## Федеральное агентство по образованию

Московский авиационный институт

(научно-исследовательский университет)

Кафедра 304

**Пояснительная записка**

**К преддипломной курсовой работе**

Выполнил студент группы 03-527 Гёзалян З.В.

Принял доцент кафедры 304, к.т.н. Новиков П.В.

**Москва, 2012**

**Задание**

Разработать тестирующее программное обеспечение для системы преобразования электроэнергии (СПЭ), состоящей из входной шины, трёх модулей выпрямителя и корректора (МВК), трёх модулей преобразования напряжения (МПН), модуля контроля и управления третьей модификации (МКУ-3), модуля вспомогательных узлов (МВУ), выходной шины и внешнего устройства контроля и управления (ВУКУ). На входную шину подается напряжение 220В, и результатом работы СПЭ является напряжение 24В на выходной шине. МКУ-3, состоящий из двух информационно-управляющих каналов (ИУК) и электронного журнала (ЭЖ), осуществляет управление системой по внутрисистемному интерфейсу (ВСИ). ВУКУ, представляющее собой персональный компьютер, осуществляет управление системой по внешнему интерфейсу (ВИ). Принципиальным отличием данной СПЭ от уже существующих является то, что она реализована с помощью микроконтроллерного управления и обладает встроенной системой искусственного интеллекта, что во много раз повышает её надежность.

Тестирующее программное обеспечение должно по запросу пользователя осуществлять имитацию основных штатных и внештатных ситуаций, согласно алгоритму работы СПЭ. Тестирующее программное обеспечение должно включать в себя четыре модуля: модуль для проверки работы МКУ-3, модуль для контроля работы электронного журнала, модуль для проверки исходного состояния СПЭ и модуль для имитации внештатных ситуаций в ходе работы СПЭ.

Модуль для проверки работы МКУ-3 должен позволять пользователю производить имитацию передачи всех команд, которые МКУ-3 передает на другие модули системы. Он также должен отображать состояние лицевой панели МКУ-3 и позволять осуществление имитации внештатных ситуаций, связанных с работой МКУ-3.

Модуль для контроля работы электронного журнала должен позволять пользователю получать доступ ко всем записям электронного журнала МКУ-3 в удобном для чтения виде, а также вносить в него новые записи.

Модуль для проверки исходного состояния СПЭ должен предоставлять пользователю всю информацию о системе на момент её старта, а также позволять имитацию внештатных ситуаций, которые могут возникнуть в системе до включения выходного напряжения.

Модуль для имитации внештатных ситуаций в ходе работы СПЭ должен позволять пользователю сымитировать все ошибки, которые могут возникнуть после подачи напряжения на выходную шину.

Персональный компьютер, с установленным на нем тестирующим программным обеспечением, должен быть подключен как к внешнему, так и к внутрисистемному интерфейсам.

**Блок-схема устройства**

МПН-2

МПН-1

МПН-3

МВК-2

МВК-1

МВК-3

МВУ

МКУ-3

ВУКУ

рис. 1. Блок-схема устройства

**Алгоритм работы СПЭ**

**ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ**

ВИ – внешний интерфейс;

ВУКУ- внешнее устройство контроля и управления;

ИУК – информационно-управляющий канал;

КЗ – короткое замыкание;

ККМ - корректор коэффициента мощности;

ЛП – лицевая панель;

МВК – модуль выпрямителя и корректора (он же ЭМ1-ККМ);

МЗК – модуль защиты и коммутации (он же ЭМ1-ЗК);

МКУ-3 – модуль контроля и управления (третья модификация);

МПН- модуль преобразователя напряжения (он же – ЭМ1-ПН);

ПН – преобразователь напряжения;

СПЭ – система преобразования электроэнергии;

СФ – сетевой фильтр;

СЭС- система электроснабжения;

УСК – управляемый силовой коммутатор;

ЭЖ – электронный журнал;

ЭМ0-ХХ – общее обозначение электронного модуля нулевого уровня разукрупнения (например: ЭМ0-ПН, ЭМ0-ККМ);

ЭМ0-ПН – ЭМ0 - преобразователь напряжения (класса DC-DC);

ЭМ0-ККМ – ЭМ0 - корректор коэффициента мощности ( здесь – с выпрямителем);

ЭМ1-ХХ – общее обозначение электронного модуля первого уровня разукрупнения (например: ЭМ1-ПН, ЭМ1- ЗК);

ЭМ1-ПН – ЭМ1- преобразователь напряжения;

ЭМ1- ЗК – ЭМ1- защита и коммутация;

УВО- устройство воздушного охлаждения;

УК – узел контроля;

МВУ – модуль вспомогательных узлов;

ЦР – цикл работы;

ЦВВИ – цикл выдачи выходного напряжения

1. **КОНТРОЛЬ ИСХОДНОГО СОСТОЯНИЯ СПЭ**

1.1 Предварительные сведения и операции

1.1.1 До начала проведения контроля исходного состояния СПЭ тумблер «РЕЖИМ» на ЛП МКУ-3 устанавливается в положение «МЕСТН.» при отсутствии внешнего устройства контроля и управления (ВУКУ) и управлении работой СПЭ с ЛП МКУ-3, или в положение «ДИСТ.» - при наличии ВУКУ и управлении работой СПЭ от него по внешнему интерфейсу (ВИ).

1.1.2 Контроль исходного состояния СПЭ проводится первым ИУК МКУ-3 (см. п. 1.1.3) и начинается после включения входного (сетевого) напряжения с помощью автоматического выключателя на модуле МВУ-1.

При этом первый ИУК модуля МКУ-3 начинает отсчет наработки СПЭ в данном цикле работы и вычисление суммарной наработки СПЭ, а модуль МВУ-1 - проверяет соответствие значения напряжения на входной шине СПЭ заданному диапазону значений, сообщая результат проверки в МКУ-3. Проверка проводится периодически с частотой не менее 1 Гц в течение всего цикла работы СПЭ (подробности см. в приложении 1 к «Алгоритму работы СПЭ», ссылка на него в этой и других частях «Алгоритма…» отмечается знаком \*).

При отрицательном результате проверки и значении входного напряжения не ниже 160В (при нормальном функционировании «дежурного» источника СПЭ):

на цифровой индикатор «Код отказа / Pвых», расположенный на ЛП МКУ‑3, выдаются мигающие с частотой 0,5 Гц символы «»;

данный факт фиксируется в ЭЖ;

процесс контроля исходного состояния СПЭ продолжается до его завершения.

*Примечание: здесь и далее – ЭЖ – электронные журналы, расположенные в первом и втором ИУК модуля МКУ-3;*

1.1.3 Контроль исходного состояния СПЭ выполняется в каждом цикле ее работы.

*Цикл работы (ЦР) СПЭ – период времени между включением и последующим отключением входного напряжения (однофазного напряжения системы электроснабжения 220В; 50 Гц).*

Контроль исходного состояния СПЭ проводит по умолчанию первый ИУК МКУ‑3 при условии его исправности, подтверждаемой наличием светового сигнала «РАБОТА» на индикаторе «РАБОТА / ОТКАЗ 1 канал МКУ», расположенном на лицевой панели (ЛП) МКУ‑3, после включения входного напряжения СПЭ. При этом должен отсутствовать световой сигнал «РАБОТА» на индикаторе «РАБОТА /ОТКАЗ 2 канал МКУ».

При неисправности первого ИУК контроль проводит второй ИУК МКУ‑3, исправность которого подтверждается наличием сигнала «РАБОТА» на индикаторе «РАБОТА/ОТКАЗ 2 канал МКУ». При этом должен отсутствовать световой сигнал «РАБОТА» на индикаторе «РАБОТА/ОТКАЗ 1 канал МКУ».

Неисправность любого из ИУК МКУ‑3 подтверждается наличием сигнала «ОТКАЗ» на индикаторе «РАБОТА/ОТКАЗ 1 (2) канал МКУ», соответствующего отказавшему ИУК.

Режим работы и техническое состояние каждого ИУК фиксируется в его ЭЖ. Алгоритм резервирования ИУК приведен в п. 1.2.6 настоящего раздела.

1.1.4 Контроль исходного состояния СПЭ заключается в проверке:

состава СПЭ\*;

серийных номеров всех модулей, включая МКУ-3 (с их последующей фиксацией в ЭЖ)\*;

достаточности ресурса СПЭ - наличия минимально необходимого количества работоспособных «линеек» (N), проводимой на основе данных ЭЖ о предыдущем цикле работы СПЭ\* (при самом первом цикле работы все «линейки» условно считаются работоспособными).

*Примечание: Установка модулей МПН-1 (МВК-1) в каркас модуля СПЭ может производиться в любое из трех предназначенных для них посадочных мест.*

1.2. Алгоритм контроля исходного состояния СПЭ

1.2.1 ИУК МКУ‑3 проводит контроль состава СПЭ путем определения замкнутого состояния физической цепи «Комплект»\*.

1.2.2 При выявлении обрыва цепи «Комплект» ИУК МКУ‑3:

выдает сигнал «Отказ СПЭ» на световой индикатор «ГОТОВНОСТЬ/ОТКАЗ СПЭ» и код отказа (цифру «1») на правый элемент цифрового индикатора «Код отказа / Pвых»), расположенные на ЛП МКУ‑3\*;

фиксирует отказ данного вида в ЭЖ\*.

При выявлении замкнутого состояния цепи «Комплект» ИУК МКУ‑3 переходит к выполнению следующего шага данной части алгоритма.

1.2.3 Проверка серийных номеров всех модулей, включая МКУ‑3, заключается в опросе кодов этих номеров и последующем определении правильности структуры каждого серийного номера, а также отсутствия повторяемости серийных номеров у однотипных модулей.

