|  |  |
| --- | --- |
|  | УТВЕРЖДАЮ  Главный инженер  ООО «Компания «Стальэнерго»  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Ю.А. Федоркин  « » 2021 г. |

**Объектный контроллер привода стрелки**

**ОКПС-Е-К**

Функциональные требования к программному обеспечению

ЕИУС.465275.007.100-01 96 01

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  | Начальник отдела разработок новых видов продукции  ООО «Компания «Стальэнерго»  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ И.В. Солодовник  « » 2021 г. |

**История изменений**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| п/п | Дата | Номер версии | Статус | Автор | Причина  изменения | Комментарии |
| 1 | 04.03.2021 | 1.0 | Проект | Бабаев Р.Ю. | – | Создание документа |
| 2 | 18.05.2021 | 1.1 | Проект | Бабаев Р.Ю. | Замечания эксперта |  |
| 3 | 10.06.2021 | 1.2 | Проект | Бабаев Р.Ю. | Замечания эксперта |  |

**Содержание**

[1 ВВЕДЕНИЕ 6](#_Toc75351361)

[1.1 Назначение документа 6](#_Toc75351362)

[1.2 Термины, определения и сокращения 6](#_Toc75351363)

[1.3 Рекомендации к ознакомлению 6](#_Toc75351364)

[1.4 Назначение разработки 8](#_Toc75351365)

[1.5 Ссылки на другие документы 8](#_Toc75351366)

[2 ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УСТРОЙСТВА 10](#_Toc75351367)

[2.1 Общее описание прибора 10](#_Toc75351368)

[2.1.1 Функциональная схема ОКПС-Е-К 16](#_Toc75351369)

[2.1.1.1 Блок питания цифровой части 18](#_Toc75351370)

[2.1.1.2 Блок RS-422 18](#_Toc75351371)

[2.1.1.3 Блок чтения адреса 18](#_Toc75351372)

[2.1.1.4 Блок управления, обработки команд и индикации 19](#_Toc75351373)

[2.1.1.5 Блок управления РПВ 20](#_Toc75351374)

[2.1.1.6 Блок генератора 20](#_Toc75351375)

[2.1.1.7 Блок корректора коэффициента мощности ККМ 20](#_Toc75351376)

[2.1.1.8 Блок питания драйверов и ККМ 21](#_Toc75351377)

[2.1.1.9 Блок 3-х фазного формирователя и измерителя 21](#_Toc75351378)

[2.1.1.10 Блок преобразователей напряжений 21](#_Toc75351379)

[2.2 Функции, выполняемые прибором 21](#_Toc75351380)

[2.3 Основные ограничения 22](#_Toc75351381)

[3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ПРОГРАММНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ 24](#_Toc75351382)

[3.1 Требования к функционированию 24](#_Toc75351383)

[3.1.1 Требования к режимам 24](#_Toc75351384)

[3.1.1.1 Режимы работы ОКПС-Е-К 24](#_Toc75351385)

[3.1.1.2 Динамическая модель 30](#_Toc75351386)

[3.1.2 Требования к ВИ 30](#_Toc75351387)

[3.1.2.1 ВИ «Бесконечный цикл ожидания» 31](#_Toc75351388)

[3.1.2.2 ВИ «Индикация» 32](#_Toc75351389)

[3.1.2.3 ВИ «Контроль источников питания» 40](#_Toc75351390)

[3.1.2.4 ВИ «Определение положения стрелки» 41](#_Toc75351391)

[3.1.2.5 ВИ «Управление и контроль состояния РПВ» 43](#_Toc75351392)

[3.1.2.6 ВИ «Определение состояния контрольных и рабочих цепей» 45](#_Toc75351393)

[3.1.2.7 ВИ «Межприборный обмен» 48](#_Toc75351394)

[3.1.2.8 ВИ «Обмен с управляющей системой» 50](#_Toc75351395)

[3.1.2.9 ВИ «Обработка аналоговых сигналов» 51](#_Toc75351396)

[3.1.2.10 ВИ «Чтение входных дискретных сигналов» 52](#_Toc75351397)

[3.1.2.11 ВИ «Запись черного ящика» 53](#_Toc75351398)

[3.1.2.12 ВИ «Управление активностью» 54](#_Toc75351399)

[3.1.2.13 ВИ «Переход в ЗС» 56](#_Toc75351400)

[3.1.2.14 ВИ «Определение адреса и конфигурации прибора» 57](#_Toc75351401)

[3.1.2.15 ВИ «Инициализация периферии и программных компонентов» 59](#_Toc75351402)

[3.1.2.16 ВИ «Самодиагностика» 60](#_Toc75351403)

[3.1.2.17 ВИ «Межканальная синхронизация по данным» 61](#_Toc75351404)

[3.1.2.18 ВИ «Снятие защитного состояния» 63](#_Toc75351405)

[3.1.2.19 ВИ «Чтение ЧЯ» 64](#_Toc75351406)

[3.1.2.20 ВИ «Управление питанием силовых драйверов» 65](#_Toc75351407)

[3.1.2.21 ВИ «Перевод стрелки» 65](#_Toc75351408)

[3.1.2.22 ВИ «Начальная синхронизация по времени» 67](#_Toc75351409)

[3.1.2.23 ВИ «Межканальная синхронизация по времени» 68](#_Toc75351410)

[3.1.2.24 ВИ «Формирование контрольного напряжения» 68](#_Toc75351411)

[3.1.2.25 ВИ «Диспетчер режимов» 70](#_Toc75351412)

[3.2 Требования к безопасности 71](#_Toc75351413)

[3.2.1 Концепция безопасности 71](#_Toc75351414)

[3.2.2 Критерии опасного отказа 72](#_Toc75351415)

[3.2.3 Функции безопасности 72](#_Toc75351416)

[3.2.4 Обработка ошибок 74](#_Toc75351417)

[3.3 Требования к интерфейсам 75](#_Toc75351418)

[3.3.1 Требования к пользовательскому интерфейсу 75](#_Toc75351419)

[3.3.2 Требования к коммуникационным интерфейсам 75](#_Toc75351420)

[3.3.3 Требования к аппаратным интерфейсам 76](#_Toc75351421)

[3.4 Прочие требования 93](#_Toc75351422)

[4 МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ 93](#_Toc75351423)

1. ВВЕДЕНИЕ
   1. Назначение документа

Документ предназначен для предъявления общих высокоуровневых требований с целью последующей разработки ПО и сопутствующей документации.

Документ распространяется на объектный контроллер привода стрелки ОКПС-Е-К ЕИУС.465275.007.100 (далее по тексту – ОКПС-Е-К или прибор), предназначенный для управления стрелочным приводом путем формирования трехфазного напряжения для питания электродвигателей переменного тока в девятипроводных схемах управления.

* 1. Термины, определения и сокращения

Употребляемые в документе термины, определения и сокращения приведены в документе «Объектный контроллер привода стрелки ОКПС-Е-К. Термины, определения и сокращения ЕИУС.465275.007.100-01 99 01».

* 1. Рекомендации к ознакомлению

Описание прибора дается в упрощенном виде. Сведения о приборе, которые не требуются для разработки ПО, здесь не приводятся.

В разделе 3 «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ» приведена структуризация требований в виде ВИ, а также приведены требования к режимам, безопасности и интерфейсам.

При составлении данного документа, функции, которые должно выполнять ПО, описываются при помощи ВИ. ВИ детализируются с помощью сценария и детальных требований.

Стандарт UML определяет диаграммы, показывающие, как ВИ связаны друг с другом. При этом они могут дополняться пояснительными текстами, сценариями. В том случае, когда описание несет большую информативность, чем диаграмма, и диаграмма не требуется для пояснения описания, она не приводится. Для описания ВИ используется шаблон, максимально отображающий детали и основные моменты разрабатываемого ПО.

Описание ВИ имеет следующую структуру:

* идентификатор варианта использования;
* краткое описание;
* действующие лица;
* предусловия;
* постусловия;
* сценарий;
* исключения;
* дополнительные сведения.

Блок **«Идентификатор варианта использования»** содержит признак, служащий для идентификации ВИ.

Блок **«Краткое описание»** отображает цель данного ВИ, его функцию и ожидаемый результат.

Блок **«Действующие лица»** содержит перечисления всех действующих лиц, которые инициируют взаимодействие (запуск выполнения, получение результата) с данным ВИ.

Блок **«Предусловия»** содержит условия, при которых данный ВИ должен выполняться. Позволяет документировать подробную информацию (например, наличие определенного состояния системы, при котором возможно выполнение данного ВИ).

Блок **«Постусловия»** содержит результат, который должен быть получен после успешного завершения сценария.

Блок **«Сценарий»** содержит поэтапное описание того, что происходит в ПО во время выполнения ВИ.

Блок **«Исключения»** должен содержать описание поведения ПО в случаях, когда основной сценарий не может быть успешно выполнен. На каждом этапе выполнения сценарий может быть прерван. В этом случае в блоке должны быть указаны причины прерывания сценария и действия, завершающие его.

Блок **«Дополнительные сведения»** содержит информацию, уточняющую сценарий.

* 1. Назначение разработки

Разработка ПО выполняется с целью создания и последующего производства Объектного контроллера привода стрелки ОКПС-Е-К, применяемого в составе Микропроцессорной централизации стрелок и сигналов для метрополитенов МПЦ‑СМ ЕИУС.468333.003 (далее – МПЦ‑СМ).

* 1. Ссылки на другие документы

1. Микропроцессорная централизации стрелок и сигналов для метрополитенов МПЦ‑СМ. Техническое задание;
2. Объектный контроллер привода стрелки ОКПС-Е-К. Термины, определения и сокращения ЕИУС.465275.007.100-01 99 01.
3. Объектный контроллер привода стрелки ОКПС-Е-К. Схема электрическая принципиальная ЕИУС.465275.007.100Э3.
4. Методические указания по проектированию устройств автоматики, телемеханики и связи на железнодорожном транспорте И-288-02. Проектирование кабельных сетей стрелочных электроприводов СП-6М и СП-12У с электродвигателями трехфазного и постоянного токов с центральным и магистральным питанием для стрелок ЭЦ всех типов;
5. Микропроцессорная централизация стрелок и сигналов для метрополитенов МПЦ-СМ. Описание алгоритма подсчета контрольной суммы установки адреса и конфигурации в объектном контроллере (ОК) ЕИУС.468333.003.Д.ОАПКС (редакция 2);
6. Микропроцессорная централизация стрелок и сигналов для метрополитенов МПЦ­‑СМ. Описание протокола обмена данными между концентратором связи и объектными контроллерами ЕИУС.468333.003.Д.ОПОД КСв ОК;
7. Микропроцессорная централизация стрелок и сигналов для метрополитенов МПЦ-СМ. Протокол обмена диагностической информацией между ОК (в пределах пары «основной резервный») ЕИУС.468333.003.Д.ПОДМОК;
8. Микропроцессорная централизация стрелок и сигналов для метрополитенов МПЦ-СМ. Технические решения по включению в рамках проведения испытаний на станции «Новокосино» Московского метрополитена ЕИУС.468333.003-2317ТР.
9. ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УСТРОЙСТВА
   1. Общее описание прибора

ОКПС-Е-К предназначен для обеспечения безопасного управления стрелочным приводом путем формирования трехфазного напряжения для питания электродвигателей переменного тока в девятипроводных схемах управления.

ОКПС-Е-К представляет собой ТЭЗ для установки в кассету АУКС‑К. Кассета устанавливается в шкаф монтажный 19 дюймовый (МЭК 297).

Конструктивно аппаратура АУКС-К состоит из следующих частей (рисунок 1).

– ТЭЗ ОКПС-Е-К основной;

– ТЭЗ ОКПС-Е-К резервный;

– кросс-плата;

– модуль реле АУКС-9 (далее по тексту – модуль реле).

Рисунок 1 – Функциональная схема АУКС-К

Аппаратура АУКС-К может использоваться как в одноканальном (без резервирования, применяется только один ОКПС‑Е‑К), так и в двухканальном режиме работы. В двухканальном режиме работы применяются два ОКПС‑Е‑К, выполняющих функции «основного канала» и «резервного канала». В одноканальном режиме работы ОКПС‑Е‑К выполняет функции «основного канала». К нагрузке, через модуль реле АУКС-9, в определенный момент времени может быть подключен только один из каналов. Канал является «активным», когда к нему подключена нагрузка и «пассивным», когда он отключен от нагрузки. Модуль реле для переключения нагрузки запитывается от основного канала.

В исходном состоянии (при старте системы) активным является основной прибор. Каждый (основной и резервный) ТЭЗ подключен к двум системным каналам связи (1-му и 2-му) и осуществляет прием телеграмм А и Б по 1-му и по 2‑му каналам.

Каждый ОКПС-Е-К может находиться в одном из следующих состояний:

* РС, при котором ОКПС-Е-К отвечает всем требованиям нормативно-технической и конструкторской документации и выполняет все заложенные функции;
* БС, в которое ОКПС-Е-К переходит при отсутствии корректных приказов от УС по каналам передачи данных в течение более чем 1,5 с; снижении напряжения питания постоянного тока ниже уровня 21 В; снижении напряжения питания переменного тока ниже уровня 187 В. В этом состоянии блокируется формирование рабочего и контрольного напряжений управления стрелкой в ответ на приказ перевода стрелки, но формируются сигналы тестирования целостности рабочих цепей стрелки, также поддерживается связь со смежным каналом и УС (при наличии связи) и осуществляется контроль положения стрелки. ОКПС-Е-К переходит обратно в РС при восстановлении процесса обмена информацией с УС и требуемого уровня питающего напряжения;
* ЗС, в которое переходит ОКПС-Е-К при обнаружении неисправности. В этом состоянии исключается формирование на выходе ОКПС-Е-К каких-либо сигналов, прекращается обмен данными с УС и смежным каналом. Код ЗС сохраняется в микросхемах EEPROM. Обратный переход из ЗС в РС или БС блокируется на уровне ПО.

Перевод ОКПС-Е-К из защитного состояния в работоспособное состояние возможен только в условиях завода-изготовителя или сервисного центра, и выполняется только с участием человека.

В РС ОКПС-Е-К обеспечивает:

* прием следующих команд по дублированному каналу связи:

1. перевод стрелки в заданное положение (как в режиме однократного, так и в режиме двукратного перевода);
2. остановка двигателя во время перевода;
3. смена активности прибора;
4. установка уровня напряжения генератора контрольного напряжения.

* прием данных по межканальному каналу связи о состоянии смежного ОКПС-Е-К в режиме работы с резервом.

