МПЧ приведена на рисунках 2-3 и 2-5. Конкретная схема приведена в приложении П1.2. На рис. 2-3 приведены цепи питания, управления контакторами, дискретные и аналоговые входы/выходы пользователя. На рис. 2-5. приведены цепи силового тракта – выпрямитель, инвертор, датчики токов и напряжения, драйверы управления ключами инвертора.

### Раздел 2.

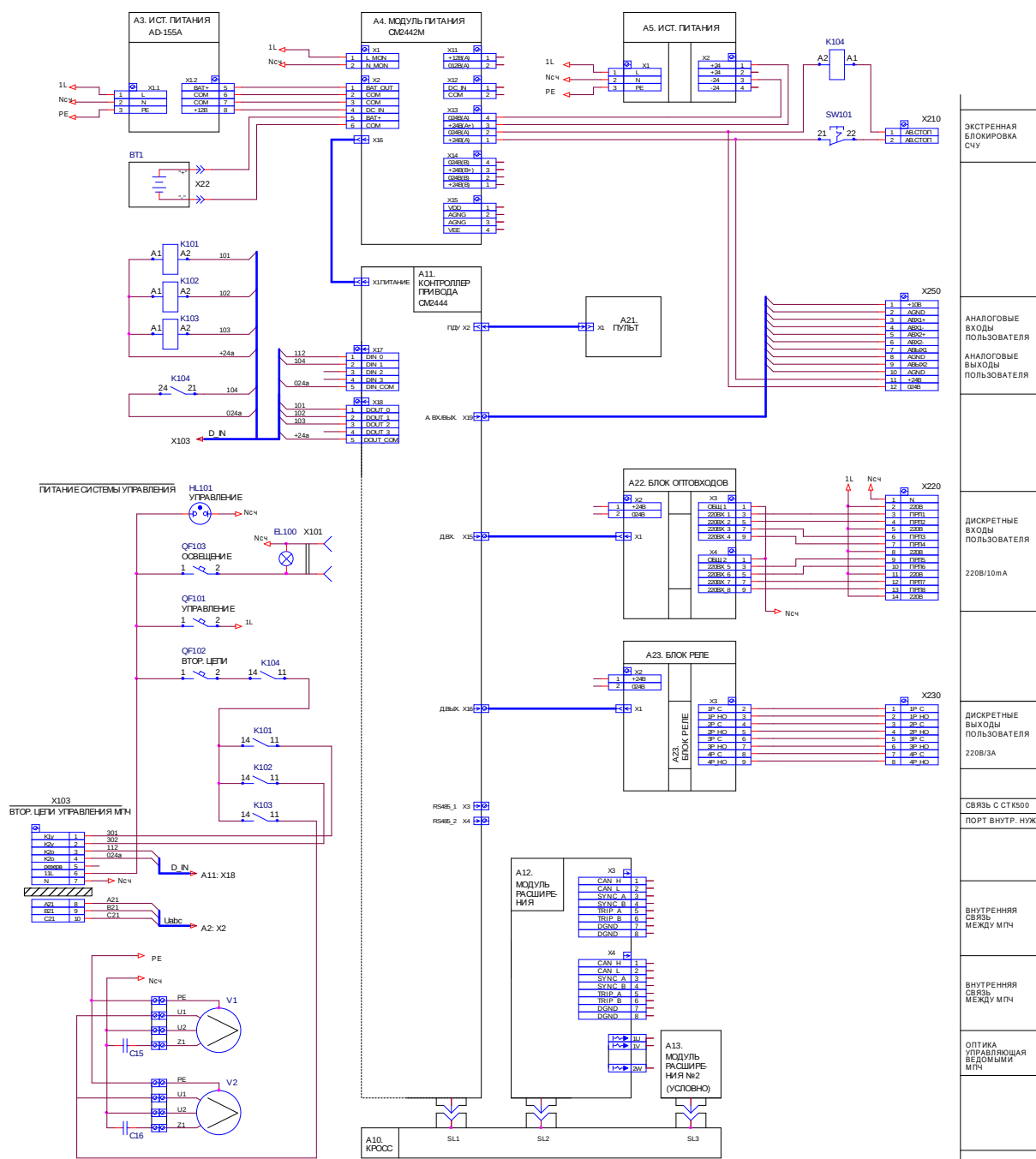


Рисунок 2-3. МПЧ, цепи питания и управления.

ПЧ разработан для установки на объектах с использованием пятипроводной системы питания. Для разделения цепей рабочей нейтрали и защитного заземления в оборудовании ПЧ введены линии N и шина защитного заземления PE. При использовании ПЧ в системах с четырехпроводной системой питания линии PE и N объединяются в PEN.

### Система питания.

Линии напряжения питания собственных нужд из шкафа распределения подключаются к клеммам X103(:6, :7) и используются для питания внутренних потребителей МПЧ. Для подключения цепи питания используется комплектный контрольный кабель, входящий в состав ПЧ.

Питание и защитные функции каждого потребителя производятся через свой автоматический выключатель:

- QF101 – питание элементов и блоков системы управления;
- QF102 – питание вторичных цепей контакторной аппаратуры;
- QF103 – питание цепей освещения и розетки.

При наличии напряжения собственных нужд питания на двери МПЧ светится индикатор «управление».

Питание элементов и блоков системы управления осуществляется стабилизированным напряжением источника питания (А3). Модуль А3 выполняет функцию источника бесперебойного питания, подключая батарею ВТ1 при отсутствии напряжения питания собственных нужд. Рабочее напряжение выходной цепи источника питания 11,5...13,5В.

#### Внимание!

Система управления остается работоспособной до снижения напряжения на батарее до уровня 11,2В. После чего источник питания отключается. Запуск источника производится при подаче питающего напряжения. При необходимости проведения работ на МПЧ следует отключать батарею.

Питание датчиков и элементов системы управления осуществляется гальванически развязанными напряжениями, формируемыми модулем питания А4. В таблице 2-2 приведены основные потребители напряжения.

### Вторичные цепи.

Питание вторичных цепей обеспечивает QF102. Вторичные цепи включают в себя цепи катушек контакторов силовой цепи и системы охлаждения. Управление производится сигналами контроллера (А11) через промежуточные реле К101 – К104.

- К101 – обеспечивает подключение цепи контактора предзаряда КМ101 в ШР;
- К102 – обеспечивает подключение цепи основного контактора КМ102 в ШР;
- К103 – обеспечивает включение вентиляторов охлаждения радиатора в МПЧ;
- К104 – обеспечивает разрыв вторичных цепей питания в случае экстренной блокировки (нажатие кнопки «аварийное выключение» SW101 или разрыв внешней цепи X210:1 – X210:2).

| цепь                     | ном.<br>значение | разъем А4                            | потребитель                                                   |
|--------------------------|------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| +12...012(A)             | +12В             | X11:1-2, X16:5-6                     | платы драйверов инвертора (A1u...A1w)                         |
| +12...012(B)             | +12В             | X14:1-2, X16:7-8                     | контроллер привода (A11), включая платы расширения (A12, A13) |
| VDD...AGND<br>VEE...AGND | +15В<br>- 15В    | X14:1-2, X16:1-2<br>X14:3-4, X16:3-4 | датчики вых. тока МПЧ (B1u...B1w)<br>датчик напряжения (A2)   |
| +24...024(A)             | +24В             | X13:1-2, X16:11-12                   | дискр. интерфейс (K101...104, A22, A23)                       |

Таблица 2-2. Перечень используемых напряжений в системе управления приводом.

## Раздел 2.

Состояние реле аварийной блокировки (K104) и главного контактора (KM102) анализируются контроллером привода через внутренние дискретные входы (X17). На двери МПЧ расположен пульт управления (A21), имеющий в своем составе ЖКИ, функциональные и управляющие кнопки, набор дискретных индикаторов.

### Аналоговый интерфейс.

Аналоговый интерфейс пользователя представлен двумя аналоговыми входами и двумя аналоговыми выходами. Сигналы аналогового интерфейса подключены к клеммному набору X250, содержащему 2 аналоговых входа, 2 аналоговых выхода, источник опорного напряжения 10В для потенциометров и 24В питания внешних датчиков.

Аналоговые входы являются универсальными, их конфигурация определяется пользователем. Возможна настройка аналоговых входов на принятие сигналов 0–10В, 0–5мА, 0–20мА, 4–20 мА. Настройка производится аппаратно путем установки перемычек (джамперов на плате контроллера привода) в определенное положение и программным определением типа входа в группе параметров «AI».

Аналоговые выходы также являются универсальным, их конфигурация определяется пользователем. Возможна настройка аналоговых выходов на формирование сигналов 0–10В, 0–5мА, 0–20мА, 4–20 мА. Настройка производится аппаратно путем установки перемычек (джамперов на плате контроллера привода) в определенное положение и программным определением типа выхода в группе параметров «AO».

### Дискретный интерфейс.

Дискретный интерфейс пользователя представлен восемью дискретными входами и четырьмя дискретными выходами. Для питания цепей дискретного интерфейса используется напряжение управления (линия 1L).

Клеммный набор X220 представляет пользователю возможность для подключения восьми независимых дискретных датчиков или схем управления с выходом типа «сухой» контакт. Уровень напряжения питания 220В, 50Гц. Гальваническое разделение сигналов и согласование уровней производит «блок оптовходов» (A22). Для питания блока используется напряжение вторичного источника питания А4 (+24..024(A)).

Программное обеспечение производит считывание состояния и обработку дискретных входов. Пользователь имеет возможность определять функцию каждого входа независимо. Как правило, дискретные входы используются для приема внешних команд управления ПЧ.

Дискретные выходы представляют собой 4 реле с нагрузочной способностью 2А 250В. Пользователь имеет возможность определить условие срабатывания дискретного выхода. Программное обеспечение производит обработку условий и управление состоянием каждого реле. Сигналы дискретных выходов, как правило, отображают состояние работы ПЧ.

### Сигнальный интерфейс МПЧ.

Преобразователи частоты, в состав которых входит более одного МПЧ, оснащаются сигнальным интерфейсом связи, включающий в себя сигналы управления ведомыми инверторами и информационный канал обмена данными. Для организации интерфейса в кросс-плату (А10) каждого МПЧ устанавливается модуль расширения (А12).

Модуль расширения ведущего МПЧ обеспечивает формирование и передачу сигналов управления инверторами ведомых МПЧ, что обеспечивает их синхронную работу во всех режимах преобразователя. Сигналы управления передаются по оптическому волокну и поступают на оптические приемники плат драйверов (А1u...А1w) ведомых МПЧ. Пример передачи сигналов представлен на рисунке 2-4. Необходимые оптические кабели включены в комплект поставки преобразователя частоты.

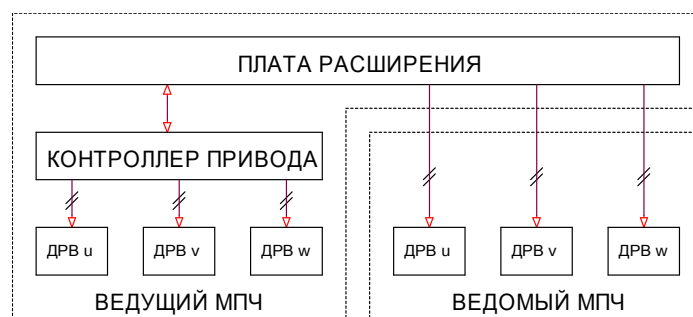


Рисунок 2-4. Сигналы управления инверторами.

Информационный обмен данными (линии CANH, CANL) между МПЧ производится через асинхронный последовательный канал стандарта CAN. Стандарт поддерживает правила обмена данными «равный с равным». Синхронизация обмена обеспечивается ведущим МПЧ. Кроме того, ведущий МПЧ обеспечивает отправку необходимых команд управления и задающего воздействия на ведомые МПЧ. Организация связи производится комплектными кабелями, входящими в состав преобразователя частоты. Информационный канал содержит выделенный сигнал экстренной блокировки всего оборудования ПЧ (линии TRIPА, TRIPВ). Любой МПЧ инициирует сигнал блокировки в случае возникновения нештатной ситуации, что приводит к одновременной блокировке всего оборудования ПЧ.



Рисунок 2-5. МПЧ, силовая часть.

В состав преобразователя частоты входят силовые емкостные фильтры. После полного отключения преобразователя от сети в течении определенного промежутка времени (примерно 5-10 минут) на его выводах возможно наличие высокого напряжения. Во избежание попадания под напряжение запрещено прикосновение к токоведущим частям СЧУ в течении этого времени.

Силовая часть и измерительная система МПЧ приведены на рис. 2-5. В состав силовой части МПЧ входят следующие элементы:

|                         |             |                                                                                                                              |
|-------------------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| входной выпрямитель     | VM1u...VM1w | производит преобразование переменного напряжения питания силовой части в постоянное                                          |
| емкостной фильтр        | C1u...C3w   | сглаживает пульсации выпрямленного напряжения, состоит из последовательно включенных цепочек электролитических конденсаторов |
| выравнивающие резисторы | R1u...R3w   | обеспечивает равномерное распределение напряжения между конденсаторами фильтра                                               |
| выходной инвертор       | VM2u...VM2w | обеспечивает формирование выходного напряжения по закону широтно-импульсной модуляции                                        |

Напряжение питания силовой части с выхода шкафа распределения поступает на силовые выводы X100. Входной выпрямитель и емкостной фильтр образуют звено постоянного тока (ЗПТ) МПЧ. Напряжение ЗПТ является питающим для выходного инвертора. Выходной инвертор содержит 6 IGBT транзисторов, объединенных в три модуля (VM2u...VM2w), работающих в ключевом режиме. Коммутация транзисторов инвертора производится по закону широтно-импульсной модуляции. Выходное напряжение инвертора через клеммы X300 поступает на нагрузку (шкаф фильтров).

Платы драйверов (A1u...A1w) производят усиление и гальваническую развязку сигналов управления ключами инвертора. Питание плат производится стабилизированным напряжением 12В, формируемым на модуле питания (A4). Сигналы управления ключами инвертора (световые импульсы) по оптоволоконному кабелю поступают на оптические приемники DA1, DA2 платы драйвера. В случае если МПЧ является ведущим, источниками сигналов являются оптические передатчики контроллера привода A11 (DD25...DD30). В случае если МПЧ является ведомым, сигналы управления поступают от оптических передатчиков платы расширения (A12) ведущего МПЧ. Каждая плата содержит схемные решения, отключающие силовой ключ в случае внутреннего короткого замыкания. При этом формируется сигнал, сообщающий системе управления о возникновении аварийной ситуации. Сигнал (световой импульс) передается по оптическому кабелю от передатчика (DA3) платы драйвера к оптическому приемнику (DD31...DD33) контроллера привода A11.

**Внимание!**

**Во избежание повреждения оптических линий связи, а также аппаратуры инвертора категорически запрещается: прикладывать значительные усилия к оптическому кабелю, изгиб радиусом менее 50 мм, нагрев кабеля выше температуры 100 град.С, изменение схемы оптических соединений преобразователя частоты, эксплуатация без какого-либо оптического соединения. Разъединение соединения допускается только за наконечник оптического кабеля. Оберегайте торец волокна от царапин, пятен и прочих повреждений, снижающих эффективность передачи сигнала. Оберегайте оптические приемники и передатчики от попадания внутрь посторонних предметов и жидкостей.**

### Измерительная система.

Измерительная система МПЧ обеспечивает сбор параметров о состоянии оборудования преобразователя частоты. Измерительные системы однотипны для каждого МПЧ, входящих в состав преобразователя.

Датчики тока выходной цепи инвертора  $V_{1U} - V_{1W}$  формируют токовый сигнал, пропорциональный значению выходного тока силовой цепи инвертора. Токковые сигналы поступают на измерительные резисторы (шунты), расположенные на плате контроллера привода. Сигналы обеспечивают работоспособность следующих функций:

- измерение и индикация выходного тока МПЧ (параметры IN01, IN02);
- алгоритм управления двигателем (только ведущий МПЧ);
- диагностика аварийного состояния силовой цепи (короткое замыкание, аппаратное ограничение тока, перегрузка МПЧ, неравенство нулю суммы фазных токов МПЧ и пр.)

### Раздел 2.

Датчик напряжения A2 служит для измерения напряжения питания силовой цепи МПЧ и напряжения звена постоянного тока (ЗПТ). Плата датчика напряжения формирует два токовых сигнала, поступающих на контроллер привода A11. Сигнал «Uac» (X56:4) пропорционален напряжению питания силовой цепи. Сигнал «Udc» (X56:6) пропорционален напряжению ЗПТ инвертора. Сигналы обеспечивают работоспособность следующих функций:

- измерение и индикация напряжения питания (In13) и ЗПТ (In14);
- алгоритм предварительного заряда емкостного фильтра инвертора;
- диагностика аварийного состояния питающего напряжения (понижение, превышение, потеря фазы и пр.)
- диагностика аварийного состояния напряжения ЗПТ (превышение, неисправность выпрямителя и пр.)

