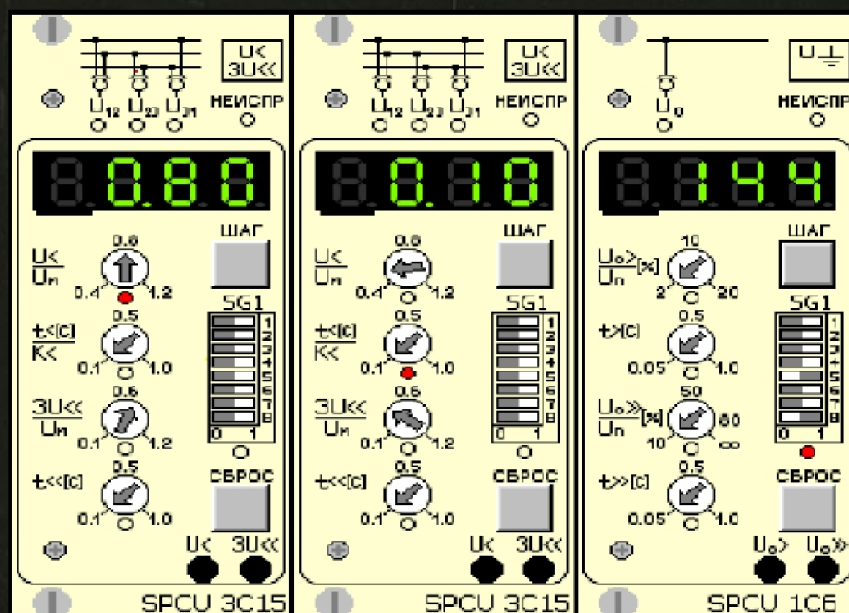


Костерин В.А.  
Иванов С.А.  
Чумычкин В.А.

# ПРОГРАММНО – ЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ ЗАЩИТЫ СЕРИИ SPAC 800



Методические указания

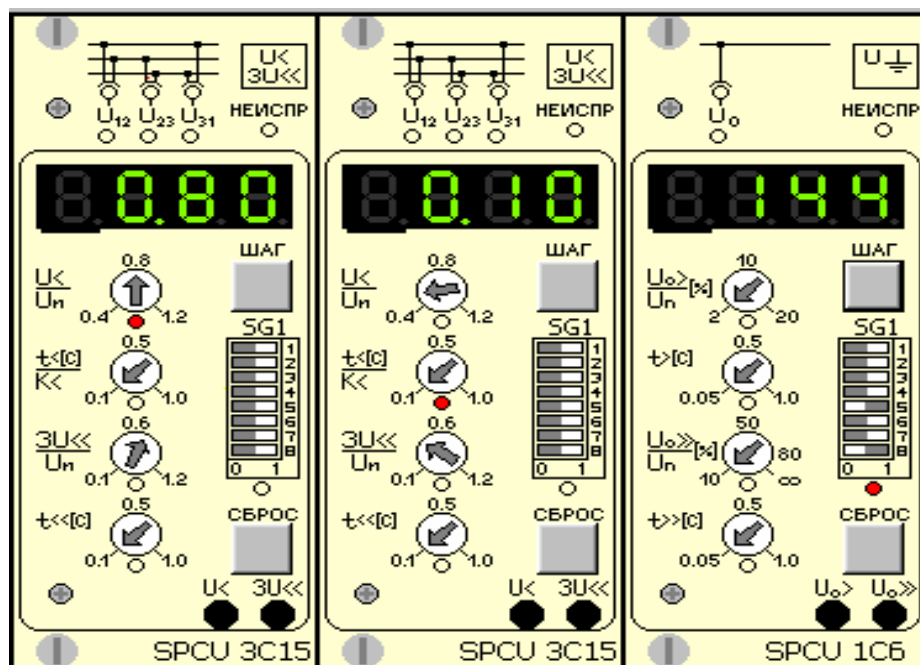
ЗАО “Инженерно - производственная фирма  
“РЕОН - ТЕХНО”

Учебный центр “Лидер”

Костерин В.А., Иванов С.А., Чумычкин В.А.

# Программно – логические модели микропроцессорных устройств защиты серии SPAC 800

Методические указания и задания  
для самостоятельной работы



Чебоксары  
2012

**УДК 621.316.925**

**Авторы:**

**Владимир Александрович Костерин**, канд. техн. наук, доцент кафедры электрических и электронных аппаратов Чувашского государственного университета им. И.Н. Ульянова;

**Сергей Анатольевич Иванов**, студент 4 курса электротехнического факультета Чувашского государственного университета им. И.Н. Ульянова;

**Владимир Анатольевич Чумычкин**, студент 4 курса электротехнического факультета Чувашского государственного университета им. И.Н. Ульянова.

**Рецензент:**

**А.А. Никитин**, канд. техн. наук, доцент.

**Костерин В.А., Иванов С.А., Чумычкин В.А. Программно – логические модели микропроцессорных устройств защиты серии SPAC 800: Методические указания и задания для самостоятельной работы / ЗАО “Инженерно - производственная фирма “Реон - Техно”, учебный центр “Лидер”. Чебоксары, 2012. – 44 с.**

Содержат сведения о программно – логических моделях (симуляторах) микропроцессорных устройств защиты и автоматики линий 6-10 кВ SPAC 801-01, защиты и автоматики асинхронных двигателей 6-10 кВ SPAC 802-01 и защиты и автоматики трансформаторов напряжения 6-10 кВ SPAC 804 производства предприятия “АББ Реле-Чебоксары”. Рассмотрено описание симуляторов и даны методические рекомендации по их практическому применению.

Предназначены для слушателей учебного центра “Лидер”, а также могут быть полезны персоналу, обслуживающему устройства серии SPAC 800 и студентам электротехнических специальностей ВУЗов.

Печатается в авторской редакции.

## Введение

Комплектные устройства защиты и автоматики распределительных сетей серии SPAC 800 (терминалы) выполнены на микропроцессорной элементной базе и предназначены для защиты и автоматики линий, асинхронных двигателей и других объектов напряжением 6 - 10 кВ /1/.

Фирма ABB Transmit OY (Финляндия) выпустила серию программ Simulator, предназначенных для изучения функций и характеристик различных цифровых реле серии Spacom /2/. Эти программы позволяют персоналу служб РЗА изучать выполнение различных операций по работе с реле, не имея “живого” образца.

Однако следует отметить, что данные симуляторы являются англоязычными и имеют ограниченные возможности по моделированию функций блоков защит, в частности, не моделируются характеристики ступеней токовых защит, процессы нагрева двигателя во времени и др.

На кафедре электрических и электронных аппаратов Чувашского государственного университета им. И.Н. Ульянова совместно с Центром инжиниринга и НИОКР предприятия “АББ Реле-Чебоксары” разработаны программно-логические модели (симуляторы) микропроцессорных устройств защиты и автоматики 6-10 кВ серии SPAC 800.

Симуляторы имеет русскоязычный интерфейс и работают под управлением операционной системы Windows 95 (98, 2000). Для нормальной работы симуляторов в операционной системе должны быть установлены шрифты MS Sans Serif, Arial и Times New Roman, а на дисплее должен быть установлен мелкий шрифт.

Каждый симулятор поставляются на дискете в виде одного саморазархивирующегося файла. Для разархивации файла симулятора его необходимо скопировать на жесткий диск и запустить на выполнение.

### Назначение симуляторов

Симуляторы устройств SPAC 800 представляют собой математическую модель, полностью повторяющую внешний вид и основные функции моделируемого устройства. Симуляторы позволяют приобрести навыки работы с устройствами серии SPAC 800, научиться выставлять уставки и положение ключей, проверять характеристики при имитации различных видов повреждений. Использование симуляторов позволяет более детально разобраться в функциональной схеме SPAC и проследить за работой светодиодной индикации и выходных реле при ручном задании сигналов от блоков защиты и входов. Кроме того, предусмотрен режим имитации различных видов повреждений с индикацией результатов работы защит.

Симуляторы имеет меню, где пользователь может выбрать нужный режим. Для наиболее часто выполняемых операций предусмотрены специальные кнопки на панели инструментов.

*Симуляторы позволяют:*

- выполнить настройку рабочей среды (установить цвета фона экрана и светодиодов, а также скорость работы симулятора);
- сохранить и при необходимости загрузить установки пользователя (если они были сохранены ранее) или стандартные (заводские) установки;
- изучить по отдельности работу блоков защит и управления;
- изучить совместную работу блоков защиты и управления SPAC 800.

## **Методические указания по работе с симуляторами**

### **Выставление уставок по току и времени**

Выставление уставок в блоках защит и логики рассмотрим на примере уставок по току для блока SPCJ 4D28 в SPAC 801. Уставки по времени выставляются аналогичным образом.

Уставки по току выставляются и выводятся на дисплей в относительных величинах по отношению к вторичному номинальному току  $I_n$  (5А или 1А), а уставки по времени – в абсолютных, т.е. в сек. Предположим, что для  $I_n = 5А$  установленное значение уставки второй ступени защиты от междуфазных замыканий равно  $I_{>>} = 0,85 \cdot I_n$  (т.е. 4,25А) и требуется выставить уставку  $I_{>>} = 1,2 \cdot I_n$  (т.е. 6А), что при коэффициенте трансформации трансформатора тока, например, 200/5 соответствует первичному току 240А.

*Выполнить следующие действия:*

1. Исходное положение – дисплей погашен. Выполнить вход в главное меню нажатием кнопки **Сброс/Шаг (С/Ш)** на 1с. Нажимая **С/Ш** на 1с, выполнить продвижение по меню до загорания светодиода  $I_{>>}$ . На дисплее зелеными цифрами высвечивается установленная уставка 0.85.