В режиме ненагруженного резервирования обеспечивается возможность работы двух ОКПС-Е-К. В пределах пары «основной-резервный» организован межканальный интерфейс передачи диагностической информации в соответствии с документом «Микропроцессорная централизация стрелок и сигналов для метрополитенов МПЦ-СМ. Протокол обмена диагностической информацией между ОК (в пределах пары «основной резервный») ЕИУС.468333.003.Д.ПОДМОК».

Применяется общий для двух ТЭЗ (основного и резервного) элемент переключения силовых цепей. Управление и контроль элемента переключения силовых цепей осуществляется основным каналом.

Элемент переключения расположен на модуле реле, который устанавливается на кросс-плату с помощью разъемного соединения, как отдельный модуль, не входящий в состав ТЭЗ ОКПС-Е-К.

Тип подключаемой схемы определяется перемычками на модуле реле (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Расположение перемычек на модуле реле

| Тип схемы | Расположение перемычек на МР АУКС-9  с 21 по 23 бит поля D3 |
| --- | --- |
| Резерв | 010 |
| Резерв | 101 |
| Девятипроводная | 011 |

Подключение стрелочного электропривода выполняется в соответствии с документом «Микропроцессорная централизация стрелок и сигналов для метрополитенов МПЦ-СМ. Технические решения по включению в рамках проведения испытаний на станции «Новокосино» Московского метрополитена ЕИУС.468333.003-2317ТР».

При выходе напряжения питания 24 В за пределы допустимых значений во время перевода стрелки, ОКПС-Е-К должен перейти в БС, не завершая перевод, независимо от приказов, поступающих от УС.

При пропадании связи с УС в процессе перевода стрелки, ОКПС-Е-К должен завершить перевод.

В случае отсутствия связи с УС более 1,5 с, ОКПС-Е-К должен перейти в БС, согласно «Условий состояния».

В случае, когда пара ТЭЗ («основной-резервный») находится в БС по причине отсутствия связи с УС, активный ОКПС-Е-К должен осуществлять проверку целостности обмоток двигателя электропривода и контроль положения стрелки, при условии, что значения напряжений 24 В и 220 В в норме.

ОКПС-Е-К в активном режиме (когда его выход подключен к нагрузке) обеспечивает:

* обмен по дублированному цифровому каналу связи (принимает команды и передает данные о своем состоянии в формате полного статуса);
* формирование выходного сигнала управления двигателем стрелочного привода в зависимости от принятой команды;
* периодическую проверку состояния рабочих цепей;
* контроль положения стрелки;
* обмен по межканальному интерфейсу с ОКПС-Е-К, который находится в пассивном режиме.

ОКПС-Е-К, при работе в пассивном режиме (когда его выход не подключен к нагрузке) обеспечивает:

* обмен по дублированному цифровому каналу связи (принимает команды и передает данные о своем состоянии в формате короткого статуса);
* обмен по межканальному интерфейсу с ОКПС-Е-К, который находится в активном режиме.

Управление ОКПС-Е-К осуществляется через дублированный интерфейс RS‑422 в соответствии с документом «Микропроцессорная централизация стрелок и сигналов для метрополитенов МПЦ‑СМ. Описание протокола обмена данными между концентратором связи и объектными контроллерами ЕИУС.468333.003.Д.ОПОД КСв ОК».

В двухканальном режиме работы ОКПС-Е-К, при переходе активного канала в БС или ЗС, работоспособный пассивный канал становится активным. В случае, когда оба канала работоспособны, в ОКПС-Е-К предусмотрена функция смены активности, которая заключается в переключении каналов из активного состояния в пассивное и наоборот, по приказу от УС на смену активности при отсутствии выполнения приказа на перевод стрелки. Алгоритмом предусмотрен приоритет основного канала при включении питания в случае одинаковых условий работы – оба канала работоспособны, имеется МКО, имеется связь по интерфейсу RS-422.

В случае отключения нагрузки от активного канала, а также при отказе межканальной связи от активного канала к работоспособному пассивному каналу, активный канал переходит в пассивное состояние, а пассивный – в активное. В последнем случае работоспособный пассивный канал передает сообщение активному каналу «нет связи».

Должна быть обеспечена гальваническая развязка между модулями интерфейса.

Электропитание ОКПС-Е-К осуществляется от источника питания напряжением постоянного тока для цифровой части и напряжением переменного тока для силовой части.

При снижении питания «24 В» или питания «220 В» до значения порога срабатывания детектора выполняется информирование о неработоспособности ОК выдачей соответствующего кода аларма в УС и индикацией светодиода «Отказ». При нижнем пороге детектора питания «220 В» гарантируется выполнение функций ОК. Уровень напряжения питания 3,3 В контролируется обоими микроконтроллерами блока обработки команд и управления и при уходе за допустимые пределы (± 10 %) ОКПС-Е-К переводится в ЗС. Применяется одна схема супервизора с параллельным сигналом на два процессора Master и Slave.

Тип двигателя должен задаваться перемычками на кросс-плате согласно документу «Микропроцессорная централизация стрелок и сигналов для метрополитенов МПЦ-СМ. Описание алгоритма подсчета контрольной суммы установки адреса и конфигурации в объектном контроллере (ОК) ЕИУС.468333.003.Д.ОАПКС (редакция 2)» (биты 16-23 включительно). Значение бит приведено в таблице 2.

Таблица 2 – Расположение перемычек на кросс плате

| Тип электродвигателя | Номинальное напряжение, В | Расположение перемычек, с 16 по 20 бит поля D3 |
| --- | --- | --- |
| МСТ-0,25 | 127 | 01100 |
| МСТ-0,25 | 220 | 11100 |
| МСТ-0,3 | 110 | 00010 |
| МСТ-0,3 | 190 | 10010 |
| МСТ-0,6 | 110 | 01010 |
| МСТ-0,6 | 190 | 11010 |

Для управления электродвигателем, ОКПС-Е-К формирует номинальный ток, величина которого задана в соответствии с документом «Методические указания по проектированию устройств автоматики, телемеханики и связи на железнодорожном транспорте И-288-02. Проектирование кабельных сетей стрелочных электроприводов СП-6М и СП-12У с электродвигателями трехфазного и постоянного токов с центральным и магистральным питанием для стрелок ЭЦ всех типов».

* + 1. Функциональная схема ОКПС-Е-К

Функциональная схема ОКПС-Е-К приведена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Функциональная схема ОКПС-Е-К

ОКПС-Е-К имеет безопасную дублированную структуру с умеренными связями (см. рисунок 2). В состав ОКПС-Е-К входят два независимо работающих МК с контролем исправности друг друга.

По функциональному назначению в схеме ОКПС-Е-К (см. рисунок 2) выделяются следующие блоки:

1. блок питания цифровой части;
2. блок RS-422;
3. блок чтения адреса;
4. блок управления, обработки команд и индикации;
5. блок управления РПВ;
6. блок генератора;
7. блок корректора коэффициента мощности ККМ;
8. блок питания драйверов и ККМ;
9. блок 3-х фазного формирователя и измерителя;
10. блок преобразователей напряжений.

Блок питания цифровой части

Блок питания цифровой части с плавным пуском и контролем входного напряжения 24 В постоянного тока формирует стабилизированное, контролируемое напряжение 3,3 В постоянного тока для питания цифровой части ОКПС-Е-К.

Выходной сигнал модуля контроля напряжения 24 В служит для перехода МК в БС при уменьшении уровня напряжения питания ниже 21 В.

Блок RS-422

Блок RS-422 предназначен для приема приказов и передачи статусов при увязке с УС по двум интерфейсным линиям.

Блок чтения адреса

Блок чтения адреса обеспечивает считывание адреса, считывание состояния РПВ, обмен информацией с резервным блоком.

Модуль чтения адреса обеспечивает безопасное, защищаемое циклической контрольной суммой CRC-8, гальванически развязанное считывание 16 бит данных адреса, 8 бит данных конфигурации и состояние РПВ.

Модуль МКО обеспечивает обмен информацией между пассивным и активным каналами.

Блок управления, обработки команд и индикации

Блок управления, обработки команд и индикации построен на двух МК (Master и Slave), которые синхронно работают под управлением ПО. Синхронизация данных осуществляется по интерфейсу CAN. Блок состоит из:

* МК Master и МК Slave;
* модуля супервизора;
* модуля источников опорного напряжения ИОН;
* модуля контроля напряжения 3,3 В;
* модуля EEPROM;
* модуля индикации.

МК, независимо друг от друга, обрабатывают входную информацию и формируют согласованные выходные воздействия. В случае выявления любого рассогласования, МК переводят ОКПС-Е-К в ЗС с записью в EEPROM кода ЗС. Контроль работы блоков ОКПС-Е-К производится независимо двумя МК с дальнейшим сравнением результатов посредством обмена информацией по интерфейсу CAN. Через этот же интерфейс, в условиях сервисного центра, возможно подключение контрольно-испытательной аппаратуры для чтения кода ЗС. ПО, записанное в память МК, одинаковое (оба МК прошиваются одним и тем же файлом прошивки) и работает непрерывно, что позволяет в течение цикла диагностирования выявить дефекты в собственной работе.

Модуль супервизора 3,3 В формирует сигнал сброса для обоих МК при снижении уровня напряжения питания 3,3 В цифровой части ниже 3 В.

Модуль источников опорного напряжения ИОН формирует высокостабильный, контролируемый двумя МК уровень напряжения для работы АЦП.

При снижении уровня напряжения питания ниже 2,9 В модуль контроля напряжения 3,3 В формирует программный сброс МК.

Модуль EEPROM предназначен для хранения кода ЗС.

Модуль индикации осуществляет отображение информации о состоянии ОКПС-Е-К и положения стрелки.

Блок управления РПВ

Блок управления РПВ обеспечивает питание РПВ от источника входного напряжения 24 В.

Блок генератора

Блок генератора предназначен для формирования стабильного гальванически развязанного напряжения переменного тока от 21 до 29 В.

Блок генератора состоит из:

– модуля питания 43 В;

– ШИМ-преобразователя;

– модуля ФНЧ.

Модуль питания 43 В формирует стабильное гальванически развязанное напряжение постоянного тока 43 В.

Преобразователь 28 В, управляемый сигналами ШИМ от MK Slave управляет работой мостовой схемы.

Модуль ФНЧ подавляет несущую частоту ШИМ сигнала.

Блок корректора коэффициента мощности ККМ

Блок ККМ предназначен для формирования стабильного напряжения постоянного тока 390 В для питания силовых ключей блока 3-х фазного формирователя и измерителя.

Блок питания драйверов и ККМ

Блок питания драйверов и ККМ предназначен для питания драйверов 3-х фазного формирователя и драйвера ККМ.

Блок 3-х фазного формирователя и измерителя

Блок 3-х фазного формирователя и измерителя предназначен для формирования трехфазного напряжения 220 В частотой 50 Гц и измерения, контроля формируемых параметров (напряжений фаз и токов в рабочих цепях). Блок, управляемый сигналами ШИМ от МК Master, управляет работой выходного каскада 3-х фазного преобразователя.

Блок преобразователей напряжений

Блок преобразователей напряжений предназначен для контроля выходного напряжения блока генератора и сигналов с датчиков положения стрелки. Блок состоит из:

– модуля преобразователя контрольного напряжения;

– модуля 1 преобразователя напряжения контроля положения стрелки;

– модуля 2 преобразователя напряжения контроля положения стрелки.

Модуль преобразователя контрольного напряжения измеряет напряжение на выходе блока генератора. Питание модуля осуществляется от модуля питания блока генератора.

Модули 1 и 2 преобразователя напряжения контроля положения стрелки измеряют напряжение, поступающее с датчика положения стрелки, и через блок фильтров подают на входы АЦП МК.

* 1. Функции, выполняемые прибором

Прибор должен выполнять следующие функции:

1. анализ параметров сигнала в контрольной цепи привода стрелки;
2. определение перегрузок по току для рабочих и для контрольных цепей;
3. контроль состояния в цепях генератора контрольного напряжения;
4. проверка целостности рабочих цепей электродвигателя;
5. определение положения стрелки;
6. перевод стрелки;
7. индикация положения стрелки, поступающих от УС приказов, состояния перевода стрелки, состояния режима работы прибора (наличие КЗ, безопасного режима, режима «ЗС»);
8. обмен информацией с УС, включающий обработку поступающих приказов и формирование статусов;
9. чтение/запись «ЧЯ» из/в внешней памяти EEPROM;
10. чтение состояния дискретных входов адреса, конфигурации, датчиков 24 В, 220 В, реле РПВ;
11. синхронизация по данным между МК;
12. управление активностью прибора;
13. первоначальная инициализация МК и конфигурирование;
14. переход в режим «ЗС» с записью кода ЗС во внешнюю ЭНП;
15. снятие ЗС прибора путем стирания из внешней ЭНП записи с кодом ЗС;
16. обмен диагностической и другой информацией при работе прибора с резервированием в паре «основной-резервный»;
17. синхронизация работы МК Master и МК Slave по времени;
18. синхронизация данных между МК Master и МК Slave;
19. проверка наличия внутренних аппаратных и программных отказов прибора;
20. проверка работоспособности МК.
    1. Основные ограничения

Идентификатор требования – OKPSEK-R00.

1. Исходный код должен быть написан на языке программирования высокого уровня Си. В отдельных обоснованных случаях (например, недостаточного быстродействия) допускается применение ассемблерных вставок (требование OKPSEK-R00-01);
2. ПО должно быть разработано для МК фирмы MICROCHIP dsPIC33 (требование OKPSEK-R00-02);
3. Для тактирования МК должны применяться кварцевые генераторы с тактовой частотой 14,7456 МГц (требование OKPSEK-R00-03).
4. Программы в обоих МК должны быть одинаковыми (требование OKPSEK‑R00-04);
5. Работа обоих МК должна быть синхронизирована по времени и по данным (требование OKPSEK-R00-05).
6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ПРОГРАММНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ
   1. Требования к функционированию
      1. Требования к режимам

Режимы работы ОКПС-Е-К

**Идентификатор требования – OKPSEK-R01.**

Прибор должен работать в одном из следующих режимов:

* «Начальная инициализация»;
* «Инициализация»;
* «БС»;
* «РС»;
* «ЗС».
  + - * 1. Режим «Начальная инициализация»

**Идентификатор требования – OKPSEK-R01-1.**

Режим должен решать следующие задачи:

* инициализацию периферии МК, его системы тактирования;
* инициализацию всех используемых в ПО программных компонентов;
* проверку на наличие установленной перемычки для вывода модуля из ЗС;
* проверку наличия записи с кодом ЗС в ЭНП, запрещающего дальнейшую эксплуатацию прибора и в случае наличия этой записи произвести чтение «ЧЯ».