Датчики температуры радиатора  $BK1u...BK1w$  обеспечивают мониторинг температурного режима работы инвертора. Датчики закреплены на радиаторе в непосредственной близости от силовых ключей инвертора и представляют собой интегральную схему, формирующую импульсный сигнал. Частота следования импульсов  $\sim 35$  Гц, длительность импульса пропорциональна температуре радиатора. Датчики подключены к платам драйверов инвертора и поступают на контроллер привода (X51u...X51w), где производится измерение ширины импульса и вычисление значения температуры радиатора (параметры TR50, TR52, TR54), средней температуры радиатора (параметр In20).



## 2.3. Шкаф фильтров.

На рисунке 2-6 изображена блок-схема шкафа фильтров. В зависимости от исполнения преобразователя и прочих условий схема может быть изменена. Конкретная схема приведена в приложении.

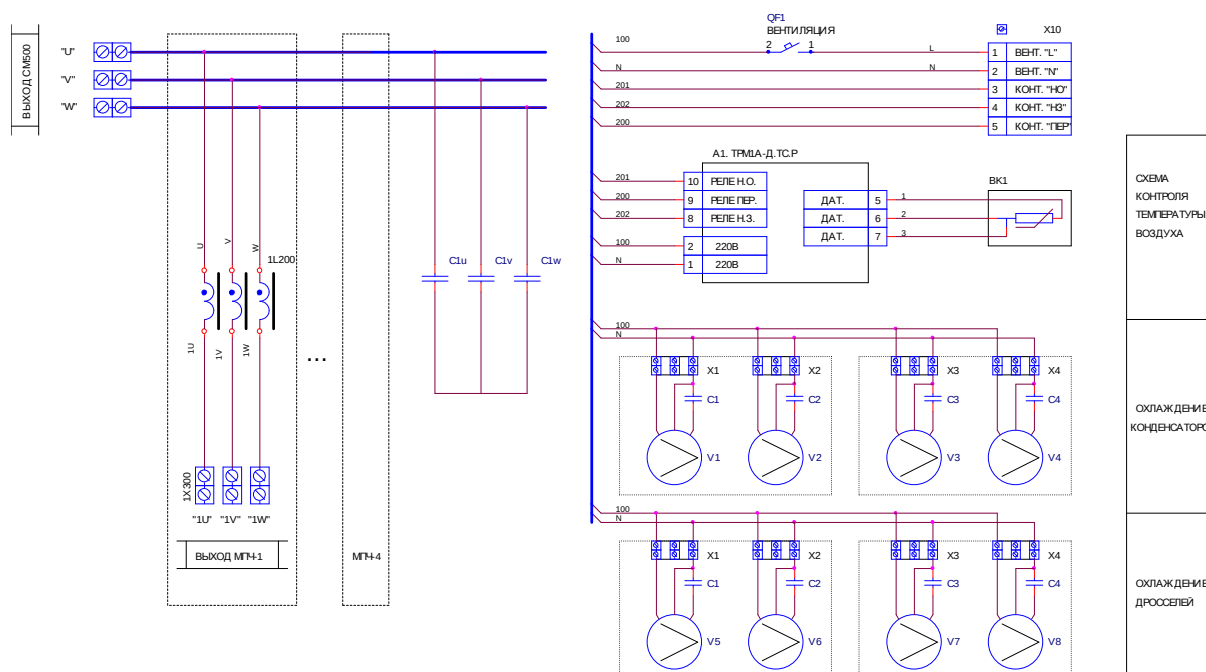


Рисунок 2-6. Схема ШФ.

### Силовая схема.

Шкаф выходных фильтров является неотъемлемой частью преобразователя частоты, состоящий из двух и более МПЧ или при работе на высоковольтный двигатель через повышающий трансформатор (ТС2). Шкаф выходных фильтров обеспечивает:

- суммирование и выравнивание выходных токов МПЧ;
- фильтрация высших гармоник выходного напряжения инвертора;

Основными фильтрующими силовыми элементами являются 3-х фазный дроссель (индивидуальный для каждого МПЧ) и блок конденсаторов. В зависимости от типоразмера ПЧ конденсаторы могут быть соединены по схеме «треугольник» или «звезда».

Выходное напряжение от каждого МПЧ поступает на контакты (1U, 1V, 1W). В качестве входных клемм используются выводы дросселя L200. Выходное напряжение поступает на сборные шины U, V, W, служащие для подключения нагрузки.

### Внимание!

Выходные сборные шины находятся на крыше ШФ и имеют степень защиты IP00. Поэтому при возможности случайного попадания на шины предметов или животных необходимо обеспечить ограждение области подключения кабеля к сборным шинам.

**Вторичные цепи.**

С правой стороны (см. рис. 2-6) показаны вторичные цепи шкафа фильтров. Питание вторичных цепей поступает из шкафа распределения (ШР) от автоматического выключателя QF215. Для обеспечения отвода тепла от элементов силового фильтра на двери шкафа установлены вентиляторы принудительного охлаждения. Вентиляция шкафа сквозная, через сетку задней стенки шкафа.

Обратите внимание, что для эффективной работы системы охлаждения следует обеспечивать зазор м/у задней стенкой шкафа и любыми строительными конструкциями не менее 300мм.

Для нормального функционирования оборудования, вентиляторы должны быть включены перед началом запуска преобразователя частоты (QF215 в ШР и QF1 в ШФ).

**Раздел 2.**

Шкаф фильтров снабжен схемой контроля температуры воздуха. Датчик температуры ВК1 установлен на выходе воздуха из шкафа у задней стенки. Датчик подключен к измерителю температуры А1, который производит измерение, индикацию и сравнение температуры воздуха с предельной. Контакты выходного реле выведены на клеммник Х10. Как правило, сигналы выходного реле используются для сигнализации перегрева и подключаются к дискретным входам пользователя ведущего МПЧ. При этом дискретный вход программируется на функцию «перегрев внешнего устройства». При нормальной температуре «контакт пер.» - «контакт н.о.» замкнуты, и температура считается нормальной. При перегреве, или при отсутствии питания на блоке А1 «контакт пер.» - «контакт н.о.» - разомкнут, что является состоянием аварии в ШФ. Это приводит к появлению предупредительной сигнализации на МПЧ и подключенном оборудовании.

## **Раздел 3.**

### Основные функции управления.

Преобразователи частоты серии CM500 реализуют следующие основные функции управления:

- включение / выключение оборудования;
- плавный запуск / останов подключенного двигателя;
- управление частотой вращения подключенного двигателя;
- совместное управление ПЧ с несколькими МПЧ;
- диагностика и мониторинг нештатных ситуаций оборудования и подключенного двигателя.

Настоящий раздел описывает режимы работы преобразователя на базе встроенных функциональных возможностей и типовых применений.

Преобразователи частоты содержат гибкий интерфейс пользователя, позволяющий принимать внешние команды и сигналы управления. Преобразователи частоты поддерживают режим автономной работы, как законченное устройство, так и встраивание в системы автоматизации объекта управления. Для реализации законченных технологических систем автоматизации предусмотрена возможность управления через последовательный интерфейс (RS485).

Раздел 3.

Настройка ПЧ, определение режимов его работы, а также изменение параметров производятся программированием определенных групп параметров с пультов управления ПЧ (в том числе пультов управления каждого МПЧ). Все программируемые функции доступны с пультов управления, расположенных на дверях шкафов МПЧ. Для удобства выбора функции, управляющий контроллер содержит развернутое меню. Для разграничения доступа к программируемым функциям, меню может работать в сокращенном или расширенном режиме. Как правило, сокращенный режим содержит список параметров оперативного управления и информации. Расширенный режим позволяет обеспечить доступ ко всем функциям преобразователя частоты.

Программное обеспечение управляющего контроллера содержит ряд неизменных (непрограммируемых) функций. Данные функции определены при изготовлении ПЧ и необходимы для обеспечения его функционирования.

### 3.1. Общие сведения.

Программное обеспечение управляющего контроллера построено на основе законченных **программных модулей**. На рисунке 3-1 приведена обобщенная блок-схема программного обеспечения управляющего контроллера, поясняющая принципы работы программного обеспечения преобразователя частоты и взаимодействия его отдельных частей. Каждая функция управления выполняется в виде программного модуля, имеющего входные и выходные данные в виде сигналов или команд (флагов).

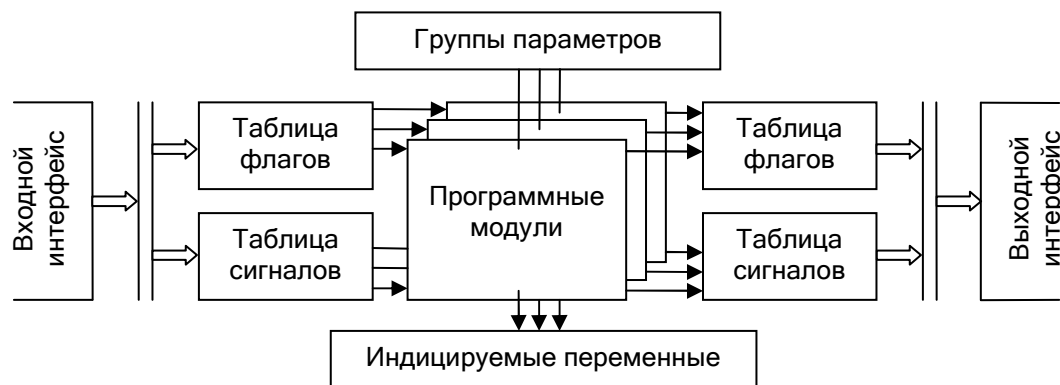


Рисунок 3-1. Блок-схема системы управления.

Для связи программных модулей между собой используются две основные таблицы: таблица флагов и таблица сигналов.

**Таблица флагов** содержит логическую информацию в виде дискретных сигналов (0/1). Как правило, это команды управления или статуса, сопровождающие тот или иной режим работы оборудования. Каждый программный модуль использует данные из таблицы для определения режима работы. Некоторые программные модули (например, определяющие источники команд управления ПЧ) имеют доступные пользователю средства выбора данных из таблицы посредством параметров типа «выбор флага». Часть связей недоступна пользователю и определяет логику функционирования оборудования.

**Таблица сигналов** содержит информацию в виде унифицированных сигналов с диапазонами изменения (-2.0 ... 2.0). Как правило, это сигналы управления или результаты внутренних вычислений, сопровождающие тот или иной режим работы оборудования. Каждый программный модуль использует данные из таблицы в качестве входной информации. Некоторые программные модули (например, определяющие источник сигнала задания выходной частоты ПЧ) имеют доступные пользователю средства выбора данных из таблицы посредством параметров типа «выбор сигнала». Часть связей недоступна пользователю и определяет логику функционирования оборудования.

**Входной интерфейс:** часть программно-аппаратных средств, используемая для управления оборудованием ПЧ. Входной интерфейс включает в себя дискретные и аналоговые входы пользователя, информацию, принимаемую по последовательным портам или с органов управления на пульте управления МПЧ. К входному интерфейсу относятся:

- 2 аналоговых входа пользователя (0..10В, 0..5мА, 0..20мА, 4..20мА);
- 8 дискретных входов пользователя (0/220В, 0/24В);
- 2 командные кнопки пульта управления МПЧ;
- 2 последовательных порта RS485 (до 32 дискр. сигналов и 2-х сигналов управления);
- последовательных порт связи МПЧ (до 80 дискр. сигналов и 15 сигналов управления);

Данные, принимаемые через входной интерфейс, помещаются в таблицу флагов или сигналов и могут быть использованы как команды или сигналы управления.

**Выходной интерфейс:** часть программно-аппаратных средств, позволяющих с помощью драйверов вывести данные из таблицы в виде аналоговых или дискретных сигналов. К выходному интерфейсу относятся:

- 2 аналоговых выхода пользователя (0..10В, 0..5мА, 0..20мА, 4..20мА);
- 4 дискретных выхода пользователя («сухие» контакты реле);
- 2 последовательных порта RS485 (доступ к любым ресурсам);
- последовательных порт связи МПЧ (до 32 дискр. сигналов и 6 сигналов управления);

**Группы параметров:** данные, вводимые пользователем с пульта управления, конфигурирующие работу программного модуля. Для удобства, параметры объединены в группы, отображаемые в меню «редактирование параметров». Внутри каждой группы параметры нумеруются (от 0 до 63). Принадлежность параметра к той или иной группе определяется буквенным префиксом перед номером (например, AI, AO, DR и т.д.). Для каждой группы параметров предусмотрено 4 набора, позволяющих каждый набор настраивать независимо от других, и при необходимости изменять номер активного набора. При этом значения других наборов не изменяются. Это может эффективно использоваться для оперативной перенастройки программных модулей. Любой параметр может быть помещен в «меню пользователя» (всего до 30 параметров) для оперативного управления. Для каждого такого параметра взамен внутреннего идентификатора **In.02** может быть присвоено произвольное название, например «Iвых».

**Индицируемые переменные (показания):** данные, выводимые на ЖКИ пульта управления МПЧ в меню «редактирование параметров». Форма отображения аналогична отображению параметров. В отличие от параметров, значения индицируемых переменных рассчитывается контроллером исходя из состояния или режима программного модуля. Индицируемые переменные не могут входить в набор параметров (т.е. они всегда сопровождают текущее состояние программного модуля). Аналогично параметрам, любое показание может быть помещено в «меню пользователя».

### 3.2. Органы управления и индикации.

Конфигурирование преобразователя частоты производится с пультов, расположенных на дверях МПЧ. Конфигурирование каждого МПЧ осуществляется отдельно. Пульт управления содержит необходимые органы управления и индикации. На рисунке 3-2 показано расположение элементов управления и индикации пульта МПЧ.

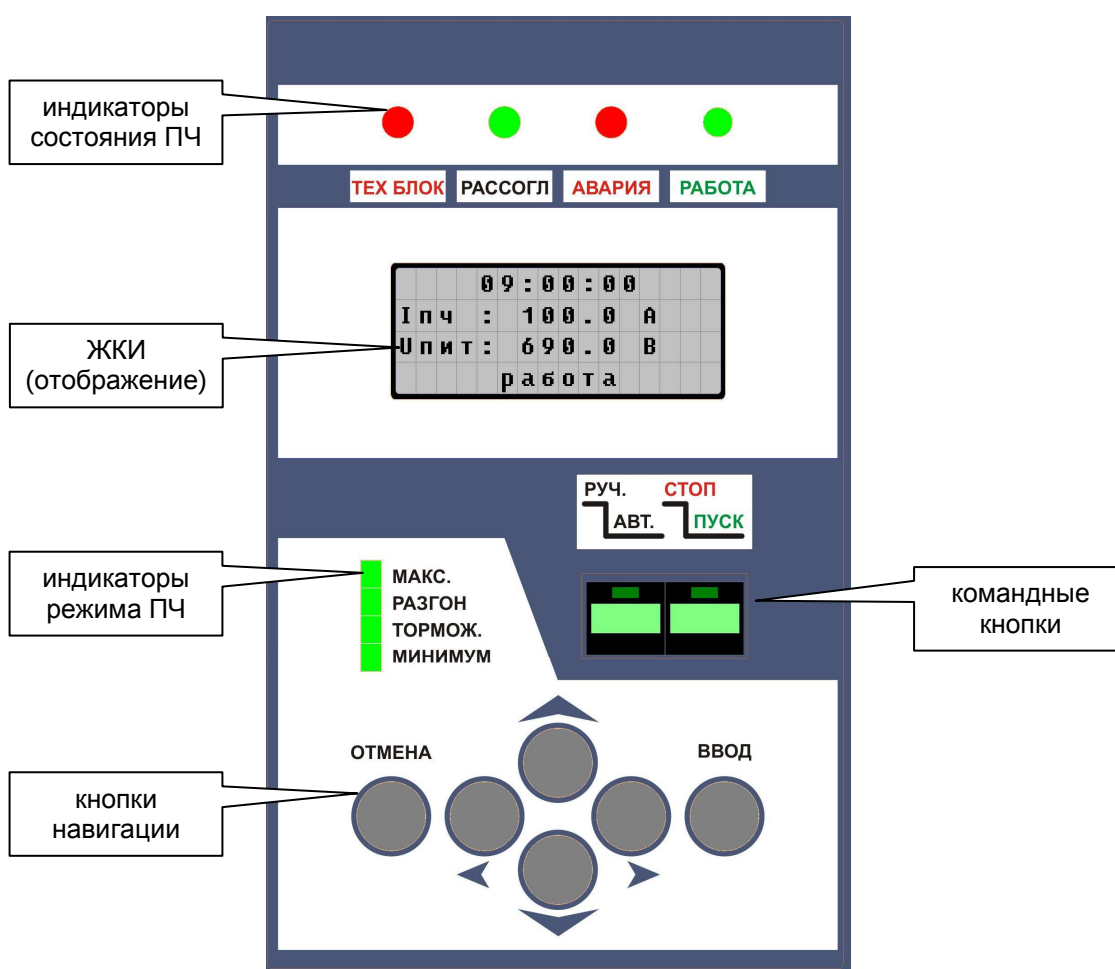


Рисунок 3-2. Органы управления и индикации пульта ПЧ.