2. Нажатием кнопки **Програм (ПР)** на время  $\geq 5$  с выполнить переход в режим изменения уставки, при котором все цифры дисплея должны мигать.

3. Нажать кнопку **ПР** на 1 с, чтобы замигала крайняя правая цифра 5. Нажать кнопку **С/Ш** несколько раз и установить значение 0.

4. Нажать кнопку **ПР** на 1 с, чтобы замигала вторая цифра 8. Нажатием кнопки **С/Ш** установить значение 2.

5. Нажать кнопку **ПР** на 1 с, чтобы замигала крайняя левая цифра 0. Нажатием кнопки **С/Ш** несколько раз установить значение 1.

6. Нажать кнопку **ПР** на 1 с, чтобы замигала десятичная точка. Если необходимо, нажатием кнопки **С/Ш** установить ее правильное положение в числе.

7. Нажать кнопку **ПР** на время  $\geq 5$  с и добиться мигания всех цифр дисплея. Новая уставка 1.20 видна на экране. Если она выставлена неверно, то повторить установку с пункта 3. Если все правильно, то одновременным нажатием кнопок **С/Ш+ПР** записать уставку в память. При записи на дисплее кратковременно появляются символы “---”.

После записи уставки в память можно продолжить работу с меню.

*Примечание.* В блоках зашит SPCU 3C15 и SPCU 1C6 устройства SPAC 804 уставки по напряжению и времени устанавливаются “традиционным” способом путем вращения движка потенциометра с помощью отвертки, при этом на дисплее высвечивается текущее значение уставки. В симуляторе SPAC 804 эти операции моделируются нажатием на рисунке потенциометров кнопок мыши: левой (вращение движка против часовой стрелки) или правой (вращение движка по часовой стрелке).

### **Установка положения функциональных ключей**

Установку положения функциональных ключей рассмотрим на примере ключей SGF. Перед установкой нужно для каждого из ключей SGF1, SGF2 и т.д. исходя из выбранных режимов работы определить состояние каждого бита и подсчитать контрольные суммы (КС) /1/.

Для установки положения функциональных ключей SGF нужно последовательно выполнить следующие операции:

1. Исходное положение – дисплей погашен. Выполнить вход в главное меню нажатием кнопки С/Ш на 1с. Нажимая С/Ш на 1с, выполнить продвижение по меню вперед до загорания светодиода SGF. На дисплее высвечивается установленная КС первой группы ключей SGF1.

2. Нажатием кнопки ПР на время  $\geq 5$  с выполнить переход в режим установки ключей SGF1, при этом все цифры дисплея должны мигать.

3. Нажать кнопку ПР на 1 с. Левая немигающая красная цифра 1 указывает номер группы ключей (т.е. SGF1), следующая немигающая зеленая цифра 1 указывает номер ключа в этой группе (т.е. SGF1/1), крайняя правая мигающая цифра – положение этого ключа (1 или 0).

4. Нажатием кнопки С/Ш установить нужное положение ключа SGF1/1. Каждое нажатие кнопки С/Ш изменяет положение ключа: 0/1 или 1/0.

5. Нажать кнопку ПР на 1 с. Немигающая зеленая цифра 2 указывает номер следующего ключа в этой группе (т.е. SGF1/2), крайняя правая мигающая цифра – положение этого ключа (1 или 0). Повторить операции п.п. 3 - 4 и выставить положение всех остальных ключей в этой группе SGF1/2 – SGF1/8.

6. После программирования последнего ключа SGF1/8 и нажатия кнопки ПР на 1 с на дисплее мигающими цифрами высвечивается установленная КС ключей SGF1, которую нужно сравнить с ранее рассчитанной КС. Если эти суммы совпадают, то положение ключей SGF1 установлено правильно и их записывают в память одновременным нажатием кнопок С/Ш+ПР, при этом на дисплее кратковременно высвечиваются три зеленых тире “- - -”. После записи новая контрольная сумма высвечивается немигающими зелеными цифрами.

7. Если обнаружится, что установленная КС ключей неправильная, то повторением пунктов 3-5 выставить новое положение ключей.

8. Если по каким-либо причинам вы решите прервать установку ключей, то нужно нажать кнопку ПР на время  $\geq 5$  с и вернуться в меню без запоминания новых установок ключей.

8. После установки и записи в память положения ключей SGF1 нажать на 1с кнопку С/Ш, красная немигающая левая цифра 2 указывает на номер ключей

SGF2, три зеленые цифры справа показывают установленную КС ключей SGF2. Повторением пунктов 2-6 выставить и записать в память положение ключей SGF2. Повторить все операции для остальных ключей.

*Примечание.* В блоках защит SPCU 3C15 и SPCU 1C6 устройства SPAC 804 переключатели SG1 выведены непосредственно на переднюю панель этих блоков и установка их положения (0 или 1) выполняется нажатием на соответствующий ключ, при этом на дисплее высвечивается текущее значение КС. В симуляторе SPAC 804 эти операции моделируются нажатием левой кнопки мыши на рисунке данного ключа.

## **1. Симулятор устройства защиты и автоматики линий 6-10 кВ SPAC 801**

Симулятор SPAC 801-01 позволяет изучить по отдельности работу блоков SPCJ 4D28 и L2210, а также их совместную работу.

*Модель блока SPCJ 4D28 позволяет:*

- с помощью меню просмотреть все уставки, контрольную сумму и положение ключей;
- изменить значение уставок (основных и вспомогательных) и положение ключей;
- по функциональной схеме детально изучить внутреннюю структуру блока и установить на ней нужное положение ключей;
- выполнить имитацию вида повреждения с установкой входных токов, при этом моделируются характеристики всех ступеней защиты (в т.ч. обратнoзависимые с фиксацией времени срабатывания ступени). Результат имитации индицируется на экране однострочного дисплея и с помощью светодиодов. Матрица ключей позволяет с помощью мыши выставить нужное положение ключей SGR1-SGR11. После срабатывания уменьшением значения входного тока можно вернуть ступени в несработавшее состояние (коэффициент возврата  $K_v=0,96$ ).

*Модель блока L2210 позволяет:*

- с помощью меню просмотреть все уставки, контрольную сумму и положение ключей;
- изменить значение уставок и положение ключей;
- по структурной схеме проверить работу блока при задании входных сигналов от блока входов и от блока SPCJ 4D28, которые задаются вручную мышью. При этом моделируется срабатывание выходных реле и выключателя, а также индикация светодиодов;
- по функциональной схеме детально изучить внутреннюю структуру блока и установить на ней нужное положение ключей. В этом режиме можно проверить работу блока при задании входных сигналов от блока входов и от блока SPCJ 4D28, которые задаются вручную мышью. При этом моделируется срабатывание выходных реле без выключателя. В меню <Симулятор/Схемы защит> можно выбрать устройство защиты и автоматики, реализованное в блоке L2210, после чего схема этого устройства будет высвечена красным цветом. Здесь же можно выбрать нужный масштаб отображения схемы на экране.



*Примечание. В блоке управления моделируются только самые необходимые выдержки времени, которые влияют на логику работы блока.*

Модель SPAC 801 позволяет выполнить имитацию вида повреждения с установкой входных токов, при этом результатом имитации является срабатывание реле и индикация светодиодов. В этом режиме выходные сигналы SS1-TS3 от блока SPCJ 4D28 подаются непосредственно на входы блока L2210.

## **Настройка рабочей среды симулятора**

1. Запустить симулятор (файл Spac801.exe) и после вывода заставки нажать ОК. На экране появится графическое изображение передней панели SPAC 801-01.
2. Открыть пункт меню ? Справка (или клавиша F1) и просмотреть содержание пункта Вызов справки. Изучить назначение всех пунктов меню и кнопок на панели инструментов.
3. Подобрать наиболее приемлемые для вас:
  - цвет фона и цвета свечения светодиодов;
  - скорость движения по меню (обычно это положение Нормально).
4. Для выбора режима работы отдельно с блоками SPCJ 4D28, L2210 или со всем устройством SPAC 801-01 нужно воспользоваться одним из способов:
  - выбрать соответствующий пункт в меню Симулятор;
  - нажать соответствующую кнопку на панели инструментов;
  - щелкнуть мышью в любом месте рисунка панели данного блока.

### **1.1. Изучение работы блока защит SPCJ 4D28**

#### **Работа с меню блока**

1. Выбрать режим работы с блоком SPCJ 4D28 и включить его питание. После включения питания выполняется тест блока, после чего дисплей становится темным.

Выполнить круговое движение по меню блока вперед и назад. Просмотреть уставки по току и времени, а также контрольные суммы ключей. При движении по меню желательно иметь перед собой схему меню /1/.

Обратить внимание на то, что:

- при просмотре значений токов на дисплее они представлены в относительных единицах ( $I/I_n$ ), а времена – в сек;
- при просмотре значения уставки по току  $I_{cr>>}$  горит светодиод  $I>>$ , при просмотре значения уставки по времени  $t_{cr>>}$  горит этот же светодиод, но на левом индикаторе загорается “1”.

2. Зайти в подменю Группа переключателей SGF1 и убедиться в том, что их КС = 0. Если КС  $\neq 0$ , то ее нужно установить в 0.