Вход в режимдолжен выполниться после подачи сигнала «Сброс/Reset» на МК прибора.

Режим должен включать в себя следующие ВИ:

* ВИ-15 «Инициализация периферии и программных компонентов»;
* ВИ-19 «Чтение ЧЯ»;
* ВИ-22 «Начальная синхронизация по времени»;
* ВИ-2 «Индикация»;
* ВИ-16 «Самодиагностика»;
* ВИ-13 «Переход в ЗС»;
* ВИ-18 «Снятие защитного состояния».

**Сценарий:**

1. выполняется проверка причины сброса;
2. выполняется проверка отсутствия перемычки снятия ЗС;
3. выполняется проверка отсутствия записи с кодом ЗC в ЭНП;
4. запускается ВИ-22 «Начальная синхронизация по времени»;
5. запускается ВИ-15 «Инициализация периферии и программных компонентов».

**Исключения (альтернативные сценарии):**

1. обнаружена перемычка снятия ЗС – выполнение ВИ «Снятие ЗС» (см. 3.1.2.18);
2. в ЭНП обнаружена запись с кодом ЗC – переход в режим «ЗС» без записи кода ЗC в ЭНП и чтение «ЧЯ» с кодом ЗC, а также информации из буферов трассировки;
3. ВИ-16 «Самодиагностика» обнаружил – переход в режим «ЗС» с записью кода ЗC в ЭНП.

**Дополнительные сведения:**

При сбросе МК, вызванном включением питания или внешним сбросом, считать эти сбросы корректными и продолжить выполнение сценария.

При сбросе МК, вызванном срабатыванием сторожевого таймера или ПО, считать сброс некорректным. При этом необходимо определить, сколько сбросов по этим причинам было на протяжении определенного промежутка времени. Если меньше трех, то продолжить выполнение сценария. Если три и более, то перейти в режим «ЗС» с сохранением кода ЗС в ЭНП.

При сбросе МК, вызванном другими причинами (не перечисленными выше), считать сброс некорректным и перейти в режим «ЗС» с сохранением кода ЗС в ЭНП.

**Выход из режима возможен в следующие режимы:**

* 1. «Снятие защитного состояния» при наличии перемычки снятия ЗС и последующем снятии ЗС;
  2. ЗС при невыполнении пункта а) данного перечисления и выполнении любого из следующих условий:

1. обнаружение ЗОт;
2. наличие в ЭНП записи с кодом ЗС.
   1. «Инициализация» – при невыполнении пунктов а), б) данного перечисления.
      * + 1. Режим «Инициализация»

**Идентификатор требования – OKPSEK-R01-2.**

Режим «Инициализация» должен решать следующие задачи:

Вход в режимдолжен выполниться после выполнения всех задач режима «Начальная инициализация».

Режим должен включать в себя следующие ВИ:

1. ВИ-2 «Индикация»;
2. ВИ-13 «Переход в ЗС»;
3. ВИ-10 «Чтение входных дискретных сигналов»;
4. ВИ-14 «Определение адреса и конфигурации прибора»;
5. ВИ-16 «Самодиагностика»;
6. ВИ-25 «Диспетчер режимов»;
7. ВИ-15 «Инициализация периферии и программных компонентов»;

**Сценарий:**

1. выполняется чтение дискретных входов;
2. вычисляется из полученных данных значение адреса прибора и его соответствие полученному при чтении дискретных входов значению контрольной суммы;
3. определяется тип платы модуля реле, подключаемой к кросс-плате АУКС‑К;
4. вызывается ВИ-15 «Инициализация периферии программных компонентов», производится настройка модуля реле и осуществляется переход в «РС».

**Исключения (альтернативные сценарии):**

1. ВИ-16 «Самодиагностика» обнаружил ЗОт при несоответствии контрольной суммы перемычек адреса и конфигурации – переход в режим «ЗС» с записью кода ЗС в ЭНП.
   * + - 1. Режим «БС»

**Идентификатор требования –** **OKPSEK-R01-3**.

**Режим «БС» должен решать следующие задачи:**

1. В режиме «БС» ПО должно блокировать формирование прибором на своих выходах приказов на перевод стрелки от УС, согласно критериям опасного отказа.
2. Переход в режим «БС» должен быть выполнен при возникновении внешних негативных условий, при которых прибор не может гарантированно обеспечить формирование выходных сигналов с требуемыми характеристиками, т.е. не норма напряжений питания 24 В, 220 В, неисправность реле РПВ, отсутствие связи с УС.
3. При отсутствии негативных внешних условий прибор автоматически обязан перейти в режим «РС».
4. В «БС» производится определение целостности рабочих цепей при норме напряжения входного питания 220 В и исправности РПВ, а также производится определение положения стрелки при норме напряжения источника питания 24 В и исправности контактов РПВ.

**Вход в режим «БС» должен выполняться из следующих режимов:**

1. «Инициализация»
2. «РС» – при возникновении хотя бы одного из перечисленных ниже условий:
   1. отсутствие связи с УС по RS-422 (отсутствие корректных приказов по двум линиям связи более 1500 мс);
   2. «не норма» (пониженное) входное напряжения питания «24 В»;
   3. «не норма» (пониженное) входное напряжения питания «220 В»;
   4. неисправность РПВ;

Режим «БС» должен выполнять все задачи режима «РС» кроме ВИ-21 «Перевод стрелки». Выполнение всех ВИ должно происходить параллельно друг с другом.

* + - * 1. Режим «РС»

**Идентификатор требования – OKPSEK-R01-4.**

**Режим «РС» должен решать следующие задачи:**

1. выполнять обмен информацией с УС;
2. выполнять приказы на перевод стрелки;
3. определять положение стрелки;
4. производить контроль источников входного питания 24 В, 220 В;
5. производить временную синхронизацию и синхронизацию обрабатываемых данных;
6. производить контроль перегрузок по току в рабочих и в контрольных цепях;
7. управлять безопасным источником питания, формирующим напряжение питания силовых драйверов;
8. управлять активностью прибора и контролировать состояние РПВ;
9. управлять обменом с прибором из пары «основной-резервный»;
10. производить самодиагностику МК;
11. производить периодический контроль состояния дискретных входов адреса прибора и его конфигурации;
12. производить контроль целостности рабочих цепей;
13. производить индикацию текущего положения стрелки состояния работы прибора, а также поступающих от УС приказов;
14. производить контроль датчиков фазных токов, напряжений, напряжений питания цифровой части, опорного напряжения АЦП, а также буферных регистров АЦП МК;
15. производить контроль корректора коэффициента мощности;
16. осуществлять регулировку напряжения, формируемого контрольным генератором;

Выполнение всех ВИ должно происходить параллельно друг с другом.

* + - * 1. Режим «ЗС»

**Идентификатор требования – OKPSEK-R01-5.**

Режим «ЗС» должен решать следующие задачи:

Переход в режим «ЗС» должен выполниться при обнаружении ЗОт прибора в процессе функционирования прибора или при обнаружении записи в ЭНП с кодом ЗС в режиме «Инициализация».

При входе в ЗС в EEPROM должен быть сохранён код ЗС и сохранена информация «ЧЯ».

Выход из режима «ЗС» должен выполниться при помощи перемычек снятия ЗС по специальной процедуре:

1. устранить неисправность;
2. установить перемычки снятия ЗС (на МК-Master и на МК-Slave);
3. подать питание на прибор;
4. проконтролировать снятие ЗС (индикаторы «RS1» и «RS2» синхронно (в фазе) мигают в течение 3 с, параметры мигания: 500 мс Вкл, 500 мс Выкл.);
5. выключить питание;
6. удалить перемычки снятия ЗС.

Динамическая модель

**Идентификатор требования – OKPSEK-R02.**

В ходе работы ПО должно переводить прибор в соответствующие режимы. Переходы между режимами должны соответствовать диаграмме, приведенной на рисунке 3.



Рисунок 3 – Динамическая модель режимов работы ОКПС-Е-К

* + 1. Требования к ВИ

**Идентификатор требования – OKPSEK-R03.**

Функциональные требования представлены в виде ВИ. Распределение ВИ по режимам работы должны соответствовать диаграмме, приведенной на рисунке 4.



Рисунок 4 – Статическая модель режимов работы ОКПС-Е-К

ВИ «Бесконечный цикл ожидания»

Идентификатор варианта использования:ВИ-1.

**Идентификатор требования к ВИ: OKPSEK-R03-1.**

Краткое описание:

Отключение МК от выполнения функционала.

Действующие лица:

1. режим «ЗС» – запуск ВИ.

Предусловия:

а) отсутствуют для данного ВИ.

Постусловия:

1. отключение МК от выполнения функционала.

Сценарий:

1. бесконечное выполнение команды перехода МК в энергосберегающий режим.

Исключения:

а) отсутствуют для данного ВИ.

Дополнительные сведения:

а) отсутствуют для данного ВИ.

ВИ «Индикация»

Идентификатор варианта использования:ВИ-2.

**Идентификатор требования к ВИ: OKPSEK-R03-2.**

Краткое описание:

Индикация текущего положения стрелки (как во время перевода стрелки, так и при его отсутствии), перегрузки по току рабочих и контрольных цепей, поступающих от УС приказов, состояния работы прибора.

Действующие лица:

1. все режимы работы прибора.

Предусловия:

1. Выполняется один из следующих ВИ:
2. ВИ-13 «Переход в ЗС»;
3. ВИ-18 «Снятие защитного состояния»;
4. ВИ-21 «Перевод стрелки»;
5. ВИ-4 «Определение положения стрелки»;
6. ВИ-12 «Управление активностью»;
7. ВИ-10 «Чтение входных дискретных сигналов»;
8. ВИ-8 «Обмен с управляющей системой»;
9. ВИ-6 «Определение состояния контрольных и рабочих цепей».

Постусловия:

1. индикаторы на передней панели отображают состояние прибора.

Сценарий:

Индикация светодиодов выполняется в соответствии с таблицей .

Таблица 3 – Состояние светодиодов на передней панели ОКПС-Е-К

| **№№** | **Режим / состояние** | **Событие/ условия** | **Индикатор** | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **ОТКАЗ** | **RS1** | **RS2** | **ПОЛОЖЕНИЕ +** | **ПОЛОЖЕНИЕ -** | **ПОТЕРЯ КОНТРОЛЯ** |
| **11** | ЗС | Прибор находится в защитном состоянии | Вкл | Выкл | Выкл | Выкл | Выкл | Выкл |
| **2** | Снятие ЗС | По факту снятия ЗС (стирания кода ЗС в ЭНП) | Вкл | Мигают оба в течение 3 с. Параметры мигания:  500 мс Вкл.- 500 мс Выкл. | | Выкл | Выкл | Выкл |
| **3** | Начальная инициализация | После подачи питания 24 В (а фактически, после сброса обоих МК, вызванном подачей на них питания 5 В) произошла успешная инициализация прибора | Включение всех индикаторов на лицевой панели на 1-2 с | | | | | |
| **4** | Инициализация | Переход в ЗС в случае, когда по включению прибора обнаружено несовпадение контрольной суммы и перемычек на кросс-плате | Вкл | Мигают в противофазе в течение 20 с. Параметры мигания:  500 мс Вкл. - 500 мс Выкл. | | Выкл | Выкл | Выкл |
| **№** | **Режим / состояние** | **Событие/ условия** | **Индикатор** | | | | | |
| **ОТКАЗ** | **RS1** | **RS2** | **ПОЛОЖЕНИЕ +** | **ПОЛОЖЕНИЕ -** | **ПОТЕРЯ КОНТРОЛЯ** |
| **5** | РС/БС (Активный) | При получении корректного приказа или короткого сообщения по линии связи 1 | Не влияет | Включение на 50 мс | Не влияет | Не влияет | Не влияет | Не влияет |
| **6** | РС/БС (Активный) | При получении корректного приказа или короткого сообщения по линии связи 1 | Не влияет | Не влияет | Включение на 50 мс | Не влияет | Не влияет | Не влияет |
| **7** | РС/БС (Пассивный) | При получении корректного приказа или короткого сообщения по линии связи 1 | Не влияет | Последовательность: 300 мс Вкл – 300 мс Выкл | Не влияет | Выкл | Выкл | Выкл |
| **8** | РС/БС (Пассивный) | При получении корректного приказа или короткого сообщения по линии связи 2 | Не влияет | Не влияет | Последовательность:  300 мс Вкл – 300 мс Выкл | Выкл | Выкл | Выкл |
| **9** | РС/БС (Активный) | Отсутствие связи одновременно по двум линиям связи | Не влияет | Синхронно мигают с периодом 2000 мс:  300 мс Вкл., 300 мс Выкл., 300 мс Вкл., 1100 мс Выкл. | | Не влияет | Не влияет | Не влияет |
| **№** | **Режим / состояние** | **Событие/ условия** | **Индикатор** | | | | | |
| **ОТКАЗ** | **RS1** | **RS2** | **ПОЛОЖЕНИЕ +** | **ПОЛОЖЕНИЕ -** | **ПОТЕРЯ КОНТРОЛЯ** |
| **10** | РС/БС (Пассивный) | Отсутствие связи одновременно по двум линиям связи | Не влияет | Синхронно мигают с периодом 2000 мс:  300 мс Вкл., 1700 мс Выкл. | | Выкл | Выкл | Выкл |
| **11** | РС/БС (Активный) | Отсутствие связи по линии связи 1 | Не влияет | Мигает с периодом 2000 мс:  300 мс Вкл., 300 мс Выкл, 300 мс Вкл., 1100 мс Выкл. | Не влияет | Не влияет | Не влияет | Не влияет |
| **12** | РС/БС (Активный) | Отсутствие связи по линии связи 2 | Не влияет | Не влияет | Мигает с периодом 2000 мс:  300 мс Вкл., 300 мс Выкл, 300 мс Вкл., 1100 мс Выкл. | Не влияет | Не влияет | Не влияет |
| **13** | РС/БС (Пассивный) | Отсутствие связи по линии связи 1 | Не влияет | Мигает с периодом 2000 мс: 300 мс Вкл., 1700 мс Выкл. | Не влияет | Выкл | Выкл | Выкл |
| **№** | **Режим / состояние** | **Событие/ условия** | **Индикатор** | | | | | |
| **ОТКАЗ** | **RS1** | **RS2** | **ПОЛОЖЕНИЕ +** | **ПОЛОЖЕНИЕ -** | **ПОТЕРЯ КОНТРОЛЯ** |
| **14** | РС/БС (Пассивный) | Отсутствие связи по линии связи 2 | Не влияет | Не влияет | Мигает с периодом 2000 мс: 300 мс Вкл., 1700 мс Выкл. | Выкл | Выкл | Выкл |
| **15** | БС | Не норма питания «220 В» и/или «24 В» | Вкл | Не влияет | Не влияет | Не влияет | Не влияет | Не влияет |
| **16** | БС | При отсутствии информации от УС для формирования выходного сигнала (фактически, при отсутствии связи с УС) | Не влияет | Мигает с периодом 2000 мс: 300 мс Вкл., 1700 мс Выкл. | Мигает с периодом 2000 мс: 300 мс Вкл., 1700 мс Выкл. | Не влияет | Не влияет | Не влияет |
| **17** | БС | Норма питания «220 В» и «24 В» | Выкл | Не влияет | | Не влияет | Не влияет | Не влияет |
| **18** | РС/БС (активный) | Наличие плюсового положения стрелки при отсутствии перевода стрелки | Не влияет | Не влияет | | Вкл | Выкл | Выкл |
| **№** | **Режим / состояние** | **Событие/ условия** | **Индикатор** | | | | | |
| **ОТКАЗ** | **RS1** | **RS2** | **ПОЛОЖЕНИЕ +** | **ПОЛОЖЕНИЕ -** | **ПОТЕРЯ КОНТРОЛЯ** |
| **19** | РС/БС (активный) | Наличие минусового положения стрелки при отсутствии перевода стрелки | Не влияет | Не влияет | | Выкл | Вкл | Выкл |
| **20** | РС/БС (активный) | Наличие потери контроля стрелки при отсутствии перевода стрелки | Не влияет | Не влияет | | Выкл | Выкл | Вкл |
| **21** | РС/БС (активный) | Наличие плюсового положения стрелки при переводе стрелки | Не влияет | Не влияет | | Мигает с частотой 3 Гц | Выкл | Выкл |
| **22** | РС/БС (активный) | Наличие минусового положения стрелки при переводе стрелки | Не влияет | Не влияет | | Выкл | Мигает с частотой 3 Гц | Выкл |
| **23** | РС/БС (активный) | Наличие минусового положения стрелки при переводе стрелки | Не влияет | Не влияет | | Выкл | Выкл | Мигает с частотой 3 Гц |
| **№** | **Режим / состояние** | **Событие/ условия** | **Индикатор** | | | | | |
| **ОТКАЗ** | **RS1** | **RS2** | **ПОЛОЖЕНИЕ +** | **ПОЛОЖЕНИЕ -** | **ПОТЕРЯ КОНТРОЛЯ** |
| **24** | РС/БС (активный/пассивный) | Обнаружено КЗ в рабочих цепях | Мигает с периодом 600 мс:  300 мс – Вкл, 300 мс – Выкл. | Не влияет | | Не влияет | Не влияет | Не влияет |
| **25** | РС/БС (активный/пассивный) | Обнаружено КЗ в цепях генератора напряжения контрольных цепей | Мигает с периодом 1300 мс:  300 мс – Вкл, 1000 мс – Выкл. | Не влияет | | Не влияет | Не влияет | Не влияет |