На пульте расположены 4 группы органов:

- индикаторы состояния и режима преобразователя частоты (МПЧ);
- текстовый 4-х строчный индикатор (ЖКИ);
- органы управления (командные кнопки);
- кнопки управления меню (кнопки навигации);

**Индикаторы режима и состояния ПЧ (МПЧ)** отображают основные режимы работы преобразователя. Значения состояний светодиодов приведены в табл. 3-1.

|                 |          |                                                                                                            |
|-----------------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| работа          | выключен | ПЧ находится в выключенном состоянии, силовая часть выключена, инвертор заблокирован                       |
|                 | мигание  | состояние «силовая часть включена», ожидание команды «пуск», инвертор выключен                             |
|                 | свечение | режим «работа», силовая часть выключена, инвертор включен, управление двигателем                           |
| авария          | выключен | штатный режим работы                                                                                       |
|                 | мигание  | состояние «ошибка», аварийная ситуация при отсутствии команды «ПУСК» и «ВКЛ», которая может быть сброшена  |
|                 | свечение | аварийное отключение ПЧ, нештатная ситуация во время включения или работы ПЧ, ожидание команды «сброс».    |
| тех. блокировка | выключен | штатный режим работы                                                                                       |
|                 | мигание  | выдержка времени после выключения режима ограничения производительности (разгон запрещен)                  |
|                 | свечение | принудительное торможение для снижения токовой загрузки инвертора (функция ограничения производительности) |

Таблица 3-1. Индикаторы состояния.

Индикаторы режима отображают режим работы формирователя выходной частоты инвертора. В таблице 3-2 приведено описание состояния индикаторов:

|            |          |                                                       |
|------------|----------|-------------------------------------------------------|
| минимум    | свечение | выходная частота инвертора равна или ниже минимальной |
|            | мигание  | заданное значение частоты равно или ниже минимальной  |
| торможение | мигание  | торможение двигателя с разрешенным темпом торможения  |
| разгон     | мигание  | разгон двигателя с разрешенным темпом разгона         |
| максимум   | мигание  | заданное значение частоты равно или выше максимальной |
|            | свечение | выходная частота инвертора равна максимальной         |

Таблица 3-2. Индикаторы режима.

**Командные кнопки** предназначены для формирования местных команд управления преобразователем типично – включение/выключение силовой части и запуск/останов

двигателя. Также возможно перенастройка данных кнопок на другие функции либо их полное отключение, при этом на роль режимных кнопок необходимо подключить другой источник: дискретные входы, технологический контроллер и т.п. Нажатое состояние командной кнопки индицируется свечением встроенного в корпус светодиода. При управлении преобразователя частоты от внешнего технологического контроллера, командные кнопки исполняют роль местных органов управления. Состояние кнопок должно быть нажатое, формирование команд управления производит технологический контроллер.

**Кнопка «РУЧ/АВТ»**, как правило, используется для включения/отключения силовой части ПЧ. При нажатии кнопки ПЧ переходит в режим «подготовка к включению». При этом происходит плавный заряд силового фильтра, включение главного контактора K102 и переход в состояние «силовая часть включена». При отключении кнопки происходит моментальное отключение модуляции (если была нажата кнопка «ПУСК») и контактора K102 с переходом в состояние «выключен».

**Кнопка «СТОП/ПУСК»** предназначена для включения модуляции и перевода ПЧ в режим «разгон». При включении «ПУСК» происходит плавный разгон до заданного значения. После разгона ПЧ переходит в режим «работа». При отжатии кнопки «ПУСК» происходит плавное торможение приводного механизма, после торможения - отключение модуляции с переходом в состояние «силовая часть включена».

### Раздел 3.

**Жидкокристаллический индикатор (ЖКИ)** является основным устройством вывода информации о параметрах работы преобразователя частоты. Отображение информации производится в текстовом виде (4 строки по 16 символов). Перечень информации, отображаемой ЖКИ, зависит от применения преобразователя частоты и настраивается в специальном меню. Как правило, в верхней строке отображается текущее время, в нижней строке отображается текстовый статус преобразователя частоты (МПЧ). Две центральные строки представляют собой прокручиваемый список параметров, отображающих режим работы ПЧ (МПЧ), таких как напряжение питания, выходное напряжение ПЧ, выходной ток ПЧ, частота питания двигателя, заданная частота, температура радиаторов инвертора и т.д.

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--|--|
|   |   |   |   | 0 | 9 | : | 0 | 0 | : | 0 | 0 |   |  |  |  |
| И | п | ч | : |   |   |   | 0 | . | 0 |   | А |   |  |  |  |
| Ф | п | ч | : |   |   |   | 0 | . | 0 |   | Г | ц |  |  |  |
| а | в | а | р | и | я | : |   | U | a | c | < |   |  |  |  |

— время  
— параметры работы  
— состояние ПЧ

Рисунок 3-3. Меню пользователя.

**Кнопки навигации** предназначены для работы с пультом, т.е. позволяют совершать переходы по окнам меню и редактировать параметры. «ВВОД» служит для входа в меню, входа в редактирование параметра либо подтверждения сделанного выбора.



«ОТМЕНА» предназначена для выхода из текущего окна в меню верхнего уровня или отмены редактирования параметра.

Основное рабочее положение – меню пользователя, рисунок 3-3. В верхней строке меню пользователя отображается текущее время, в нижней строке – состояние ПЧ, в двух средних строках находится прокручиваемый список выбранных параметров, прокрутка обеспечивается нажатием клавиш «ВВЕРХ» и «ВНИЗ» (набор параметров меню определяется пользователем и может изменяться). Максимальное количество параметров в прокручиваемом списке ограничено 30.

### 3.3. Режимы работы ПЧ.

В процессе работы система управления ПЧ обеспечивает поддержание заданной частоты вращения исполнительного механизма. Управление производится по запрограммированным алгоритмам в соответствии с настройками пользователя. Возможные режимы работы ПЧ приведены на рисунке 3-4.

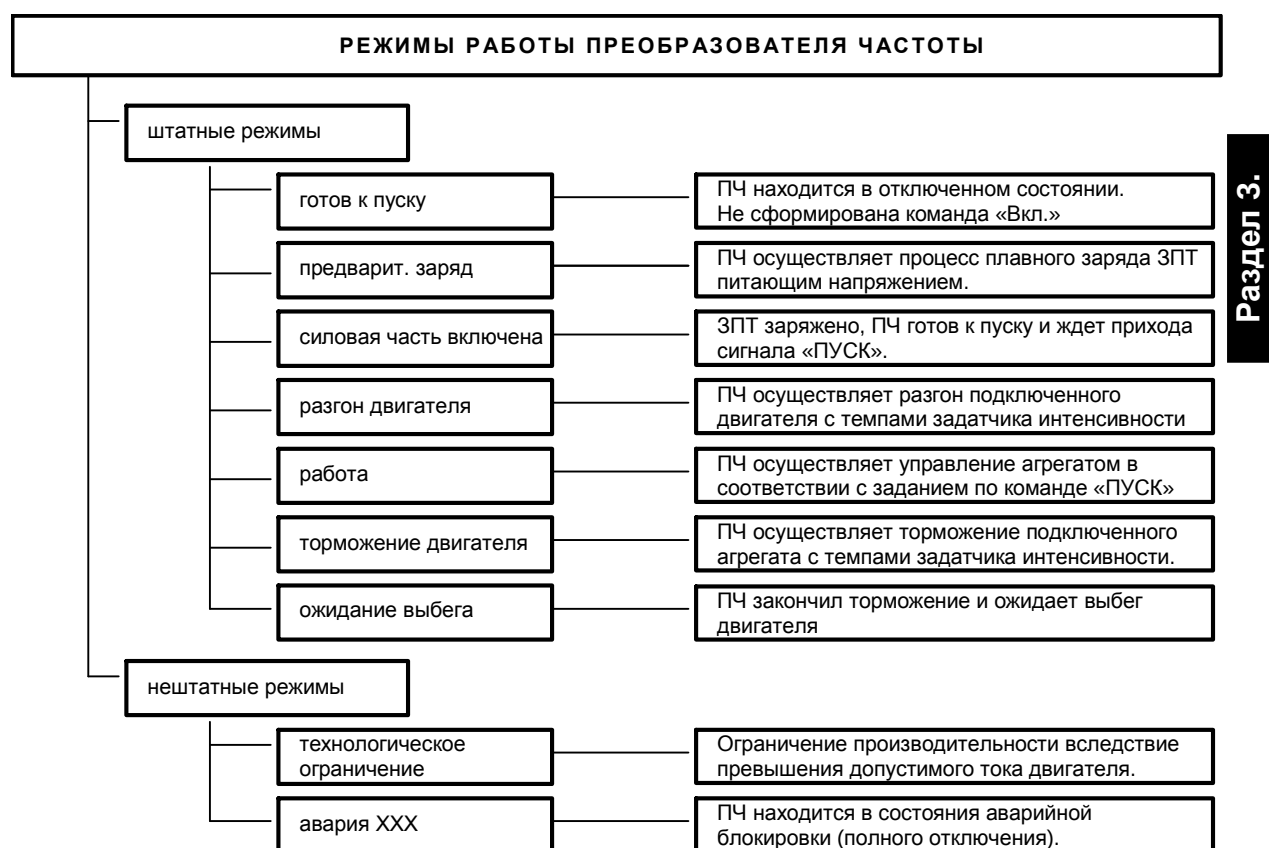


Рисунок 3-4. Режимы работы ПЧ CM500.

### 3.3.1. Штатные режимы работы.

В настоящей части описана последовательность процессов, происходящих в преобразователе частоты при запуске его в работу и штатном режиме. Логика включения ПЧ предполагает этап подготовки силовой схемы и непосредственно включения. Логика останова предполагает этапы собственно останова и разборки силовой схемы. Сборка и разборка силовой схемы, выбор схемы питания агрегатов производится обслуживающим персоналом согласно соответствующих инструкций.

Ниже описаны автоматические процессы, происходящие в преобразователе частоты. Временные диаграммы основных этапов штатного управления агрегатом приведены на рисунке 3-5.

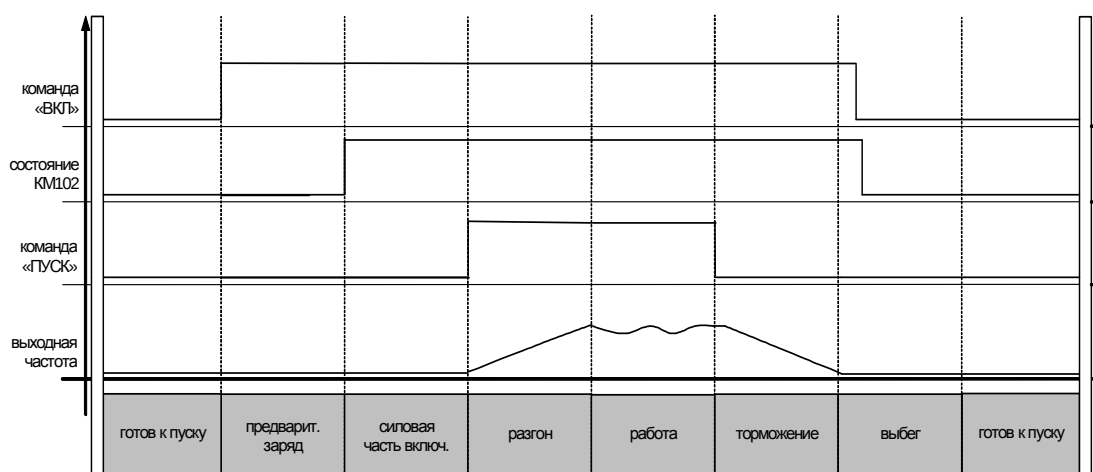


Рисунок 3-5. Штатные режимы работы ПЧ.

**«Готов к пуску»** - состояние ПЧ, при отсутствии команд «ВКЛ» и «ПУСК», а также отсутствии нештатных ситуаций. В данном состоянии силовая часть выключена, модуляция отключена, ожидается команда включения силовой части.

**«Предварительный заряд».** Подготовительный процесс включения силовой части преобразователя (МПЧ). По окончании процесса включается главный контактор КМ102 (ШР), подключающий ПЧ к питающей сети. Модуляция выключена, ток в двигателе отсутствует. В зависимости от мощности инвертора, процесс может занимать время до 60 сек.

**«Силовая часть включена».** После успешного выполнения системой управления операций по подготовке оборудования к включению ПЧ переходит в режим «силовая часть включена». В данном состоянии система управления ожидает команды «ПУСК», ЗПТ находится в заряженном состоянии, задание на частоту вращения не формируется, модуляция преобразователя частоты выключена, ток в обмотках двигателя отсутствует.

**«Разгон».** Плавный разгон двигателя на заданную частоту. Процесс занимает некоторое время. Время разгона зависит от заданной частоты и разрешенного темпа разгона (параметр **SH.12** группа формирователя частоты). Процесс разгона отображается на пульте управления ПЧ одноименным светодиодным индикатором. Модуляция включена, ток в двигателе присутствует.

**«Работа».** По достижении агрегатом заданного значения частоты вращения ПЧ переходит в режим «работа». Значение задания частоты вращения агрегата может задаваться внешним технологическим регулятором по последовательному порту, напряжением аналогового входа, с пульта ПЧ и др. способами. Источник задания частоты вращения агрегата определяется параметром **SH.01**. При достижении максимальной частоты вращения (параметр **SH.04**), на пульте ПЧ загорается светодиодный индикатор «макс.».

**«Торможение».** При подаче команды «СТОП» (отсутствии команды «ПУСК») ПЧ переходит в режим «торможение». Темп торможения определяется параметром задатчика интенсивности **SH.13**. Достигнув минимальной частоты, модуляция прекращается, но ЗПТ не обесточивается.

**«Выбег».** Защитный интервал времени для прекращения торможения двигателя самовыбегом. Данный режим необходим для исключения возможности повторного включения ПЧ на вращающийся двигатель. Задержка отсчитывается от момента последнего отключения модуляции инвертора длительность интервала определяется параметром **TR.62** (группа защитных функций).

Режимы «разгон» и «торможение» возможны в состоянии «работа» если задание частоты изменяется быстрее разрешенных темпов (или скачкообразно). В случае появления какой-либо аварии, на любом этапе включения, процесс включения прекращается и ПЧ переходит в режим «авария», отключая при этом модуляцию и силовой контактор КМ102. В данном режиме ПЧ будет находиться до момента принудительного сброса аварии.

### 3.3.2. Нештатные режимы работы.

**Нештатными режимами** работы оборудования ПЧ являются процессы нарушения нормального функционирования его составных частей или подключенного оборудования. Действия ПЧ по возникновению и сбросу возникающих нештатных режимов определяются пользователем в процессе настройки и эксплуатации.

Режим **аварийного отключения ПЧ** связан с фиксацией системой управления аварийной ситуации. Индикация аварийного отключения ПЧ осуществляется на пульте ПЧ светодиодом «авария» (непрерывное свечение) и в строке статуса меню пользователя указана причина аварии (нижняя строка). Все аварии зафиксированные системой управления заносятся в архив аварий и могут быть впоследствии просмотрены и проанализированы пользователем. При одновременном срабатывании нескольких аварий в архив заносятся обе, в порядке их обнаружения, отображение

аварий в строке статуса производится по приоритету нештатной ситуации. Причины нештатных ситуаций описаны в разделе 4.2. «диагностика нештатных ситуаций» настоящего руководства.

**Технологическое ограничение.** Режим технологических ограничений позволяет сохранить работоспособность электропривода в случае развития предаварийной ситуации. Для обеспечения безаварийной работы электропривода в режиме перегрузки, преобразователь частоты имеет возможность снижения производительности агрегата путем снижения частоты питания (только нагрузки с явной зависимостью частота – ток двигателя).

Действие функции следующее. При обнаружении системой управления превышения выходного тока ПЧ указанной границы, формируется команда принудительного торможения до момента снижения загрузки на уровне допустимой. Затем, ожидается время защитного интервала, производится разгон двигателя до заданной частоты.

Уровень ограничения определяется параметром UC.60 в процентах от номинального тока МПЧ. Время защитного интервала определяется параметром UC.61.