3. Установить следующие уставки срабатывания защиты от междуфазных замыканий при независимой характеристике ступени  $I>$  (рис.1-1б):

$I>$	$t>$	$I>>$	$t>>$	$I>>>$	$t>>>$
1	10с	2	6с	4	3с



4. Установить следующие уставки срабатывания защиты от замыканий на землю при независимой характеристике ступени  $I_0>$ :

$I_0>$	$t_0>$	$I_0>>$	$t_0>>$
0,5	10с	3	5с

5. Установить для ключей блока SPCJ 4D28 следующие КС:

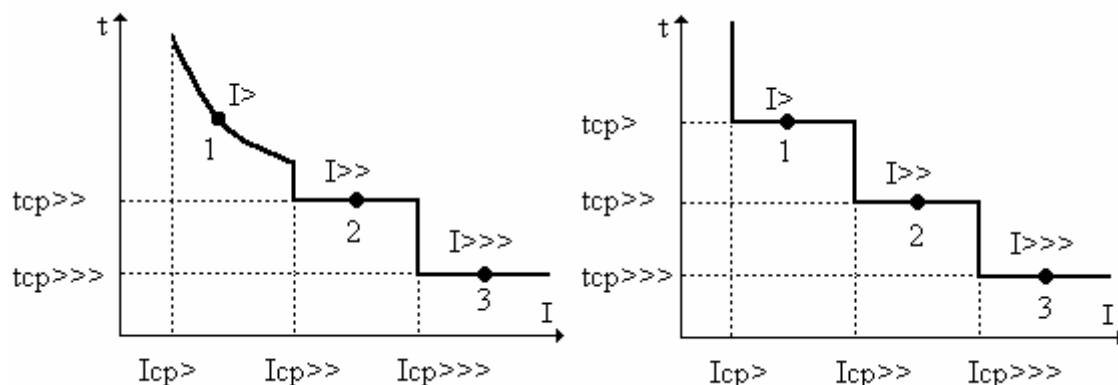
- $SGF1 = 0$  (независимые характеристики ступеней защит  $I>$  и  $I_0>$ );
- $SGF2 = 0$  (все ступени защит введены в работу и нет фиксации их пусков);
- $SGF3 = 0$  (защита  $I\Delta$  введена в работу и нет блокировки ступеней  $I>$  и  $I_0>$  при запуске ступеней защит  $I>>$ ,  $I>>>$  и  $I_0>>$ );
- $SGF4, SGF6, SGF7$  и  $SGF8 = 0$  (эти ключи в СПАС не используются);
- $SGF5 = 170$  (на зажигание VD “Сраб” действуют только сигналы TS блока защит);
- $SGB1 = 0$  (нет блокировки срабатывания ступеней защит от сигнала BS1);
- Для ключей SGR установить следующие контрольные суммы (в строке “Сигнал” таблицы показаны действия ступеней защит на выходы блока при заданной КС):

Ключ	SGR1	SGR2	SGR3	SGR4	SGR5
КС	0	2	1	8	0
Сигнал	–	$t>\rightarrow TS1$	$I>>\rightarrow SS1$	$t>>\rightarrow TS2$	–

Ключ	SGR6	SGR7	SGR8	SGR9, 10	SGR11
КС	8	0	4	0	8
Сигнал	$t>>>\rightarrow TS2$	–	$t_0>\rightarrow SS2$	–	$t\Delta\rightarrow TS2$

6. Установить следующие уставки срабатывания защиты от несимметрии фаз:  $I\Delta = 20\%$  и  $t\Delta = 5с$ .

7. Сохранить данные уставки как пользовательские: <Настройка / Сохранить настройки>.



а) обратозависимая характеристика третьей ступени  $I>$

б) независимая характеристика третьей ступени  $I>$

Рис. 1-1. Характеристики трехступенчатой токовой защиты от междуфазных к.з.

8. Перейти в регистр А меню и зайти в подрегистр 4. Там должно быть установлено значение “0” – основные уставки, следовательно, все выставленные нами ранее уставки являются основными. Установить в подрегистре 4 значение “1” – вспомогательные уставки.

9. Вернуться в меню к уставке ступени I> и убедиться в том, что высвечивается заводская уставка  $I_{cr>} = 0.5$ . *Обратить внимание, что при движении по меню при основных уставках светодиоды горят непрерывно, а при вспомогательных уставках они мигают.*

Снова перейти в подрегистр 4 регистра А, установить режим основных уставок, вернуться к уставке ступени I> и убедиться в том, что уставка  $I_{cr>}$  имеет значение 1, выставленное ранее в п.3.

### **Работа с функциональной схемой блока**


1. Вывести на экран функциональную схему блока (Симулятор / Функциональная схема блока SPCJ 4D28 или Alt+F) и изучить ее. Обратить внимание на ключи, выводящие ступени защит из работы и на ключи, блокирующие пуск ступеней I> и I<sub>0</sub>> от других ступеней, а также блокировку срабатывания ступеней сигналом BS1. Убедиться в том, что положение ключей SGF2, SGF3 и SGB1 соответствует установленным ранее в п.5.

2. Записать положение ключей SGF5, затем установить их мышью в состояние “0”, перейти в режим меню и убедиться в том, что оно соответствует установленному на функциональной схеме. Установить в меню прежнее положение ключей SGF5, перейти в режим функциональной схемы блока и убедиться в том, что оно соответствует установленному в меню.

3. Закрыть режим функциональной схемы блока.

### **Работа с имитатором входных токов**

**Общие сведения.** Имитация входного тока производится с целью проверки работы ступеней защит модели СПАС 801-01 при различных повреждениях на линии.

При вызове этого режима (*дисплей блока должен быть темным!*) из меню <Симулятор / Имитация входного тока> или кнопкой  на экран выводится панель, на которой выбирается номинальный вторичный ток, вид повреждения, задается ток повреждения по отношению к номинальному вторичному току, причем, значение тока повреждения выводится на экран также в абсолютных величинах, и, кроме того, индицируется время срабатывания и вид характеристик ступеней. Запуск имитатора производится кнопкой “Пуск”, кнопкой “Прервать” можно остановить процесс имитации, а кнопка “Отмена” отменяет режим имитации.

### **Защита от междуфазных замыканий**

#### **А. Независимая характеристика третьей ступени I>**

а) Активизировать режим имитации входных токов, установить повреждение фаз В-С и проверить работу ступеней защиты от междуфазных замыканий для входных токов, соответствующих точкам 1, 2 и 3 на рис.1-1б. Результаты должны

соответствовать табл.1-1. После каждого пуска кнопкой “Сброс” приводить схему имитатора в исходное состояние.

Для одного из режимов после срабатывания ступени защиты плавно уменьшать входной ток и добиться ее возврата. Зафиксировать ток возврата  $I_v$  и определить коэффициент возврата:  $K_v = I_v / I_{cp}$ .

Таблица 1-1

Номер запуска	$I_{vx}/I_n$	Пуск	Срабатывание	Индикация	$t_{cp}$ , с
1	5	$I>$ , $I>>$ , $I>>>$	$I>>>$	5→6	3
2	3	$I>$ , $I>>$	$I>>$	3→4	6
3	1.5	$I>$	$I>$	1→2	10

б) После выполнения трех запусков защиты просмотреть содержимое регистров 1-5, в которых фиксируются параметры токов и времена запуска ступеней. Содержимое этих регистров должно соответствовать нижеследующим таблицам:

Регистры	1 и 2	1.1 и 2.1	1.2 и 2.2
Ток $I_{vx}/I_n$	1.5	3	5

Регистр	4	4.1	4.2	4.5
$t>$ , %	100	60	30	3

Регистр	5	5.1	5.2	5.5
$t>>$ , %	0	100	50	2

В регистрах 1 и 2 фиксируются в относительных единицах токи фаз А и В, при которых происходил запуск ступеней. Так как ток каждого следующего запуска сдвигает значение тока предыдущего запуска в подрегистры, то в регистрах 1 и 2 будут записаны токи последнего запуска – 1.5, затем предпоследнего 3 и т.д.

В регистрах 4 и 5 фиксируются относительные времена запуска ступеней  $t>$  и  $t>>$ , а в последних подрегистрах 4.5 и 5.5 фиксируется число запусков соответствующей ступени. Ступень  $t>$  запускалась все 3 раза, первый раз на 3 с, второй – на 6 с, третий раз она сработала. В первом случае время запуска составит  $3/10 \cdot 100 = 30\%$ , во втором случае -  $6/10 \cdot 100 = 60\%$ , в третьем –  $100\%$  (здесь “10” – уставка по  $t_{cp} = 10$  сек).

Ступень  $t>>$  запускалась 2 раза: первый раз на 3 с ( $3/6 \cdot 100 = 50\%$ ), второй раз она сработала ( $100\%$ ). При третьем пуске эта ступень не запускалась ( $0\%$ ).

в) Проверить прохождение сигналов пуска и срабатывания ступеней на выходы SS1 – TS4 при изменении положений ключей матрицы SGR. Восстановить начальное положение этих ключей.

г) Переключателями SGF5 убрать вывод индикации на светодиод СРАБ и проверить работу защиты. Восстановить начальное положение этих ключей.

д) Проверить работу защиты при блокировке пуска ступени  $I>$  сначала от ступени  $I>>$  ( $SGF3/6=1$ ), затем от  $I>>>$  ( $SGF3/7=1$ ).

е) Проверить работу защиты при выводе ступеней из действия: сначала  $I>>$  ( $SGF2/6=1$ ), затем  $I>>>$  ( $SGF2/7=1$ ) и, наконец, обеих ступеней.

ж) Проверить работу защиты для указанных входных токов при блокировке срабатывания от сигнала BS1 сначала для ступени  $t>>$  ( $SGB1/2=1$  и  $BS1=1$ ), затем для  $t>$  ( $SGB1/1=1$  и  $BS1=1$ ). Значение сигнала BS1 устанавливается мышью прямо на экране имитатора (это значение не связано с реальным сигналом блокировки по входу X19:7 блока входов).

### Б. Обратная характеристика третьей ступени $I>$

а) Установить чрезвычайно-инверсную характеристику третьей ступени защиты  $I>$  ( $SGF1/1=1$ ,  $SGF1/2=0$ ,  $SGF1/3=0$ ).

б) Установить следующие уставки срабатывания защиты от междуфазных замыканий:

$I>$	K	$I>>$	$t>>$	$I>>>$	$t>>>$
1	1	7	1с	15	0,5с

в) Проверить работу ступеней защиты для входных токов, соответствующих точкам 1, 2 и 3 на рис.1а. Результаты должны соответствовать табл.1-2.