Исключения:

а) отсутствуют для данного ВИ.

Дополнительные сведения:

а) отсутствуют для данного ВИ.

ВИ «Контроль источников питания»

Идентификатор варианта использования:ВИ-3.

**Идентификатор требования к ВИ: OKPSEK-R03-3.**

Краткое описание:

ВИ должен выполнять контроль входных напряжений питания «24 В» и «220 В» по сигналам от соответствующих датчиков.

Действующие лица:

1. системный таймер – периодический запуск ВИ.

Предусловия:

1. прибор находится в одном из режимов «РС», «БС».

Постусловия:

1. определено состояние питания 24 В, 220 В.

Сценарий:

1. на основании данных, полученных от ВИ-10 «Чтение входных дискретных сигналов» (см. 3.1.2.10) и отфильтрованных антидребезговым фильтром выполнить контроль входных напряжений питания 24 В и 220 В;
2. в случае их «не нормы» прибор обязан перейти в «БС»;
3. пункты а) – б) данного сценария должны выполняться непрерывно.

Исключения:

а) отсутствуют для данного ВИ.

Дополнительные сведения:

1. решение о не норме «24 В» принимается, если состояние сигнала на выходе датчика 24 В равно «1» непрерывно в течение времени Т1 = 250 мс;
2. решение о норме «24 В» принимается, если состояние сигнала на выходе датчика 24 В равно «0» непрерывно в течение времени Т2 = 500 мс;
3. решение о не норме «220 В» принимается, если состояние сигнала на выходе датчика 220 В равно «1» непрерывно в течение времени Т3 = 10 мс;
4. решение о норме «220 В» принимается, если состояние сигнала на выходе датчика 220 В равно «0» непрерывно в течение времени Т4 = 900 мс.

ВИ «Определение положения стрелки»

Идентификатор варианта использования:ВИ-4.

**Идентификатор требования к ВИ: OKPSEK-R03-4.**

Краткое описание:

Формирование признака положения стрелки в соответствии с уровнем номинального напряжения.

Действующие лица:

1. ВИ-9 «Обработка аналоговых сигналов»;
2. системный таймер;

Предусловия:

1. наличие сигнала, сформированного контрольным генератором синусоидальной формы частотой (62,5 ± 1,0) Гц и номинальным действующим значением напряжения в соответствии с ВИ-24 «Формирование контрольного напряжения» в цепях Л6-Л7 (см. рисунок 5);
2. прибор находится в «РС» или «БС».

Постусловия:

1. сформирован признак положения стрелки в соответствии с изменением уровня номинального напряжения.

Предусловия сценария «Положение +»:

1. наличие напряжения не менее 39 В в цепи Л4-Л5 (см. рисунок 5);
2. значение напряжения ниже 12 В в цепи Л8-Л9 (см. рисунок 5).

**Сценарий «Положение** +**»:**

1. формирование признака контроля положения стрелки «Положение +».

Предусловия сценария «Положение -»:

1. наличие напряжения не менее 39 В в цепи Л8‑Л9 (см. рисунок 5);
2. значение напряжения ниже 12 В в цепи Л4-Л5 (см. рисунок 5).

**Сценарий «Положение** -**»:**

1. формирование признака положения контроля стрелки  
   «Положение -».

**Сценарий «Потеря контроля»:**

1. формирование признака положения стрелки «Потеря контроля» при невыполнении формирования одного из признаков «Положение +» или «Положение -».

Исключения:

а) отсутствуют для данного ВИ.

Дополнительные сведения:

1. девятипроводная схема управления и контроля электроприводом (см. рисунок 5).



Рисунок 5 – Девятипроводная схема управления и контроля электроприводом

ВИ «Управление и контроль состояния РПВ»

Идентификатор варианта использования:ВИ-5.

**Идентификатор требования к ВИ: OKPSEK-R03-5.**

Краткое описание:

ВИ предназначен для управления (включения/выключения) РПВ, расположенного в модуле реле АУКС-9 (либо модуле реле любого другого типа), контроля состояния реле.

Управление реле в модуле реле АУКС-9 должно осуществляться параллельно сигналами с обоих МК.

Действующие лица:

1. системный таймер – периодический запуск ВИ;
2. ВИ-12 «Управление активностью»;
3. ВИ-3 «Контроль источников питания».

Предусловия:

1. прибор находится в одном из режимов: «РС», «БС»;
2. выдача команды на включение реле и контроль состояния реле должны осуществляться только при норме входного напряжения «24 В».

Постусловия:

1. контакты РПВ находятся в корректном для функционирования ПО состоянии.

Сценарий:

1. в соответствии с запросами от других компонентов ПО должно выдать управляющее воздействия на РПВ;
2. ПО обязано контролировать состояние реле в соответствии с выданными управляющими воздействиями и состоянием контрольных сигналов. Контроль осуществляется:
3. каждый раз при смене управляющего воздействия на реле с «выключение» на «включение»;
4. периодически при выдаче управляющего воздействия «включение».
5. ПО обязано контролировать исправность реле РПВ. Контроль должен быть осуществлен:
6. каждый раз при смене управляющего воздействия на реле;
7. периодически.
8. действия а) – в) данного сценария должны выполняться непрерывно.

Исключения:

1. обнаружено несоответствие состояния реле выданному управляющему воздействию, прибор обязан перейти в «БС»;

Дополнительные сведения:

1. задержка между сменой управляющего воздействия на реле и контролем его состояния должна быть не менее 50 мс;
2. для обратного перехода из БС в РС необходимо периодически проверять устранение неисправности реле путем кратковременной подачи управляющего воздействия и считывания состояния реле. Обязательный период проверки – 5 с.

ВИ «Определение состояния контрольных и рабочих цепей»

Идентификатор варианта использования:ВИ-6.

**Идентификатор требования к ВИ: OKPSEK-R03-6.**

Краткое описание:

Контроль целостности рабочих цепей двигателя в соответствии со значением силы тока как при переводе стрелки, так и в его отсутствии.

Контроль состояния цепей контрольного генератора.

Действующие лица:

1. системный таймер – периодический запуск ВИ;

Предусловия:

1. наличие питания 220 В и 24 В;
2. наличие активного ТЭЗ, формирующего сигнал, при номинальном напряжении постоянного тока от 14,25 до 73,50 В поочередно для каждой фазы в отсутствие перевода стрелки (с номинальным значением тока в рабочих цепях (2,0 ± 0,2) А;
3. выполнено поочередное измерение тока в рабочей цепи электродвигателя по каждому фазному проводу;
4. работающий генератор контрольного напряжения.

Постусловия:

1. выполнение проверки целостности рабочих цепей двигателя;
2. выполнение проверки на КЗ в цепях контрольного генератора;

Сценарий проверки рабочих цепей при отсутствии перевода стрелки:

1. повышение значения уровня формируемого напряжения с шагом 1 – 2 В пока значение тока в нагрузке фазы не достигнет номинального и уровень значения формируемого напряжения будет ниже максимально допустимого и последующее ступенчатое снижение формируемого напряжения с переходом к формированию аналогичного сигнала на других фазах;
2. фиксация значения тока и напряжения перед началом формирования ступенчатого снижения напряжения;
3. поочередное выполнение измерения значений токов и напряжений для нагрузок в двух других фазах и сохранение полученных значений;
4. принятие решения о целостности рабочих цепей двигателя по каждой фазе согласно результатам сравнения сохраненного значения тока в нагрузке фазы со значением, полученным в результате текущей проверки;
5. прекращение проверки и аннулирование результатов измерений текущей проверки при получении приказа на перевод стрелки во время проверки целостности двигателя при условии, что проверяемые цепи находятся в норме;
6. периодическая проверка, в отсутствие проверки целостности рабочих цепей двигателя, того, что напряжение на выходе корректора коэффициента мощности находится в пределах нормы. Для этого на всех трёх фазах одновременно на некоторое время формируются постоянные напряжения, при этом все линейные напряжения фаз равны нулю. МК делает проверку на вхождение этого измеренного напряжения в некоторые пределы.

Исключения:

1. формирование признака обрыва нагрузки при достижении значением формируемого напряжения максимально допустимого уровня и наличии тока в нагрузке фазы ниже номинального;
2. формирование признака КЗ в нагрузке при достижении значением формируемого напряжения минимального уровня от допустимого и наличии тока в нагрузке фазы равного или выше номинального;
3. формирование признака обрыва нагрузки при наличии меньшего значения тока в нагрузке фазы, полученного в результате текущей проверки, на 25 % и более от сохраненного значения тока;
4. выход за пределы нормы напряжения на выходе корректора коэффициента мощности и последующий переход в ЗС;
5. выход за допустимые пределы нормы напряжения на выходе любой из двух фаз при формировании тестового импульса в третьей фазе и последующий переход в ЗС.

Дополнительные сведения:

1. время принятия решения о целостности цепи нагрузки в одной фазе не должно превышать 8 с;
2. соответствие формируемого напряжения по цепи каждой фазы сохраненному уровню напряжения в текущей проверке при принятии решения о целостности рабочей цепи двигателя;
3. отсутствие сравнения значений токов и напряжений между фазами.

Сценарий проверки рабочих цепей при переводе стрелки:

1. проверка выхода датчика тока схемы защиты фаз, если он соответствует КЗ, сформировать признак КЗ фазы (фаз);
2. фиксация значения тока с выходов датчиков тока фаз, если оно меньше некоего порогового значения, сформировать признак обрыва фазы (фаз);
3. фиксация значения тока с выходов датчиков тока фаз, если оно больше некоего порогового значения, сформировать признак перегрузки по току в рабочих цепях двигателя;

Исключения:

1. отсутствуют для данного ВИ.

Дополнительные сведения:

а) отсутствуют для данного ВИ.

**Сценарий проверки цепей контрольного генератора:**

1. проверка выхода датчика КЗ в цепях контрольного генератора (когда генератор включен и формирует напряжение) – установка признака КЗ контрольного генератора в случае соответствующего значения на выходе датчика, отключение контрольного генератора, повторная проверка через определённое время;
2. проверка напряжения обратной связи контрольного генератора на соответствие пороговому значению с учётом допусков – выдача кода аларма «Не норма напряжения контрольного генератора» в УС;
3. действия а) и б) данного сценария должны выполняться непрерывно.

Исключения:

1. обнаружение неисправности датчика КЗ в цепях контрольного генератора (когда генератор контрольного напряжения отключен) – переход в ЗС.

Дополнительные сведения:

1. отсутствуют для данного ВИ.

ВИ «Межприборный обмен»

Идентификатор варианта использования:ВИ-7.

**Идентификатор требования к ВИ: OKPSEK-R03-7.**

Краткое описание:

ВИ должен выполнить обмен диагностической и другой информацией при работе прибора с резервированием в паре «основной-резервный».

Действующие лица:

1. системный таймер – периодический запуск ВИ;
2. смежный прибор.

Предусловия:

1. прибор находится в одном из режимов «БС», «РС».

Постусловия:

1. отсутствуют для данного ВИ.

Сценарий:

1. должны определиться данные для передачи смежному прибору;
2. должен быть сформирован и передан пакет данных смежному прибору, включающий байт состояния прибора и значение контрольной суммы;
3. должны быть приняты и обработаны (в случае успешной синхронизации данных между обеими МК) данные от смежного прибора (формат – аналогичный пункту б) данного сценария);
4. пункты а) – в) данного сценария обязаны выполняться непрерывно циклически.