При отрицательных результатах проверки ИУК МКУ‑3:

выдает сигнал «Отказ СПЭ» на световой индикатор «ГОТОВНОСТЬ/ОТКАЗ СПЭ» и код отказа (цифру «2») на правый элемент цифрового индикатора «Код отказа / Pвых»), расположенные на ЛП МКУ‑3\*;

фиксирует отказ данного вида в ЭЖ\*.

УИК МКУ‑3 выполняет запись серийных номеров всех модулей в ЭЖ и переходит к выполнению следующего шага данной части алгоритма.

1.2.4 ИУК МКУ‑3 проводит контроль достаточности ресурса СПЭ, проводимый для любого, отличного от первого, цикла работы СПЭ по данным ЭЖ. Контроль заключается в определении наличия минимально необходимого количества работоспособных «линеек» (N=4)\*.

При отрицательном результате контроля ИУК МКУ‑3:

выдает сигнал «Отказ СПЭ» на световой индикатор «ГОТОВНОСТЬ/ОТКАЗ СПЭ» и код отказа (цифру «3») на правый элемент цифрового индикатора «Код отказа / Pвых»), расположенные на ЛП МКУ‑3\*;

фиксирует отказ данного вида в ЭЖ\*.

По ВИ на ВУКУ по его запросу выдается соответствующее сообщение\*.

1.2.5 При положительном результате контроля ИУК МКУ‑3:

выдает сигнал «ГОТОВНОСТЬ СПЭ» на световой индикатор «ГОТОВНОСТЬ/ОТКАЗ СПЭ»\*, расположенный на ЛП МКУ-3\*;

выполняет переход к следующей части общего алгоритма работы СПЭ.

В положение «МЕСТН.» тумблера «РЕЖИМ» на ЛП МКУ-3 первый УИК МКУ‑3 формирует команду на отключение всех ЭМ0‑ПН во всех модулях МПН-1, затем – команду на отключение всех «линеек» от входной шины СПЭ (на отключение всех силовых коммутаторов в модулях МВК-1) с контролем исполнений обеих команд\*.

Данный факт фиксируется в ЭЖ.

В положение «ДИСТ.» тумблера «РЕЖИМ» на ЛП МКУ-3 первый УИК МКУ‑3 дважды проверяет наличие связи с ВУКУ по каналу 1 внешнего интерфейса (ВИ 1к.)

При отсутствии связи с ВУКУ первый УИК дважды проводит аналогичную проверку по каналу 2 внешнего интерфейса (ВИ 2к.).

При отсутствии связи с ВУКУ первый УИК дважды проверяет наличие связи со вторым каналом УИК МКУ-3 по ВИ1к., затем – по ВИ2 к.

При наличии связи по обоим ВИ между УИК первый УИК:

выдает на цифровой индикатор «Код отказа / Pвых», расположенный на ЛП МКУ‑3, мигающие с частотой 0,5 Гц символы «» (только при значении входного напряжения, соответствующего заданному диапазону);

принудительно переводит управление СПЭ в местный режим;

выполняет действия, изложенные в п.2);

периодически проверяет наличие связи с ВУКУ.

При восстановлении связи с ВУКУ в течение цикла контроля исходного состояния СПЭ первый УИК вновь переводит управление СПЭ в дистанционный режим с блокировкой кнопки «ВКЛ./ОТКЛ.U вых.» на ЛП МКУ-3 и прекращает выдачу вышеуказанных символов на цифровой индикатор

МКУ-3. Кроме того, при поступлении запроса от ВУКУ ему передаются все данные, зафиксированные в ЭЖ за период отсутствия связи с ним.

При отсутствии связи с ВУКУ до конца цикла проверки исходного состояния СПЭ в случае ее положительного результата (см. ниже) и последующем нажатии на кнопку «ВКЛ./ОТКЛ.U вых.» на ЛП МКУ-3 выполняется алгоритм включения выходного напряжения СПЭ, а вместо вышеуказанных символов на цифровой индикатор выдаются символы, соответствующие значению выходной мощности СПЭ (см. раздел 2 «Алгоритма работы СПЭ»).

При отсутствии связи по ВИ1к. и ВИ2к. между первым и вторым УИК первый УИК:

выдает сигнал «Отказ СПЭ» на световой индикатор «ГОТОВНОСТЬ/ОТКАЗ СПЭ» и код отказа (цифру «4») на правый элемент цифрового индикатора «Код отказа / Pвых», расположенные на ЛП МКУ‑3\*;

фиксирует отказ данного вида в ЭЖ\*;

1.2.6 Резервирование ИУК при проверке исходного состояния СПЭ и при ее функционировании в соответствии с другими разделами «Алгоритма работы СПЭ» обеспечивается при условии наличия в ЭЖ обоих ИУК идентичной информации и выполняется следующим образом:

1) Если при опросе первым ИУК какого-либо модуля по ВСИ 1к. ответ от последнего не получен, производится повторный запрос.

2) При отсутствии ответа аналогичный процесс повторяется с использованием ВСИ 2к.

3) При отсутствии ответа аналогичный процесс повторяется по отношению к следующему (по общему алгоритму) модулю с использованием ВСИ 1к. и ВСИ 2к.

4) При отсутствии ответа первый ИУК считается неисправным с выдачей сигнала «ОТКАЗ» на индикатор «РАБОТА/ОТКАЗ 1 канал МКУ».

5) После установленной выдержки во времени второй ИУК становится ведущим с выдачей сигнала «РАБОТА» на индикатор «РАБОТА / ОТКАЗ 2 канал МКУ»

*Примечания к разделу 1:*

*1 При наличии в СПЭ любой из вышеперечисленных причин отказа переход к следующей части алгоритма ее работы блокируется\* .*

*2 При наличии в СПЭ более одной из вышеперечисленных причин отказа на индикаторе «Код отказа / Pвых» отображается код только первой выявленной из них \*.*

2. **ВКЛЮЧЕНИЕ / ОТКЛЮЧЕНИЕ ВЫХОДНОГО**

**НАПРЯЖЕНИЯ СПЭ**

2.1 Включение выходного напряжения СПЭ

2.1.1 Выходное напряжение СПЭ выдается на шину нагрузки циклами.

*Цикл выдачи выходного напряжения СПЭ - период времени между его включением и последующим штатным или нештатным отключением.*

2.1.2 В зависимости от выбранного режима управления – от положения тумблера «РЕЖИМ УПР.», расположенного на лицевой панели (ЛП) МКУ-3- «МЕСТН.» или «ДИСТ.» – включение выходного напряжения СПЭ выполняется альтернативно: либо путем кратковременного нажатия кнопки «ВКЛ./ОТКЛ. Uвых.», расположенной на ЛП МКУ-3, в режиме местного управления, либо по команде от ВУКУ в режиме дистанционного управления (см. раздел 1 «Алгоритма работы СПЭ»).

Включение выходного напряжения СПЭ в любом режиме управления обеспечивается только при выполнении совокупности следующих условий:

соответствии значения переменного напряжения на входной шине заданному диапазону значений;

получении положительного результата выполнения предыдущей части «Алгоритма работы СПЭ» – «Контроль исходного состояния СПЭ».

Контроль значения напряжения на входной шине проводится периодически в течение всего цикла работы СПЭ (частота контроля и определение «цикл работы СПЭ» – см. часть 1 «Алгоритма работы СПЭ»).

При отрицательном результате по любому из вышеупомянутых условий выполнение команды на включение выходного напряжения СПЭ блокируется\*.

2.1.3 При поступлении на ИУК МКУ-3 команды на включение выходного напряжения СПЭ при любом режиме управления на ЛП МКУ-3 появляется сигнал «Вкл. Uвых» на одноименном световом индикаторе и прекращается выдача сигнала «Готовность СПЭ» на световом индикаторе «ГОТОВНОСТЬ / ОТКАЗ СПЭ».

В дистанционном режиме управления на ВУКУ по ВИ выдается аналогичное сообщение по его запросу\*.

ИУК МКУ-3 выдает по ВСИ команду МВУ-1 на включение обоих

УВО-1. Исполнение данной команды подтверждается сигналом «Контроль УВО-1» от каждого из них, поступающим в МВУ-1 по одноименным физическим цепям.

При получении данного сигнала от каждого из УВО-1 МВУ-1 вырабатывает общее сообщение о готовности их к работе и передает его по ВСИ в ИУК МКУ-3.

При отсутствии такого сообщения ИУК МКУ-3:

отключает сигнал «Вкл. Uвых» на одноименном световом индикаторе, расположенном на ЛП МКУ‑3\*;

выдает на левую часть цифрового индикатора «Код отказа / Pвых», расположенного на ЛП МКУ‑3 символ «В», а на правую часть – символ «В» (верхний УВО-1) или «Н» (нижний УВО-1) .

Данный факт фиксируется в ЭЖ.

В дистанционном режиме управления на ВУКУ по ВИ выдается аналогичное сообщение по его запросу\*.

При отказе любого из УВО-1 переход к следующему шагу алгоритма включения выходного напряжения СПЭ блокируется\*.

При наличии сообщения от МВУ-1 о готовности к работе обоих УВО-1

ИУК МКУ-3 выдает поочередно команды модулям МВК-1 на подключение к входной шине СПЭ всех «линеек», числящихся работоспособными по данным ЭЖ за предыдущий цикл выдачи выходного напряжения\*.

В случае отсутствия в ЭЖ таких данных (при первом включении выходного напряжения СПЭ) выдается команда на подключение к входной шине СПЭ всех «линеек» СПЭ.