Таблица 1-2

$I_{вх}/I_n$	Пуск	Срабатывание	Индикация	$t_{ср}$ , с
20	$I>$ , $I>>$ , $I>>>$	$I>>>$	$5 \rightarrow 6$	0,5
10	$I>$ , $I>>$	$I>>$	$3 \rightarrow 4$	1
5	$I>$	$I>$	$1 \rightarrow 2$	3,3

### Защита от несимметрии фаз

Проверить работу защиты от несимметрии фаз при ее вводе и выводе из работы, а также при блокировке срабатывания сигналом BS1. Напомним, что ранее выставлены следующие уставки срабатывания защиты от несимметрии фаз:  $I_{дср} = 20\%$  и  $t_{дср} = 5с$ .

### Проверка обратных характеристик ступени $I>$

1. Снять обратную зависимость  $t_{ср} = f(I_*)$  ступени  $I>$  для различных типов характеристик при  $K=1$ . Результаты должны соответствовать табл.1-3 ( $t_{ср}$  – в сек). Для того, чтобы срабатывание происходило по характеристике ступени  $I>$ , ступени  $I>>$  и  $I>>>$  должны быть выведены из работы (установить ключи  $SGF2/6=1$  и  $SGF2/7=1$ ).

2. Снять и построить обратную зависимость  $R_{XIDG}$  – типа ступени  $I>$  для различных значений K. Результаты должны соответствовать табл.1-4.

Значения времен срабатывания в табл.1-3 и 1-4 получены расчетным путем по соответствующим формулам /1/.

Таблица 1-3

Вид характеристики	Входной ток $I_*$						
	2	3	5	8	10	15	20
Инверсная	10,03	6,3	4,28	3,3	2,97	2,52	2,27

Сильно инверсная	13,5	6,75	3,37	1,93	1,5	0,96	0,71
Чрезвычайно инверсная	26,67	10	3,33	1,27	0,81	0,36	0,2
Длительно инверсная	120	60	30	17,14	13,33	8,57	6,32
RI – типа	4,52	3,84	3,43	3,23	3,17	3,09	3,06
RXIDG – типа	4,86	4,32	3,63	2,99	2,69	2,14	1,76

### Зависимость $\tau_{cp}(I_*)$ для характеристик RXIDG – типа

Таблица 1-4

Коэффициент К	Входной ток $I_*$						
	2	3	5	8	10	15	20
0,5	3,93	3,38	2,69	2,06	1,76	1,21	0,82
0,1	1,76	1,21	0,52	Не определено			

## 1.2. Изучение работы блока управления L2210

### Работа с меню блока

1. Из меню <Симулятор / Блок L2210> или кнопкой **L2210** на панели инструментов вывести на экран рисунок передней панели блока управления L2210 и включить его питание.

2. Выполнить движение по меню блока вперед. В пунктах меню 1InP и 2InP записать состояние входов, затем вывести структурную схему блока и убедиться, что оно соответствует реальному положению входных ключей блока входов. Изменить в схеме состояние входов X19:6 и X19:8 на “1”, снова зайти в меню и убедиться, что в нем отображаются новые значения этих входов. Вернуть исходное состояние входов X19:6 и X19:8 (т.е. “0”).

3. Аналогичным образом в пунктах меню 3Out и 4Out просмотреть состояние выходов и убедиться, что оно соответствует положению выходных реле блока выходов.

### Изучение действия выходных сигналов SS1-TS3 блока SPCJ 4D28 на выходные реле и светодиоды сигнализации

Активные выходные сигналы SS1-TS3 блока защит действуют на светодиоды сигнализации и срабатывание (или возврат) реле блока выходов (табл.1-6). Это действие определяется схемой блока и поэтому ключами SG3 его можно изменить только в небольших пределах, указанных в табл.1-6.

**Задание.** Вывести на экран структурную схему блока и установить положение ключа SG1/1=0 (вывод УРОВ). Активизируя мышью последовательно сигналы SS1-TS3, проверить их действие на реле и светодиоды сигнализации в соответствии с табл.1-6. Там, где это необходимо, выполнить переключения ключей SG3 непосредственно на структурной схеме блока, куда они выведены для удобства пользователей.

*Примечания.* 1. После каждого запуска схемы от сигналов SS1-TS3 кнопкой СБРОС привести структурную схему симулятора в исходное состояние. В исходном состоянии выключатель линии включен, сигнал РПВ=1 (реле К2.7 подтя-

нуто), сигнал РПО=0 (реле К2.8 отпущено). В сработавшем состоянии также находятся реле К1.1 (Неисправность), К1.8 и К2.6 (РФК).

2. Сработавшие реле определяются по обмотке, которая закрашивается красным цветом.

Таблица 1-6

Сигнал	Срабатывают реле	Отпадают реле	Зажигаются светодиоды
SS1=1	K1.5;	—	—
TS1=1	K1.6, K1.7, K2.2	—	—
SS2=1	K1.6, K1.7 при SG3/6=0; K2.3, K2.4 при SG3/6=1	—	VD4 при SG3/6=0; —
TS2=1	K1.2, K1.7, K2.5, K2.8	K2.7	VD1
SS3=1	—	—	—
TS3=1	K1.6, K1.7	—	—

### Проверка работы отдельных устройств блока

В этом разделе изучается и проверяется работа отдельных устройств блока. Схемы проверяемых устройств входят в состав функциональной схемы СПАС 801, которую можно вывести на экран, а также приведены в виде отдельных схем в техническом описании на СПАС 801 и в пособии /1/, которые можно использовать при работе с симулятором.

#### Цепи выключателя

Вывести на экран структурную схему L2210. Изучить по схеме работу цепей выключателя. В исходном состоянии выключатель линии включен, его соленоид отключения СО обтекает током около 3 мА и реле К2.7 (РПВ) находится в сработавшем состоянии, контролируя цепь отключения.

При отключенном выключателе его катушка включения КВ обтекает током около 3 мА, реле К2.8 (РПО) находится в сработавшем состоянии, контролируя цепь включения.

#### Задание

1. Установить ключ М/Д (вход X19:5) в отключенное состояние, что соответствует режиму Местное управление.

2. Подать сигнал на отключение выключателя, замкнув мышью контакт на входе РКО (X18:7) и наблюдать за срабатыванием реле К1.2 (на 1с) и отключением выключателя линии. При отключении реле РПВ отпадает, реле РФК К1.8 и К2.6 также отпадают, а реле РПО - срабатывает. Оставить ключ РКО замкнутым и через 10с наблюдать за срабатыванием реле К1.6 и К1.7 и зажиганием светодиода VD8 “Неисправность цепей управления”. Разомкнуть ключ на входе РКО.

3. Подать сигнал на включение выключателя, замкнув мышью контакт на входе РКВ (X18:5) и наблюдать за срабатыванием реле К1.3 (на 1с) и включением выключателя линии. При включении реле РПВ срабатывает, реле РФК К1.8 и К2.6 также срабатывают, а реле РПО - отпадает. Разомкнуть ключ на входе РКВ.

4. Перевести ключ М/Д во включенное состояние, что соответствует режиму **Дистанционное управление** и попытаться снова отключить выключатель по входу РКО. Убедиться в том, что это выполнить нельзя. Снова перевести этот ключ в положение **Местное управление**.

5. Установить ключ SG1/8 в положение “0” непосредственно на схеме и попытаться отключить выключатель по входу РКО. Убедиться в том, что это выполнить нельзя, т.к. все реле блока выходов заблокированы. Снова перевести этот ключ в положение “1”.

### **Защита от замыканий на землю**

Действие защиты от замыканий на землю зависит от состояния переключателя SG3/6. При SG3/6=0 сигнал SS2 вызывает срабатывание реле предупредительной сигнализации K1.6 и реле “Вызов” K1.7, при этом зажигается светодиод VD4 “Земляная защита” в блоке L2210.

При SG3/6=1 сигнал SS2 действует на реле отключения от защит K2.3 без выдержки времени, а на реле K2.4 - с выдержкой времени порядка 0,5 с.

**Задание.** Изучить работу защиты в различных режимах.

1. *Проверка действия защиты при SG3/6=1.* Проверить работу защиты подачи сигнала SS2=1 и наблюдать за срабатыванием реле K2.3 и K2.4.

2. *Проверка действия защиты при SG3/6=0.* Проверить работу защиты подачи сигнала SS2=1 и наблюдать за срабатыванием реле K1.6 и K1.7, а также зажиганием светодиода VD4. Изменяя состояние ключей SG3/7 и SG3/8, выполнить включение реле K1.6 на разное время: 1с (положение ключей 1 0 соответственно), 10с (0 1) или длительно (0 0 или 1 1).

### **Ускорение защит**

Цепь ускорения защит при включении организована с использованием выходного сигнала блока защит SS1, на который действует сигнал пуска МТЗ I>>.

Выходной сигнал действия защиты вводится / выводится программным переключателем SG1/2 и действует одновременно на:

- отключение выключателя – реле K1.2;
- светодиод VD2 “Ускорение”;
- сигнализацию – реле K1.7 “Вызов”.

**Задание.** Проверить работу схемы путем моделирования режима включения на к.з. Для этого отключить выключатель (при этом РПО=1), подать сигнал SS1 и наблюдать за срабатыванием реле K1.2 и K1.7 и зажиганием светодиода VD2 “Ускорение”. Проверить работу схемы для различных положений ключа SG1/2.

### **Устройство резервирования отказов выключателя (УРОВ)**

Если при к.з. выключатель не отключает линию (при этом остается активным сигнал TS2, на который при заводских установках действуют сигналы  $t_{>>}$  и  $t_{>>>}$ ), то через время  $t_{уров}$  резервными реле УРОВ K1.4 и K2.1 отключается рабочий ввод секции.