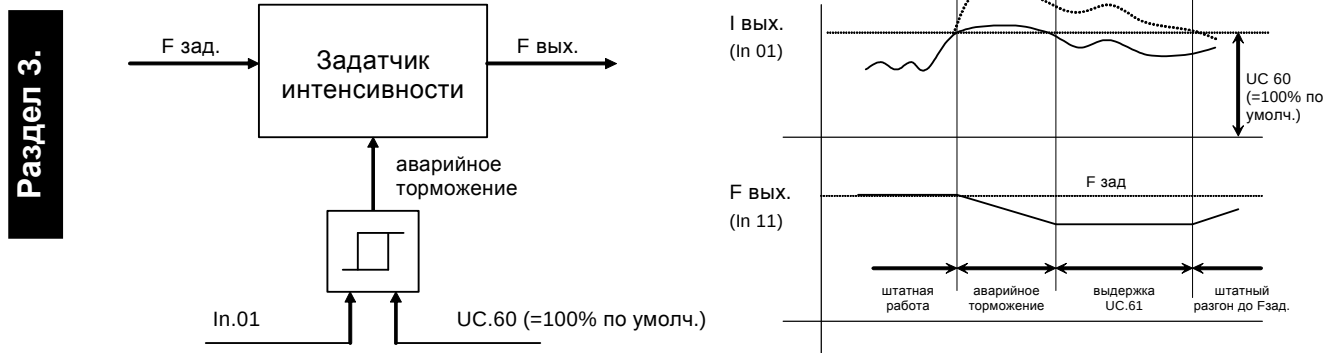


Рисунок 3-6. Режим технологического ограничения тока.

Для преобразователей, имеющих в своем составе несколько МПЧ, оценивается токовая нагрузка каждого МПЧ. Механизм вступает в силу, если зафиксировано превышение тока любого МПЧ. Оценка токовой загрузки производится ведущим МПЧ.

На время аварийного торможения и выдержки времени на пульте управления МПЧ мигает индикатор «технологическая блокировка», в строке состояния отображается «ограничение тока».

3.4. Формирование управляющих сигналов.

Система управления построена на связи всех блоков через таблицу флагов (таблицу дискретных сигналов) и таблицу аналоговых сигналов (рис 3-7). Данные таблицы заполняются драйверами входящих устройств (аналоговые и дискретные входы, последовательные порты, режимные кнопки пульта), постоянно обновляются и используются на протяжении работы оборудования. Также в таблице располагаются сигналы вспомогательных вычислений, полученных в ходе обработки аналоговых и дискретных сигналов.

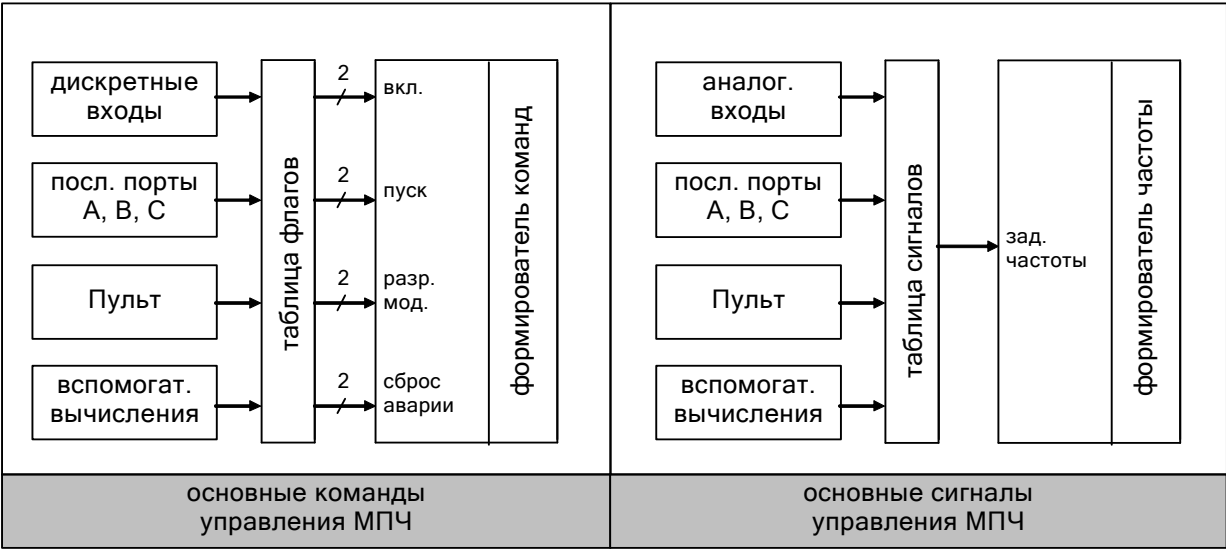


Рисунок 3-7. Заполнение таблиц флагов и сигналов, основные используемые сигналы.

Раздел 3.

Использование таблиц сигналов, наряду с применением селекторов, позволяет гибко формировать логику управления и назначать в качестве источников сигналов сигналы различных модулей в соответствии с применением преобразователя частоты.

**Формирователь команд управления** производит прием и обработку сигналов от источников команд (через таблицу флагов). Функциональная схема формирования представлена на рисунке 3-8. Для любых из четырех команд управления предусмотрены два источника сигнала – основной и дополнительный. Необходимым условием формирования команды является наличие обоих сигналов (объединение по «И»). В зависимости от текущего состояния преобразователя на ряд команд накладываются блокировки:

- блокировка команд «ПУСК» и «ВКЛЮЧЕНИЕ» при аварии преобразователя частоты;
- блокировка команды «СБРОС» при наличии команд «ПУСК» или «ВКЛЮЧЕНИЕ»;

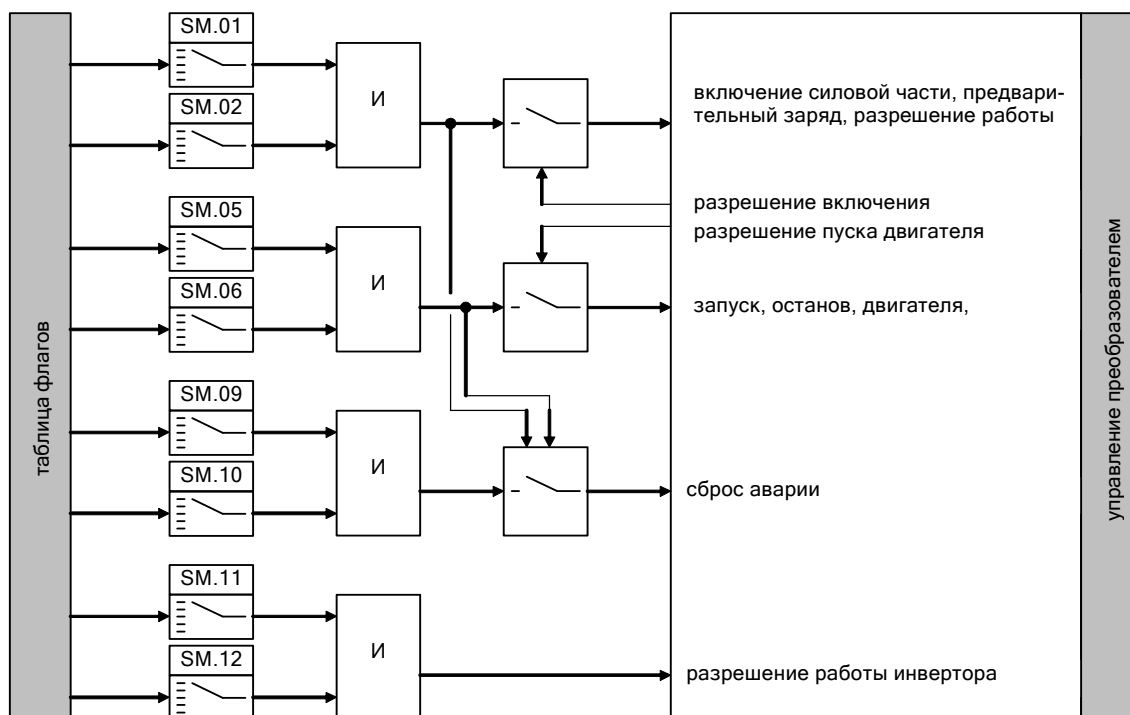


Рисунок 3-8. Основные команды управления.

## Раздел 3.

В случае, если один из каналов формирователя (основной или дополнительный) не используется, соответствующий параметр должен быть установлен в значение «дв.сигнал 001.00». Дополнительные сведения о параметрах приведены в руководстве по программированию преобразователей частоты CM500. Ниже приведены типовые конфигурации формирователя команд управления в зависимости от исполнения преобразователя частоты.

|                      |       |                                    |        |                                  |
|----------------------|-------|------------------------------------|--------|----------------------------------|
| ПЧ с одним МПЧ       | SM 01 | источник 1 команда ВКЛЮЧЕНИЕ:      | 003.01 | кнопка «РУЧ,АВТ» на пульте упр.  |
|                      | SM 02 | источник 2 команда ВКЛЮЧЕНИЕ:      | 001.00 | всегда активен                   |
|                      | SM 05 | источник 1 команда ПУСК            | 003.00 | кнопка «ПУСК/СТОП на пульте упр. |
|                      | SM 06 | источник 2 команда ПУСК            | 001.00 | всегда активен                   |
|                      | SM 09 | источник 1 команда РАЗР. МОДУЛЯЦИИ | 001.00 | всегда активен                   |
|                      | SM 10 | источник 2 команда РАЗР. МОДУЛЯЦИИ | 001.00 | всегда активен                   |
|                      | SM 13 | источник 1 команда СБРОС АВАРИИ    | 001.00 | всегда активен                   |
|                      | SM 14 | источник 2 команда СБРОСАВАРИИ     | 001.00 | всегда активен                   |
| ПЧ с несколькими МПЧ | SM 01 | источник 1 команда ВКЛЮЧЕНИЕ:      | 003.01 | Кнопка «РУЧ,АВТ» на пульте упр.  |
|                      | SM 02 | источник 2 команда ВКЛЮЧЕНИЕ:      | 042.00 | Упр. флаг 0 от ведущего МПЧ      |
|                      | SM 05 | источник 1 команда ПУСК            | 003.00 | Кнопка «ПУСК/СТОП на пульте упр. |
|                      | SM 06 | источник 2 команда ПУСК            | 042.02 | Упр. флаг 2 от ведущего МПЧ      |
|                      | SM 09 | источник 1 команда РАЗР. МОДУЛЯЦИИ | 001.00 | всегда активен                   |
|                      | SM 10 | источник 2 команда РАЗР. МОДУЛЯЦИИ | 042.01 | Упр. флаг 1 от ведущего МПЧ      |
|                      | SM 13 | источник 1 команда СБРОС АВАРИИ    | 001.00 | всегда активен                   |
|                      | SM 14 | источник 2 команда СБРОСАВАРИИ     | 042.15 | Упр. флаг 15 от ведущего МПЧ     |

**Формирователь сигнала задания выходной частоты** производит прием сигнала от выбранного источника, первичную обработку, нормализацию и наложение ограничений на динамику изменения выходной частоты. Функциональная схема формирователя приведена на рисунке 3-9. Здесь же приведены значения по умолчанию для параметров, определяющих работу формирователя.

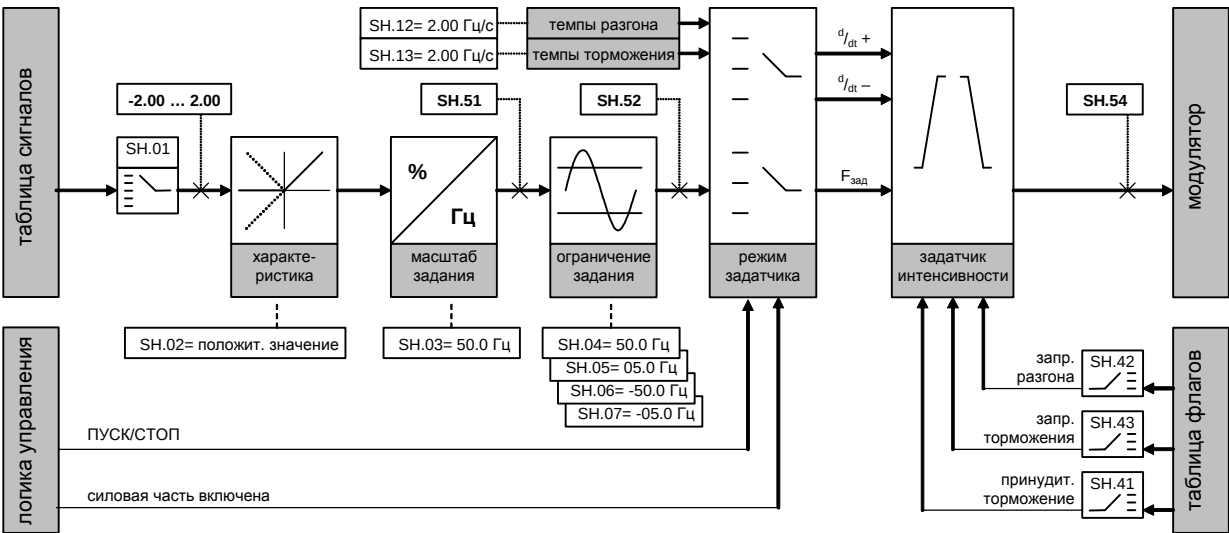


Рисунок 3-9. Формирователь сигнала задания частоты.

В качестве исходного управляющего сигнала используется любая строка таблицы сигналов (SH.01). Масштабирование сигнала (значение выходной частоты при уровне входного сигнала = 1.00) определяется параметром SH.03. Значения SH.04 ... SH.07 определяют диапазон возможных значений соответственно для положительных и отрицательных значений выходной частоты (отрицательные значения определяют вращение двигателя в обратную сторону). Задатчик интенсивности определяет динамику разгона SH.12 и торможения SH.13 двигателя.

Параметры SH.41 ... SH.43 определяют работу задатчика интенсивности в специальных режимах. Функция принудительного торможения (SH41), как правило, используется для ограничения токовой загрузки приводного механизма (технологическое ограничение). Функция запрета разгона (SH42) используется для выдержки времени перед выходом на режим после работы технологического ограничения.

|             |       |                                  |        |                              |
|-------------|-------|----------------------------------|--------|------------------------------|
| ведущий МПЧ | SH 41 | сигнал ПРИНУДИТЕЛЬНОЕ ТОРМОЖЕНИЕ | 027.08 | превышение токовой загрузки  |
|             | SH 42 | сигнал ЗАПРЕТ РАЗГОНА            | 027.09 | пауза перед выходом на режим |
| ведомый МПЧ | SH 41 | сигнал ПРИНУДИТЕЛЬНОЕ ТОРМОЖЕНИЕ | 000.00 | функция не используется      |
|             | SH 42 | сигнал ЗАПРЕТ РАЗГОНА            | 000.00 | функция не используется      |

### 3.5. Совместное управление МПЧ.

Настоящий раздел описывает функционирование преобразователя частоты, состоящего из нескольких МПЧ. Преобразователь частоты может содержать в своем составе до 4-х МПЧ, среди которых один обязательно является ведущим, а остальные – ведомыми.

Основой для синхронизации работы МПЧ является последовательный канал обмена данными между МПЧ (порт «С» каждого МПЧ). Последовательный канал предполагает передачу данных о состоянии каждого МПЧ любым другим и передачу управляющих сигналов от ведущего МПЧ к ведомым. Для организации обмена каждый МПЧ имеет уникальный адрес в диапазоне 0...3 (параметр **RC.01**). Ведущий МПЧ всегда должен иметь адрес «0». Каждый МПЧ содержит буфер информационных и управляющих сигналов. Буфер информационных сигналов содержит до 16 статусных флагов и до 3-х сигналов в диапазоне (-2...0...2). Буфер управляющих сигналов содержит до 16 управляющих флагов (команд) и 3-х управляющих сигналов в диапазоне (-2...0...2). Ведущий МПЧ передает команды и управляющие сигналы к ведомым, ведомые только считывают значения флагов и сигналов без возможности модификации данных.

Ниже представлено строение буферов обмена данными между МПЧ. Структура буферов идентична для всех МПЧ. Ввиду идентичности структуры информация о состоянии любого МПЧ доступна каждому, входящему в состав преобразователя. В случае если в состав преобразователя частоты входит количество МПЧ менее 4-х, соответствующие значения обнуляются.