2.1.4 В модулях МВК-1 проводится контроль технического состояния силовых каналов, относящихся ко всем «линейкам», подключенным к входной шине СПЭ\*.

При работоспособном состоянии силовых каналов МВК-1:

отображают их на ЛП;

выдают сообщения в ИУК МКУ-3.

При отказе какого-либо силового канала МВК-1:

отображают его на ЛП;

выдают сообщение в ИУК МКУ-3.

ИУК МКУ-3 определяет «линейку», как отказавшую, записывает данный факт, тип, место установки, номер модуля и номер его канала в ЭЖ\*, затем выдает команду этому МВК-1 на отключение отказавшей «линейки» от входной шины СПЭ и контролирует ее выполнение\*.

При невозможности отключения данной «линейки» от входной шины СПЭ (из-за отказа ее силового коммутатора) и работоспособности остальных компонентов данного силового канала МВК-1 «линейка» считается «условно работоспособной» и может быть использована ИУК МКУ-3 для дальнейшей работы (до отказа любого другого ее компонента).

МВК-1 выдает на его ЛП мигающий (с частотой 0,5 Гц) световой сигнал об отказе соответствующего силового канала \*.

Управление включением и отключением выходного напряжения этой «линейки» осуществляет ее ЭМ0-ПН по командам от УИК МКУ-3.

2.1.5 ИУК МКУ-3 проводит предварительный контроль наличия минимально необходимого количества (N=4) работоспособных «линеек»\*.

При отрицательном результате контроля ИУК МКУ-3:

отключает сигнал «Вкл. Uвых» на одноименном световом индикаторе, расположенном на ЛП МКУ‑3\*;

выдает сигнал «Отказ СПЭ» на световой индикатор «ГОТОВНОСТЬ/ОТКАЗ СПЭ» и код отказа (цифру «3») на правый элемент цифрового индикатора «Код отказа / Pвых»), расположенные на ЛП МКУ‑3\*;

фиксирует отказ данного вида в ЭЖ\*.

В дистанционном режиме управления на ВУКУ по ВИ выдается аналогичное сообщение по его запросу\*.

При N< 4 переход к следующему шагу алгоритма включения выходного напряжения СПЭ блокируется\*.

2.1.6 При положительном результате предварительного контроля выполняется следующий шаг данной части алгоритма.

ИУК МКУ-3 назначает в предварительно проконтролированных «линейках» два ЭМ0-ПН из числа предназначенных к работе в данном цикле включения U вых «ведущими», а остальные – «ведомыми» и циркулярно выдает команду на включение всех ЭМ0-ПН в этих «линейках»\*.

2.1.7 В модулях МПН-1 проводится контроль технического состояния силовых каналов (ЭМ0-ПН), относящихся ко всем предварительно проконтролированным « «линейкам»\*.

При работоспособном состоянии силовых каналов МПН-1:

отображают их на ЛП\*;

выдают сообщения в ИУК МКУ-3\*.

При отказе какого-либо силового канала МПН-1:

отображают его на ЛП\*;

выдают сообщение в ИУК МКУ-3\*.

ИУК МКУ-3 определяет «линейку», как отказавшую, записывает данный факт, тип, место установки, номер модуля и номер его канала в ЭЖ\*, затем выдает команду соответствующему МПН-1 на отключение отказавшего силового канала\*.

Далее ИУК МКУ-3 выдает команду соответствующему МВК-1 на отключение данной «линейки» от входной шины и контролирует ее выполнение\*.

2.1.8 ИУК МКУ-3 в порядке, определенном «Алгоритмом…» выбирает «N+1» «линеек» из общего количества работоспособных, переназначает в них (при необходимости) 1 или 2 «ведущих» ЭМ0-ПН, циркулярно выдает команду на отключение ЭМ0-ПН в остальных (невыбранных) «линейках» и контролирует выполнение команды\*.

Затем ИУК МКУ-3:

выдает на цифровой индикатор «Код отказа / Pвых» значение номинальной выходной мощности СПЭ в виде символов «2,0» \*;

циркулярно выдает команду в МВК-1 на отключение невыбранных «линеек» (с отключенными ЭМ0-ПН) от входной шины\*;

контролирует выполнение команды и фиксирует в ЭЖ данные о включенных и отключенных «линейках»\*.

*Примечание: при наличии в СПЭ только «N+1» или «N» работоспособных «линеек» отключение невыбранных «линеек» не выполняется.*

2.1.10 В течение цикла выдачи выходного напряжения проводится периодический контроль:

значения напряжения на входной шине СПЭ^ \*;

технического состояния силовых каналов модулей МВК-1 и

МПН-1 во включенных «линейках» \*;

значения выходного тока СПЭ^\*;

значения напряжения в выходной цепи СПЭ^\*;

значения температуры корпусов ЭМ0-ВКМ и ЭМ0-ПН во включенных «линейках»\*;

значения температуры среды, окружающей СПЭ^\*;

состояния цепи «Комплект» СПЭ^\*;

наличия в СПЭ минимально необходимого количества работоспособных «линеек» ^\*;

технического состояния УВО-1^\*;

наличие связи с ВУКУ (для дистанционного режима управления СПЭ).

Индикация результатов контроля приведена в разделе 1 и предыдущих пунктах раздела 2.

^ - *c фиксацией в ЭЖ факта несоответствия заданным условиям\**

2.2 Отключение выходного напряжения СПЭ

2.2.1 Штатное отключение выходного напряжения СПЭ проводится:

оператором в местном режиме управления;

по команде от ВУКУ в дистанционном режиме управления.

2.2.2 В местном режиме управления СПЭ отключение ее выходного напряжения производится оператором путем кратковременного нажатия кнопки «ВКЛ./ ОТКЛ Uвых» на ЛП МКУ-3\*.

В дистанционном режиме управления СПЭ отключение ее выходного напряжения СПЭ производится по команде, поступившей по ВИ от ВУКУ\*.

2.2.3 При поступлении штатной команды на отключение выходного напряжения СПЭ в любом режиме управления ИУК МКУ-3:

циркулярно выдает команду МПН-1 на отключение ЭМ0-ПН во всех ранее включенных «линейках» и контролирует исполнение этой команды\*;

независимо от результатов контроля циркулярно выдает команду МВК-1 на отключение этих «линеек» от входной шины и контролирует исполнение этой команды\*;

отключает сигнал «ВКЛ. Uвых» на одноименном световом индикаторе и символы «2,0» отображаемые на цифровом индикаторе «Код отказа / Pвых» на ЛП МКУ-3\*;

выдает сигнал «Готовность СПЭ» на световом индикаторе «ГОТОВНОСТЬ / ОТКАЗ СПЭ»\*;

фиксирует в ЭЖ факт отключения выходного напряжения (с данными об отключенных «линейках»)\*;

в дистанционном режиме управления на ВУКУ по ВИ выдается аналогичное сообщение по его запросу\*;

выдает МВУ-1 команду на отключение обоих УВО-1\*.

Автоматическое отключение выходного напряжения СПЭ выполняется при следующих внутренних ситуациях:

количестве работоспособных «линеек» меньшем 4;

повышении значения температуры корпуса ЭМ0-ВКМ или ЭМ0-ПН более предельного (см. раздел 3 «Алгоритма работы СПЭ).

2.2.5 Автоматическое отключение выходного напряжения СПЭ выполняется при следующих внешних нештатных ситуациях:

перегрузка по току или КЗ выходной цепи;

перенапряжение в выходной цепи;

повышение значения напряжения СЭС более установленного порога;

понижение значения напряжения СЭС менее установленного порога;

повышение значения температуры окружающей среды более установленного порога;

несанкционированное изъятие съемных составных частей СПЭ в течение цикла выдачи выходного напряжения;

при отказе одного или обоих УВО-1, приводящем к повышению значения температуры корпуса ЭМ0-ВКМ или ЭМ0-ПН более предельного (см. п 2.2.4).

2.2.6 Отключение выходного напряжения СПЭ в ситуациях, перечисленных в п.п. 2.2.4 и 2.2.5, проводится в соответствии с алгоритмами, приведенными в разделах 3 и 4 «Алгоритма работы СПЭ».

2.2.7 При любом отключении выходного напряжения СПЭ в модуле МКУ-3 прекращается как учет текущей и суммарной наработки силовых каналов модулей МПН-1 и МВК-1, так и вычисления текущей и суммарной наработки «линеек» на их основе (см. раздел 5 «Алгоритма работы СПЭ»).

3. **АДАПТАЦИЯ СПЭ К ВНУТРЕННИМ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМ СИТУАЦИЯМ**

3.1 Адаптация СПЭ к отказу основного компонента ее силовой части

3.1.1 В течение цикла выдачи выходного напряжения СПЭ предусмотрена возможность резервирования отказавшего основного компонента ее силовой части.

*Основным компонентом силовой части СПЭ является «линейка» последовательно соединенных функциональных элементов и узлов: входной плавкой вставки (ВПВ), управляемого силового коммутатора (УСК), сетевого защитного устройства (СЗУ), сетевого высокочастотного фильтра (ЭМ0 - СВФ), выпрямителя с корректором коэффициента мощности (ЭМ0 - ВКМ), сглаживающего низкочастотного фильтра(СНФ), промежуточной плавкой вставки*

*( ПВП), преобразователя напряжения (ЭМ0 - ПН).*

*Каждый из вышеперечисленных функциональных элементов и узлов является составной частью модулей: МВК-1 (ВПВ, УСК, СЗУ,*

*ЭМ0-СВФ, ЭМ0-ВКМ, СНФ)или МПН-1 (ПВП, ЭМ0-ПН).*

3.1.2 Отказ «линейки» преимущественно является следствием отказа ее основных компонентов (УСК, ЭМ0-СВФ, ЭМ0-ВКМ, ЭМ0-ПН).