Исключения:

1. получены некорректные данные (вычисленное значение контрольной суммы не соответствует полученному от смежного прибора) – при повторе этого исключения в течение трех раз подряд перейти в ЗС.

Дополнительные сведения:

1. формирование сигнала передачи должно выполняться синхронно сигналами от обоих МК. Сигнал приема должен считаться параллельно обоими МК и далее используется синхронизированное значение принятого сигнала;
2. межприборный обмен должен выполниться в соответствии с документом «Микропроцессорная централизация стрелок и сигналов для метрополитенов МПЦ-СМ. Протокол обмена диагностической информацией между ОК (в пределах пары «основной резервный») ЕИУС.468333.003.Д.ПОДМОК;
3. отсутствует связь со смежным прибором, т.е. в течение определенного времени от смежного прибора не получен ни один пакет данных;
4. при отсутствии связи со смежным прибором (в пакетах, принимаемых от смежного прибора, установлен признак, что он «меня не слышит», т.е. что он в течение определенного времени не принял ни одного пакета данных).

ВИ «Обмен с управляющей системой»

Идентификатор варианта использования:ВИ-8.

**Идентификатор требования к ВИ: OKPSEK-R03-8.**

Краткое описание:

ВИ выполняет обмен данными между прибором и УС по двум гальванически развязанным линиям связи в соответствии с документом «Микропроцессорная централизация стрелок и сигналов для метрополитенов МПЦ­‑СМ. Описание протокола обмена данными между концентратором связи и объектными контроллерами ЕИУС.468333.003.Д.ОПОД КСв ОК».

Прибор получает телеграммы приказов от УС с определённой периодичностью и формирует телеграммы статусов.

Действующие лица:

1. УС – запуск сценария.

Предусловия:

1. прибор находится в одном из режимов работы: «РС», «БС».

Постусловия:

1. принят приказ от УС, передан статус в УС.

Сценарий:

1. сценарий начинается с приема телеграмм приказа;
2. прибор контролирует корректность принятых телеграмм приказа;
3. прибор формирует телеграммы статуса (полные для активного прибора и короткие для пассивного прибора);
4. прибор передает телеграммы статуса в УС.

Исключения:

1. отсутствуют для данного ВИ.

Дополнительные сведения:

1. обмен с УС регламентирован документом «Микропроцессорная централизация стрелок и сигналов для метрополитенов МПЦ‑СМ. Описание протокола обмена данными между концентратором связи и объектными контроллерами ЕИУС.468333.003.Д.ОПОД КСв ОК».

ВИ «Обработка аналоговых сигналов»

Идентификатор варианта использования:ВИ-9.

**Идентификатор требования к ВИ: OKPSEK-R03-9.**

Краткое описание:

Измерение и обработка аналоговых сигналов:

* опорные напряжения АЦП каналов Master и Slave;
* напряжение питания МК 3,3 В;
* напряжение теста буферного регистра АЦП;
* напряжение сигнала, формируемого контрольным генератором;
* напряжение сигналов с датчиков положения стрелки;
* напряжение сигналов фаз, формируемых трёхфазным генератором;
* фазные токи в рабочих цепях привода стрелки.

Действующие лица:

1. системный таймер – периодический запуск ВИ.

Постусловия:

1. имеются значения аналоговых параметров в В и мА.

Сценарий:

1. считывание данных с АЦП;
2. подсчет средних значений для постоянных сигналов и среднеквадратических для периодических;
3. синхронизация данных по двум МК в случае необходимости.

Исключения:

1. нет готовности АЦП – переход в режим «ЗС»;
2. разность значений параметра в каналах МК Master и МК Slave выходит за допустимые пределы – переход в режим «ЗС».

Дополнительные сведения:

а) отсутствуют для данного ВИ.

ВИ «Чтение входных дискретных сигналов»

Идентификатор варианта использования:ВИ-10.

**Идентификатор требования к ВИ: OKPSEK-R03-10.**

Краткое описание:

ВИ осуществляет:

* чтение входных дискретных сигналов перемычек адреса и конфигурации прибора, контрольной суммы, а также сигналы датчиков 24 В, 220 В, контроля реле РПВ;
* периодический контроль исправности схем чтения перемычек, подавая тестовые воздействия.

Действующие лица:

1. системный таймер – периодический запуск ВИ.

Предусловия:

1. прибор находится в одном из режимов работы: «Инициализация», «РС», «БС».

Постусловия:

1. определено состояние дискретных входов.

Сценарий:

1. должно определиться состояние перемычек на кросс-плате АУКС-К;
2. должно определиться состояние внешних дискретных сигналов с датчиков 24 В, 220 В, контроля реле РПВ;
3. должна выполниться межканальная синхронизация данных, полученных в а) и б) данного сценария;
4. должны определиться установившиеся синхронизированные значения;
5. действия а) – г) данного сценария должны выполняться непрерывно.

Исключения:

1. обнаружен отказ блока чтения перемычек на кросс-плате – прибор должен выполнить переход в ЗС;
2. обнаружен отказ межканальной синхронизации по данным – прибор должен выполнить переход в ЗС.

Дополнительные сведения:

1. при выполнении сценария а) – б) должна производиться антидребезговая обработка считываемых сигналов;
2. при выполнении сценария должен производиться контроль исправности соответствующих аппаратных блоков: при выдаче запрещающих сигналов управления разрешением чтения соответствующие им дискретные сигналы должны читаться как «1», иначе – фиксируется отказ соответствующего аппаратного блока.

ВИ «Запись черного ящика»

Идентификатор варианта использования:ВИ-11.

**Идентификатор требования к ВИ: OKPSEK-R03-11.**

Краткое описание:

Фиксация основных параметров функционирования прибора на момент перехода прибора в ЗС в EEPROM для последующего анализа причин перехода в ЗС.

Действующие лица:

1. режим «ЗС» – запуск ВИ.

Предусловия:

1. выполнена успешная инициализация EEPROM.

Постусловия:

1. завершение операции записи.

Сценарий:

1. запись информации в EEPROM, включающей в себя тип прибора, код ЗС, системное время на момент перехода прибора в ЗС, буфера трассировки интересуемых параметров.

Исключения:

1. обнаружена неисправность EEPROM – переход в режим «ЗС».

Дополнительные сведения:

1. отсутствуют для данного ВИ.

ВИ «Управление активностью»

Идентификатор варианта использования:ВИ-12.

**Идентификатор требования к ВИ: OKPSEK-R03-12.**

Краткое описание:

Прибор может быть активным или пассивным.

Активный прибор должен осуществить формирование выходных сигналов (при наличии соответствующих условий).

Понятие активности важно с точки зрения УС:

* для УС, отличных от «МПЦ-СМ», приборы в паре «основной-резервный» имеют разные адреса, пассивный прибор должен передавать короткий статус, по длине статуса УС отличает активный прибор от пассивного;
* ВИ должен выполнить переход прибора из пассивного в активное состояние и наоборот (в зависимости от сложившихся условий).

Действующие лица:

1. системный таймер – периодический запуск ВИ;
2. УС – задание параметров.

Предусловия:

1. прибор должен находиться в одном из режимов: «РС», «БС».

Постусловия:

1. прибор должен находиться в активном или пассивном состоянии в соответствии со сложившемся набором условий.

Сценарий:

1. должно быть определено состояние напряжений питания 24 В и 220 В;
2. должно быть определено наличие связи с УС (по RS-422);
3. должно быть определено наличие связи со смежным прибором;
4. должно быть определено значение сигналов контроля состояния реле в модуле реле АУКС-9;
5. должно быть определено значение поля «ACT» приказа от УС, по которому может быть осуществлена смена активности;
6. в зависимости от условий а) – д) и данных, полученных от смежного прибора при наличии с ним связи, должно быть определено состояние активности прибора (активный/пассивный) и выполниться его смена (в случае необходимости);
7. при смене активности выполняются соответствующие действия;
8. действия а) – ж) данного сценария выполняются непрерывно циклически.

Исключения:

1. отсутствуют для данного ВИ.

Дополнительные сведения:

1. основной прибор имеет приоритет стать активным по отношению к резервному при прочих равных условиях. Приоритет проявляется в том, что основной прибор должен управлять РПВ, а резервный – нет. Основной прибор может переключить реле на себя (включить, запитать) или переключить на резервный (выключить, отпустить, снять питание) независимо от сигналов и состояния резервного прибора);
2. после сброса основной прибор остается пассивным 3000 мс, а резервный 5000 мс, чтобы при одновременном старте основной первый стал активным;
3. основной прибор, становясь активным, будучи в «РС», обязан выдать команду на включение реле РПВ, т.к. его обмотки распараллелены между двумя приборами, а становясь пассивным – команду на выключение реле;
4. если один прибор в «РС», а другой в «БС», то первый должен стать активным;
5. при переходе из активного в пассивное состояние прибор должен остаться в нем на время = 100 мс независимо от состояния в это время другого прибора;
6. вводится понятие «активная команда» (АК) – дополнительные условия, при наличии которых активный прибор не должен передать активность соседу (остается активным), даже если основные условия для передачи активности наступили. В ОКПС-Е-К АК является перевод стрелки, а в случае передачи активности смежному прибору, при наличии приказа на смену активности от УС, активность может быть изменена только при наличии в поле SW приказа значения «0» (т.е. пустого приказа):
7. прибор, находясь в БС:
8. при попытке стать активным прибор не должен учитывать состояние РПВ («на мне»/ «не на мне») во всех случаях, кроме случая, когда у него нет связи с соседом (нет пакетов от соседа), т.е. в данных случаях он становится безусловно активным;
9. при попытке стать активным прибор обязан учитывать состояние РПВ («на мне»/ «не на мне») в случае, когда у него нет связи с соседом (нет пакетов от соседа) и есть связь с УС: он должен стать активным, если РПВ «на нем»;
10. будучи активным при наличии связи с УС и отсутствии связи с соседом, должен стать пассивным, если РПВ «не на нем».

ВИ «Переход в ЗС»

Идентификатор варианта использования:ВИ-13.

**Идентификатор требования к ВИ: OKPSEK-R03-13.**

Краткое описание:

Прибор должен перейти в режим «ЗС» с записью кода ЗС в память EEPROM.

Действующие лица:

1. ВИ-16 «Самодиагностика»;
2. режим «Инициализация».

Предусловия:

1. прибор находится в одном из режимов работы, кроме режима «ЗС»;
2. обнаружены условия для перехода в режим «ЗС».

Постусловия:

1. прибор находится в режиме «ЗС»;
2. четыре копии кода отказа записаны в EEPROM.

Сценарий:

1. запись в ЭНП кода ЗС и соответствующих ему параметров («ЧЯ»);
2. отключение всех выходных сигналов, выключение всей периферии МК, запрет всех прерываний, настройка всех выводов МК на ввод;
3. запускается на выполнение ВИ-1 «Бесконечный цикл ожидания».

Исключения:

1. в режиме «Начальная инициализация» обнаруживается наличие в ЭНП записи с кодом ЗС. ПО должно перейти в «пустой» бесконечный цикл.

Дополнительные сведения:

1. при выполнении ВИ-18 «Снятие защитного состояния» (см. 3.1.2.18) четвертая копия кода отказа не сбрасывается, так как предназначена для «ЧЯ».

ВИ «Определение адреса и конфигурации прибора»

Идентификатор варианта использования:ВИ-14.

**Идентификатор требования к ВИ: OKPSEK-R03-14.**

Краткое описание:

Определение адреса прибора для его работы с УС, определение типа схемы контроля положения стрелки и типа электродвигателя.

Действующие лица:

1. системный таймер – периодический запуск ВИ;
2. ВИ-10 «Чтение входных дискретных сигналов».

Предусловия:

1. прибор работает в любом режиме кроме ЗС.

Постусловия:

1. определение адреса прибора для обмена с УС;
2. определение типа схемы контроля положения стрелки;
3. определение типа электродвигателя.

Сценарий:

1. первичная проверка, при этом в режиме «Инициализация» на основании данных, полученных от ВИ, определяются 16-битный адрес прибора, тип схемы контроля положения стрелки, тип электродвигателя стрелочного привода, которым управляет прибор
2. периодическая проверка. В режимах «РС», «БС» с периодичностью 5 с производится проверка на совпадение данных, полученных при первичной проверке с новыми.

Исключения:

1. несовпадение полученных данных с контрольной суммой при первичной проверке – переход в ЗС;
2. несовпадение полученных данных при периодической проверке, с данными, полученными при первичной проверке – переход в ЗС.

Дополнительные сведения:

1. отсутствуют для данного ВИ.

ВИ «Инициализация периферии и программных компонентов»

**Идентификатор варианта использования:** ВИ-15.

Идентификатор требования к ВИ: OKPSEK-R03-15.

Краткое описание:

ВИ выполняет первоначальную инициализацию МК и всех компонентов ПО.

Действующие лица:

1. режим «Начальная инициализация» – запуск ВИ.

Предусловия:

1. прибор в режимах «Начальная инициализация», «Инициализация».

Постусловия:

1. МК должен быть настроен, сконфигурирован и готов к штатной работе в «РС» или в «БС».

Сценарий:

1. настройка внутренней тактовой частоты МК;
2. настройка выводов МК (установка режима работы вывода, выдача начальных значений на выводы, настроенные как цифровой выход);
3. настройка модулей UART1, UART2;
4. настройка модуля CAN1;
5. настройка модуля SPI;
6. настройка модуля АЦП1;
7. настройка модуля I2C;
8. настройка модуля OC1.
9. настройка таймеров;
10. настройка прерываний;
11. инициализация переменных;
12. определение типа МК (Master или Slave);
13. инициализация внешней памяти EEPROM;
14. инициализация планировщика задач;
15. инициализация всех программных компонентов и модулей.

Исключения:

1. отсутствуют для данного ВИ.

Дополнительные сведения:

1. отсутствуют для данного ВИ.

ВИ «Самодиагностика»

Идентификатор варианта использования:ВИ-16.

**Идентификатор требования к ВИ: OKPSEK-R03-16.**

Краткое описание:

Средствами самодиагностики выполняется проверка на наличие внутренних аппаратных и программных отказов прибора.

Действующие лица:

1. системный таймер – периодический запуск набора функций тестирования и контроля.

Предусловия:

1. прибор находится в одном из режимов работы, кроме ЗС.

Постусловия:

1. проверены работоспособность прибора и корректность внешних условий. При некорректности внешних условий прибор находится в БС, при обнаружении неисправности прибора – в ЗС.