#### Раздел 3.

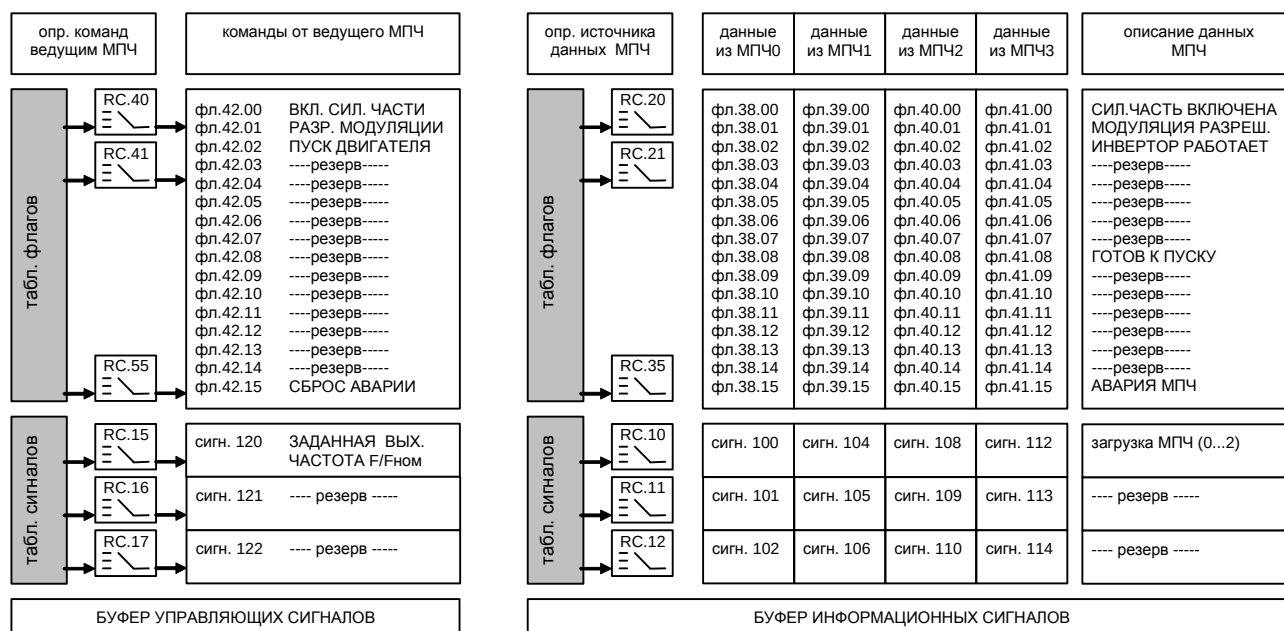


Рисунок 3-10. Информационный канал связи МПЧ.



Приведены значения по умолчанию. Для более подробной информации следует обратиться к руководству по программированию преобразователей частоты серии СМ500. Зарезервированные сигналы могут использоваться в зависимости от применения для передачи дополнительных данных между МПЧ.

**Ведущий МПЧ** формирует или, в зависимости от применения, получает общие команды управления от общего пульта управления или внешнего технологического контроллера. При помощи селекторов **RC.40...RC.55** команды передаются в сеть МПЧ и становятся доступными всем участникам.

Ниже в таблице приведено описание команд управления в типовой системе управления ПЧ совместно с внешним управляющим контроллером типа СТК500. При необходимости, источники команд могут быть изменены соответствующими параметрами. В столбце «приемник» указан номер флага в любом МПЧ, из которого может быть считано значение команды (например, для использования формирователем команд управления МПЧ).

| параметр | источник | приемник | комментарии                                                                                                              |
|----------|----------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| RC.40    | 30.00    | 42.00    | «ВКЛЮЧЕНИЕ СИЛОВОЙ ЧАСТИ». В качестве источника используется флаг №0 слова управления из последовательного порта «А»     |
| RC.41    | 30.01    | 42.01    | «РАЗРЕШЕНИЕ РАБОТЫ ИНВЕРТОРА». В качестве источника используется флаг №1 слова управления из последовательного порта «А» |
| RC.42    | 30.02    | 42.02    | «ПУСК/СТОП ДВИГАТЕЛЯ». В качестве источника используется флаг №2 слова управления из последовательного порта «А»         |
| RC.55    | 30.15    | 42.15    | «СБРОС АВАРИЙ». В качестве источника используется флаг №15 слова управления из последовательного порта «А»               |

Раздел 3.

Формирователь команд управления (см. значения по умолчанию) каждого МПЧ использует указанные флаги для формирования собственных команд.

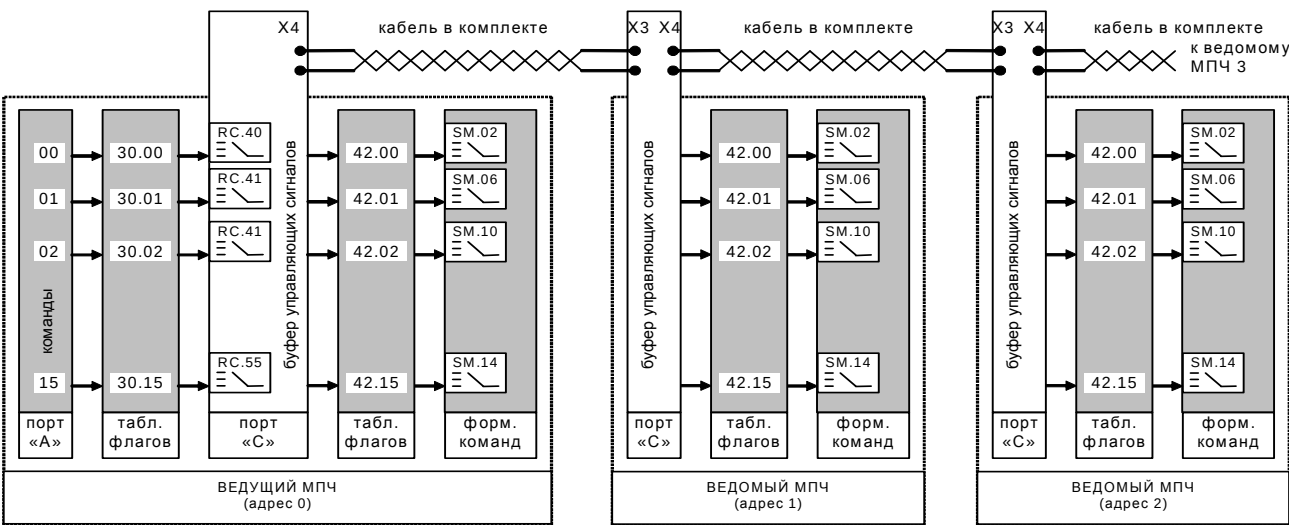


Рисунок 3-11. Передача команд управления.

**Ведущий МПЧ** формирует или, в зависимости от применения, получает сигнал задания на выходную частоту. В отличие от команд управления, которые лишь ретранслируются каждому МПЧ, сигнал задания частоты проходит дополнительную обработку (формирователь задания частоты). Это необходимо для точного соответствия значений выходной частоты, принимаемым каждым МПЧ. Ведомый МПЧ использует сигнал задания частоты для синхронизации измерительной системы и управления.

| параметр | источник | приемник | комментарии                                                                                                                                                                                                |
|----------|----------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| RC.15    | 0036     | 0120     | «ЧАСТОТА ПИТАНИЯ ДВИГАТЕЛЯ». В качестве источника используется сигнал 0036 (выход формирователя задания частоты) в виде относительного значения к диапазону (SH.03) ведущего МПЧ. Диапазон (-2.00...2.00). |

В типовой системе управления ПЧ совместно с внешним управляющим контроллером типа СТК500 сигнал задания частоты поступает от управляющего контроллера через порт «А» ведущего МПЧ. При необходимости, источник сигнала может быть изменен соответствующим параметром.

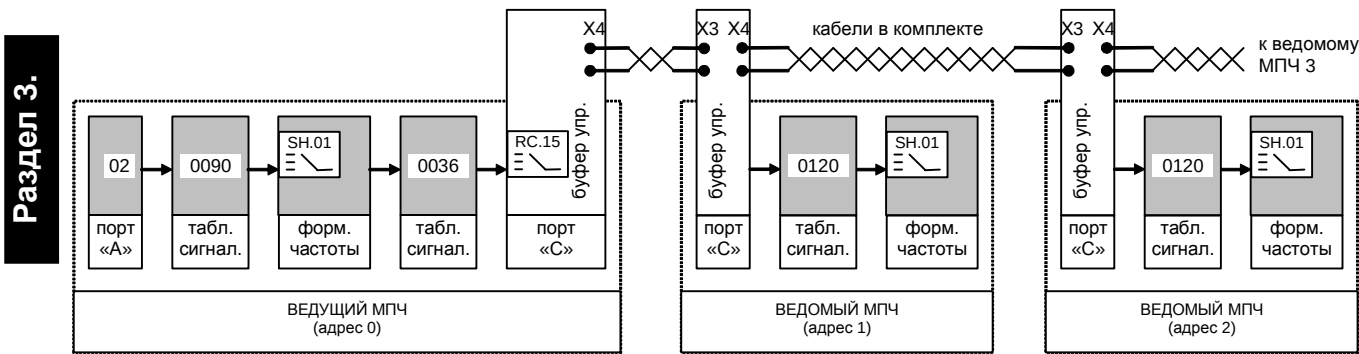


Рисунок 3-12. Передача сигнала управления.

Обратите внимание, что для корректной работы ведомых МПЧ, настройки формирователя частоты (группа параметров SH) каждого должны быть идентичны. Исключение составляют параметры спец. режимов работы задатчика интенсивности (параметры SH.41 ... SH.42 ), которые устанавливаются только в ведущем МПЧ.

**Все МПЧ, входящие в состав преобразователя,** формируют в последовательный канал связи информацию о своем состоянии в виде флагов и сигналов. Передаваемая информация доступна для всех участников связи (до 4-х МПЧ). В случае если в состав преобразователя входит менее 4-х МПЧ, соответствующая информация обнуляется (см. рисунок 3-10).

Ниже представлен перечень сигналов, формируемых каждым МПЧ в типовом применении – преобразователь частоты, управляемый внешним технологическим контроллером.

| параметр | источник | приемник |          |          |          | комментарии               |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------------------------|
|          |          | из МПЧ-0 | из МПЧ-1 | из МПЧ-2 | из МПЧ-3 |                           |
| RC.20    | 20.04    | 38.00    | 39.00    | 40.00    | 41.00    | «СИЛОВАЯ ЧАСТЬ ВКЛЮЧЕНА». |
| RC.21    | 22.02    | 38.01    | 39.01    | 40.01    | 41.01    | «МОДУЛЯЦИЯ РАЗРЕШЕНА».    |
| RC.22    | 16.04    | 38.02    | 39.02    | 40.02    | 41.02    | «ИНВЕРТОР ВКЛЮЧЕН».       |
| RC.28    | 20.15    | 38.08    | 39.08    | 40.08    | 41.08    | «МПЧ ГОТОВ К ПУСКУ».      |
| RC.32    | 28.00    | 38.12    | 39.12    | 40.12    | 41.12    | «ПРЕДУПР. ПЕРЕГРЕВА МПЧ». |
| RC.35    | 23.15    | 38.15    | 39.15    | 40.15    | 41.15    | «АВАРИЯ МПЧ».             |

Столбец «параметр» содержит название параметра, определяющего пересылаемую информацию. Столбец «источник» определяет значение параметра – номера флага источника информации. Столбцы «приемник» указывают на место, куда помещаются передаваемые значения в каждом МПЧ.

Каждый МПЧ, входящий в состав преобразователя сообщает в сеть текущую токовую загрузку. Передается относительная величина токовой загрузки (отнесенная к номинальному току МПЧ (параметр **ID.03**)). Диапазон передаваемой величины (0...2.00).

| параметр | источник | приемник |          |          |          | комментарии                    |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------------------------|
|          |          | из МПЧ-0 | из МПЧ-1 | из МПЧ-2 | из МПЧ-3 |                                |
| RC.10    | 0076     | 0100     | 0104     | 0108     | 0112     | загрузка МПЧ ( Ивых.мпч/ID03 ) |

**Ведущий МПЧ** использует полученные данные для расчета общих показателей работы и состояния преобразователя частоты.

Для расчета общих флагов состояния преобразователя частоты используются логические функции типа «4И» (суммарный флаг установлен, если 4 входных флага установлены) и «4ИЛИ» (суммарный флаг установлен, если любой из входных флагов установлен). Значения соответствующих параметров группы «УС» определяют источники флагов в таблице флагов. В случае, если преобразователь частоты содержит менее 4-х МПЧ, значения флагов неиспользуемых МПЧ должны быть установлены вручную. При объединении по функции «4И» следует использовать значение «дв.сигнал 001.00» (всегда установлен). При объединении по функции «4ИЛИ» следует использовать значение «дв.сигнал 000.00» (всегда сброшен).

Ниже в таблице приведен пример установки параметров при условии, что преобразователь содержит 3 МПЧ (используются только МПЧ с адресами 0, 1, 2). Серым цветом выделены значения параметров неиспользуемого МПЧ 3.

| флаг<br>данные | силовая<br>часть ПЧ<br>включена | модуляция<br>разрешена | инверторы<br>включены | ПЧ готов к<br>включению | перегрев ПЧ  | авария ПЧ    |
|----------------|---------------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------|--------------|
| функция        | 4И                              | 4И                     | 4И                    | 4И                      | 4ИЛИ         | 4ИЛИ         |
| данные МПЧ 0   | UC.10= 38.00                    | UC.15= 38.01           | UC.20= 38.02          | UC.25= 38.08            | UC.35= 38.12 | UC.30= 38.15 |
| данные МПЧ 1   | UC.11= 39.00                    | UC.16= 39.01           | UC.21= 39.02          | UC.26= 39.08            | UC.36= 39.12 | UC.31= 39.15 |
| данные МПЧ 2   | UC.12= 40.00                    | UC.17= 40.01           | UC.22= 40.02          | UC.27= 40.08            | UC.37= 40.12 | UC.32= 40.15 |
| данные МПЧ 3   | UC.13= 01.00                    | UC.18= 01.00           | UC.23= 01.00          | UC.28= 01.00            | UC.37= 01.00 | UC.33= 00.00 |
| № вых. флага   | 25.00                           | 25.01                  | 25.02                 | 25.08                   | 25.12        | 25.15        |

**Ведущий МПЧ** рассчитывает значения параметров, определяющих суммарные показатели работы преобразователя частоты:

- суммарный выходной ток преобразователя частоты;
- оценка тока цепи двигателя (при работе на повышающий трансформатор);
- оценка напряжения двигателя (при работе на повышающий трансформатор);

**Расчет суммарного тока** преобразователя частоты производится по данным, переданным по информационному каналу, ведущим МПЧ. Параметры UC.40...UC.43 определяют источники сигналов токовой загрузки каждого МПЧ. В случае если в состав преобразователя входят менее 4-х МПЧ, соответствующие параметры установлены значением «сигнал 000». Значение суммарного тока индицируется в параметре UC.52. Расчет производится по формуле:

$$UC.52 = (I_{мпч0}/I_{мпч.ном} + I_{мпч1}/I_{мпч.ном} + I_{мпч2}/I_{мпч.ном} + I_{мпч3}/I_{мпч.ном}) \times ID.03$$

где: UC.52 - параметр суммарной токовой загрузки  
 ID.03 - параметр номинального тока МПЧ  
 $I_{мпч}/I_{мпч.ном}$  - текущее значение токовой загрузки МПЧ в диапазоне (0.00...2.00)

**Расчет тока двигателя** производится на основе токовой загрузки каждого МПЧ с учетом коэффициента трансформации выходного трансформатора. Производится по данным, переданным по информационному каналу ведущим МПЧ. Параметры UC.40...UC.43 определяют источники сигналов токовой загрузки каждого МПЧ. В случае если в состав преобразователя входят менее 4-х МПЧ, соответствующие параметры установлены значением «сигнал 000». Значение оценки тока двигателя индицируется в параметре UC.53. Расчет производится по формуле:

$$UC.53 = (I_{мпч0}/I_{мпч.ном} + I_{мпч1}/I_{мпч.ном} + I_{мпч2}/I_{мпч.ном} + I_{мпч3}/I_{мпч.ном}) \times UC.03$$

где: UC.53 - параметр оценки тока двигателя  
 UC.03 - параметр номинального тока МПЧ на выходной обмотке трансформатора ( $ID.03 / K_{трансф.}$ )  
 $I_{мпч}/I_{мпч.ном}$  - текущее значение токовой загрузки МПЧ в диапазоне (0.00...2.00)

Примечание. В зависимости от условий применения и характеристик трансформатора, в процессе наладки может потребоваться подстройка значения параметра **UC.03** с целью повышения точности рассчитанных значений по показаниям эталонного прибора.

**Расчет напряжения двигателя** производится на основе оценки выходного напряжения ведущего МПЧ с учетом коэффициента трансформации выходного трансформатора. Значение оценки напряжения индицируется в параметре **UC.51**. Расчет производится по формуле:

$$\text{UC.51} = (U_{\text{МПЧ0}}/U_{\text{МПЧ.НОМ}}) \times \text{UC.02}$$

где: UC.51 - параметр оценки напряжения двигателя  
 UC.02 - параметр номинального напряжения МПЧ на выходной обмотке трансформатора ( ID.04 \* Kтрансф.)  
 $U_{\text{МПЧ}}/U_{\text{МПЧ.НОМ}}$  - текущее значение напряжения МПЧ в диапазоне (0.00...2.00)

Примечание. В зависимости от условий применения и характеристик трансформатора, в процессе наладки может потребоваться подстройка значения параметра **UC.02** с целью повышения точности рассчитанных значений по показаниям эталонного прибора.