Особый случай «условно» работоспособной «линейки» при отказе УСК приведен в п. 2.1.9 раздела 2 «Алгоритма работы СПЭ».

Отказ СПЭ при отказе одной из «линеек» и применении способа резервирования «N+1» не происходит.

Дальнейшее поддержание безотказности СПЭ обеспечивается за счет автоматического восстановления количества «N+1» включенных «линеек» за счет замены отказавшей «линейки» на работоспособную из числа К «линеек» ненагруженного резерва.

Предельное работоспособное состояние СПЭ обеспечивается при N=4 работоспособных «линейках» (полном отсутствии резерва).

3.1.3 Выбор резервной «линейки» из числа К производится на основании следующей иерархии приоритетов:

обеспечение значения температуры корпусов ЭМ0-ВКМ и ЭМ0-ПН в данной «линейке» не выше установленного порога\* (см. п. 3.2.2 настоящего раздела);

обеспечение ротации «линеек» с целью равномерной выработки их ресурса\*.

Замена отказавшей «линейки» на выбранную с учетом вышеупомянутых приоритетов выполняется в соответствии с заданным алгоритмом\*.

Ротация «линеек» возможна при условии К ≥ 1 и заключается в выборе для каждого последующего цикла выдачи выходного напряжения СПЭ тех из них, которые имеют наименьшую или равную наработку с остальными работоспособными «линейками».

Ротация «линеек» с учетом вышеупомянутых приоритетов выполняется в соответствии с заданным алгоритмом\*.

3.2. Адаптация СПЭ к повышению температуры корпуса ЭМ0-ХХ

3.2.1. В связи с наличием сильно выраженной зависимости отказоустойчивости ЭМ0-ВКМ и ЭМ0-ПН от значения температуры их корпуса в СПЭ предусмотрен соответствующий контроль значения этой температуры с последующей обработкой данных контроля.

3.2.2 Для ЭМ0-ВКМ и ЭМ0-ПН вводятся два пороговых значения температуры корпуса:

максимальное рабочее - 70ºС для обоих видов ЭМ0;

предельное - 80ºС - для ЭМ0 - ВКМ и 90ºС - для ЭМ0- ПН.

3.2.3 При максимальном рабочем значении температуры корпуса ЭМ0-ХХ обеспечивается минимально допустимое значение его отказоустойчивости.

3.2.4 При выявлении тенденции повышения температуры корпуса одного или нескольких ЭМ0-ПН (ЭМ0-ВКМ) сверх максимального рабочего вплоть до предельного значения учитывается значение температуры среды, окружающей СПЭ. Если ее значение не превышает 52 ºС дополнительно включаются все «линейки» из числа «К» работоспособных модулей для перераспределения в объеме корпуса СПЭ преобразуемой и, соответственно, излучаемой (тепловой) мощности\* .

На цифровой индикатор «Код отказа / Pвых», расположенный на ЛП МКУ‑3, выдаются мигающие (с частотой 0,5 Гц) символы «». Эта индикация выдается в течение всего времени работы СПЭ до восстановления работоспособности УВО-1, независимо от последующего снижения значения температуры корпуса ЭМ0-ПН (ЭМ0-МВК) относительно ее предельного значения.

3.2.5 При K → 0 и, в связи с этим, повторном достижении температурой корпуса ЭМ0-ПН (ЭМ0-МВК) предельного значения (при значении температуры окружающей среды, не превышающей 52 ºС) производится аварийное отключение выходного напряжения СПЭ\*.

При выявлении в этом случае значения температуры корпуса ЭМ0-ПН (ЭМ0-МВК) более установленного порога МВУ-1 формирует:

сигнал аварийного отключения на все МПН-1 по общей физической цепи (шине) «Авария 1»;

сигнал аварийного отключения на все МВК-1 по общей физической цепи (шине) «Авария 2»;

сигналы на отключение обоих УВО-1\*;

сообщение по ВСИ в ИУК МКУ-3 о факте повышение значения температуры окружающей среды более установленного порога;

3.2.6 УИК МКУ-3 после получения данного сообщения:

выдает циркулярно МПН-1 команду на отключение всех ЭМ0-ПН, включенных ранее в данном цикле выдачи выходного напряжения СПЭ\*;

выдает циркулярно МВК-1 команду на отключение всех УСК, включенных ранее в данном цикле выдачи выходного напряжения СПЭ;

выдает мигающие с частотой 0,5 Гц символы «» на цифровой индикатор «Код отказа / Pвых», расположенный на лицевой панели МКУ-3\*;

отключает сигнал на единичном световом индикаторе «ВКЛ.U вых.», расположенном на лицевой панели МКУ-3\*;

выдает сигнал «Отказ СПЭ» на световой индикатор «ГОТОВНОСТЬ / ОТКАЗ СПЭ»;

фиксирует причину отключения в ЭЖ\*;

выдает по ВИ на ВУКУ по его запросу соответствующее сообщение\*.

3.2.6 Если значение температуры окружающей среды превышает 52 ºС, то МВУ-1 формирует:

сигнал аварийного отключения на все МПН-1 по общей физической цепи (шине) «Авария 1»;

сигнал аварийного отключения на все МВК-1 по общей физической цепи (шине) «Авария 2»;

сигналы на отключение обоих УВО-1\*;

сообщение по ВСИ в ИУК МКУ-3 о факте повышение значения температуры окружающей среды более установленного порога;

3.2.7 УИК МКУ-3 после получения данного сообщения:

выдает циркулярно МПН-1 команду на отключение всех ЭМ0-ПН, включенных ранее в данном цикле выдачи выходного напряжения СПЭ\*;

выдает циркулярно МВК-1 команду на отключение всех УСК, включенных ранее в данном цикле выдачи выходного напряжения СПЭ;

выдает мигающие с частотой 0,5 Гц символы «» на цифровой индикатор «Код отказа / Pвых», расположенный на лицевой панели МКУ-3\*;

отключает сигнал на единичном световом индикаторе «ВКЛ.U вых.», расположенном на лицевой панели МКУ-3\*;

фиксирует причину отключения в ЭЖ\*;

выдает по ВИ на ВУКУ по его запросу соответствующее сообщение\*.

**4. ОТРАБОТКА СПЭ ВНЕШНИХ НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ**

4.1 Перегрузка по току или КЗ выходной цепи СПЭ

4.1.1 Информация о текущем значении тока нагрузки выходной цепи СПЭ от датчика тока в этой цепи поступает на МВУ-1, в котором сравнивается с установленным пороговым значением (80 А).

При выявлении перегрузки по току или КЗ выходной цепи МВУ-1 формирует:

сигнал аварийного отключения на все МПН-1 по общей физической цепи (шине) «Авария 1»;

сигнал аварийного отключения на все МВК-1 по общей физической цепи (шине) «Авария 2»;

сигналы на отключение обоих УВО-1\*;

сообщение по ВСИ в ИУК МКУ-3 о факте наличия перегрузки по току выходной цепи СПЭ.

4.1.2 ИУК МКУ-3 после получения данного сообщения:

выдает циркулярно МПН-1 команду на отключение всех ЭМ0-ПН, включенных ранее в данном цикле выдачи выходного напряжения СПЭ\*;

выдает циркулярно МВК-1 команду на отключение всех УСК, включенных ранее в данном цикле выдачи выходного напряжения СПЭ\*;

выдает сигнал на единичный световой индикатор «Перегрузка», расположенный на лицевой панели МКУ-3\*;

отключает сигнал на единичном световом индикаторе «ВКЛ.U вых.», расположенном на лицевой панели МКУ-3\*;

фиксирует причину отключения в ЭЖ\*;

выдает по ВИ на ВУКУ по его запросу соответствующее сообщение\*.

4.2 Перенапряжение в выходной цепи СПЭ

4.2.1 При возникновении перенапряжения в выходной цепи СПЭ МВУ-1 формирует:

сигнал аварийного отключения на все МПН-1 по общей физической цепи (шине) «Авария 1»;

сигнал аварийного отключения на все МВК-1 по общей физической цепи (шине) «Авария 2»;

сигналы на отключение обоих УВО-1\*;

сообщение по ВСИ в ИУК МКУ-3 о факте наличия перенапряжения в выходной цепи СПЭ.

4.2.2 УИК МКУ-3 после получения данного сообщения:

выдает циркулярно МПН-1 команду на отключение всех ЭМ0-ПН, включенных ранее в данном цикле выдачи выходного напряжения СПЭ\*;

выдает циркулярно МВК-1 команду на отключение всех УСК, включенных ранее в данном цикле выдачи выходного напряжения СПЭ\*;

выдает мигающие с частотой 0,5 Гц символы «» на цифровой индикатор «Код отказа / Pвых», расположенный на лицевой панели МКУ-3\*;

отключает сигнал на единичном световом индикаторе «ВКЛ.U вых.», расположенном на лицевой панели МКУ-3\*;

фиксирует причину отключения в ЭЖ\*;

выдает по ВИ на ВУКУ по его запросу соответствующее сообщение\*.

4.3 Повышение значения напряжения СЭС более установленного порога

4.3.1 Информация о текущем значении напряжения СЭС от датчика напряжения во входной цепи СПЭ поступает на МВУ-1, в котором сравнивается с установленным верхним пороговым значением (253 В).

При выявлении значения напряжения более установленного порога МВУ-1 формирует:

сигнал аварийного отключения на все МПН-1 по общей физической цепи (шине) «Авария 1»;

сигнал аварийного отключения на все МВК-1 по общей физической цепи (шине) «Авария 2»;

сигналы на отключение обоих УВО-1\*;

сообщение по ВСИ в ИУК МКУ-3 о факте наличия значения напряжения СЭС более установленного порога.