Сценарий:

ПО должно выполнять следующие действия:

1. контроль межканальной синхронизации по времени;
2. контроль межканальной синхронизации по данным;
3. контроль напряжения питания «3,3 В»;
4. контроль опорного напряжения для АЦП соседнего канала;
5. тестирование датчиков напряжения выходных фаз;
6. контроль блока чтения внешних дискретных сигналов;
7. контроль исправности выходного каскада рабочей цепи по результатам измерения параметров формируемого сигнала;
8. контроль изменения состояния перемычек на кросс-плате;
9. контроль безопасного источника питания (13 В для силовых драйверов ШИМ рабочих цепей и корректора коэффициента мощности);
10. контроль внутреннего состояния МК:
11. контроль АЦП;
12. контроль памяти программ (ПЗУ);
13. контроль оперативной памяти данных (ОЗУ);
14. контроль энергонезависимой памяти данных (ЭНП);
15. контроль регистров МК;
16. контроль числа сбросов, вызванных срабатыванием сторожевого таймера или ПО, в течение определенного промежутка времени;
17. контроль срабатывания неиспользуемых прерываний;
18. контроль «зависания» программы (превышение функциями времени, выделенного на выполнение);
19. контроль количества вызванных функций в обоих МК по синхронизированному значению.
20. действия а) – с) данного сценария должны выполняться непрерывно во всех режимах кроме ЗС с периодом 1 мс.

Исключения:

1. обнаружение любого из ЗОт прибор должен перейти в ЗС – сценарий завершен.

Дополнительные сведения:

1. отсутствуют для данного ВИ.

ВИ «Межканальная синхронизация по данным»

Идентификатор варианта использования:ВИ-17.

**Идентификатор требования к ВИ: OKPSEK-R03-17.**

Краткое описание:

ВИ должен выполнить обмен и синхронизацию данных между МК Master и МК Slave.

Действующие лица:

1. любой ВИ.

Предусловия:

1. произведена настройка параметров синхронизации (сценарии синхронизации и перекрестного контроля, тайм-ауты);
2. прибор находится в любом режиме, кроме режима «ЗС».

Постусловия:

1. данные, предназначенные для синхронизации, успешно синхронизированы;
2. проведен перекрестный контроль данных.

Сценарий:

1. выполняется настройка параметров синхронизации (переменная, сценарий синхронизации, тайм-ауты);
2. запускается процесс синхронизации;
3. выполняется обмен данными между МК;
4. выполняется сценарий синхронизации;
5. проводится перекрестный контроль данных;
6. устанавливаются признаки завершения и успешности синхронизации: данные синхронизированы и готовы для дальнейшего использования.

Исключения:

1. обнаружены аппаратные отказы интерфейса обмена данными – устройство переходит в ЗС;
2. один из каналов не запустил процесс синхронизации – устройство переходит в ЗС;
3. при перекрестном контроле обнаружено недопустимое различие  
   данных – устройство переходит в ЗС.

Дополнительные сведения:

1. обмен данными между каналами осуществляется по интерфейсу CAN;
2. под сценарием синхронизации понимается метод синхронизации данных, полученных в процессе обмена (например, 1 – данные должны совпадать, 2 – вычисляется среднее значение и т.д.);
3. под сценарием перекрестного контроля понимается метод сравнения данных, полученных в процессе обмена (например, 1 – данные должны совпадать, 2 – данные должны входить в определенный диапазон и т.д.).

ВИ «Снятие защитного состояния»

Идентификатор варианта использования:ВИ-18.

**Идентификатор требования к ВИ: OKPSEK-R03-18.**

Краткое описание:

ВИ выполняет снятие ЗС прибора путем стирания из ЭНП записи с кодом ЗС.

Действующие лица:

1. оператор – запуск сценария.

Предусловия:

1. ПО находится в режиме «ЗС», в который прибор вошёл из состояния «Начальная инициализация»;
2. на разъёме программирования установлены перемычки снятия ЗС и в ПО это определяется как соответствующая комбинация сигналов на входах МК чтения перемычек снятия ЗС.

Постусловия:

1. состояние ЗС должно быть снято.

Сценарий:

1. должна быть выполнена проверка на наличие в ЭНП записи с кодом ЗС;
2. запись с кодом ЗС должна быть стерта;
3. для того чтобы оператор увидел завершение процесса стирания кода ЗС, должно выполниться трёхкратное мигание светодиодов RS1, RS2 в соответствии с таблицей , описанной в ВИ-2 «Индикация»;
4. ПО должно перейти в «пустой» бесконечный цикл.

Исключения:

1. обнаружен отказ ЭНП – прибор должен перейти в ЗС.

Дополнительные сведения:

1. Код ЗС хранится в четырех ячейках EEPROM. Четвертая ячейка предназначена для ЧЯ и при снятии ЗС кодом отсутствия ЗС не перезаписывается.

ВИ «Чтение ЧЯ»

Идентификатор варианта использования:ВИ-19.

**Идентификатор требования к ВИ: OKPSEK-R03-19.**

Краткое описание:

Чтение кодов ЗС и «ЧЯ» из EEPROM и передача информации в ВУ.

Действующие лица:

1. оператор, управляющий внешним ПО для чтения информации из «ЧЯ».

Предусловия:

1. прибор находится в режиме «Начальная инициализация.

Постусловия:

1. в ВУ передана информация «ЧЯ»;

Сценарий:

1. по сбросу МК проводится чтение информации из EEPROM и передача ее в ВУ.

Исключения:

1. отсутствуют для данного ВИ.

Дополнительные сведения:

1. выдача информации выполняется по интерфейсу CAN.

ВИ «Управление питанием силовых драйверов»

Идентификатор варианта использования:ВИ-20.

**Идентификатор требования к ВИ: OKPSEK-R03-20.**

Краткое описание:

Безопасное формирование и контроль напряжения 13 В силовых драйверов и 13 В питания драйвера корректора коэффициента мощности, контроль исправности транзисторных ключей формирователя питающих напряжений.

Действующие лица:

1. системный таймер – периодический запуск ВИ.

Предусловия:

1. прибор находится в одном из режимов: «БС», «РС».

Постусловия:

1. выполняется формирование 13 В для питания силовых драйверов ШИМ рабочих цепей и для корректора коэффициента мощности;
2. выполняется контроль сформированных напряжений.

Сценарий:

1. используя модуль OC1, формируется комплементарно сигнал с двух МК со скважностью 50 %;
2. с определённой периодичностью производится контроль формируемого сигнала (наличие «1» при чтении ножки контроля сигнала порта ввода-вывода МК во время теста схемы и наличие «0» на той же ножке при чтении при формировании сигнала).

Исключения:

1. ошибка контроля формируемого сигнала – прибор переходит в ЗС;

**Дополнительные сведения:**

1. отсутствуют для данного ВИ.

ВИ «Перевод стрелки»

Идентификатор варианта использования:ВИ-21.

**Идентификатор требования к ВИ: OKPSEK-R03-21.**

Краткое описание:

Выполнение перевода стрелки при получении приказа.

Действующие лица:

1. УС – задание параметров;
2. системный таймер – периодический запуск ВИ;
3. стрелочный привод – объект управления.

Предусловия:

1. получение приказа на перевод стрелки;
2. выполнение проверки соответствия текущего признака положения стрелки требуемому в приказе.

Постусловия:

1. перевод стрелки считается завершенным.

Сценарий:

1. обеспечение номинального тока в каждой фазе электродвигателя, путем формирования трехфазного напряжения на фазах в цепи Л1-Л3, при несоответствии требуемому признаку положения стрелки;
2. прекращение формирования напряжения на фазах А, В и C при наличии признака контроля положения стрелки, соответствующего требуемому, перевод стрелки считается завершенным;
3. плавный пуск двигателя в течение нескольких периодов формируемого синусоидального сигнала с использованием амплитудно-частотного управления;
4. прекращение формирования напряжения на фазах в цепи Л1-Л3 при незавершенном переводе стрелки в течение заданного времени (но не более 15 с), процесс перевода стрелки считается завершенным;
5. прекращение формирования напряжения на фазах в цепи Л1-Л3 при наличии внешней команды «Стоп двигателя» в приказе от УС;
6. прекращение формирования напряжения на фазах в цепи Л1-Л3 при наличии обрыва или КЗ в рабочих цепях;
7. доведение стрелочного перевода до завершения при переходе прибора в БС по причине отсутствия связи с УС;
8. реализация двукратного (повторного) перевода стрелки с возможностью начала второго перевода со стартового для первого перевода положения стрелки.
9. прекращение формирования напряжения на фазах в цепях Л1-Л3 при уменьшении напряжений питания 24 В или 220 В ниже пороговых значений;
10. прекращение формирования напряжения на фазах в цепях Л1-Л3 при превышении тока хотя бы одной фаз значения 4 А в течение не менее 1 с.

Исключения:

Отсутствуют для данного ВИ.

Дополнительные сведения:

Отсутствуют.

ВИ «Начальная синхронизация по времени»

**Идентификатор варианта использования:** ВИ–22.

**Идентификатор требования к ВИ: OKPSEK-R03-22.**

Краткое описание:

Первичная межканальная временная синхронизация.

Действующие лица:

1. режим «Начальная инициализация» – запуск ВИ.

Предусловие:

1. сброс прибора.

Постусловия:

1. каналы синхронизированы по времени с точностью до 1 мкс.

Сценарий:

1. инициализировать дискретные входы-выходы линий синхронизации;
2. формирование импульсов на дискретном выходе;
3. синхронизация по фронтам принимаемого импульса.

Исключения:

1. уровень сигнала (0 или 1) не соответствует ожидаемому – переход в режим «ЗС».

ВИ «Межканальная синхронизация по времени»

**Идентификатор варианта использования:** ВИ–23.

Идентификатор требования к ВИ: OKPSEK-R03-23.

Краткое описание:

ВИ должен выполнить синхронизацию работы МК Master и МК Slave по времени.

Действующие лица:

1. системный таймер – периодический запуск ВИ;
2. сигналы синхронизации по изменению уровня.

Предусловия:

1. прибор находится в одном из режимов работы: «Инициализация», «РС», «БС».

Постусловия:

1. МК Master и МК Slave обязаны работать синхронно по времени.

Сценарий:

1. необходимо контролировать время выполнения основного цикла программы, которое должно составлять 1 мс (16 прерываний таймера МК), т.е.  
   МК Master и МК Slave входят в основной цикл и выходят из него синхронно. Если ПО закончило выполнять действия в основном цикле быстрее, чем 1 мс, то дальнейшая работа должна выполняться до истечения 1 мс;

ВИ «Формирование контрольного напряжения»

**Идентификатор варианта использования:** ВИ-24.

Идентификатор требования к ВИ: OKPSEK-R03-24.

Краткое описание:

Формирование генератором контрольного синусоидального напряжения, поступающего на входы датчиков положения стрелки, и регулировка его уровня по приказу от УС.

Действующие лица:

1. УС – задание параметров;
2. системный таймер – периодический запуск ВИ.

Предусловия:

1. наличие напряжения 24 В в пределах нормы;
2. прибор находится в «РС» или «БС».

Постусловия:

1. формируется синусоидальное напряжение частотой 62,5 Гц с действующим значением от 21 до 29 В в зависимости от значения уровня этого напряжения, передаваемого в приказе от УС.

Сценарий:

1. включается генератор напряжения при наличии 24 В и формирует напряжение «по умолчанию», составляющее 28 В;
2. при поступлении приказа от УС, содержащего в поле LEV значение для формирования прибором напряжения от 21 до 29 В, сформировать соответствующее напряжение;
3. выключить генератор в случае не нормы напряжения питания 24 В либо КЗ в соответствии с ВИ-6 «Определение состояния контрольных и рабочих цепей» (см. 3.1.2.6);
4. включить генератор в случае нормы напряжения питания 24 В и отсутствия КЗ.
5. в случае КЗ повторно включать генератор с периодичностью 8 с и проверять состояние датчика КЗ.

Исключения:

1. превышение напряжения контрольного генератора значения 35 В. Переход в ЗС.

Дополнительные сведения:

1. отсутствуют для данного ВИ.

ВИ «Диспетчер режимов»

**Идентификатор варианта использования:** ВИ-25.

Идентификатор требования к ВИ: OKPSEK-R03-25.

Краткое описание:

ВИ должен перевести прибор из одного режима в другой в зависимости от сложившихся условий.

Действующие лица:

1. ВИ-3 «Контроль источников питания»;
2. ВИ-16 «Самодиагностика»;
3. ВИ-5 «Управление и контроль состояния РПВ».

Предусловия:

1. прибор находится в одном из режимов работы: «Инициализация», «РС», «БС».

Постусловия:

1. прибор должен перевестись из одного режима в другой.

Сценарий:

1. анализ условий и переход, в случае необходимости, из одного режима работы прибора в другой, выполнение действий, связанных с переходом;
2. запуск ВИ, которые выполняются в данном режиме непрерывно (циклически);
3. анализ условий и запуск/завершение выполнения ВИ по событиям;
4. сбор данных от одних ВИ и передача их другим;
5. действия а) – г) данного сценария должны выполнятся непрерывно.

Исключения:

1. отсутствуют для данного ВИ.

Дополнительные сведения:

1. после сброса МК и выполнения всех функций ВИ-15 «Инициализация периферии и программных компонентов» в режимах «Начальная инициализация» и «Инициализация» должен выполниться переход в режим «БС».
   1. Требования к безопасности
      1. Концепция безопасности

Концепция обеспечения безопасности ОКПС-Е-К основана на следующих положениях:

– одиночные отказы аппаратных средств или одиночные сбои программного обеспечения не должны приводить к опасным отказам;

– одиночные отказы аппаратных средств, накопление которых может привести к опасным отказам, должны обнаруживаться на тестовых воздействиях;

– сочетание одиночных отказов аппаратных средств или сбоев программного обеспечения не должно приводить к возникновению опасных отказов с интенсивностью, превышающей норму интенсивности опасных отказов;

– если для одиночного отказа не существует другого отказа, который совместно с первым приводит к опасному отказу, то такие одиночные отказы могут накапливаться без снижения степени безопасности, т. е. без нарушения концепции безопасности.

При обнаружении одиночного отказа, который может привести к опасному отказу, прибор должен переводиться в необратимое защитное состояние. В защитном состоянии должно исключаться формирование сигналов на выходе прибора, и прекращаться обмен данными по интерфейсу RS-422. В этом состоянии ОКПС-Е-К может находиться сколь угодно долго и, ни при каких воздействиях, не может выйти из него самостоятельно. Перевод ОКПС-Е-К из защитного состояния в работоспособное состояние возможен только в условиях завода-изготовителя или сервисного центра, и выполняется только с участием человека.