Действие УРОВ вводится / выводится ключом SG1/1. Выходной сигнал схемы УРОВ воздействует на внешние цепи при помощи двух реле K1.4 и K2.1.



**Задание.** Проверить работу схемы. Для этого подать поочередно сигналы TS2 и Внешнее отключение (при SG1/3=1 и SG1/3=0) и наблюдать за срабатыванием реле K1.4 и K2.1. Проверить действие ключа SG1/1.

### Цепь перегрузки

Реле перегрузки K2.2 срабатывает при активизации сигнала TS1, на который действует сигнал срабатывания перегрузки  $t_{\text{н}}$ . Проверить работу этой цепи.

### Дуговая защита

Возможно три варианта организации цепей дуговой защиты:

- только от датчика дуговой защиты;
- с использованием внешнего сигнала пуска защиты “блокировка защит” (по напряжению) (вход X19:7);
- с использованием пуска дуговой защиты по току (сигнал SS1, на который действует сигнал пуска MT3 I>>).

Выбор варианта защиты определяется состоянием переключателей SG3/1, SG3/2.

**Задание.** Проверить работу защиты в следующей последовательности:

1. *Работа без пуска.* Установить положение ключей SG3/1=0, SG3/2=0 и SG1/6=0, подать сигнал от дуговой защиты путем замыкания контакта на входе X18:2 и наблюдать за срабатыванием реле K1.7 и зажиганием светодиода VD5 “Дуговая защита”. Установить SG1/6=1 и наблюдать за срабатыванием реле K1.2, K2.5, K2.8 и возвратом реле K2.7. Снять сигнал от дуговой защиты.

2. *Работа с использованием внешнего сигнала пуска защиты “блокировка защит”.*

а) Установить SG3/1=1 и SG3/2=0, разомкнуть контакт на входе X19:7 (что соответствует сигналу "1"), подать сигнал от дуговой защиты, и наблюдать через время 10с за срабатыванием реле K1.6 и K1.7, а также зажиганием светодиода VD5. Снять сигнал от дуговой защиты.

б) Замкнуть контакт на входе X19:7 (что соответствует сигналу "0"), подать сигнал от дуговой защиты путем замыкания контакта на входе X18:2, и наблюдать за срабатыванием реле K1.2, K1.7, K2.5, K2.8 и возвратом реле K2.7, а также зажиганием светодиода VD5. Разомкнуть контакт X18:2.

3. *Работа с использованием внешнего сигнала пуска защиты по току* (сигнал SS1). Установить SG3/1=0, SG3/2=1 и SG1/6=1.

а) Установить SS1=0 (нет пуска от I>>). Подать сигнал от дуговой защиты и наблюдать за срабатыванием через 10с реле K1.7 и K1.6, а также зажиганием светодиода VD5. Снять сигнал от дуговой защиты.

б) Установить SS1=1 (есть пуск от I>>). Подать сигнал от дуговой защиты и наблюдать за срабатыванием (без выдержки времени) реле K1.2, K1.7, K2.5, K2.8 и возвратом реле K2.7, а также зажиганием светодиода VD5. Снять сигнал от дуговой защиты.

## Газовая защита

При действии газовой защиты на сигнализацию обеспечивается светодиодная и контактная сигнализация с выдержкой времени порядка 10 с (в симуляторе не моделируется).

Газовая защита на сигнал (ГЗС) (вход X19:13) действует на срабатывание реле К1.6, а газовая защита на отключение (ГЗО) (вход X19:12) действует на отключение выключателя через срабатывание реле К1.2. В то же время каждая из этих защит действует на срабатывание реле К1.7 и зажигание светодиода VD7 “АПВ или Газовая защита”.

**Задание.** Проверить работу защиты в следующей последовательности:

1. *Проверка действия защиты на сигнал.* Подать сигнал от газовой защиты путем замыкания контакта на входе X19:13 и наблюдать за срабатыванием реле К1.7 и зажиганием светодиода VD7, а также через 10с срабатыванием реле К1.6. Разомкнуть контакт X19:13.

2. *Проверка действия защиты на отключение.* Подать сигнал от газовой защиты на отключение путем замыкания контакта на входе X19:12 и наблюдать за срабатыванием реле К1.2, К1.7, К2.8 и возвратом реле К2.7, а также зажиганием светодиода VD7. Разомкнуть контакт X19:12.

## Автоматическое повторное включение (АПВ)

В симуляторе моделируется выдержка времени только однократного АПВ (t3 в меню блока L2210).

Разрешение ввода АПВ производится внешним ключом “ключ АПВ” (вход X18:6).

Сигнал АПВ используется в схеме включения реле К1.3, а также приводит к срабатыванию реле К1.7 “Вызов” и зажиганию светодиода VD7 “АПВ или Газовая защита”.

Работу схемы АПВ удобно представить в виде логического выражения:

$$\text{АПВ} = \overline{\text{ЗАПРЕТ}} \wedge \text{КлючАПВ} \wedge \overline{\text{РФК}} \wedge \overline{\text{РПО}} \wedge (\text{АЧР} \wedge \overline{\text{SG2/5}}) \wedge (\text{АВТ} \wedge \text{SG2/6}),$$

где:

$$\text{ЗАПРЕТ} = \text{РКО} \vee (\text{ГЗО} \wedge \text{SG2/4}) \vee (\text{АВТ} \wedge \text{SG2/1}) \vee (\text{ДЗО} \wedge \text{SG2/2}) \vee (\text{ВО} \wedge \text{SG2/3}) \vee \text{SS3} \vee \text{УРОВ},$$

$\vee$  - функция “ИЛИ”;                       $\wedge$  - функция “И”;                      ГЗО – вход X19:12;

АВТ – вход X18:9;                      ВО – вход X19:9;                      РКО – вход X18:7;

ДЗО – сигнал 9 на отключение дуговой защиты;                      АВТ - вход X18:9.

КлючАПВ – вход X18:16;                      РФК – выход схемы РФК;

РПО - вход X18:15;                      АЧР - вход X19:2;

**Задание.** Для проверки пуска АПВ нужно установить в блоке L2210 выдержку времени  $t3 = 5\text{с}$  и замкнуть ключ АПВ на входе X18:6.

Мышью подать и сразу снять сигнал TS2 и наблюдать через  $t_{\text{апв}} = 5\text{с}$  за включением выключателя, срабатыванием реле К1.7, К1.3 и зажиганием VD7.

## Цепи отключения

Схема цепей отключения объединяет все цепи, воздействующие на реле К1.2 “Откл”. На выходное реле отключения действуют сигналы:

- от измерительного блока (TS2);
- внешнего отключения (10);
- от ключа “отключить” (1);
- дуговой защиты (9);
- газовой защиты (6);
- ускорения (18);
- от АЧР (3);
- от противоаварийной автоматики (7).

**Задание.** Последовательно задавая активные сигналы на входах цепи отключения, наблюдать за срабатыванием реле К1.2, при отключении от противоаварийной автоматики и дуговой защиты проверить действие ключей SG1/5 и SG1/6.

*Примечания.* 1. Работу схемы ускорения можно не проверять, так как в п.3 уже было проверено действие цепи ускорения на реле К1.2.

2. После каждого отключения нужно снова включить выключатель ключом РКВ (X18:5).

## Цепи включения

Включение выключателя производится устройством при помощи реле К1.3, контакты которого обеспечивают включающий импульс в течение времени 1 с.

**Задание.** Отключить выключатель ключом РКО (X18:7) и снова включить его ключом РКВ (X18:5). Проверить работу схемы при снятом сигнале АВ ШП (разомкнуть ключ на входе X18:8).

## Контроль цепей управления

Контроль исправности цепей включения и отключения производится встроенными элементами РПВ “Реле положения включено” и РПО “Реле положения отключено”. При нахождении их в одном состоянии “0” загорается светодиод VD8 “Неисправность цепей управления” через время порядка 10 с и срабатывают выходные реле К1.6 и К1.7.

Схема реагирует также на пропадание сигнала АВ ШП и длительное замыкание ключей РКО или РКВ путем срабатывания через время 10с реле К1.6 и К1.7 и зажигания светодиода VD8 “Неисправность цепей управления”.

**Задание.** Проверить работу схемы в следующей последовательности:

1. Замкнуть ключ РКО на входе X18:7. Через время 10с срабатывают реле К1.6, К1.7 и загорается светодиод VD8 “Неисправность цепей управления”. Разомкнуть ключ РКО.

2. Замкнуть ключ РКВ на входе X18:5. Через время 10с срабатывают реле К1.6, К1.7 и загорается светодиод VD8. Разомкнуть ключ РКВ.

3. Разомкнуть ключ АВ ШП на входе X18:8. Через время 10с срабатывают реле К1.6, К1.7 и загорается светодиод VD8. Замкнуть ключ АВ ШП.

## Цепи сигнализации

Блок управления своими светодиодными индикаторами сигнализирует о срабатывании различных каналов защит, кроме того, срабатывает реле К1.7 “Вызов”.

На лицевой панели блока управления восемь светодиодных индикаторов показывают действие следующих каналов защиты:

- |                           |        |                            |        |
|---------------------------|--------|----------------------------|--------|
| • отключение от защит     | – VD1; | • дуговая защита           | – VD5; |
| • ускорение защит         | – VD2; | • автоматика (АЧР/ШМН)     | – VD6; |
| • внешнее отключение      | – VD3; | • АПВ/газовая защита       | – VD7; |
| • защита от зам. на землю | – VD4; | • неискр. цепей управления | – VD8. |

**Задание.** Изучить схему цепей сигнализации. В проверке работы этой схемы нет необходимости, т.к. все ее цепи проверялись ранее при изучении соответствующих защит.