### 3.6. Внешний технологический контроллер.

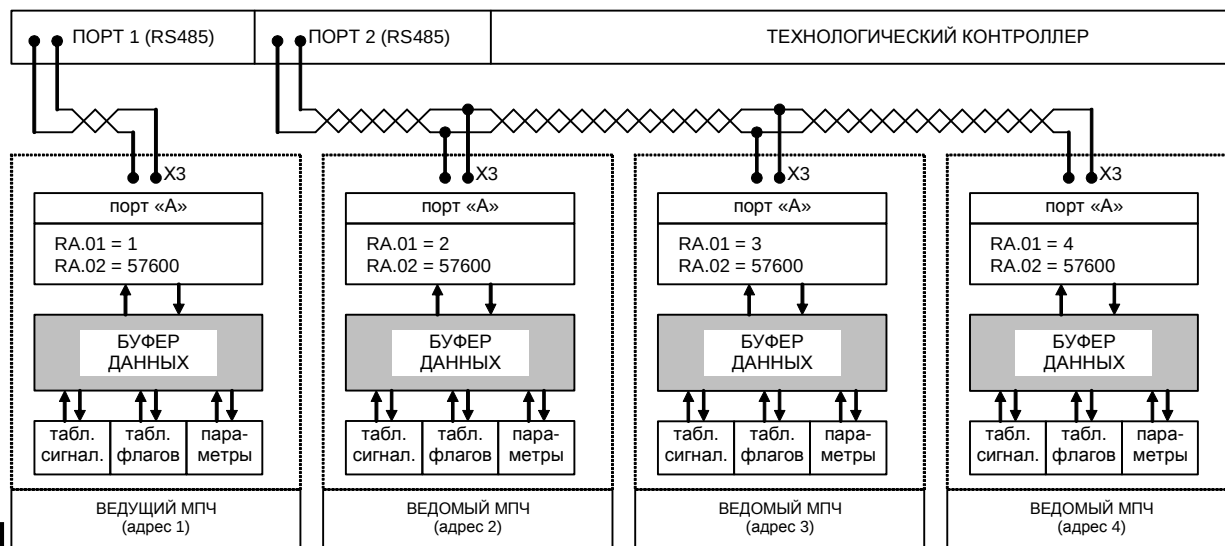
В зависимости от применения, при необходимости управления технологическим параметром или согласованного управления вспомогательными механизмами, преобразователи частоты могут получать команды управления от внешнего технологического контроллера. Основой для управления и передачи данных о состоянии служит набор последовательных портов преобразователя частоты.

Каждый МПЧ, входящий в состав преобразователя имеет два последовательных порта типа RS485, работающих в режиме полудуплексной связи (порт «А» и порт «В»). Несмотря на полную идентичность, рекомендуемым портом для управления является порт «А». Преобразователь частоты принимает команды и сигналы управления от ведущего устройства (контроллера). Преобразователь частоты по запросу ведущего передает набор сигналов и флагов для регистрации своего состояния силами технологического контроллера.

Для обоих портов принят протокол обмена MODICON MODBUS RTU. Преобразователь частоты всегда является ведомым устройством. Преобразователь, имеющий в своем составе несколько МПЧ, представлен несколькими ведомыми устройствами с уникальными адресами МПЧ в сети. Управляющий контроллер производит общение с МПЧ путем последовательного обращения к МПЧ.

Примечание. Для увеличения производительности обмена данных с преобразователем, состоящим из нескольких МПЧ, рекомендуется организация двух потоков данных:

- поток данных с ведущим МПЧ (управление и контроль);
- поток данных с ведомым МПЧ (контроль с последовательным обращением);



### Раздел 3.

Сетевой адрес порта «А» каждого МПЧ определяется параметром **RA.01**. Обратите внимание, что порт «В» может иметь другой адрес. Скорость передачи определяется параметром **RA.02**. Обратите внимание, что порт «В» может иметь другую скорость передачи. Независимая настройка портов может эффективно использоваться для разных устройств (сетей сбора данных). Каждый порт имеет индивидуальный буфер данных, содержащий необходимый набор сигналов управления и информационных параметров. Часть значений буфера доступна только для чтения (информационные параметры), часть также доступна для записи (сигналы управления).

Буфер данных связан с внутренними ресурсами преобразователя частоты (таблица сигналов, таблица флагов, параметры). Таким образом, управляющие сигналы могут использоваться, например, для определения команд или выходной частоты преобразователя. При передаче информации значения параметров передаются по порту без изменений, т.е. так, как они отображаются на пультах управления МПЧ.

Обратите внимание, что состав буферов данных одинаков вне зависимости от того, ведущий МПЧ или ведомый. Разделение логическое. При этом сигналы управления, записанные ведомому МПЧ не будут иметь эффекта, а параметры состояния преобразователя могут содержать неверную информацию. Для записи команд следует использовать обращение к ведущему МПЧ. Для чтения данных о состоянии преобразователя частоты следует также использовать только ведущий МПЧ.

Ниже представлено содержание буфера данных МПЧ с необходимыми комментариями.

|                                                                      | адрес | содержание (16 бит. слово)   | доступ | Примечания                                                     |
|----------------------------------------------------------------------|-------|------------------------------|--------|----------------------------------------------------------------|
| общие параметры управления / состояния преобразователя (ведущий МПЧ) | 0000  | слово управляющих флагов     | чт/зп  | 16 флагов управления (ТФ → 30.00...30.15)                      |
|                                                                      | 0001  | слово доп. упр. флагов       | чт/зп  | 16 флагов управления (ТФ → 31.00...31.15)                      |
|                                                                      | 0002  | сигнал управления            | чт/зп  | знач. 10000 соотв. 100.0% (ТС → сигнал 90)                     |
|                                                                      | 0003  | доп. сигнал управления       | чт/зп  | знач. 10000 соотв. 100.0% (ТС → сигнал 91)                     |
|                                                                      | 0004  | флаги состояния ПЧ           | чт     | см. расшифровку ниже                                           |
|                                                                      | 0005  | доп. флаги состояния ПЧ      | чт     | см. расшифровку ниже                                           |
|                                                                      | 0006  | заданная частота             | чт     | знач. 10000 соотв. 100.00 Гц                                   |
|                                                                      | 0007  | реальная частота             | чт     | знач. 10000 соотв. 100.00 Гц (парам. IN.11)                    |
|                                                                      | 0008  | состояние ПЧ: символы 1,2    | чт     | тестовая строка состояния преобразователя в кодировке WIN-1251 |
|                                                                      | 0009  | состояние ПЧ: символы 3,4    | чт     |                                                                |
|                                                                      | 000A  | состояние ПЧ: символы 5,6    | чт     | параметр IN.17 или нижняя строка меню пользователя             |
|                                                                      | 000B  | состояние ПЧ: символы 7,8    | чт     |                                                                |
|                                                                      | 000C  | состояние ПЧ: символы 9,10   | чт     | 1 символ – старший байт<br>2 символ – младший байт             |
|                                                                      | 000D  | состояние ПЧ: символы 11,12  | чт     |                                                                |
|                                                                      | 000E  | состояние ПЧ: символы 13,14  | чт     | 1 символ – левый<br>16 символ – правый                         |
|                                                                      | 000F  | состояние ПЧ: символы 15,16  | чт     |                                                                |
|                                                                      | 0010  | оценка напряжения двигателя  | чт     | знач. 1000 соотв. 1000 В (парам. UC.51)                        |
| частные параметры МПЧ (все МПЧ)                                      | 0011  | оценка тока двигателя        | чт     | знач. 1000 соотв. 100.0 А (парам. UC.53)                       |
|                                                                      | 0012  | суммарный ток МПЧ            | чт     | знач. 1000 соотв. 1000 А (парам. UC.52)                        |
|                                                                      | 0013  | оценка момента двигателя     | чт     | знач. 1000 соотв. 1000 Нм                                      |
|                                                                      | 0014  | оценка мощности двигателя    | чт     | знач. 1000 соотв. 1000 кВт                                     |
|                                                                      | 0015  | оценка оборотов двигателя    | чт     | знач. 1000 соотв. 1000 об/мин (парам. IN.12)                   |
|                                                                      | 0016  | зарезервировано              | чт     |                                                                |
|                                                                      | 0017  | зарезервировано              | чт     |                                                                |
|                                                                      | 0018  | флаги состояние МПЧ          | чт     | 16 флагов состояния                                            |
|                                                                      | 0019  | доп. флаги состояние МПЧ     | чт     | 16 флагов состояния                                            |
|                                                                      | 001A  | состояние МПЧ: символы 1,2   | чт     | тестовая строка состояния преобразователя в кодировке WIN-1251 |
|                                                                      | 001B  | состояние МПЧ: символы 3,4   | чт     |                                                                |
|                                                                      | 001C  | состояние МПЧ: символы 5,6   | чт     | 1 символ – старший байт<br>2 символ – младший байт             |
|                                                                      | 001D  | состояние МПЧ: символы 7,8   | чт     |                                                                |
|                                                                      | 001E  | состояние МПЧ: символы 9,10  | чт     | 1 символ – левый<br>16 символ – правый                         |
|                                                                      | 001F  | состояние МПЧ: символы 11,12 | чт     |                                                                |
|                                                                      | 0020  | состояние МПЧ: символы 13,14 | чт     |                                                                |
|                                                                      | 0021  | состояние МПЧ: символы 15,16 | чт     |                                                                |
|                                                                      | 0022  | напряжение питания МПЧ       | чт     | знач. 10000 соотв. 1000.0 В (парам. IN.13)                     |
|                                                                      | 0023  | напряжение ЗПТ МПЧ           | чт     | знач. 10000 соотв. 1000.0 В (парам. IN.14)                     |
|                                                                      | 0024  | выходной ток МПЧ             | чт     | знач. 10000 соотв. 1000.0 А (парам. IN.02)                     |
|                                                                      | 0025  | температура радиатора МПЧ    | чт     | знач. 1000 соотв. 100.0 Град (парам. IN.20)                    |
|                                                                      | 0026  | температура воздуха МПЧ      | чт     | знач. 1000 соотв. 100.0 Град (парам. IN.21)                    |
|                                                                      | 0027  | зарезервировано              | чт     |                                                                |

## Примечания.

1. Значения, помеченные как «чт/зп» доступны также для записи.
2. Значения, помеченные серым цветом зарезервированы (находятся в разработке).
3. Часть общих параметров преобразователя имеет действительные значения только в ведущем МПЧ. Чтение этой области из ведомых МПЧ может дать неверный результат.
4. Часть частных параметров МПЧ содержит действительные данные для всех МПЧ.
5. Для числовых значений передается целое число без учета десятичной точки. Соответствие действительному значению и единицы измерения приведены в примечаниях.
6. Значения управляющих флагов порта «А» отображаются в таблице флагов (флаги 30.00...30.15 и 31.00...30.15 соответственно для основных и дополнительных).
7. Значения управляющих флагов порта «В» отображаются в таблице флагов (флаги 32.00...32.15 и 33.00...33.15 соответственно для основных и дополнительных).
8. Значение сигналов управления порта «А» отображается в таблице сигналов (сигнал 0090 и сигнал 0091 соответственно для основного и дополнительного).
9. Значение сигналов управления порта «В» отображается в таблице сигналов (сигнал 0092 и сигнал 0093 соответственно для основного и дополнительного).

Значение управляющих флагов зависит от применения преобразователя частоты и типа управляющего контроллера. Ниже приведен перечень флагов при использовании управляющего контроллера типа СТК500. В этом случае дополнительные управляющие флаги не используются, дополнительный сигнал управления не используется.

## Раздел 3.

| Бит | маска | приемник | описание                   | примечания       |
|-----|-------|----------|----------------------------|------------------|
| 00  | 0001  | 30.00    | включение силовой части ПЧ | 1 = включить     |
| 01  | 0002  | 30.01    | разрешение модуляции ПЧ    | 1 = разрешить    |
| 02  | 0004  | 30.02    | пуск / стоп двигателя      | 1 = пуск         |
| 03  | 0008  | 30.03    | -- не используется --      |                  |
| 04  | 0010  | 30.04    | -- не используется --      |                  |
| 05  | 0020  | 30.05    | -- не используется --      |                  |
| 06  | 0040  | 30.06    | -- не используется --      |                  |
| 07  | 0080  | 30.07    | -- не используется --      |                  |
| 08  | 0100  | 30.08    | -- не используется --      |                  |
| 09  | 0200  | 30.09    | -- не используется --      |                  |
| 10  | 0400  | 30.10    | -- не используется --      |                  |
| 11  | 0800  | 30.11    | -- не используется --      |                  |
| 12  | 1000  | 30.12    | -- не используется --      |                  |
| 13  | 2000  | 30.13    | -- не используется --      |                  |
| 14  | 4000  | 30.14    | -- не используется --      |                  |
| 15  | 8000  | 30.15    | сброс аварии               | 1 = сброс аварии |

Серым цветом отмечены значения, не используемые при управлении от внешнего технологического контроллера типа СТК500.



В соответствии с текущим состоянием преобразователь частоты формирует флаги состояния. Ниже представлено описание флагов состояния преобразователя частоты (адрес 0x004).

Флаги основного статуса ПЧ (адрес 0x004):

| Бит | маска | источник | описание                  | примечания                        |
|-----|-------|----------|---------------------------|-----------------------------------|
| 00  | 0001  | 25.00    | силовая часть ПЧ включена | у всех МПЧ (парам. УС.10...УС.13) |
| 01  | 0002  | 25.01    | модуляция разрешена       | у всех МПЧ (парам. УС.15...УС.18) |
| 02  | 0004  | 25.02    | инвертор включен          | у всех МПЧ (парам. УС.20...УС.23) |
| 08  | 0100  | 25.08    | ПЧ готов к включению      | у всех МПЧ (парам. УС.25...УС.28) |
| 15  | 8000  | 25.16    | авария ПЧ                 | у всех МПЧ (парам. УС.30...УС.33) |

Флаги дополнительного статуса ПЧ (адрес 0x005):

| Бит | маска | источник | описание                   | примечания                          |
|-----|-------|----------|----------------------------|-------------------------------------|
| 00  | 0001  | 31.00    | № набора двигателя (бит 0) |                                     |
| 01  | 0002  | 31.01    | № набора двигателя (бит 1) |                                     |
| 08  | 0100  | 28.04    | перегрев шкафа фильтров    | по сигналу от контр. температуры ШФ |
| 09  | 0200  | 25.12    | перегрев радиатора         | у всех МПЧ (парам. УС.35...УС.38)   |
| 10  | 0400  | 16.10    | перегрузка преобразователя | у всех МПЧ (парам. УС.40...УС.43)   |



**Раздел 4.****Эксплуатация.**

Данный раздел представляет оборудование ПЧ с точки зрения оператора и обслуживающего электротехнического персонала. Раздел содержит набор инструкций, позволяющих управлять работой оборудования, менять режимы работы, и правила технического обслуживания оборудования.

Все указания по правилам эксплуатации оборудования ПЧ, описанные в данном разделе, являются минимально достаточными. Кроме них необходимо пользоваться положениями «Правил устройства электроустановок» и «Правил технической эксплуатации электроустановок и техники безопасности».

Все лица участвующие в процессе обслуживания и ремонта оборудования ПЧ должны пройти обучение. Обучение обслуживающего и электротехнического персонала, а также лиц, производящих его техническое обслуживание, должно осуществляться лицами, владеющими схемотехникой и функционированием оборудования ПЧ в объеме настоящего описания.

Электротехнический персонал проходит обучение согласно раздела 4. Обслуживающий персонал согласно п.п. 4.1. Персонал, производящий операции технического обслуживания согласно раздела 4.

### 4.1. Порядок управления.

Ниже описан порядок основных действий для запуска, останова, аварийной блокировки оборудования преобразователя частоты. В зависимости от применения, источники формирования команд могут быть изменены, однако, порядок управления остается неизменным. Описание ориентировано на установки параметров, определенные на момент изготовления оборудования ПЧ и зависит от состава комплекта поставки. Ниже описаны следующие варианты комплекта поставки:

- преобразователь частоты с одним МПЧ;
- преобразователь частоты с несколькими МПЧ;
- преобразователь частоты с внешним технологическим контроллером (типа СТК500).

Перед началом управления следует произвести подготовительные операции, описанные в п.4.3. настоящего раздела. Предполагается, что перед началом управления силовая схема включения ПЧ собрана, система управления включена, нештатных ситуаций не зафиксировано, исполнительный механизм готов к включению, обеспечена безопасность обслуживающего персонала и иных лиц.