4.3.2 УИК МКУ-3 после получения данного сообщения:

выдает циркулярно МПН-1 команду на отключение всех ЭМ0-ПН, включенных ранее в данном цикле выдачи выходного напряжения СПЭ\*;

выдает циркулярно МВК-1 команду на отключение всех УСК, включенных ранее в данном цикле выдачи выходного напряжения СПЭ\*;

выдает мигающие с частотой 0,5 Гц символы «» на цифровой индикатор «Код отказа / Pвых», расположенный на лицевой панели МКУ-3\*;

отключает сигнал на единичном световом индикаторе «ВКЛ.U вых.», расположенном на лицевой панели МКУ-3\*;

фиксирует причину отключения в ЭЖ\*;

выдает по ВИ на ВУКУ по его запросу соответствующее сообщение\*.

4.4 Понижение значения напряжения СЭС менее установленного порога

4.4.1 Информация о текущем значении напряжения СЭС от датчика напряжения во входной цепи СПЭ поступает на МВУ-1, в котором сравнивается с установленным нижним пороговым значением (176 В).

При выявлении значения напряжения менее установленного порога МВУ-1 формирует:

сигнал аварийного отключения на все МПН-1 по общей физической цепи (шине) «Авария 1»;

сигнал аварийного отключения на все МВК-1 по общей физической цепи (шине) «Авария 2»;

сигналы на отключение обоих УВО-1\*;

сообщение по ВСИ в ИУК МКУ-3 о факте наличия значения напряжения СЭС менее установленного порога.

4.4.2 ИУК МКУ-3 после получения данного сообщения:

выдает циркулярно МПН-1 команду на отключение всех ЭМ0-ПН, включенных ранее в данном цикле выдачи выходного напряжения СПЭ\*;

выдает циркулярно МВК-1 команду на отключение всех УСК, включенных ранее в данном цикле выдачи выходного напряжения СПЭ;

выдает мигающие с частотой 0,5 Гц символы «» на цифровой индикатор «Код отказа / Pвых», расположенный на лицевой панели МКУ-3\*;

отключает сигнал на единичном световом индикаторе «ВКЛ.U вых.», расположенном на лицевой панели МКУ-3\*;

фиксирует причину отключения в ЭЖ\*;

выдает по ВИ на ВУКУ по его запросу соответствующее сообщение\*.

4.5 Повышение значения температуры окружающей среды более установленного порога

4.5.1 Информация о текущем значении температуры окружающей среды от датчика температуры, установленного в МВУ-1, сравнивается с верхним пороговым значением (52 º С).

При выявлении значения температуры более установленного порога МВУ-1 формирует:

сигнал аварийного отключения на все МПН-1 по общей физической цепи (шине) «Авария 1»;

сигнал аварийного отключения на все МВК-1 по общей физической цепи (шине) «Авария 2»;

сигналы на отключение обоих УВО-1\*;

сообщение по ВСИ в ИУК МКУ-3 о факте повышение значения температуры окружающей среды более установленного порога;

4.5.2 УИК МКУ-3 после получения данного сообщения:

выдает циркулярно МПН-1 команду на отключение всех ЭМ0-ПН, включенных ранее в данном цикле выдачи выходного напряжения СПЭ\*;

выдает циркулярно МВК-1 команду на отключение всех УСК, включенных ранее в данном цикле выдачи выходного напряжения СПЭ;

выдает мигающие с частотой 0,5 Гц символы «» на цифровой индикатор «Код отказа / Pвых», расположенный на лицевой панели МКУ-3\*;

отключает сигнал на единичном световом индикаторе «ВКЛ.U вых.», расположенном на лицевой панели МКУ-3\*;

фиксирует причину отключения в ЭЖ\*;

выдает по ВИ на ВУКУ по его запросу соответствующее сообщение\*.

4.6 Несанкционированное изъятие съемных составных частей СПЭ в течение цикла выдачи выходного напряжения

4.6.1 Информация о несанкционированном изъятии съемных составных частей СПЭ: модулей, УВО-1 (т.е. обрыве цепи «Комплект») в течение цикла выдачи выходного напряжения поступает на МВУ-1.

При выявлении данного факта МВУ-1 формирует:

сигнал аварийного отключения на все МПН-1 по общей физической цепи (шине) «Авария 1»;

сигнал аварийного отключения на все МВК-1 по общей физической цепи (шине) «Авария 2»;

сигналы на отключение обоих УВО-1\*;

сообщение по ВСИ в ИУК МКУ-3 о факте обрыва цепи «Комплект».

4.6.2 УИК МКУ-3 после получения данного сообщения:

выдает циркулярно МПН-1 команду на отключение всех ЭМ0-ПН, включенных ранее в данном цикле выдачи выходного напряжения СПЭ\*;

выдает циркулярно МВК-1 команду на отключение всех УСК, включенных ранее в данном цикле выдачи выходного напряжения СПЭ;

выдает мигающие с частотой 0,5 Гц символы «» на цифровой индикатор «Код отказа / Pвых», расположенный на ЛП МКУ‑3\*;

отключает сигнал на единичном световом индикаторе «ВКЛ.U вых.», расположенном на лицевой панели МКУ-3\*;

фиксирует причину отключения в ЭЖ\*;

выдает по ВИ на ВУКУ по его запросу соответствующее сообщение\*.

4.7 Отсутствие связи с ВУКУ в режиме дистанционного управления СПЭ

4.7.1 Отсутствие связи с ВУКУ в режиме дистанционного управления СПЭ до момента включения его выходного напряжения припосле включения выполнения контроля исходного состояния алгоритма его работы по ри его функционировании не изменяет текущий алгоритм

*Примечания к разделу 4:*

*1. При наличии более одной внешней аварийной ситуации на индикаторе «Код отказа / Pвых» отображаются символы только той из них, которая привела к аварийному отключению выходного напряжения СПЭ.*

*2. После несанкционированного изъятия любой съемной составной части СПЭ в течение цикла выдачи выходного напряжения и ее последующего установки на место следует перезапустить цикл работы СПЭ путем отключения и последующего включения сетевого коммутатора на ЛП МВУ-1.*

**5. ВЕДЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ЖУРНАЛА СПЭ**

5.1. Структура баз данных ЭЖ СПЭ

5.1.1 ЭЖ СПЭ состоит из двух информационно взаимосвязанных баз данных:

данные по СПЭ;

данные по модулям вида ЭМ1-ХХ в составе СПЭ;

5.1.2 Состав базы данных по СПЭ:

перечень серийных номеров модулей вида ЭМ1-ХХ в привязке к типам модулей, и месту установки в СПЭ;

суммарная наработка (в ЦР);

суммарная наработка в циклах выдачи выходного напряжения (ЦВВН);

порядковый номер отказа с кодом его причины в привязке к номеру ЦР (ЦВВН) и к соответствующей наработке;

данные о замене однотипных модулей с фиксацией их заводских номеров и суммарной наработки (с учетом примечания) до замены;

порядковый номер аварийного отключения СВЭП с указанием причины в привязке к номеру ЦР (ЦВВН) и к соответствующей наработке;

текущее количество работоспособных «линеек».

5.1.3 Состав базы данных по модулям вида ЭМ1-ХХ в составе СПЭ:

номенклатура (типы) модулей;

серийный номер модуля в привязке к его типу;

суммарная наработка (в ЦВВН) каждого канала модуля в привязке к его номеру, а также типу и серийному номеру модуля;

отказ каждого канала модуля в привязке к его номеру, суммарной наработке, а также типу и серийному номеру модуля и к порядковому номеру ЦР и (или) ЦВВН СПЭ.

*Примечание. После проведения ремонта модуля вида ЭМ1-ХХ путем замены компонентов каналов и последующей установки в СПЭ (без изменения серийного номера модуля ЭМ1-ХХ) для продолжения работы учет суммарной наработки всех его каналов проводится относительно наибольшего из значений, зафиксированных в ЭЖ для данного модуля.*

5.2. Количественные характеристики фиксируемых данных

5.2.1. Объемы фиксируемых в ЭЖ данных основаны на следующих требованиях к СПЭ:

средний срок службы – 15 лет (131 400 ч);

гамма-процентный ресурс – 120 000 ч;

гамма-процентная наработка до отказа – 20 000 часов;

время, в течение которого запись данных в ЭЖ не проводится (отключение записи при регламентных работах, ремонте и т.п.) – 11 400 ч;

средняя продолжительность ЦР – 24 часа;

общее количество ЦР - 5 000;

среднее количество ЦВВН за один ЦР – 2;

средняя продолжительность ЦВВН – 8 часов;

максимальное предполагаемое количество фиксируемых замен модулей вида ЭМ1-ХХ – 330 (в полугодовой и годовой регламенты).

5.2.2 Количественные характеристики фиксируемых в ЭЖ данных для СПЭ и для модулей вида ЭМ1-ХХ приведены в таблицах 1 и 2, соответственно.

Протокол сопряжения СТП с СПЭ по ВСИ

1. **Физический уровень сопряжения**
   1. Сопряжение СТП МВК1, МВК2, МВК3, МПН1, МПН2, МПН3, и МВУ реализуется через интерфейс RS‑485.
   2. В процессе сопряжения должны быть заданы следующие параметры:

* скорость передачи – 9600 бит/с,
* количество абонентов – от 2,
* каждый байт данных передается в стартстопном режиме с одним стартовым и одним стоповым посылками.