### 1.3. Изучение работы устройства SPAC 801- 01

Загрузить пользовательские настройки, в которых ранее были установлены независимые характеристики всех ступеней защиты.

Вывести функциональную схему блока SPCJ 4D28, на которой все ступени защит ввести в действие и убрать блокировку ступеней от всех источников.

Вывести на экран функциональную схему L2210 с панелью имитации токов (кнопка **SPAC** или < Симулятор / Симулятор SPAC 801>). Непосредственно на этой схеме установить следующее положение ключей:

- SG1/1 = 1 (ввод цепи УРОВ);
- SG1/3 = 1 (ввод действия Внешнего отключения на реле УРОВ);
- SG1/2 = 1 (ввод цепи ускорения);
- SG3/6 = 0 (действие защиты  $t_{0>}$  на сигнал);
- SG1/6 = 1 (действие дуговой защиты на отключение выключателя);
- SG3/5 = 1 (ввод действия цепи противоаварийной автоматики на реле K1.6).

#### Проверка работы защиты от междуфазных замыканий

1. Установить на панели имитации токов режим междуфазных замыканий А-В и ток  $I/I_n=1.5$  (пуск и срабатывание ступени  $t_{>}$ ). Срабатывание этой ступени вызывает активацию сигнала TS1, который приводит к срабатыванию реле K1.6, K1.7 и K2.2. Выполнить пуск и наблюдать за срабатыванием указанных реле через  $t_{>cp} = 10с$ .

2. Установить ток  $I/I_n=3$  (пуск и срабатывание ступени  $t_{>>}$ ). Пуск этой ступени вызывает активацию сигнала SS1 (от  $I_{>>}$ ), что приводит к срабатыванию реле K1.5. Срабатывание этой ступени активирует сигнал TS2 (от  $t_{>>}$ ), что приводит к срабатыванию реле K1.2 и K1.7 и зажиганию VD1.

Выполнить пуск и наблюдать за срабатыванием указанных реле и зажиганием VD1 через  $t_{>>cp} = 6с$ .

3. Установить ток  $I/I_n=5$  (пуск и срабатывание ступени  $t_{>>>}$ ). Срабатывание этой ступени вызывает активацию сигнала TS2, что приводит к срабатыванию реле K1.2, K1.7 и зажиганию VD1. Выполнить пуск и наблюдать за срабатыванием указанных реле и зажиганием VD1 через  $t_{>>>cp} = 3с$ .

## Проверка работы защиты от несимметрии фаз

Сигнал TS3, на который действует защита  $I_{\Delta}$ , вызывает срабатывание реле К1.6 и К1.7. Установить на панели имитации токов для режима несимметрии фаз значение  $I_{\Delta}=30\%$ . Выполнить пуск и наблюдать за срабатыванием указанных реле через  $t_{\Delta cp} = 5c$ .

## 2. Симулятор устройства защиты и автоматики асинхронных двигателей 6-10 кВ SPAC 802

Загрузочный файл симулятора имеет имя Spac802.exe. После его загрузки установите необходимые параметры среды симулятора (цвета светодиодов и фона, скорость работы). Работа с меню, выставление уставок и положений ключей симулятора SPAC 802 выполняются так же, как и в симуляторе SPAC 801 (см. выше).

### 2.1. Изучение работы блока защит SPCJ 4D34

1. Из меню Симулятор или кнопкой **SPCJ** на панели инструментов вывести на экран рисунок передней панели блока защит SPCJ 4D34 и включить его питание. После включения питания устанавливается значение  $\theta_o=70\%$ , что выше уставки  $\theta_i$ , поэтому на дисплее загорается цифра 1, означающая запрет повторного пуска ЭД. Так как ЭД не включен, то значение  $\theta_o$  быстро снижается и примерно через 20 с запрет снимается и экран становится темным.

2. Установить следующие уставки срабатывания тепловой защиты:

$I_{\theta}/I_n$	$t_{6x}$	P	$\theta_a$	$\theta_i$	$k_c$
1	15c	50%	80%	50%	3

Установленное значение  $t_{6x} = 15$  с соответствует постоянной времени нагрева ЭД  $\tau_n = 32 \cdot t_{6x} = 32 \cdot 15 = 480$  с и охлаждения  $\tau_o = k_c \cdot \tau_n = 3 \cdot 480 = 1440$  с.

3. Установить следующие уставки срабатывания защит пускового режима и от междуфазных замыканий:

$I_s/I_n$	$t_s$	$I_{>>}/I_n$	$t_{>>}$
2	15c	3	10c

4. Установить следующие уставки срабатывания защит от замыканий на землю, несимметрии фаз, потери нагрузки и счетчика суммарного времени пуска:

$I_o>/I_n$	$t_o>$	$I_{\Delta}$	$t_{\Delta}$	$I_{<}$	$t_{<}$	$\Sigma t_s$	$\Delta t_s$
40%	5c	20%	20c	50%	10c	11c	20c/ч

Параметры  $\Sigma t_s$  и  $\Delta t_s$  определялись из условия, что время пуска ЭД равно 10с, разрешается два пуска ЭД из холодного состояния и следующий пуск возможен лишь через 30 мин /1/.

*Примечание.* Значение уставок можно значительно быстрее выставить непосредственно в окне “Уставки” после открытия панели имитации режимов повреждений кнопкой **SI**. При нажатии на кнопки  $\Delta$  или  $\nabla$  значение уставки

можно увеличить или уменьшить, если же щелкнуть мышью в области, где указано значение уставки, то выводится окно “Ввод уставки”, в котором можно с клавиатуры ввести нужную уставку. Последний способ рекомендуется в случае, когда значение выставленной уставки значительно отличается от текущего.

5. Для ключей блока SPCJ 4D34 установить следующие КС:


- $SGF = 145$  (ключи  $SGF/1$ ,  $SGF/5$  и  $SGF/8 = “1”$ , остальные - “0”);
- $SGR1 = 129$  (ключи  $SGR1/1$  и  $SGR1/8 = “1”$ , остальные - “0”);
- $SGR2 = 0$ ;
- $SG4 = 1$ ; (ключ  $SG4/1 = “1”$ , остальные - “0”);
- $SGB = 0$ .

Установленное значение ключей определяет следующее действие защит блока SPCJ 4D34 на его выходы SS1...TS2:

Запуск ЭД	Срабат. $\theta_t$	$\theta > \theta_a$	Запрет пуска	$I_s >$	$t_s >$	$I >>$	$t >>$	$t \Delta$	$t <$	$t_o >$
–	TS2	SS2	TS1	–	TS2	–	SS3, TS2	TS2	TS2	TS2

6. Сохранить данные уставки как пользовательские.

### Имитация режимов работы блока SPCJ 4D34

Кнопкой  или из меню <Симулятор / Имитация входного тока> открыть панель имитации режимов работы блока SPCJ 4D34. В окне “Уставки” выводятся текущие значения уставок, в окне “Имитация режимов работы” устанавливается режим работы и вид повреждения ЭД.

Выполнить проверку блока защит в следующих режимах работы.

#### Проверка защиты от междуфазных замыканий $I >>$

**Задание.** а) Для проверки защиты от междуфазных замыканий нужно:

- мышью активизировать окно “Междуфазные к.з.  $I >>$ ”;
- установить номинальный ток устройства  $1A$  или  $5A^1$ ;
- указать поврежденные фазы, например, А-В.
- в окне “Входной ток” движком установить значение входного тока  $3.5$ , что превышает уставку  $I >>_{cr} = 3$ , установленную ранее;
- нажать кнопку “Пуск”, при этом загорается VD пуска защиты  $I >>$ .

Через время уставки  $t >>_{cr} = 10$  с наблюдать за срабатыванием защиты:

- загораются светодиоды СРАБ,  $t >>$ , SS3 и TS2;
- в окне “Время срабатывания” индицируется время  $t_{cr} = 10$  с;
- на дисплее загорается красная цифра 4;
- загораются светодиоды  $I_a$  и  $I_b$  поврежденных фаз.

<sup>1</sup> Этот пункт имеет чисто символическое значение, т.к. значение входного тока задается в долях от  $I_n$ . Установленный номинальный ток  $I_n$  влияет лишь на абсолютное значение входного тока, устанавливаемого движком в окне “Входной ток”.

Двигатель отключается. В регистрах 1 и 2 фиксируются токи поврежденных фаз А и В, равные 3.5, а в подрегистр 2.1 записывается значение 100%, т.к. защита  $I_{>}$  сработала.

б) Проверить работу защиты:

- при входном токе  $I_{вх} = 2.5$ , что меньше  $I_{>ср}$ ;
- при выводе защиты из работы (ключ  $SGF/1 = 0$ ) и  $I_{вх} = 3.5$ ;
- при включенных ключах  $SGR2/3$  и  $SGR1/4$ .

Нажатием кнопки “Сброс” вернуть модель к исходному состоянию, кнопкой “Сброс рег.” сбросить регистры симулятора.

### Проверка защиты от замыканий на землю $I_{o>}$

**Задание.** а) Для проверки защиты от замыканий на землю нужно:

- мышью активизировать окно “Замыкание на землю  $I_{o>}$ ”;
- установить номинальный ток устройства 0.2 А или 1А;
- в окне “Входной ток” движком установить значение входного тока 50%, что превышает уставку  $I_{o>ср} = 40\%$ , установленную ранее;
- нажать кнопку “Пуск”, при этом загорается VD пуска защиты  $I_{o>}$ .

Через время уставки  $t_{o>ср} = 5$  с наблюдать за срабатыванием защиты:

- загораются светодиоды СРАБ,  $t_{o>}$  и TS2;
- в окне “Время срабатывания” индицируется время  $t_{ср} = 5$  с;
- на дисплее загорается красная цифра 7;
- загорается светодиод  $I_{o>}$ .