Для достижения требуемых норм по безопасности прибор реализуется как программируемая электронная система с двумя каналами (программируемые электронные устройства Master и Slave). Синхронно производится параллельная обработка информации и непрерывное сравнение результатов между каналами. Перевод ОКСП-Е-К в защитное состояние должен быть возможен от одного канала.

* + 1. Критерии опасного отказа

Критериями опасного отказа согласно документу «Микропроцессорная централизации стрелок и сигналов для метрополитенов МПЦ-СМ. Техническое задание» следует считать:

* формирование в рабочих цепях управления стрелочным электродвигателем 3-х фазного синусоидального напряжения в отсутствие соответствующего приказа от ЦВМ-М;
* формирование для ЦВМ-М корректных статусов о наличии плюсового или минусового положения стрелки, которое не соответствует входным сигналам контроля положения стрелки;
* формирование для ЦВМ-М корректных статусов с адресом, который не соответствует установленному.
  + 1. Функции безопасности

Идентификатор требования – OKPSEK-R04.

В ПО ОКПС-Е-К должны быть реализованы следующие функции безопасности **(**требование OKPSEK-R04):

1. обмен по двум линиям RS-422 в соответствии с документом «Микропроцессорная централизация стрелок и сигналов для метрополитенов МПЦ­‑СМ. Описание протокола обмена данными между концентратором связи и объектными контроллерами ЕИУС.468333.003.Д.ОПОД КСв ОК»;
2. межканальная (Master-Slave) синхронизация работы программ по времени (параллельное синхронное считывание входных данных/сигналов, безопасное управление выходными сигналами источника питания силовых драйверов и драйвера корректора коэффициента мощности, сигналы передачи межприборного обмена);
3. межканальная (Master-Slave) синхронизация работы программ по данным (взаимный обмен МК считанными входными данными и результатами их обработки по определенным сценариям/алгоритмам с последующим их сравнением с целью выявления рассогласований);
4. контроль наличия связи с УС по RS-422;
5. контроль входных напряжений питания «24 В» и «220 В»;
6. контроль состояния реле в модуле реле АУКС-9;
7. контроль датчиков тока в рабочих цепях, датчиков напряжений в рабочих и контрольных цепях;
8. безопасное считывание данных, задаваемых перемычками на кросс-плате, и контроль их целостности с помощью циклического избыточного кода CRC8;
9. безопасное считывание внешних дискретных сигналов;
10. контроль корректора коэффициента мощности;
11. контроль напряжения питания МК, опорного напряжения АЦП, а также буферных регистров АЦП.
12. самодиагностика состояния аппаратных средств и проверка корректности работы ПО;
13. переход в «БС» при обнаружении внешних негативных условий, при которых невозможно гарантировать безопасную работу устройства;
14. переход в ЗС при обнаружении внутренних аппаратных или программных отказов, при которых невозможно гарантировать безопасную работу устройства;
15. для перевода прибора в ЗС должно быть достаточно управления от одного МК;
16. прибор должен иметь возможность находиться в ЗС как угодно долго и ни при каких обстоятельствах не должен выходить из него самостоятельно;
17. выход прибора из ЗС должен быть возможен только при вмешательстве обслуживающего персонала и при выполнении им специальных технологических операций.
    * 1. Обработка ошибок

При обработке ошибок целесообразно проверять допустимость промежуточных результатов (значений управляющих переменных, значений индексов, типов данных, значений числовых аргументов и т. д.).

Причинами неверного определения исходных данных могут являться, как внутренние ошибки – ошибки устройств ввода-вывода, так и сбои в их работе, обусловленные помехами, влияющими на работу устройств или подводящих коммуникаций. При обнаружении сбоя следует работать по предыдущим данным. Повторяющиеся сбои устройств должны квалифицироваться как ошибка устройств. Повторяющиеся сбои подводящих коммуникаций не должны квалифицироваться как отказы прибора.

Проверки промежуточных результатов позволяют снизить вероятность позднего проявления не только ошибок неверного определения данных, но и некоторых ошибок кодирования и проектирования. Для того чтобы такая проверка была возможной, необходимо, чтобы в программе использовались переменные, для которых существуют ограничения любого происхождения, например, связанные с сущностью моделируемых процессов. Некорректный промежуточный результат должен считаться ошибкой ПО.

Однако следует также иметь в виду, что любые дополнительные операции в программе требуют использования дополнительных ресурсов (времени, памяти и т. п.) и могут также содержать ошибки. Поэтому имеет смысл проверять не все промежуточные результаты, а только те, проверка которых целесообразна, т. е. возможно позволит обнаружить ошибку.

При обнаружении ошибок прибора или ПО следует перейти в ЗС, т.е:

* прекратить выполнение работы;
* записать лог ошибки в «чёрный ящик»;
* выполнять ВИ-1 «Бесконечный цикл ожидания».
  1. Требования к интерфейсам

**Идентификатор требований – OKPSEK-R05.**

* + 1. Требования к пользовательскому интерфейсу

Идентификатор требования – OKPSEK-R05-1.

Пользовательский интерфейс предназначен для:

* индикации состояния прибора;
* установки/удаления перемычки (перемычек) снятия ЗС.

Пользовательский интерфейс реализован с помощью следующих элементов:

* индикатор «ПОЛОЖЕНИЕ+» зелёного цвета;
* индикатор «ПОЛОЖЕНИЕ-» зелёного цвета;
* индикатор «ПОТЕРЯ КОНТРОЛЯ» зеленого цвета;
* индикатор «ОТКАЗ» красного цвета;
* индикатор «RS1» желтого цвета;
* индикатор «RS2» желтого цвета;
* разъем для установки/удаления перемычки снятия ЗС (один для каждого МК).

Требования к индикации изложены в ВИ-2 «Индикация» (см. 3.1.2.2).

Процедура снятия ЗС описана в ВИ «Снятие ЗС» (см. 3.1.2.18).

* + 1. Требования к коммуникационным интерфейсам

**Идентификатор требования – OKPSEK-R05-2**.

ПО ОКПС-Е-К должно взаимодействовать с УС в соответствии с документом «Микропроцессорная централизация стрелок и сигналов для метрополитенов МПЦ‑СМ. Описание протокола обмена данными между концентратором связи и объектными контроллерами ЕИУС.468333.003.Д.ОПОД КСв ОК».

При работе прибора в режиме с резервированием ПО должно взаимодействовать со смежным прибором в соответствии с документом «Микропроцессорная централизация стрелок и сигналов для метрополитенов МПЦ-СМ. Протокол обмена диагностической информацией между ОК (в пределах пары «основной резервный») ЕИУС.468333.003.Д.ПОДМОК».

Для отладки ПО и вывода отладочной информации использовать интерфейс SPI.

* + 1. Требования к аппаратным интерфейсам

**Идентификатор требования – OKPSEK-R05-3.**

ПО ОКПС-Е-К должно взаимодействовать с аппаратным обеспечением посредством входных и выходных сигналов, поступающих на выводы МК Перечень сигналов и их краткое описание приведены в таблице .

Таблица 4 – Краткое описание сигналов, обеспечивающих интерфейс между аппаратным обеспечением и ПО ОКПС-Е-К