1. **Логическое сопряжение** 
   1. В начале тестирования СПЭ СТП находится в режиме ожидания. МКУ-3 периодически отправляет дежурный запрос к СТП (команда «A0»). В зависимости от выбранных в СТП проверок отправляется команда к одному или последовательно к нескольким модулям СПЭ. Модули при получении от СТП адресованных им соответствующих команд производят запрашиваемые действия для имитации в них соответствующих ошибок, после чего СТП подает на МКУ-3 команду продолжить работу .
   2. Обмен осуществляется байтами, представленными в символьном формате (шестнадцатиричном).
   3. Каждое сообщение, передаваемое по ВСИ, имеет формат, представленный в таблице 1, и содержит следующие поля:

* *код начала сообщения* – поле содержит константу “AA”. Прием данного кода позволяет вместе с адресом надежнее идентифицировать начало сообщения и исключить ложную синхронизацию приема данных;
* *адрес абонента* – поле содержит код, характеризующий адрес абонента в соответствии с таблицей 2;
* *код команды* – поле содержит код, характеризующий команду в соответствии с таблицей 3;
* *данные* – поле содержат передаваемые или возвращаемые данные в соответствии с таблицами 4-8;
* *КСМ* – поле содержит код контрольной суммы, представляющей собой математическую сумму всех предшествующих байтов сообщения
* *код конца сообщения* – поле, содержащее константу “0А”.

Таблица 1. Формат сообщения, передаваемого по ВСИ.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Код начала сообщения | Адрес  абонента | Код  команды | Данные | КСМ  (2 байта) | Код конца сообщения |
| 1 байт | 1 байт | 1 байт | 4 байта | Ст. б Мл. б | 1 байт |

Таблица 2. Кодирования поля адреса абонента

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номер | | Значение разряда\* | Примечание |
| байта | разряда |
| 1 | 0-3 | 0000 – МВК-1 «0»  0001 – МВК-2 «1»  0010 – МВК-3 «2»  0110 – МПН-1 «6»  0111 – МПН -2 «7»  1000 – МПН -3 «8»  1001 – МВУ «9»  1010 – ИУК-1 «A»  1011 – ИУК-1 «B»  1100 – СТП «C»  1111 – обращение ко всем однотипным мо дулям «F» | КНМ |
| 4-5 | 01 – МСВЭП №1 «1» | КН МСВЭП |
| 6,7 | 00 |  |

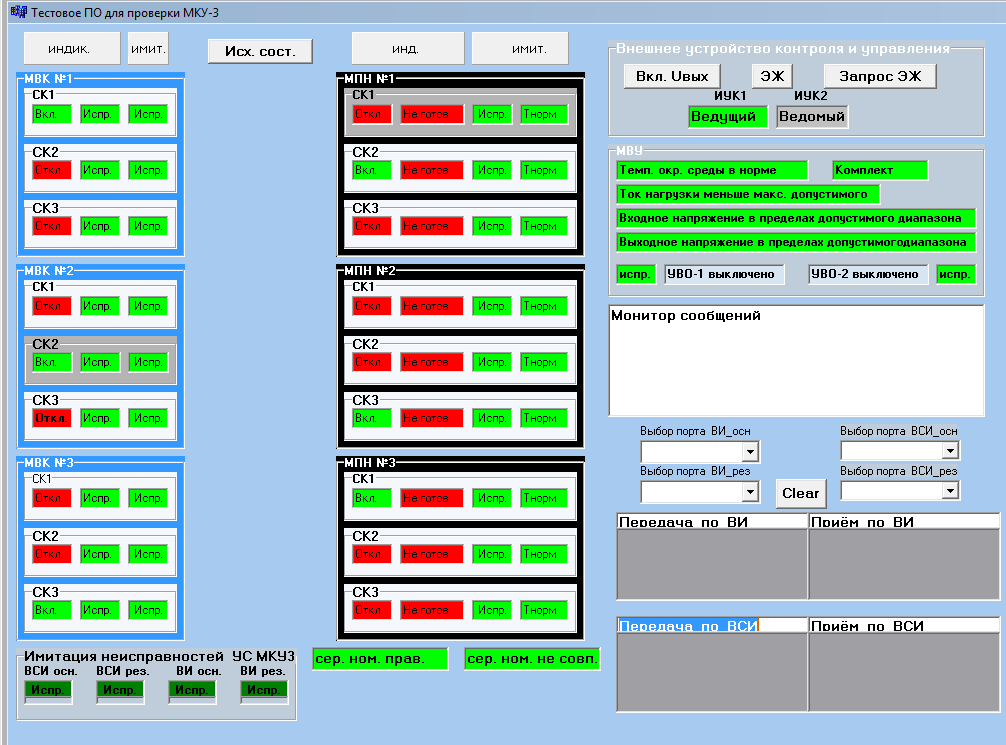
\* здесь и далее в графе «Значение разряда» указываются значения с увеличением номера разряд с права на лево (например, запись «001» означает следующие значения разрядов: 2 р. – «0», 1 р. – «0», 0 р. – «1»).

Таблица 3. Кодирование поля кода команды

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Код команды,  hex | Наименование команды / сообщения | Назначение команды | Направление передачи | Кодирование поля данных | Примечание |
| 02 | Выход значения входного напряжения за заданный диапазон значений | Имитация несоответствия значения напряжения на входной шине СПЭ, заданному диапазону значений (через МВУ-1) | От СТП  к МВУ |  |  |
| 03 | Некорректность серийного номера какого-либо из модулей СПЭ | Имитация неправильной структуры серийных номеров модулей СПЭ путем передачи по ВСИ команды имитации неправильного серийного номера выбранному модулю | От СТП  к выбранному модулю | Выбор модулей для записи некорректного серийного номера |  |
| 04 | Повторяемость серийного номера у каких-либо из модулей СПЭ | Имитация повторяемости серийных номеров модулей СПЭ путем передачи по ВСИ команды о присвоении серийного номера одного из выбранных модулей другим выбранным модулям того же типа | От СТП  к выбранному модулю |  |  |
| 05 | Обрыв цепи «Комплект» | Имитация обрыва цепи «Комплект» (через МВУ-1) | От СТП  К МВУ |  |  |
| 06 | Имитация недостаточного количества линеек для работы СПЭ | Имитация командами по ВСИ неисправности соответствующего количества линеек, с целью проверки работы алгоритма контроля достаточности ресурса СПЭ | От СТП |  |  |
| 07 | Отсутствие связи с ВУКУ | Имитация отсутствия связи МКУ-3 с ВУКУ в дистанционном режиме | От СТП  К МКУ-3 |  |  |
| 08 | Неисправность  ИУК-1 | Имитация неисправности ИУК-1 | От СТП  к МКУ-3 |  |  |
| 09 | Неисправность ИУК-2 | Имитация неисправности ИУК-2 | ОТ СТП  к МКУ-3 |  |  |
| 0A | Отказ соответствующего количества линеек, при включенном выходном напряжении | Имитация командами по ВСИ неисправности соответствующего количества линеек, с целью проверки работы алгоритма контроля достаточности ресурса СПЭ при включенном выходном напряжении | От СТП |  |  |
| 0B | Неисправность  УВО-1/УВО-2 | Имитация неисправности  УВО-1 и (или) УВО-2 выдачей соответствующей команды по ВСИ в МВУ-1 | От СТП |  |  |
| 0C | Выход значения Uвых за заданный диапазон значений | Имитация несоответствия значения напряжения на выходной шине СПЭ, заданному диапазону значений (через МВУ-1) | От СТП |  |  |
| 0D | Выход значения температуры корпусов модулей заданный диапазон значений | Имитация несоответствия значения температуры корпусов модулей СПЭ заданному диапазону значений | От СТП |  |  |
| 0E | Отказ основной части силового компонента | Имитация отказа основного компонента силовой части СПЭ | От СТП |  |  |
| 0F | Перегрузка по току или КЗ выходной цепи | Имитация перегрузки по току или КЗ выходной цепи СПЭ | От СТП |  |  |
| 10 | Перенапряжение в выходной цепи | Имитация перенапряжения в выходной цепи СПЭ | От СТП |  |  |
| 11 | Повышение значения напряжения СЭС выше установленного порога | Имитация повышения значения напряжения СЭС более установленного порога | От СТП |  |  |
| 12 | Понижение значения напряжения СЭС выше установленного порога | Имитация понижения значения напряжения СЭС более установленного порога | От СТП |  |  |
| 13 | Несанкционированное изъятие съемных частей СПЭ | имитацию несанкционированного изъятия съемных частей СПЭ в течение цикла выдачи выходного напряжения | От СТП |  |  |