Двигатель отключается. В регистре 4 фиксируются ток, равный 50%, а в регистр 4.1 записывается значение 100%, т.к. защита  $I_{o>}$  сработала.

б) Проверить работу защиты:

- при входном токе  $I_{овх} = 30\%$ , что меньше  $I_{o>ср}$ ;
- при блокировке защиты сигналом BS (установить  $SGB/4 = 1$  и разомкнуть ключ на входе X19:7, при этом  $BS = 1$ );
- при включенных ключах  $SGR1/6$  и  $SGR2/7$

Нажатием кнопки “Сброс” вернуть модель к исходному состоянию, кнопкой “Сброс рег.” сбросить регистры симулятора.

### Проверка защиты от несимметрии фаз $I_{\Delta}$

**Задание.** а) Для проверки защиты от несимметрии фаз нужно:

- мышью активизировать окно “Несимметрия фаз  $\Delta I$ ”;
- в окне “Входной ток” установить значение несимметрии фаз  $I_{\Delta вх} = 25\%$ , что превышает уставку  $I_{\Delta ср} = 20\%$ .

Для  $I_{\Delta} = 25\%$  и базового времени срабатывания  $t_{\Delta} = 20$ с (это значение установлено ранее) по кривым рис.3-9 в /1/ (или в техническом описании) определяем время срабатывания защиты от несимметрии фаз  $t_{\Delta ср} = 3,2$ с.

- нажать кнопку “Пуск”, при этом загорается VD пуска защиты  $I_{\Delta}$ .

Через время уставки  $t_{\Delta ср} = 3,2$  с наблюдать за срабатыванием защиты:

- загораются светодиоды СРАБ,  $t_{\Delta}$  и TS2;



- в окне “Время срабатывания” индицируется время  $t_{ср} = 3,2$  с;
- на дисплее загорается красная цифра 5.

Двигатель отключается. В регистре 5 фиксируется значение несимметрии фаз 0.25 If, а в регистр 5.1 записывается значение 100%, т.к. защита Id сработала.

б) Проверить работу защиты:

- при входном токе  $I_{вх} = 15\%$ , что меньше  $I_{ср}$ ;
- при выводе защиты из работы (ключ SGF/5 = 0);
- при блокировке защиты сигналом BS (установить SGB/3 = 1 и разомкнуть ключ на входе X19:7, при этом BS = 1);
- при включенных ключах SGR1/5 и SGR2/6.

Нажатием кнопки “Сброс” вернуть модель к исходному состоянию, кнопкой “Сброс рег.” сбросить регистры симулятора.

### Проверка защиты от потери нагрузки I<

**Задание.** Для проверки защиты от потери нагрузки нужно:

- мышью активизировать окно “Потеря нагрузки I<”;
- в окне “Входной ток” движком установить значение входного тока 30% (диапазон уставок 12...50%), что ниже уставки  $I_{ср} = 50\%$ , установленной ранее;
- нажать кнопку “Пуск”, при этом загорается VD пуска защиты I<.

Через время уставки  $t_{ср} = 10$  с наблюдать за срабатыванием защиты:

- загораются светодиоды СРАБ,  $t_{ср}$  и TS2;
- в окне “Время срабатывания” индицируется время  $t_{ср} = 10$  с;
- на дисплее загорается красная цифра 8.

Двигатель отключается. В регистрах 1, 2 и 3 фиксируются ток, равный 0.3, а в регистр 3.1 записывается значение 100%, т.к. защита I< сработала.

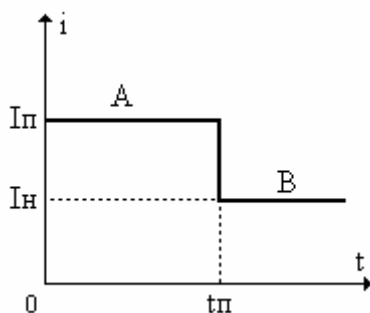
б) Проверить работу защиты:

- при входном токе, выходящем из диапазона 12...50%;
- при выводе защиты из работы (ключ SGF/8 = 0);
- при включенных ключах SGR1/7 и SGR2/8.

Нажатием кнопки “Сброс” вернуть модель к исходному состоянию, кнопкой “Сброс рег.” сбросить регистры симулятора.

### Пуск ЭД и проверка защиты пускового режима Is

**Задание.** Для пуска ЭД и проверки защиты пускового режима нужно:



1. Мышью активизировать окно “Пуск и работа ЭД под нагрузкой”;

2. В соответствующих окнах мышью установить значения:

- коэффициента пуска  $K_p = I_p / I_n = 6$ , где  $I_p$  — пусковой ток ЭД,  $I_n$  — номинальный ток ЭД;
- тока нагрузки ЭД после пуска  $I_n / I_n = 0,5$ ;
- начальное значение нагрева ЭД  $\theta_0 = 0\%$ ;
- время пуска  $t_p = 10$  с (рис.2-1).

Рис.2-1. Модель пускового тока ЭД

## А. Нормальный пуск ЭД

Выполнить пуск модели (не двигателя!) кнопкой “Пуск”. Так как значение  $\theta_0 > \theta_i$  ( $\theta_i = 50\%$ ), то горит светодиод блокировки пуска  $\theta > \theta_i$ , сигнал  $TS1=0$  и на дисплее высвечивается красная цифра 3, сигнализирующая о том, что из этого состояния запустить ЭД нельзя. Двигатель обесточен, поэтому значение  $\theta_0$  начнет быстро снижаться и после снижения  $\theta_0$  ниже значения  $\theta_i$  светодиод  $\theta > \theta_i$  и цифра 3 гаснут, после чего можно запустить ЭД. Этот режим моделирует работу блока SPCJ 4D34 после включения питания, когда автоматически устанавливается значение  $\theta_0 = 70\%$ .

Установить значение  $\theta_0 = 0\%$  и выполнить пуск ЭД ключом РКВ, при этом запустится защита пускового режима (загорится VD Is), т.к. значение пускового тока  $I_p = 6$  превышает уставку  $I_{сyst} = 2$  и начнется отсчет выдержки времени. В окне “Режим” будет установлен режим **Is\*ts**, т.к. ключ SGF/7 = 0. Уставка по времени срабатывания  $t_s = 15с$ , что больше времени пуска  $t_p = 10с$ , поэтому защита Is не сработает, а ЭД успешно запустится (рисунок ЭД загорится красным цветом).

В окне  $\theta_t$  постоянно фиксируется текущее значение теплового уровня, которое при установленных параметрах превысит значение уставки  $\theta_i$  и на дисплее загорится цифра 3. После пуска ЭД значение  $\theta_i$  будет снижаться и через некоторое время запрет на перезапуск ЭД будет снят.

В окне  $\Sigma t_p$  будет зафиксировано время единичного пуска 10с. Суммарное время пуска  $\Sigma t_p$  после запуска ЭД будет снижаться в соответствии с установленным значением  $\Delta t_s$ , что будет непрерывно отображаться в окне  $\Sigma t_p$ .

*Примечание.* Так как в реальных условиях процесс снижения значения  $\Sigma t_p$  происходит медленно (например, для разрешения третьего пуска ЭД после двух разрешенных пусков из холодного состояния в нашем случае придется ждать 30 мин), в симуляторе этот процесс ускорен в 10 раз.

После запуска ЭД в регистр 9.2 записывается время пуска ЭД в секундах (в нашем случае будет записано число 10), а в регистре 9.1 фиксируется текущее состояние счетчика суммарного времени пусков  $\Sigma t_p$ .

В регистре 6 фиксируется тепловой импульс в момент запуска  $I_p^2 * t_p$  в процентах от уставки  $I_s^2 * t_s$ . В нашем случае импульс будет равен  $6 * 6 * 10 * 100 / (2 * 2 * 15) = 600\%$ , что в 6 раз превышает уровень срабатывания защиты  $I_s^2 * t_s$ . Но так как у нас установлен режим Is\*ts, в котором условие срабатывания не достигаются, то ЭД будет успешно запущен.

Кнопкой “Сброс” вернуть модель к исходному состоянию, кнопкой “Сброс рег.” сбросить регистры симулятора и ключом РКО отключить ЭД.

## Б. Срабатывание защиты пускового режима Is.

### 1. Работа защиты пускового режима в виде простой МТЗ Is\*ts

Установить время пуска  $t_p = 20\text{с}$ , что превышает уставку по времени срабатывания  $t_s = 15\text{с}$ .

Выполнить пуск ЭД при установленных значениях (сначала кнопка "Пуск", затем ключ РКВ). Защита пускового режима запустится (загорится VD Is) и через 15с сработает. Загорятся VD ts, TS2 и СРАБ, на дисплее загорится цифра 6. В окне "Время срабатывания" будет выведено значение  $t_{cp} = 15\text{с}$ .

В регистре 6 фиксируется тепловой импульс в момент срабатывания  $I_p^2 \cdot t_{cp}$  в процентах от уставки  $I_s^2 \cdot t_s$ . В нашем случае импульс будет равен  $6 \cdot 6 \cdot 15 \cdot 100 / (2 \cdot 2 \cdot 15) = 900\%$ .

Нажатием кнопки "Сброс" вернуть модель к исходному состоянию, кнопкой "Сброс рег." сбросить регистры симулятора.

## 2. Работа защиты пускового режима, основанной на вычислении импульса $I_s^2 \cdot t_s$

Установить время пуска ЭД  $t_p = 10\text{с}$ . Установить ключ  $\text{SGF}/7 = 1$  (режим  $I_s^2 \cdot t_s$ ). Значение уставки теплового импульса  $I_s^2 \cdot t_s$  равно 60с ( $2 \cdot 2 \cdot 15 = 60$ ) и оно при пусковом токе  $6 \cdot I_n$  будет достигнуто через  $60 / (6 \cdot 6) = 1,67\text{с}$ .