#### Запуск преобразователя частоты.

**Включение силовой части.** Подать команду «0/1». Для формирования команды используются представленные ниже органы управления.

| исполнение ПЧ                          | последовательность действий оператора                                                                                                |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| с одним МПЧ                            | 1. нажать кнопку «РУЧ/АВТ» на пульте управления МПЧ                                                                                  |
| с несколькими МПЧ                      | 1. нажать кнопку «РУЧ/АВТ» на пультах ведомых МПЧ<br>2. нажать кнопку «РУЧ/АВТ» на пульте ведущего МПЧ                               |
| с внешним технологическим контроллером | 1. нажать кнопку «РУЧ/АВТ» на пультах МПЧ<br>2. нажать кнопку «ПУСК» на пультах МПЧ<br>3. подать команду «ПУСК» с панели контроллера |

Контролировать процесс предварительного заряда (в нижней строке ЖКИ пульта управления) сообщение ПРЕДВАРИТ. ЗАРЯД. Длительность процесса в зависимости от мощности преобразователя частоты может достигать 1 минуты. По истечении времени заряда контролировать состояние «силовая часть включена» (в нижней строке ЖКИ пульта управления сообщение СИЛ. ЧАСТЬ ВКЛЮЧ., прерывистое свечение индикатора «РАБОТА»). Далее система управления ожидает команду «ПУСК».

Примечание. При управлении ПЧ от внешнего технологического контроллера типа СТК500 силовая часть включается автоматически при формировании команды «ПУСК ДВИГАТЕЛЯ» на панели СТК.

**Запуск двигателя.** Подать команду «ПУСК». Для формирования команды используются представленные ниже органы управления.

| исполнение ПЧ                          | последовательность действий оператора                                                            |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| с одним МПЧ                            | 1. нажать кнопку «ПУСК» на пульте управления МПЧ                                                 |
| с несколькими МПЧ                      | 1. нажать кнопку «ПУСК» на пультах ведомых МПЧ<br>2. нажать кнопку «ПУСК» на пульте ведущего МПЧ |
| с внешним технологическим контроллером | 1. нажать кнопку «ПУСК» на пультах МПЧ<br>2. подать команду ПУСК с панели управления контроллера |

Контролировать процесс запуска и разгона двигателя на пороговую частоту (по умолчанию 5.00Гц), непрерывное свечение индикатора «РАБОТА», в нижней строке ЖКИ пульта управления сообщение РАБОТА. На время разгона двигателя индикатор «разгон» мигает, в нижней строке ЖКИ отображается РАЗГОН ДВИГАТЕЛЯ.

**Управление частотой вращения.** Установить требуемую частоту питания двигателя. Для формирования сигнала задания частоты используются представленные ниже органы управления.

| исполнение ПЧ                          | последовательность действий оператора                                           |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| с одним МПЧ                            | изменять значение параметра «ЗАД.» на пульте управления.                        |
| с несколькими МПЧ                      | изменять значение параметра «ЗАД.» на пульте управления ведущего МПЧ.           |
| с внешним технологическим контроллером | изменять значение параметра «ЗАДАНИЕ ЧАСТОТЫ» на пульте управления контроллера. |

Контролировать процесс регулирования оборотов двигателя. В случае, если сигнал задания изменяется быстрее разрешенного уровня (по умолчанию 2.00Гц/сек), система управления ограничивает динамику разгона и торможения на максимально разрешенном уровне. В этом режиме индикаторы «РАЗГОН» или «ТОРМОЖЕНИЕ» запуска и разгона мигают, в нижней строке ЖКИ пульта управления отображается сообщение РАЗГОН ДВИГАТЕЛЯ или ТОРМОЖ.ДВИГАТЕЛЯ. При установке минимально возможного сигнала задания частоты индикатор «МИНИМУМ» светится непрерывно. При установке максимально возможного сигнала задания частоты индикатор «МАКС.» светится непрерывно.

### Останов преобразователя частоты.

**Останов двигателя.** Снять команду «ПУСК». Для формирования команды используются представленные ниже органы управления.

| исполнение ПЧ                          | последовательность действий оператора                                                            |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| с одним МПЧ                            | 1. отжать кнопку «ПУСК» на пульте управления МПЧ                                                 |
| с несколькими МПЧ                      | 1. отжать кнопку «ПУСК» на пульте ведущего МПЧ<br>2. отжать кнопку «ПУСК» на пультах ведомых МПЧ |
| с внешним технологическим контроллером | 1. подать команду СТОП с панели управления контроллера<br>2. отжать кнопку «ПУСК» на пультах МПЧ |

Контролировать процесс плавного останова двигателя (по умолчанию значение темпа торможения 2.00Гц/сек). На время торможения индикатор «ТОРМОЖЕНИЕ» мигает, в нижней строке ЖКИ пульта управления отображается ТОРМОЖ.ДВИГАТЕЛЯ. По окончании торможения индикатор «РАБОТА» мигает, в нижней строке ЖКИ пульта управления отображается СИЛ.ЧАСТЬ ВКЛЮЧ..

**Выключение силовой части.** Снять команду «0/1». Используются представленные ниже органы управления.

| исполнение ПЧ                          | последовательность действий оператора                                                                  |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| с одним МПЧ                            | 1. отжать кнопку «РУЧ/АВТ» на пульте управления МПЧ                                                    |
| с несколькими МПЧ                      | 1. отжать кнопку «РУЧ/АВТ» на пульте ведущего МПЧ<br>2. отжать кнопку «РУЧ/АВТ» на пультах ведомых МПЧ |
| с внешним технологическим контроллером | 1. отжать кнопку «РУЧ/АВТ» на пультах МПЧ после останова                                               |

Контролировать отключение силовой части (погасание индикатора «РАБОТА»). Для безаварийного включения преобразователя частоты требуется, чтобы вал приводного двигателя был остановлен. После отключения силовой части следует защитный интервал времени, необходимый для останова агрегата (по умолчанию 30 сек.). На время защитного интервала в нижней строке ЖКИ отображается сообщение ОЖИДАНИЕ ВЫБЕГА. По окончании времени преобразователь частоты переходит в состояние ГОТОВ К ПУСКУ.

Примечание. При управлении ПЧ от внешнего технологического контроллера типа СТК500 силовая часть выключается автоматически при формировании команды «СТОП ДВИГАТЕЛЯ» на панели СТК.



Преобразователь частоты содержит емкостной фильтр большой емкости. После отключения силовой части на входных клеммах ПЧ и внутренних токоведущих частях возможно наличие высокого напряжения в течении 5 - 10 минут.

### Аварийное отключение.

Производится в случае аварийных нештатных ситуаций, не вызвавших автоматическое срабатывание защит ПЧ. Для аварийного отключения необходимо нажать кнопку аварийной блокировки на двери шкафа МПЧ, приводящей к мгновенному обесточиванию ПЧ. При нажатии кнопка экстренной блокировки фиксируется в нажатом состоянии. Для ее разблокирования необходимо повернуть кнопку по часовой стрелки до щелчка.

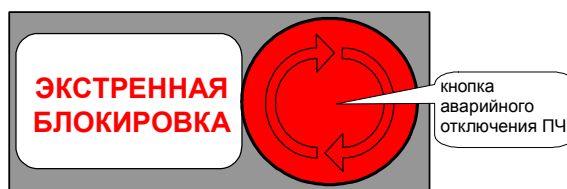


Рисунок 4-1. Панель экстренного отключения СМ500.

В соответствии с проектом установки оборудования допускается установка дополнительных кнопок аварийной блокировки ПЧ. После нажатия на кнопку экстренной блокировки преобразователь фиксирует нештатную ситуацию до момента сброса нештатной ситуации. На время фиксации нештатной ситуации в нижней строке ЖКИ отображается сообщение АВАРИЯ БЛОК.

### Сброс аварийной блокировки.

Производится в случае фиксации системой управления преобразователя аварийного отключения вследствие срабатывания внутренних защит или выполнения экстренной блокировки.

| исполнение ПЧ                          | последовательность действий оператора                                                                   |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| с одним МПЧ                            | 1. отжать кнопку «ПУСК» на пульте управления МПЧ<br>2. отжать кнопку «РУЧ/АВТ» на пульте управления МПЧ |
| с несколькими МПЧ                      | 1. отжать кнопку «ПУСК» на пультах всех МПЧ<br>2. отжать кнопку «РУЧ/АВТ» на пультах всех МПЧ           |
| с внешним технологическим контроллером | 1. нажать кнопку «СБРОС АВАРИИ» на пульте контроллера                                                   |

## 4.2. Диагностика нештатных ситуаций.

В данном разделе рассматриваются основные аварии, возможные причины отключения ПЧ и действия для их устранения. Последовательность рассмотрения аварий идет с уменьшением их приоритета. При одновременном возникновении 2-х аварий – отображается авария с большим приоритетом. Тем не менее, запись в архив аварий производится для всех возникших аварий, в той последовательности, в которой они обнаружены. Система управления имеет два уровня диагностики нештатных ситуаций – аппаратный и программный.

**Аппаратные защиты** выполняются независимо от программного обеспечения и осуществляются блоками защиты, расположенными на плате контроллера привода или плате драйверов (КЗ, отсутствие тока, авария силового ключа, экстренная блокировка). Аппаратные защиты приводят к мгновенной блокировке и отключению силовой части инвертора.

**Программные защиты** зависят от программного обеспечения, они осуществляются проверкой состояния дискретных и аналоговых входов (уровни напряжения, ответы включения контакторов). Данные защиты могут блокировать ПЧ не мгновенно, а с некоторой задержкой.

В заголовке каждой аварии приводится название кода аварии, в скобках поясняющая запись из архива аварий. В разделе «описание» приводятся возможные причины появления данной аварии, а также пункты проверки оборудования для обнаружения причины аварии.

| № | код аварии<br>[запись архива]                                                                               | описание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | <b>БЛОК</b><br>[аварийный стоп]                                                                             | <p>нажатие на кнопку «ЭКСТРЕННАЯ БЛОКИРОВКА», разрыв цепи внешней цепи аварийного отключения (X210:1 - X210:2)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перевести кнопку в исходное состояние;</li> <li>– проверить целостность внешней блокирующей цепи;</li> <li>– проверить работоспособность реле K104 (в рабочем положении реле должно быть включено);</li> <li>– проверить напряжение питания цепи 24В (X250:11 - X250:12)</li> </ul>                        |
| 2 | <b>дрв U</b><br>[неиспр. ключа U]<br><b>дрв V</b><br>[неиспр. ключа V]<br><b>дрв W</b><br>[неиспр. ключа W] | <p>аварийный режим силовых транзисторов инвертора, внутреннее короткое замыкание инвертора</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– осмотреть инвертор на предмет посторонних предметов;</li> <li>– проверить качество разъемных соединений на IGBT модулях (VM2u..VM2w)</li> <li>– проверить напряжения питания плат драйверов (A1u...A1w) м/у контрольными точками 1KT2-1KT3 (2KT2-2KT3); уровень напряжения должен составлять 22 +/- 1 В пост. тока.</li> </ul> |



| № | код аварии<br>[запись архива]         | описание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3 | <b>инв?</b><br>[неиспр. инвертора]    | аналогично «2», но без возможности определения аварийного ключа <ul style="list-style-type: none"> <li>– осмотреть инвертор на предмет посторонних предметов;</li> <li>– проверить качество разъемных соединений на IGBT модулях (VM2u..VM2w)</li> <li>– проверить напряжения питания плат драйверов (A1u...A1w) м/у контрольными точками 1KT2-1KT3 (2KT2-2KT3); уровень напряжения должен составлять 22 +/- 1 В пост. тока.</li> </ul> |
| 4 | <b>Imm</b><br>[к.з. нагрузки]         | недопустимо высокий уровень тока на выходе МПЧ (внешнее короткое замыкание) <ul style="list-style-type: none"> <li>– осмотреть инвертор на предмет посторонних предметов;</li> <li>– проверить состояние кабельных линий выходных цепей ПЧ</li> <li>– проверить нагрузку (двигатель, трансформатор, элементы шкафа фильтров).</li> </ul>                                                                                                |
| 5 | <b>Udc&gt;</b><br>[напр. зпт > макс]  | недопустимо высокое напряжение звена постоянного тока инвертора <ul style="list-style-type: none"> <li>– проверить напряжение питающей сети;</li> <li>– снизить значение темпа торможения <b>SH.13</b></li> <li>– проверить режим работы нагрузки на предмет генераторного режима работы</li> </ul>                                                                                                                                     |
| 6 | <b>выпр</b><br>[неиспр.выпрямит.]     | недопустимо высокое падение напряжения на элементах силового выпрямителя МПЧ <ul style="list-style-type: none"> <li>– проверить контактную группу контактора KM102;</li> <li>– проверить фазные провода от ШР к МПЧ;</li> <li>– проверить диодные модули VM1u...VM1w силового выпрямителя МПЧ.</li> </ul>                                                                                                                               |
| 7 | <b>Uac&lt;</b><br>[напр. пит. < мин]  | недопустимо низкий уровень силового напряжения питания МПЧ (ниже 0.5хUном) <ul style="list-style-type: none"> <li>– проверить питающее напряжение МПЧ;</li> <li>– проверить автоматический выключатель QF100 в ШР;</li> <li>– проверить предохранители F101...F103 в ШР.</li> </ul>                                                                                                                                                     |
| 8 | <b>Uac&gt;</b><br>[напр. пит. > макс] | недопустимо высокий уровень силового напряжения питания МПЧ (выше 1.15хUном) <ul style="list-style-type: none"> <li>– проверить питающее напряжение МПЧ;</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                     |

| №  | код аварии<br>[запись архива]                                                                         | описание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9  | <b>Io&gt;</b><br>[сумм.ток > макс]                                                                    | неравенство нулю суммы выходных токов МПЧ, утечка на «корпус» (выше $0.2 \times I_{ном}$ )<br><br>– проверить нагрузку МПЧ, включая шкаф фильтров;<br>– проверить датчики токов B1u...B1w;                                                                                                                                       |
| 10 | <b>Iu&lt;</b><br>[обрыв тока U]<br><b>Iv&lt;</b><br>[обрыв тока V]<br><b>Iw&lt;</b><br>[обрыв тока W] | недопустимо низкое значение выходного фазного тока МПЧ, отключение нагрузки<br><br>– проверить нагрузку МПЧ, включая шкаф фильтров;<br>– проверить выходные кабели преобразователя;<br>– проверить оптические связи с ведомыми МПЧ;                                                                                              |
| 11 | <b>K2по</b><br>[отключение KM102]                                                                     | самопроизвольное отключение силового контактора KM102 в шкафу распределения<br><br>– проверить напряжение питания собств. нужд ПЧ;<br>– проверить автоматический выключатель QF102 в МПЧ;<br>– проверить реле K102 в МПЧ и цепи ответа контактора;<br>– проверить контактор KM102 в ШР;                                          |
| 12 | <b>K2в</b><br>[не включ. KM102]                                                                       | невключение силового контактора KM102 в процессе включения силовой части<br><br>– проверить реле K102 в МПЧ и цепи ответа контактора;<br>– проверить контактор KM102 в ШР;                                                                                                                                                       |
| 13 | <b>K1</b><br>[неиспр. п/заряда]                                                                       | невозможность предварительного заряда за установленное время<br><br>– проверить напряжение питания собств. нужд ПЧ;<br>– проверить автоматический выключатель QF102 в МПЧ;<br>– проверить реле K101 в МПЧ;<br>– проверить контактор KM101 в ШР;<br>– проверить напряжение питания силовой цепи ПЧ                                |
| 14 | <b>Tr&gt;</b><br>[перегрев радиат.]                                                                   | превышение температуры силового радиатора МПЧ<br><br>– проверить работоспособность вентиляторов МПЧ;<br>– проверить температуру окружающей среды (не более $50^{\circ}\text{C}$ );<br>– проверить реле K103 в МПЧ;<br>– проверить работоспособность и показания датчиков температуры МПЧ: BK1u - TR.50 BK1v - TR.52 BK1w - TR.54 |

| №  | код аварии<br>[запись архива]                                                                                                                        | описание                                                                                                                                                                                                                    |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 14 | <b>СБлк</b><br>[блок. по сети МПЧ]                                                                                                                   | в соседнем МПЧ зафиксирована неисправность, требующая мгновенного синхронного отключения всех МПЧ в составе преобразователя (только при наличии ведомых МПЧ)<br><br>– проверить соседние МПЧ на предмет нештатной ситуации; |
| 15 | <b>ASL0</b><br>[блок. ведом. МПЧ0]<br><b>ASL1</b><br>[блок. ведом. МПЧ1]<br><b>ASL2</b><br>[блок. ведом. МПЧ2]<br><b>ASL3</b><br>[блок. ведом. МПЧ3] | нештатная ситуация зафиксирована в соответствующем МПЧ; номер МПЧ указан в коде аварии (только при наличии ведомых МПЧ)<br><br>– проверить соседние МПЧ на предмет нештатной ситуации                                       |

## Примечания.

1. В случае периодических отключений оборудования преобразователя по причинам №2...4 эксплуатацию оборудования следует прекратить и сообщить об этом производителю или обратиться к специалисту.
2. Осмотр оборудования следует производить при условии соблюдения техники безопасности. Обязательно отключайте питание силовой цепи преобразователя и выждите время минимум 5 - 10 минут для обеспечения разряда конденсаторов силового фильтра.
3. При аварийном отключении преобразователя частоты информация о причине отключения заносится в архив аварий в хронологическом порядке. В случае, если одновременно формируется несколько нештатных ситуаций, информация заносится по мере уменьшения приоритета аварии (увеличения номера).
4. При аварийной блокировке преобразователя, состоящего из нескольких МПЧ, к информации о причине отключения добавляется информация об аварийной блокировке соседних МПЧ (ASL0...ASL3).