**Интерфейс программы**

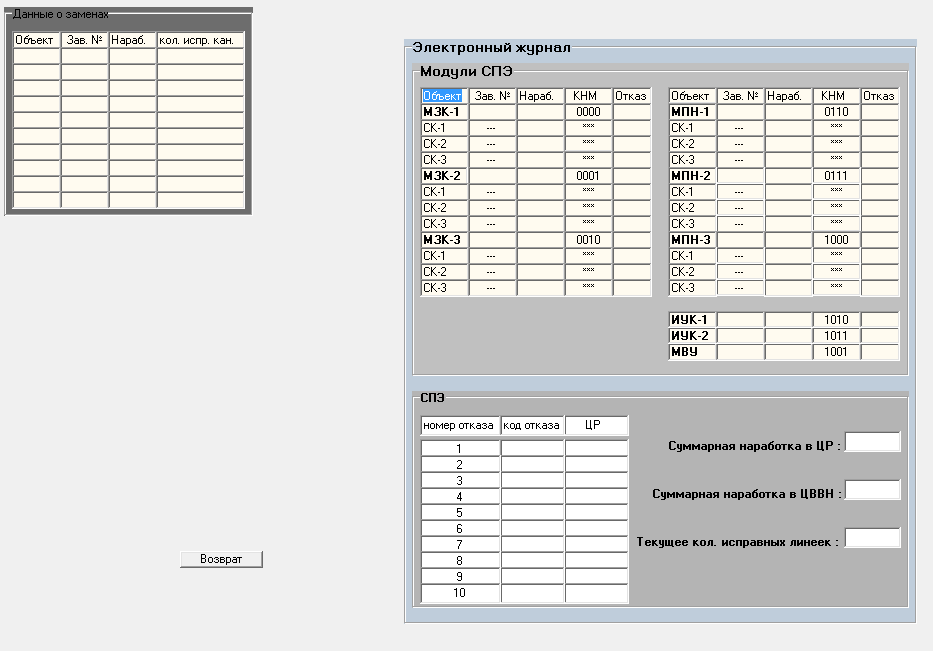
Модуль для проверки работы МКУ-3



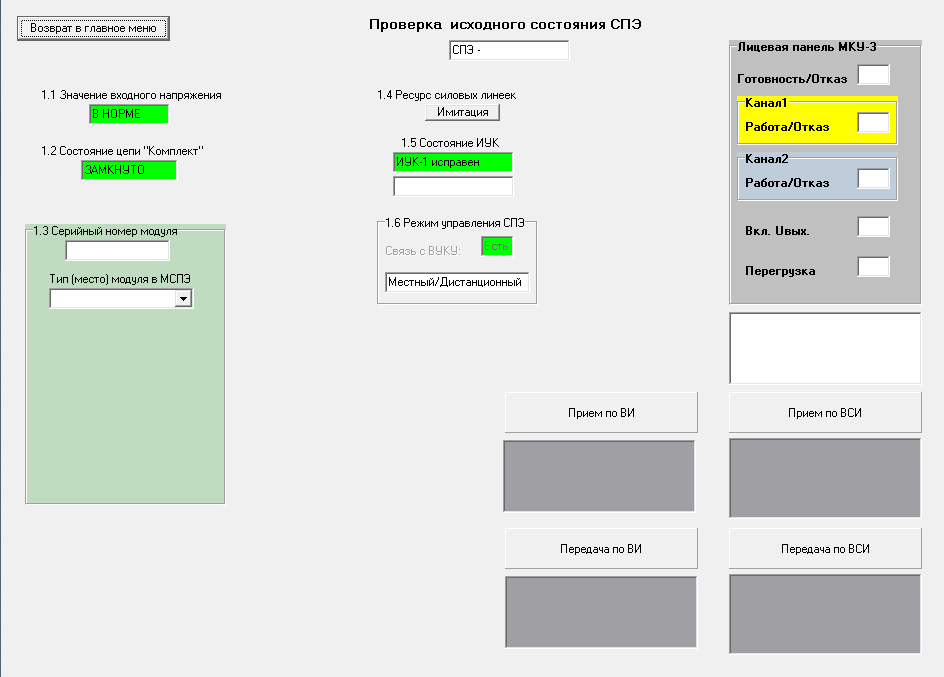
После подключения МКУ-3 к системному тестеру, нужно выбрать порты, по которым было произведено подключения, с помощью раскрывающихся списков в окне программы. Если подключение прошло успешно, то сообщение об этом будет показано на соответствующей панели.

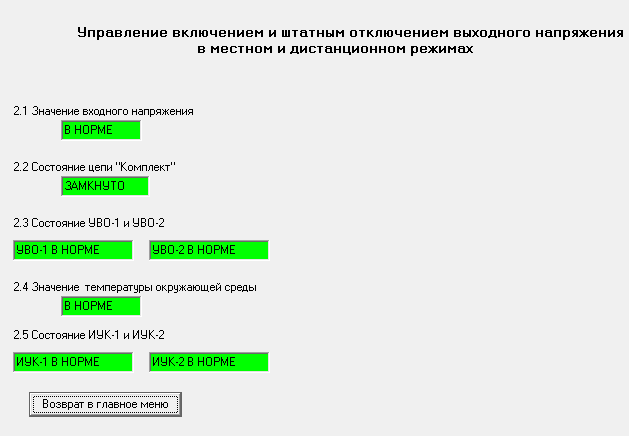
Далее, в зависимости от компонента, нуждающегося в проверке, изменяется индикация соответствующих иконок. Индикация изменяется по нажатию левой кнопки мыши на иконке.

В зависимости от выбранных действий на панелях приема может отображаться ответное сообщение от МКУ-3, а на панелях передачи сообщение передаваемое на него.

Модуль для контроля работы электронного журнала

Модуль используется для внесения изменений в записи электронного журнала и проверки реакции системы на внесенные изменения.

Модули для проверки исходного состояния СПЭ и для имитации внештатных ситуаций в ходе работы СПЭ



Работа с данными модулями производится аналогично работе с модулем проверки работы МКУ-3.

**Фрагменты кода программы**

//---------------------------------------------------------------------------

// Открытие формы

//-------------------------------------------------------------------

\_\_fastcall TForm1::TForm1(TComponent\* Owner)

: TForm(Owner)

{

AnsiString w;

TRegistry\* Reg=new TRegistry;

TStringList \*List=new TStringList;

Reg->RootKey=HKEY\_LOCAL\_MACHINE;

Reg->OpenKey("HARDWARE\\DEVICEMAP\\SERIALCOMM",false);

Reg->GetValueNames(List);

for (i=0; i<List->Count; i++)

{

w=Reg->ReadString(List->Strings[i]).SetLength(3);

if (w.SetLength(3)=="COM")

CB\_com\_vsi\_osn->Items->Add(Reg->ReadString(List->Strings[i]));

CB\_com\_vi\_osn->Items->Add(Reg->ReadString(List->Strings[i]));

CB\_com\_vsi\_res->Items->Add(Reg->ReadString(List->Strings[i]));

CB\_com\_vi\_res->Items->Add(Reg->ReadString(List->Strings[i]));

}

List->Free();

Reg->CloseKey();

Reg->Free();

}

//---------------------------------------------------------------------------

// Выбор порта ВСИ осн

//---------------------------------------------------------------

void \_\_fastcall TForm1::CB\_com\_vsi\_osnSelect(TObject \*Sender)

{

bool fs;

AnsiString M1,M2,M3,M4,M5,M6;

AnsiString str\_parity, str\_stopbit;

if(port\_vsi\_osn!=0) CloseHandle(port\_vsi\_osn);

port\_vsi\_osn=CreateFile(CB\_com\_vsi\_osn->Text.c\_str(),GENERIC\_READ|GENERIC\_WRITE,

0,NULL,OPEN\_EXISTING,FILE\_FLAG\_OVERLAPPED,0);

if(!GetCommState(port\_vsi\_osn,&lpDCB))

M\_send\_vsi->Lines->Add("Не удалось открыть порт");

else

{

lpDCB.BaudRate=CBR\_9600; // 9600

lpDCB.ByteSize=8; //8

lpDCB.Parity= NOPARITY; // 0

lpDCB.StopBits= ONESTOPBIT; // 0

if (!SetCommState(port\_vsi\_osn, &lpDCB))

{

M\_send\_vsi->Lines->Add("Установка параметров порта для связи с БУЧ не произведена.");

M\_send\_vsi->Lines->Add("Значения параметров недопустимые");

}

else

{

GetCommState(port\_vsi\_osn, &lpDCB);

M1="Открыт порт "

+ AnsiString(CB\_com\_vsi\_osn->Text.c\_str())+".";

M\_send\_vsi->Lines->Add(M1);

CommTimeOuts.ReadIntervalTimeout=10;

CommTimeOuts.ReadTotalTimeoutMultiplier=1;

CommTimeOuts.ReadTotalTimeoutConstant=100;

CommTimeOuts.WriteTotalTimeoutMultiplier=0;

CommTimeOuts.WriteTotalTimeoutConstant=0;

PurgeComm(port\_vsi\_osn,PURGE\_RXCLEAR);

PurgeComm(port\_vsi\_osn,PURGE\_TXCLEAR);

SetupComm(port\_vsi\_osn,128,128);

}

}

}

……………………………………………………………………………………………….

void \_\_fastcall TForm1::E\_mzk1\_sk1\_butClick(TObject \*Sender)

{

if (E\_mzk1\_sk1\_but->Color==clRed)

{

E\_mzk1\_sk1\_but->Color=clLime;

E\_mzk1\_sk1\_but->Text="Испр.";

}

else

{

E\_mzk1\_sk1\_but->Color=clRed;

E\_mzk1\_sk1\_but->Text="Отказ";

}

}

void \_\_fastcall TForm1::E\_mzk1\_sk2\_butClick(TObject \*Sender)

{

if (E\_mzk1\_sk2\_but->Color==clRed)

{

E\_mzk1\_sk2\_but->Color=clLime;

E\_mzk1\_sk2\_but->Text="Испр.";

}

else

{

E\_mzk1\_sk2\_but->Color=clRed;

E\_mzk1\_sk2\_but->Text="Отказ";

}

}

……………………………………………………………………………………………..