| Номер вывода МК | Название (обозначение) сигнала по Э3 1) | Порт МК | Используемая альтернативная функция порта | Режим работы вывода МК 2) | Описание сигнала |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | KZ | RG15 / AN23 |  | Вх. | Вход сигнала КЗ в цепях управления двигателем |
|  | *M:* 3V3-M | – |  |  | Vdd – питание МК-Master |
| *S:* 3V3-S | – |  |  | Vdd – питание МК-Slave |
|  | *M:* PWM-V | RA7 | PWM4 | Вых. | Выход ШИМ фазы V сигнала управления двигателем |
| *S:* – |  | Вх. |  |
|  | *M:* GND | RB14 |  |  | Vss – «Земля», минус питания МК |
| *S:* GEN1 | PWM1 | Вых. | Выход ШИМ полумоста 1 генератора сигнала контроля стрелки |
|  | *M:* GND | RB15 |  | Вых. |  |
| *S:* GEN2 | PWM1 | Вых. | Выход ШИМ полумоста 2 генератора сигнала контроля стрелки |
|  | *M:* PWM-W | RD1 | PWM5 | Вых. | Выход ШИМ фазы W сигнала управления двигателем |
| *S:* GND |  |  | Vss – «Земля», минус питания МК |
|  | GND | RD2 |  | Вых. |
|  | *M:* PWM-U | RD3 | PWM6 | Вых. | Выход ШИМ фазы U сигнала управления двигателем |
| *S:* GND |  |  | Vss – «Земля», минус питания МК |
|  | GND | RD4 |  |  |
|  | *M:* INI-M | RG6 / AN19 |  | Вх. | Вход определения типа МК (Master – логическая «1») |
| *S:* INI-S | Вход определения типа МК (Slave – логический «0») |
|  | *M:* I-W-M | RG7 | AN18 | Ан. вх. | Ток фазы W |
| *S:* I-W-S |
|  | *M:* I-U-M | RG8 | AN17 | Ан. вх. | Ток фазы U |
| *S:* I-U-S |
|  | *M:* RES-M |  |  |  | Сброс МК |
| *S:* RES-S |
|  | *M:* I-V-M | RG9 | AN16 | Ан. вх. | Ток фазы V |
| *S:* I-V-S |
|  | *M:* GND |  |  |  | Vss – «Земля», минус питания МК |
| *S:* GND |
|  | *M:* 3V3-M |  |  |  | Vdd – плюс питания МК-Master |
| *S:* 3V3-S |  |  |  | Vdd – плюс питания МК-Slave |
|  | *M:* – | RG10 |  |  | Резерв (не используется) |
| *S:* – |  |  | Резерв (не используется) |
|  | *M:* U-W-M | RE8 | AN21 | Ан. вх. | Напряжение выходного сигнала управления двигателем фазы W (обратная связь) |
| *S:* U-W-S |
|  | *M:* U-U-M | RE9 | AN20 | Ан. вх. | Напряжение выходного сигнала управления двигателем фазы U (обратная связь) |
| *S:* U-U-S |
|  | *M:* U-V-M | RA12 | AN10 | Ан. вх. | Напряжение выходного сигнала управления двигателем фазы V (обратная связь) |
| *S:* U-V-S |
|  | *M:* G-M | RA11 | AN9 | Ан. вх. | Напряжение генератора сигнала контроля (обратная связь) |
| *S:* G-S |
|  | *M:* R1-M | RA0 | AN0 | Ан.вх | Напряжение на выходе датчика контроля положения стрелки 1 |
| *S:* R1-S |
|  | *M:* R2-M | RA1 | AN1 | Ан.вх | Напряжение на выходе датчика контроля положения стрелки 2 |
| *S:* R2-S |
|  | *M:* PGD-M | RB0 | Вых. | Вх. | Сигнал программирования (data) / Выход отладочной информации 1 |
| *S:* PGD-S |
|  | *M:* PGC-M | RB1 | Вых. | Вх. | Сигнал программирования (clock) / Выход отладочной информации 2 |
| *S:* PGC-S |
|  | *M:* K3V3-M | RB2 | AN4 | Ан. вх. | Контроль напряжения питания 3,3 В |
| *S:* K3V3-S |
|  | *M:* VREF-M | RB3 |  |  | Напряжение источника опорного напряжения АЦП |
| *S:* VREF-S |
|  | *M:* 3V3-M | RF9 |  |  | Vdd – плюс питания МК |
| *S:* 3V3-S |
|  | *M:* VREF-M | RF10 |  |  | Напряжение источника опорного напряжения АЦП |
| *S:* VREF-S |
|  | *M:* 3V3-M |  |  | | Vdd – Плюс питания МК-Master |
| *S:* 3V3-S |  |
|  | GND |  |  |  | Vss – «Земля», минус питания МК |
|  | *M:* KREF-S | RC0 | AN6 | Ан.вх | Контроль напряжения питания источника опорного напряжения АЦП |
| *S:* KREF-M |
|  | *M:* 3V3-M | RC1 |  | Вх. | Vdd – плюс питания МК |
| *S:* 3V3-S |
|  | *M:* GND | RC2 |  | Вых. | Vss – «Земля», минус питания МК |
| *S:* GND |
|  | *M:* – | RC11 |  |  | Резерв (не используется) |
| *S:* – | Резерв (не используется) |
|  | *M:* GND |  |  |  | Vss – «Земля», минус питания МК |
| *S:* GND |
|  | *M:* 3V3-M |  |  | | Vdd – плюс питания МК-Master |
| *S:* 3V3-S |
|  | *M:* – | RG11 |  |  | Резерв (не используется) |
| *S:* – |  |  | Резерв (не используется) |
|  | *M:* – | RF13 |  |  | Резерв (не используется) |
| *S:* – | Резерв (не используется) |
|  | *M:* – | RF12 |  |  | Резерв (не используется) |
| *S:* KZGEN / AN37 | Вх. | Вход КЗ генератора контрольного напряжения |
|  | KPS1 / AN12 | RE12 |  | Вх. | Контроль работы блока безопасного питания драйверов силовой части |
|  | *M:* - | RE13 |  | Вых. | Резерв (не используется) |
| *S:* - | Резерв (не используется) |
|  | *M:* SYN2S / AN14 | RE14 |  | Вх. | Вход синхронизации Master и Slave по времени |
| *S:* SYN2M / AN14 |  | Вых. | Выход синхронизации Master и Slave по времени |
|  | *M:* SYN2M / AN15 | RE15 |  | Вх. | Вход синхронизации Master и Slave по времени |
| *S:* SYN2S / AN15 |  | Вых. | Выход синхронизации Master и Slave по времени |
|  | GND |  |  |  | Vss – «Земля», минус питания МК |
|  | *M:* 3V3-M |  |  |  | Vdd – плюс питания МК-Master |
| *S:* 3V3-S |  |  |  |
|  | *M:* SYN1S / AN38 | RD14 |  | Вх. | Вход ACK межпроцессорной синхронизации по данным |
| *S:* SYN1M / AN38 |  | Вых. | Выход ACK межпроцессорной синхронизации по данным |
|  | *M:* SYN2M / AN39 | RD15 |  | Вх. | Вход ACK межпроцессорной синхронизации по данным (резервный) |
| *S:* SYN2S / AN39 |  | Вых. | Выход ACK межпроцессорной синхронизации по данным (резервный) |
|  | KPOW24 | RA8 |  | Вх. | Контроль напряжения питания 24 В |
|  | TX2 | RB4 | UART | Вых. | Выход передатчика RS-422 (порт 2) |
|  | DE2 / AN24 | RA4 |  | Вых. | Разрешение передачи RS-422 (порт 2) |
|  | DE1 / AN40 | RE0 |  | Вых | Разрешение передачи RS-422 (порт 1) |
|  | TX1 / AN41 | RE1 | UART | Вых. | Выход передатчика RS-422 (порт 1) |
|  | RX2 / AN28 | RA9 | UART | Вх. | Вход приёмника RS-422 (порт 2) |
|  | RX1 / AN29 | RC3 | UART | Вх. | Вход приёмника RS-422 (порт 1) |
|  | *M:* SDA-M / AN30 | RC4 | I2C | Вых. | Выход данных интерфейса I2C (работа с внешней EEPROM) |
| *S:* SDA-S / AN30 |
|  | *M:* SCL-M / AN31 | RC5 | Вых. | Выход тактирования интерфейса I2C (работа с внешней EEPROM) |
| *S:* SCL-S / AN31 |
|  | *M:* A2-M / AN42 | RG2 |  |  | Выход управления питанием тетрады 2 адреса, конфигурации и контрольной суммы |
| *S:* AR-S / AN42 |  | Выход управления питанием контактов контрольной группы реле РПВ |
|  | *M:* – | RG3 |  |  | Резерв (не используется) |
| *S:* A3-S / AN43 |  |  | Выход управления питанием тетрады 3 адреса, конфигурации и контрольной суммы |
|  | *M:* – | RF4 |  |  | Резерв (не используется) |
|  |  |  | Резерв (не используется) |
|  | *M:* – | RF5 |  |  | Резерв (не используется) |
| *S:* – |  | Резерв (не используется) |
|  | *M:* 3V3-M |  |  |  | Vdd – плюс питания МК Master |
| *S:* 3V3-S |  |
|  | *M:* OSC1-M | RC12 |  |  | Вход тактового генератора |
| *S:* OSC1-S |  |
|  | *M:* – |  |  |  | Резерв (не используется) |
| *S:* – |  | Резерв (не используется) |
|  | *M:* GND |  |  |  | Vss – «Земля», минус питания МК |
| *S:* GND |  |  |
|  | *M:* A1-M / AN46 | RA14 |  | Вых. | Выход управления питанием тетрады 1 адреса, конфигурации и контрольной суммы |
| *S:* A4-S / AN46 |  | Выход управления питанием тетрады 4 адреса, конфигурации и контрольной суммы |
|  | *M:* A0-M / AN47 | RA15 |  | Вых. | Выход управления питанием тетрады 0 адреса, конфигурации и контрольной суммы |
| *S:* A7-S / AN47 |  | Выход управления питанием тетрады 7 адреса, конфигурации и контрольной суммы |
|  | *M:* A5-M | RD8 |  | Вых. | Выход управления питанием тетрады 5 адреса, конфигурации и контрольной суммы |
| *S:* A6-S |  | Выход управления питанием тетрады 6 адреса, конфигурации и контрольной суммы |
|  | *M:* CH-D3 | RB5 |  | Вых. | Выход тестирования целостности линии D3 |
| *S:* CH-D1 |  | Выход тестирования целостности линии D1 |
|  | *M:* CH-D2 | RB6 |  | Вых. | Выход тестирования целостности линии D2 |
| *S:* CH-D0 |  | Выход тестирования целостности линии D0 |
|  | D0 / AN48 | RC10 |  | Вх. | Бит D0 тетрады адреса, конфигурации и контрольной суммы |
|  | *M:* REZ-TX-M / AN25 | RB7 |  | Вых. | Выход передатчика интерфейса межканального обмена |
| *S:* REZ-TX-S / AN25 |
|  | REZ-RX | RC13 |  | Вх. | Вход приёмника интерфейса межканального обмена |
|  | D1 / AN26 | RB8 |  | Вых. | Бит D1 тетрады адреса, конфигурации и контрольной суммы |
|  | GND |  |  |  | Vss – «Земля», минус питания МК |
|  | D2 / AN27 | RB9 |  | Вх. | Бит D2 тетрады адреса, конфигурации и контрольной суммы |
|  | D3 | RC6 |  | Бит D3 тетрады адреса, конфигурации и контрольной суммы |
|  | *M:* REL-M | RC7 |  | Вых. | Управление реле РПВ |
| *S:* REL-S |  |
|  | *M:* REL3-M | RP12 |  | Вых. | Резерв (не используется) |
| *S:* REL3-S |  |
|  | *M:* REL2-M | RP13 |  | Вых. | Резерв (не используется) |
| *S:* REL2-S |  |
|  | *M:* REL1-M | RC8 |  | Вых. | Резерв (не используется) |
| *S:* REL1-S |  |
|  | *M:* RX-CANM | RD5 |  |  | Приёмник CAN межпроцессорной синхронизации по данным |
| *S:* RX-CANS |  |
|  | *M:* TX-CANM | RD6 |  |  | Передатчик CAN межпроцессорной синхронизации по данным |
| *S:* TX-CANS |  |
|  | *M:* PS1-M | RC9 |  | Вых. | Выход управления блоком безопасного питания драйверов силовой части (Master) |
| *S:* PS1-S |  | Выход управления блоком безопасного питания драйверов силовой части (Slave) |
|  | GND |  |  |  | Vss – «Земля», минус питания МК |
|  | *M:* 3V3-M |  |  |  | Vdd – плюс питания МК-Master |
| *S:* 3V3-S |  |  |
|  | *M:* – | RF0 |  |  | Резерв (не используется) |
| *S:* – |  |  | Резерв (не используется) |
|  | *M:* SDO-M | RF1 | SDO |  | Выход отладочного интерфейса SPI (data) |
| *S:* SDO-S |
|  | *M:* SCK-M | RG1 | SCK |  | Выход отладочного интерфейса SPI (clock) |
| *S:* SCK-S |
|  | *M:* – | RG0 |  |  | Резерв (не используется) |
| *S:* – |  |  | Резерв (не используется) |
|  | *M:* – | RF6 |  |  | Резерв (не используется) |
| *S:* – |  |  | Резерв (не используется) |
|  | *M:* LED-M | RF7 |  | Вых. | Управление светодиодом «ПОЛОЖЕНИЕ -» |
| *S:* – |  |  | Резерв (не используется) |
|  | *M:* SPI-M | RB10 |  | Вых. | Выход отладочного интерфейса SPI (strobe) |
| *S:* SPI-S |  |
|  | *M:* LED-L | RB11 |  | Вых. | Управление светодиодом «ПОТЕРЯ КОНТРОЛЯ» |
| *S:* – |  |  | Резерв (не используется) |
|  | *M:* LED-P | RG14 |  | Вых. | Управление светодиодом «ПОЛОЖЕНИЕ +» |
| *S:* – |  |  | Резерв (не используется) |
|  | *M:* LED-RS2 | RG12 |  | Вых. | Светодиод «RS2» |
| *S:* – |  |  | Резерв (не используется) |
|  | *M:* LED-RS1 | RG13 |  | Вых. | Светодиод «RS1» |
| *S:* S-ST |  | Вых. | Управление плавным пуском 220 В (шунтирование термистора) |
|  | *M:* LED-OTK | RB12 | Вых. | Вх | Светодиод «ОТКАЗ» (Вх – светодиод вкл, Вых,  LATB12 = 1 – светодиод выкл) |
| *S:* – |  |  | Резерв (не используется) |
|  | KPOW220 | RB13 |  | Вх. | Наличие/отсутствие выпрямленного напряжения 220 В |
|  | *M:* KZDIS | RA10 |  | Вых. | Сброс аварии «КЗ в цепях управления двигателем» |
| *S:* – |  | Резерв (не используется) |
| 1. Объектный контроллер привода стрелки ОКПС-Е-К. Схема электрическая принципиальная ЕИУС.465275.007.100ЭЗ;   2) Режимы работы выводов МК: Вх. – цифровой вход; Вых. – цифровой выход; Ан.вх. – аналоговый вход;  Сигналы, обозначенные «*M»*, относятся только к МК Master;  Сигналы, обозначенные «*S»*,относится только к МК Slave,  Остальные сигналы – общие для МК-Master и МК Slave | | | | | |

* 1. Прочие требования

Разработка прибора должна включать выпуск следующей программной документации:

1. Функциональные требования к программному обеспечению;
2. Архитектура программного обеспечения;
3. Требования к реализации программного обеспечения;
4. Описание программного обеспечения;
5. Перечень файлов и контрольных сумм проекта.
6. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ

Методы контроля требований приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Методы контроля требований

| №  п/п | Идентификатор | Краткое описание | Способ проверки |
| --- | --- | --- | --- |
|  | OKPSEK-R00 | Требования к основным ограничениям: |  |
|  | OKPSEK-R00-01 | Требование к языку программирования |  |
|  | OKPSEK-R00-02 | Требование к разработке ПО для МК фирмы MICROCHIP dsPIC33 |  |
|  | OKPSEK-R00-03 | Требование к кварцевым генераторам с тактовой частотой 14,7456 МГц для тактирования МК |  |
|  | OKPSEK-R00-04 | Требование к одинаковым программам в обоих МК |  |
|  | OKPSEK-R00-05 | Требование к синхронизации МК по времени и данным |  |
|  | OKPSEK-R01 | Требования к режимам работы ПО | Анализ кода |
|  | OKPSEK-R01-1 | Требование к режиму «Начальная инициализация» | Анализ кода |
|  | OKPSEK-R01-2 | Требование к режиму «Инициализация» | Анализ кода |
|  | OKPSEK-R01-3 | Требование к режиму «Безопасное состояние» | Анализ кода и испытания (испытания на функционирование) |
|  | OKPSEK-R01-4 | Требование к режиму «Рабочее состояние» | Анализ кода и испытания (испытания на функционирование) |
|  | OKPSEK-R01-5 | Требование к режиму «Защитное состояние» | Анализ кода и испытания (испытания на ЭМС при нахождении ОК в ЗС) |
|  | OKPSEK-R02 | Требование к динамической модели режимов работы ОКПС-Е-К. | Анализ кода и испытания |
|  | OKPSEK-R03 | Требования к распределению функций (ВИ) по режимам работы ОКПС-Е-К | Анализ кода |
|  | OKPSEK-R03-1 | Требования к функции «Бесконечный цикл ожидания» | Анализ кода и испытания (испытания на ЭМС при нахождении ОК в ЗС) |
|  | OKPSEK-R03-2 | Требования к функции «Индикация» | Анализ кода и испытания (испытания на функционирование в части проверки индикации в соответствии с таблицей 3 Состояние светодиодов на передней панели ОКПС-Е-К) |
|  | OKPSEK-R03-3 | Требования к функции «Контроль источников питания» | Анализ кода и испытания (испытания на функционирование) |
|  | OKPSEK-R03-4 | Требования к функции «Определение положения стрелки» | Анализ кода и испытания (испытания на функционирование) |
|  | OKPSEK-R03-5 | Требования к функции «Управление и контроль состояния РПВ» | Анализ кода и испытания (испытания на функционирование) |
|  | OKPSEK-R03-6 | Требования к функции «Определение состояния контрольных и рабочих цепей» | Анализ кода и испытания (испытания на функционирование и испытания на ФБ) |
|  | OKPSEK-R03-7 | Требования к функции «Межприборный обмен» | Анализ кода и испытания (испытания на функционирование) |
|  | OKPSEK-R03-8 | Требования к функции «Обмен с управляющей системой» | Анализ кода и испытания (испытания на функционирование) |
|  | OKPSEK-R03-9 | Требования к функции «Обработка аналоговых сигналов» | Анализ кода и испытания (испытания на ФБ) |
|  | OKPSEK-R03-10 | Требования к функции «Чтение входных дискретных сигналов» | Анализ кода и испытания (испытания на ФБ) |
|  | OKPSEK-R03-11 | Требования к функции «Запись черного ящика» | Анализ кода и испытания (проверяется информация о записи кода ЗС в EEPROM) |
|  | OKPSEK-R03-12 | Требования к функции «Управление активностью» | Анализ кода и испытания (испытания на функционирование) |
|  | OKPSEK-R03-13 | Требования к функции «Переход в ЗС» | Анализ кода и испытания (испытания на функционирование). |
|  | OKPSEK-R03-14 | Требования к функции «Определение адреса и конфигурации прибора» | Анализ кода и испытания (испытания на ФБ) |
|  | OKPSEK-R03-15 | Требования к функции «Инициализация периферии и программных компонентов» | Анализ кода |
|  | OKPSEK-R03-16 | Требования к функции «Самодиагностика» | Анализ кода и испытания (испытания на ФБ) |
|  | OKPSEK-R03-17 | Требования к функции «Межканальная синхронизация по данным» | Анализ кода и испытания (испытания на ФБ) |
|  | OKPSEK-R03-18 | Требования к функции «Снятие защитного состояния» | Анализ кода и испытания (испытания на функционирование) |
|  | OKPSEK-R03-19 | Требования к функции «Чтение ЧЯ» | Анализ кода и испытания (испытания на функционирование |
|  | OKPSEK-R03-20 | Требования к функции «Управление питанием силовых драйверов» | Анализ кода и испытания (испытания на ФБ) |
|  | OKPSEK-R03-21 | Требования к функции «Перевод стрелки» | Анализ кода и испытания (испытания на функционирование) |
|  | OKPSEK-R03-22 | Требования к функции «Начальная синхронизация по времени» | Анализ кода и испытания (испытания на ФБ) |
|  | OKPSEK-R03-23 | Требования к функции «Межканальная синхронизация по времени» | Анализ кода |
|  | OKPSEK-R03-24 | Требования к функции «Формирование контрольного напряжения» | Анализ кода и испытания (испытания на функционирование и испытания на ФБ). |
|  | OKPSEK-R03-25 | Требования к функции «Диспетчер режимов» | Анализ кода |
|  | OKPSEK-R04 | Требования к функциям безопасности | Анализ кода и испытания (испытания на ФБ) |
|  | OKPSEK-R05 | Требования к интерфейсам: |  |
| 35.1 | OKPSEK-R05-1 | Требования к пользовательскому интерфейсу | Сличение с КД |
| 35.2 | OKPSEK-R05-2 | Требования к коммуникационным интерфейсам | Испытания на функционирование |
| 35.3 | OKPSEK-R05-3 | Требования к аппаратным интерфейсам | Анализ кода и испытания на функционирование |