### 4.3. Порядок включения преобразователя.

Настоящий раздел определяет последовательность действий электротехнического персонала при подготовке преобразователя частоты к работе после обслуживания, ремонта или длительного перерыва в эксплуатации. Предполагается, что перед включением все цепи преобразователя обесточены, внутренние и внешние коммутационные аппараты выключены.



**Внимание!** Если на какие-либо цепи преобразователя накладывалось переносное заземление, иные защитные устройства, их необходимо демонтировать до последующих действий.



**Внимание!** Перед включением напряжения следует убедиться, что это будет безопасно. При проведении работ по включению следует пользоваться положениями «Правил техники безопасности» и «Правил технической эксплуатации» электроустановок.

#### Включение системы управления:

1. Подать напряжение питания системы управления преобразователя частоты (от существующих распределительных устройств).
2. Включить автоматические выключатели QF201, QF202 (шкаф распределения). Контролировать включение контактора схемы АВР питания системы управления (KM201 или KM202 в зависимости от того, какой ввод был включен первым).
3. Включить автоматический выключатель QF211, контролировать включение вентиляторов на двери ШР.
4. Включить автоматические выключатели питания системы управления МПЧ QF212...QF214 (в зависимости от количества МПЧ, количество выключателей может быть изменено). Контролировать свечение индикаторов «УПРАВЛЕНИЕ» на дверях МПЧ.
5. Включить автоматический выключатель QF215 (питание системы вентиляции ШФ).
6. В шкафу МПЧ1 включить автоматический выключатель питания системы управления QF101. Контролировать включение ЖК-индикатора на двери шкафа МПЧ. Контролировать текущее время (верхняя строка) и индикаторы питающего напряжения на блоках системы управления (A1u...A1w - платы драйверов, A4 - модуль питания, A11 - контроллер, A12 - модуль расширения).
7. Подключить аккумуляторную батарею источника бесперебойного питания. Кратковременным отключением QF101 проверить функционирование схемы бесперебойного питания (при отключении напряжения индикаторы на платах должны светиться, информация на ЖКИ должна сохраняться, контроллер должен реагировать на нажатия кнопок клавиатуры пульта). Включить QF101.
8. Включить автоматический выключатель питания вторичных цепей МПЧ QF102.
9. Включить автоматический выключатель освещения шкафа МПЧ QF103 (при необходимости).
10. Действия по п.п. 6...9 произвести для всех МПЧ, входящих в состав преобразователя.
11. Включить автоматический выключатель QF1 в шкафу фильтров. Контролировать включение вентиляторов на двери шкафа, блока измерения температуры ТРМ1, показания температуры воздуха в ШФ.

**Включение силовой части:**

1. Произвести подготовительные операции на выходных цепях преобразователя частоты. Производятся на существующем (внешнем) электрооборудовании и коммутационных аппаратах (сборка выходной схемы).
2. Произвести подготовительные операции по включению силового питающего напряжения. Производятся на существующем (внешнем) электрооборудовании и коммутационных аппаратах (сборка схемы питания ПЧ).
3. Подать напряжение питания силовой цепи преобразователя частоты.
4. В шкафу распределения включить автоматические выключатели QF100 для каждого МПЧ в составе преобразователя. На ЖК-индикаторах пультов каждого МПЧ контролировать показание текущего напряжения питания силовой цепи (параметр Uпит).
5. Произвести действия по сбросу нештатной ситуации. После включения силового напряжения, преобразователь частоты, как правило, фиксирует нештатную ситуацию «Авария Uас< ». В зависимости от исполнения преобразователя, действия описаны в разделе 4.1, пункт «сброс аварийной блокировки».
6. В соответствии с последовательностью запуска (см. раздел 4.1., пункт «запуск преобразователя») произвести запуск оборудования.

**4.4. Порядок выключения преобразователя.**

Настоящий раздел определяют последовательность действий электротехнического персонала при полном отключении преобразователя частоты для обслуживания, ремонта или длительного перерыва в эксплуатации. Предполагается, что перед выключением преобразователь остановлен.

**Включение силовой части:**

1. В шкафу распределения выключить автоматические выключатели QF100 для каждого МПЧ в составе преобразователя.
2. Снять напряжение питания силовой цепи преобразователя частоты.
3. Разобрать силовую схему питания преобразователя частоты. Действия производятся на существующем (внешнем) электрооборудовании и коммутационных аппаратах.



**Внимание! После отключения питающего напряжения, на выходных цепях возможно наличие опасного напряжения в течение 5 - 10 минут. Для выполнения следующих действий следует обязательно произвести выдержку времени для разряда конденсаторов силового фильтра.**

4. Разобрать схему выходных цепей преобразователя. Действия производятся на существующем (внешнем) электрооборудовании и коммутационных аппаратах.

**Выключение системы управления:**

1. Выключить автоматический выключатель QF1 в шкафу фильтров.
2. В шкафу МПЧ1 отключить автоматический выключатель освещения QF103.
3. Отключить автоматический выключатель питания вторичных цепей МПЧ QF102.
4. Отключить аккумуляторную батарею источника бесперебойного питания МПЧ.
5. Отключить автоматический выключатель питания системы управления МПЧ QF101.
6. Действия по п.п. 2...5 произвести для всех МПЧ, входящих в состав преобразователя.
7. В ШР отключить автоматический выключатель QF215 (питание вентиляции ШФ).
8. В ШР отключить автоматические выключатели QF212...QF214 (управление МПЧ).
9. В ШР отключить автоматический выключатель QF211 (питание вентиляции ШР).
10. В ШР отключить автоматические выключатели QF201, QF202.
11. Снять напряжение питания системы управления преобразователя частоты (от существующих распределительных устройств).

**4.5. Техническое обслуживание.****4.5.1. Общие указания.**

Оборудование преобразователя частоты представляет собой комплекс устройств достаточно сложных по своему функциональному назначению и принципиальному устройству. В состав ПЧ входят ряд блоков и силовых элементов, длительная работа которых зависит от условий содержания и периодичности обслуживания.

При работе ПЧ под номинальной нагрузкой силовые элементы (преобразователь частоты, входные и выходные фильтры) излучают определенное количество энергии. Для отвода теплого воздуха во всех шкафах ПЧ установлены вентиляторы. Поступление воздушного потока в шкафы осуществляется через жалюзи, расположенные на дверях или крыше шкафов. В связи с этим, при отсутствии фильтрующих воздушный поток элементов, возможно проникновение мелких частиц и пыли внутрь шкафов. Со временем происходит осаждение на элементах и блоках частиц пыли, что может привести к выходу оборудования из строя.

Кроме того, длительная работа ПЧ под нагрузкой приводит к ослаблению момента затяжки клемм силовой части (от распределительного устройства до клемм двигателя насосного агрегата).

Указанные выше обстоятельства, определяют объёмы и сроки проведения технического обслуживания составных частей ПЧ. В данном разделе описаны основные мероприятия необходимые для проведения технического обслуживания всего оборудования ПЧ. Техническое обслуживание следует выполнять в объеме и сроки, установленные в настоящем разделе, независимо от состояния оборудования ПЧ. Уменьшать объем работ и изменять их периодичность запрещается.

При обнаружении неисправности ПЧ до установленного срока проведения технического обслуживания техническое обслуживание проводится дополнительно

после устранения неисправности. Объем, проводимого технического обслуживания составной части ПЧ, в которой устранялись неисправности, определяется надежностью его работы.

К проведению технического обслуживания оборудования ПЧ допускаются лица из числа электротехнического персонала, прошедшие обучение согласно настоящему описанию и имеющие группу допуска не ниже III при проведении работ в электроустановках напряжением до 1000В.

Правила и порядок проведения технического обслуживания дополнительных элементов, поставляемых с преобразователем частоты (трансформаторы, коммутационная аппаратура, датчики технологического параметра и пр.) указаны в паспортах и сопроводительных документах на соответствующие изделия.

#### 4.5.2. Виды и периодичность технического обслуживания.

Основные виды и периодичность технического обслуживания установлены в соответствии с требованиями документации на составные части ПЧ. Они распространяются на все оборудование ПЧ (ШР, МПЧ, ШФ) и приведены в таблице.

| вид обслуживания | Назначение                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | срок проведения |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| ТО №1            | проверка условий эксплуатации оборудования ПЧ, внешний осмотр всех элементов, проверка температурного режима, контроль архива аварий и т.п. Проводится при включенном оборудовании ПЧ.                                                                                                                        | ежемесячно      |
| ТО №2            | включает условия ТО №1, кроме того, проводится проверка работоспособности основных функций ПЧ (как аварийных режимов, так и штатных), очистка элементов от загрязнений, осмотр силовых контактов и т.п. Проводится на отключенном оборудовании ПЧ.                                                            | поквартально    |
| ТО №3            | Включает условия ТО №1, ТО №2, кроме того проводится проверка сопротивления изоляции как внешних цепей подключения ПЧ, так и внутренних цепей, протяжка и шлифовка силовых контактов, соответствие параметров установленным при проведении пуско-наладочных работ. Проводится на отключенном оборудовании ПЧ. | ежегодно        |

Таблица 4-1. Виды технического обслуживания ПЧ.

### 4.5.3. Мероприятия по проведению ТО №1.

ТО №1 проводится при включенном оборудовании ПЧ. Под напряжением находятся как составные части электрошкафов ПЧ, так и линии питания. Перечень мероприятий по проведению технического обслуживания №1 и меры предосторожности приведены в таблице 4-2.

| Этапы                                | контролируемые параметры                                                                                                                                                                   | значение                                           | методы проведения                                   | внимание                       |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------|
| условия окружающей среды             | температура окружающей среды;<br>относительная влажность воздуха;<br>отсутствие конденсата;<br>отсутствие влаги;                                                                           | +5..+ 40°С<br>> 90%                                | термометром<br>барометром<br>визуально<br>визуально |                                |
| состояние закрытых шкафов            | устойчивость положения;<br>механические повреждения;<br>загрязнение поверхностей;<br>загрязнение органов управления;<br>состояние вентиляционных выходов;                                  | отсутствие<br>степень<br>степень                   | визуально                                           | оборудование ПЧ в работе       |
| состояние силовых и вторичных цепей  | отсутствие повреждений;<br>крепление и положение кабелей на трассах;<br>состояние изоляции кабелей;<br>достаточность теплового обмена с окружающей средой;<br>наличие видимого заземления; |                                                    | визуально                                           | цепи находятся под напряжением |
| показания индикаторов и персонала    | проверить записи архива аварий;<br>показания индикации на дверях шкафов МПЧ;<br>замечания обслуживающего персонала;                                                                        |                                                    | пульт МПЧ<br>визуально<br><br>записи в журнале      |                                |
| состояние элементов внутри шкафов ПЧ | механические повреждения;<br>состояние контактов;<br>загрязнение поверхностей;<br>загрязнение элементов;<br>механический крепеж;                                                           | отсутствие нагара, загрязнения, целостность блоков | визуально                                           | цепи находятся под напряжением |
| температурный режим элементов        | всех силовых элементов;<br>радиаторов МПЧ;<br>контактных соединений;<br>силовых проводников;<br>окружающей среды;                                                                          | перегрев не более 30°С                             | пирометром,                                         | цепи находятся под напряжением |
| состояние ОПН                        | цвет индикаторов ресурса ОПН (ШР, RV101-103) в контрольном окне съемной части ОПН                                                                                                          | цвет должен быть светлым                           | визуально                                           | цепи находятся под напряжением |

Таблица 4-2. Основные этапы ТО №1.



#### 4.5.4. Мероприятия по проведению ТО №2.

ТО №2 включает в себя мероприятия ТО №1. После проведения ТО №1 ПЧ останавливается по действующим инструкциям. ТО №2 проводится на отключенном от сети оборудовании. Перечень мероприятий по проведению технического обслуживания №2 и меры предосторожности приведены в таблице 4-3.

| Этапы                                    | контролируемые параметры                                                                                                                                                                             | значение                                           | методы проведения                           | внимание                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ТО №1                                    | согласно таблице 4-2., п. 4.5.3.                                                                                                                                                                     |                                                    |                                             | Доступ к элементам шкафа только по истечении 10 минут после полного отключения ПЧ (снятия питающего напряжения)<br>При полностью отключенном преобразователе на клеммах вторичных цепей может находиться переменное напряжение 220В. |
| снятие питающего напряжения              | согласно действующим инструкциям по управлению оборудованием ПЧ (см. раздел 4.4 настоящего описания)                                                                                                 |                                                    |                                             |                                                                                                                                                                                                                                      |
| состояние силовых цепей                  | отсутствие повреждений;<br>состояние изоляции проводников;<br>состояние силовых наконечников;                                                                                                        | целостность блоков                                 | визуально                                   |                                                                                                                                                                                                                                      |
| состояние контактов силовых цепей        | наличие потемнений;<br>момент затяжки клемм;<br>поверхность контактов пускателей                                                                                                                     | отсутствие нагара, загрязнения,                    | монтажным инструментом, очистка тех.спиртом |                                                                                                                                                                                                                                      |
| состояние органов управления и индикации | свободный ход органов управления;<br>заедание при срабатывании;<br>загрязненность;                                                                                                                   | отсутствие указанных дефектов                      | визуально, опытно                           |                                                                                                                                                                                                                                      |
| состояние блоков и элементов шкафов ПЧ   | механические повреждения;<br>состояние контактов;<br>загрязнение поверхностей;<br>загрязнение элементов;<br>механический крепеж;<br>очистка шкафов от пыли сжатым воздухом давлением не более 0.5атм | отсутствие нагара, загрязнения, целостность блоков | визуально, пневмоинструментом               |                                                                                                                                                                                                                                      |

Таблица 4-3. Основные этапы ТО №2.

#### 4.5.5. Мероприятия по проведению ТО №3.

ТО №3 включает в себя мероприятия ТО №1 и ТО №2. Перечень мероприятий по проведению технического обслуживания №2 и меры предосторожности приведены в таблице 4-4.

| Этапы                                  | контролируемые параметры                                                                                                         | значение                          | методы проведения                    | внимание                                                                           |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| ТО №1                                  | согласно таблице 4-2., п. 4.5.3.                                                                                                 |                                   |                                      | доступ к элементам шкафа только по истечении 10 минут после полного отключения ПЧ. |
| ТО №2                                  | согласно таблице 4-3., п. 4.5.4.                                                                                                 |                                   |                                      |                                                                                    |
| состояние цепей защитного заземления   | отсутствие повреждений;<br>наличие цепи «заземлитель-заземляющий элемент»;<br>измерения сопротивления цепей заземления;          | не более 4 Ом                     | поверенными приборами по инструкциям |                                                                                    |
| состояние изоляции силовых цепей       | отсутствие повреждений;<br>измерение сопротивления изоляции внешних силовых цепей при отключенных кабелях от клемм станции;      | не менее 0.5 Мом 1000 В           | поверенным прибором                  |                                                                                    |
| состояние блоков и элементов шкафов ПЧ | механические повреждения;<br>состояние контактов;<br>загрязнение поверхностей;<br>загрязнение элементов;<br>механический крепеж; | отсутствие нагара, загрязнения    | шлифовка поверхности контактов       |                                                                                    |
| основные функции ПЧ                    | описанные в разделе 3 настоящего описания (штатные и аварийные режимы работы).                                                   | соответствие техническому заданию | опытно                               |                                                                                    |
| система бесперебойного питания         | непрерывное поддержание работоспособности системы управления каждого МПЧ при отсутствии напряжения питания собственных нужд      | минимум 30 мин.                   | при отключенном силовом напряжении   |                                                                                    |

Таблица 4-4. Основные этапы ТО №3.

#### Примечания.

1. Процесс проверки сопротивления изоляции внутренних силовых цепей электрошкафов ПЧ недопустим и должен проводиться квалифицированным электротехническим персоналом, владеющим внутренней схмотехникой ПЧ. При неправильных действиях возможен выход из строя дорогостоящего оборудования (силовых модулей, конденсаторов силового фильтра, системы управления и т.п.).