//---------------------------------------------------------------------------

// Таймер ожидания приёма по ВСИ осн

//-----------------------------------------------------

void \_\_fastcall TForm1::T\_read1\_vsi\_osnTimer(TObject \*Sender)

{

vsi\_osn=0;

vsi\_res=0;

ClearCommError(port\_vsi\_osn,&temp,&ComState);

if(ComState.cbInQue>0)

{

E\_send\_vsi->Color=clWindow;

E\_read\_vsi->Color=clBlue;

T\_read1\_vsi\_osn->Enabled=false;

T\_read2\_vsi\_osn->Enabled=true;

}

}

//---------------------------------------------------------------------------

// Таймер чтения по ВСИ осн

//---------------------------------------------------

void \_\_fastcall TForm1::T\_read2\_vsi\_osnTimer(TObject \*Sender)

{

ClearCommError(port\_vsi\_osn,&temp,&ComState);

ReadFile(port\_vsi\_osn,buf\_read\_vsi\_osn,ComState.cbInQue,&DWORD(n),&Overlapp);

R\_vsi\_osn=AnsiString(buf\_read\_vsi\_osn).SubString(1,n);

M\_read\_vsi->Lines->Add(R\_vsi\_osn.SubString(1,2)\

+" " +R\_vsi\_osn.SubString(3,2)\

+" " +R\_vsi\_osn.SubString(5,2)\

+" " +R\_vsi\_osn.SubString(7,2)\

+" " +R\_vsi\_osn.SubString(9,2)\

+" " +R\_vsi\_osn.SubString(11,2)\

+" " +R\_vsi\_osn.SubString(13,2)\

+" " +R\_vsi\_osn.SubString(15,2)\

+" " +R\_vsi\_osn.SubString(17,2)\

+" " +R\_vsi\_osn.SubString(19,2));

M->Lines->Add("Получено сообщение по ВСИ осн. : ("+IntToStr(n)+" символов) " );

T\_read2\_vsi\_osn->Enabled=false;

T\_read1\_vsi\_osn->Enabled=true;

E\_send\_vsi->Color=clWindow;

E\_read\_vsi->Color=clWindow;

//--------------------------------------------------------------------

//Вычисление контрольной суммы ks\_vsi\_osn

//--------------------------------------------------------------------

ks\_vsi\_osn=IntToHex((HexToInt(R\_vsi\_osn.SubString(1,2))+HexToInt(R\_vsi\_osn.SubString(3,2))\

+HexToInt(R\_vsi\_osn.SubString(5,2))+HexToInt(R\_vsi\_osn.SubString(7,2))\

+HexToInt(R\_vsi\_osn.SubString(9,2))+HexToInt(R\_vsi\_osn.SubString(11,2))\

+HexToInt(R\_vsi\_osn.SubString(13,2))),4);

if ((R\_vsi\_osn.SubString(1,2)=="AA")&& (R\_vsi\_osn.SubString(19,2)=="0A"))

{

if (R\_vsi\_osn.SubString(7,2)=="01")

{

E\_iuk1->Color=clLime;

E\_iuk2->Color=clRed;

}

if (R\_vsi\_osn.SubString(7,2)=="02")

{

E\_iuk1->Color=clRed;

E\_iuk2->Color=clLime;

}

vsi\_osn=1;

vsi\_res=0;

E\_vsi\_osn\_mon->Color=clLime;

E\_vsi\_res\_mon->Color=clInactiveCaption;

R=R\_vsi\_osn;

processing\_vsi();

}

else

T\_read1\_vsi\_osn->Enabled=true;

}

……………………………………………………………………………………………….

//-----------------------------------------------------------------------

//Функция передачи по ВСИ осн

//--------------------------------------------------------------------------

void \_\_fastcall TForm1::send\_vsi\_osn()

{

E\_send\_vsi->Color=clRed;

E\_read\_vsi->Color=clMedGray;

ClearCommError(port\_vsi\_osn,&temp,&ComState);

WriteFile(port\_vsi\_osn, T\_vsi.c\_str(), strlen(T\_vsi.c\_str()),&DWORD(n),&Overlapp);

if(GetLastError()!=ERROR\_IO\_PENDING)

M\_send\_vsi->Lines->Add("Нет передачи");

else

{

T\_send\_vsi\_osn->Enabled=true;

}

}

//--------------------------------------------------------------

//Таймер передачи ВСИ осн

//--------------------------------------------------------------

void \_\_fastcall TForm1::T\_send\_vsi\_osnTimer(TObject \*Sender)

{

T\_send\_vsi\_osn->Enabled=false;

GetOverlappedResult(port\_vsi\_osn,&Overlapp,&DWORD(n),false);

M\_send\_vsi->Lines->Add(T\_vsi.SubString(1,2)\

+" " +T\_vsi.SubString(3,2)\

+" " +T\_vsi.SubString(5,2)\

+" " +T\_vsi.SubString(7,2)\

+" " +T\_vsi.SubString(9,2)\

+" " +T\_vsi.SubString(11,2)\

+" " +T\_vsi.SubString(13,2)\

+" " +T\_vsi.SubString(15,2)\

+" " +T\_vsi.SubString(17,2)\

+" " +T\_vsi.SubString(19,2));

E\_send\_vsi->Color=clWindow;

E\_read\_vsi->Color=clWindow;

T\_read1\_vsi\_osn->Enabled=true;

}

……………………………………………………………………………………………….

//-------------------------------------------------------------------------

//Функция обработки ВСИ

//---------------------------------------------------------------------

void \_\_fastcall TForm1::processing\_vsi()

{

//--------------------------------------------------------------------------

// Обработка команды "1987" от МКУ-3 к МВУ (Отправка контр-й информации)

//--------------------------------------------------------------------------

if (R.SubString(3,4)=="1987")

{

if (E\_iuk1->Color==clLime)

T\_vsi="AA1A90000000";

if (E\_iuk1->Color==clRed)

T\_vsi="AA1B90000000";

//-----------------------------------------------------------------------

if (E\_temp->Color==clLime)

data=0;

if (E\_temp->Color==clRed)

data=1;

if (E\_nagr->Color==clRed)

data=data | 2;

if (E\_u->Color==clRed)

data=data|4;

if (E\_komp->Color==clRed)

data=data|8;

if (E\_uvo\_1->Color==clLime)

data=data|16;

if (E\_uvo\_2->Color==clLime)

data=data|32;

T\_vsi=T\_vsi+IntToHex(data,2);

ks\_send=IntToHex(HexToInt(T\_vsi.SubString(1,2))+HexToInt(T\_vsi.SubString(3,2))\

+HexToInt(T\_vsi.SubString(5,2))+HexToInt(T\_vsi.SubString(7,2))\

+HexToInt(T\_vsi.SubString(9,2))+HexToInt(T\_vsi.SubString(11,2))\

+HexToInt(T\_vsi.SubString(13,2)),4);

T\_vsi=T\_vsi+ks\_send+"0A";

if (vsi\_osn==1)

{

vsi\_osn=0;

if (vsi\_osn\_err==0) send\_vsi\_osn();

else T\_read1\_vsi\_osn->Enabled=true;

}

if (vsi\_res==1)

{

vsi\_res=0;

if (vsi\_res\_err==0) send\_vsi\_res();

else T\_read1\_vsi\_res->Enabled=true;

}

}

…………………………………………………………………………………………..

//====================================================================

// Обработка команды запроса серийного номера МВК3

//---------------------------------------------------------------------

if (R.SubString(3,4)=="1565")

{

if (E\_iuk1->Color==clLime)

T\_vsi="AA1A650002";

if (E\_iuk1->Color==clRed)

T\_vsi="AA1B650002";

T\_vsi=T\_vsi+ "1354";

ks\_send=IntToHex(HexToInt(T\_vsi.SubString(1,2))+HexToInt(T\_vsi.SubString(3,2))\

+HexToInt(T\_vsi.SubString(5,2))+HexToInt(T\_vsi.SubString(7,2))\

+HexToInt(T\_vsi.SubString(9,2))+HexToInt(T\_vsi.SubString(11,2))\

+HexToInt(T\_vsi.SubString(13,2)),4);

T\_vsi=T\_vsi+ks\_send+"0A";

if (vsi\_osn==1)

{

vsi\_osn=0;

if(vsi\_osn\_err==0) send\_vsi\_osn();

else T\_read1\_vsi\_osn->Enabled=true;

}

if (vsi\_res==1)

{

vsi\_res=0;

if(vsi\_res\_err==0) send\_vsi\_res();

else T\_read1\_vsi\_res->Enabled=true;

}

}

//=========================================================================

//Edit55->Text=take\_time();

//------------------------------------------------------------------------

}

**Результаты тестирования**

Тестирование модуля МКУ-3 проводилось на рабочем макете модуля. В ходе тестирования был обнаружен ряд недостатков в программном коде модуля, таких, например, как: неправильное формирование команд, несвоевременное подключение информационно-управляющих каналов к внутрисистемному интерфейсу, неверная реакция на команды, поступающие по внешнему интерфейсу от внешнего устройства контроля и управления. После внесения исправлений в программный код модуля, все тесты выдали положительный результат.

Из-за отсутствия макетов остальных модулей, тест их программного кода производился на отладочной плате ATmega 8535. В ходе теста не было обнаружено каких-либо серьезных нарушений в работе.

Анализ результатов тестирования показал огромное преимущество данной системы, по сравнению с уже существующими, в плане надежности

**Вывод**

В ходе выполнения курсовой работой было произведено тестирование системы преобразования энергии, принципиально отличающейся от уже существующих, наличием микроконтроллерного управления и встроенной системой искусственного интеллекта. Результаты теста показали значительное преимущество данной разработки в плане надежности и отказоустойчивости.

Также в ходе работы были изучены способы разработки тестирующего программного обеспечения и закреплены умения разработки приложений в целом.

**Список используемой литературы**

1. А.Я. Архангельский «Программирование в C++ Builder» 7-е изд. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2011 г.
2. Павлов В.Н., Ногин В.Н. «Схемотехника аналоговых электронных устройств». Москва, 2009
3. http:// [www.citforum.ru](http://www.citforum.ru)
4. http:// ru.wikibooks.org