Выполнить пуск ЭД (сначала кнопка "Пуск", затем ключ РКВ). В окне "Режим" будет установлен режим  $I_s^2 \cdot t_s$ , а в окне "Уставка  $I_s^2 \cdot t_s$ " будет выведено значение 60с. Через время 3,75 с защита  $I_s^2 \cdot t_s$  сработает и в окне "Время срабатывания" будет выведено значение  $t_{cp} = 3,75\text{с}$ .

В регистре 6 фиксируется тепловой импульс в момент срабатывания  $I_p^2 \cdot t_{cp}$  в процентах от уставки  $I_s^2 \cdot t_s$ , он всегда будет равен 100%.

Нажатием кнопки "Сброс" вернуть модель к исходному состоянию, кнопкой "Сброс рег." сбросить регистры симулятора.

### Проверка защиты от перегрузки

Установить ключ  $\text{SGF}/7 = 0$  (режим защиты  $I_s \cdot t_s$ ), ток нагрузки ЭД после пуска  $I_n = 3$ , время пуска 10 с и запустить ЭД. При значении  $\theta_t \geq \theta_i$  сработает запрет повторного пуска ЭД и сигнал  $\text{TS1} = 0$  (гаснет VD TS1). На дисплей выводится цифра 3, а в окне "Запрет пуска по" выводится " $\theta_i$ ".

При значении  $\theta_t \geq \theta_a$  сработает предупредительная сигнализация и активизируется сигнал SS2. На дисплей выводится цифра 1.

При достижении  $\theta_t = 100\%$  сработает защита от перегрузки ЭД, что приведет к активизации сигнала TS2 и загоранию светодиода СРАБ. На дисплей выводится цифра 2.

### Проверка режимов повторного запуска ЭД

а) **Запрет пуска по  $\theta_i$ .** Выполнить запуск ЭД. После запуска ЭД и его работе под нагрузкой дождаться момента, когда  $\theta_t \geq \theta_i$  и сработает запрет повторного пуска ЭД (на дисплей выводится красная цифра 3 и гаснет VD TS1). Отключить ЭД ключом РКО и попытаться снова включить его ключом РКВ. Убедиться, что этого сделать нельзя. Для разрешения повторного пуска следует дождаться момента, когда  $\theta_t$  станет меньше  $\theta_i$  (погаснет цифра 3 и загорится VD TS1).

б) **Запрет пуска по  $\Sigma ts$ .** Установить  $K_p = 4$ ,  $I_n = 0.5$  и запустить ЭД. После первого запуска ключом РКО отключить ЭД и затем ключом РКВ снова включить его. Так как суммарное время пуска (20 с) превысило уставку  $\Sigma ts = 11с$ , то произойдет запрет третьего пуска до того момента, когда значение  $\Sigma ts$  не снизится до 11с. Так как масштаб времени снижения значения  $\Sigma ts$  ускорен в 10 раз, то ждать следующего пуска придется около 3 мин (по ГОСТ он разрешен через 30 мин).

В окне "Время до след. пуска" показывается время, через которое будет разрешен следующий пуск ЭД в мин.

## 2.2. Изучение работы блока управления L2210

### Работа с меню блока

1. Из меню Симулятор или кнопкой **L2210** на панели инструментов вывести на экран рисунок передней панели блока управления L2210 и включить его питание.

2. Установить следующие уставки по выдержкам времени:

- $t_1 = 1с$  (УРОВ);
- $t_2 = 5с$  (АПВ).

3. Для ключей блока L2210 установить следующие КС:

- $SG1 = 193$  (ключи  $SG1/1$ ,  $SG1/7$  и  $SG1/8 = "1"$ );
- $SG2 = 9$  (ключи  $SG2/1$  и  $SG2/4 = "1"$ );
- $SG3 = 0$ ;
- $SG4 = 0$  (эти ключи находится в подрегистре 4 регистра А).

4. Выполнить круговое движение по меню блока. Просмотреть уставки по времени и КС ключей и убедиться в их соответствии установленным значениям.

В регистре  $1InP$  убедиться в том, что на передней панели блока L2210 горят VD SG1 (автомат ШП) и SG2 (вход РПВ).


В регистре  $2InP$  должен гореть светодиод  $t_2$  (блокировка защит).

В регистре  $3OUt$  должны гореть VD  $t_1$  (реле K1.1 - неисправность) и SG3 (реле K1.8 - РФК).

В регистре  $4OUt$  должны гореть VD SG1 (реле K2.6 - РФК) и SG2 (реле K2.7 - РПВ).

### Изучение действия выходных сигналов SS1-TS2 блока SPCJ 4D34 на выходные реле и светодиоды сигнализации

Активные выходные сигналы SS1-TS2 блока защит действуют на срабатывание (возврат) реле блока выходов и светодиоды сигнализации блока L2210 (табл.2-1).

**Задание.** Вывести на экран структурную схему блока кнопкой . В исходном состоянии ЭД должен быть включен, реле K2.7 (РПВ), K1.8, K2.6 (РФК) и K1.1 (неисправность) должны находиться в сработанном состоянии.

Активизируя мышью последовательно сигналы SS1-TS2, проверить их действие на реле и светодиоды сигнализации в соответствии с табл.2-1.

Примечание. После каждого запуска от сигналов SS1-TS2 кнопкой СБРОС привести схему симулятора в исходное состояние.

## Проверка работы отдельных устройств блока

В этом разделе изучается и проверяется работа отдельных устройств блока. Схемы проверяемых устройств входят в состав функциональной схемы SPAC 802, а также приведены в виде отдельных схем в техническом описании на SPAC 802 и в пособии /1/, которые желательно использовать при работе с симулятором.

Таблица 2-1

Выходы SPCJ 4D34	Выходные реле блока L2210		Светодиоды блока L2210
	Срабатывают	Отпадают	
SS1	K1.5	—	—
SS2	K1.6, K1.7, K2.2	—	—
SS3	K1.2, K1.7, K2.5, K2.8, K1.4, K2.1	K2.7	VD1 (t1)
TS1	K2.2 (при отключенном ЭД и TS1=0)	—	—
TS2	K1.2, K1.7, K2.4 (кратк), K2.5, K2.8	K2.7	VD1 (t1)

### Цепи выключателя и схема “Местное/Дистанционное управление”

В исходном состоянии выключатель линии включен, его соленоид отключения СО обтекается током около 3 мА и реле K2.7 (РПВ) находится в сработанном состоянии, контролируя цепь отключения.

При отключенном выключателе его катушка включения КВ обтекается током около 3 мА, реле K2.8 (РПО) находится в сработанном состоянии, контролируя цепь включения.

**Задание.** Вывести на экран функциональную схему L2210. Установить ключ М/Д (вход X19:5) в отключенное состояние, что соответствует режиму Местное управление (ключ SG4/1 ранее установлен в 0).

Алгоритм работы цепи М/Д следующий:

*При SG4/1=0:* М/Д = 0 - управление выключателем от ключей РКО и РКВ;

М/Д = 1 – запрет управления выключателем от ключей РКО и РКВ, управление только дистанционное от последовательного порта.

*При SG4/1=1:* М/Д = 0 - управление выключателем от ключей РКО и РКВ;

М/Д = 1 - наряду с управлением от последовательного порта сохраняется возможность управлять выключателем ключами РКО и РКВ.

1. Подать сигнал на отключение выключателя, замкнув мышью контакт на входе РКО (X18:7) и наблюдать за срабатыванием реле K1.2 (на 1с) и отключением выключателя. При отключении реле РПВ отпадает, реле РФК K1.8 и K2.6 также отпадают, а реле РПО - срабатывает. Разомкнуть ключ на входе РКО.

2. Подать сигнал на включение выключателя, замкнув мышью контакт на входе РКВ (X18:5) и наблюдать за срабатыванием реле K1.3 (на 1с) и включением выключателя. При включении реле РПВ срабатывает, реле РФК K1.8 и K2.6 также срабатывают, а реле РПО - отпадает. Разомкнуть ключ на входе РКВ.

3. Щелкнуть мышью на VD Откл последовательного порта, подав сигнал на отключение выключателя. Убедиться в том, что в данном случае его отключение

не происходит, т.к. установлен режим **Местное управление**. Снять сигнал с VD Откл.

4. Перевести ключ М/Д во включенное состояние, что соответствует режиму **Дистанционное управление** и попытаться снова отключить выключатель по входу РКО. Убедиться в том, что это выполнить нельзя. Отключить и затем снова включить выключатель сигналами **Откл** и **Выкл** от последовательного порта.

5. Аналогичным образом проверить работу цепи при SG4/1=1 в соответствии с алгоритмом, приведенным выше и убедиться в том, что при М/Д = 1 наряду с управлением от последовательного порта сохраняется возможность управлять выключателем ключами РКО и РКВ.

## УРОВ

Работа цепи УРОВ описывается следующим логическим выражением:

$$\text{УРОВ} = (\text{SS3} \vee \text{Внешнее отключение} \wedge \text{SG1/3}) \wedge \text{SG1/1}.$$

Сигнал УРОВ через выдержку времени  $t_{\text{уров}} = 0.1 \dots 1 \text{с}$  действует на реле K1.4 и K2.1.

**Задание.** Проверить работу схемы, подавая последовательно сигналы **SS3** и **Внешнее отключение** и изменяя положение ключей SG1/3 и SG1/1.

После завершения работы кнопкой **Сброс** привести схему в исходное состояние.

## Блокировка при многократных включениях выключателя

**Задание.** Подать сигнал на отключения выключателя от защит, активизируя мышью вход TS2 и, не снимая этого сигнала, попытаться включить выключатель сигналом по входу РКВ. Реле включения выключателя K1.3 не должно срабатывать, т.е. невозможно одновременное прохождение сигналов включения и отключения выключателя.

Кнопкой **Сброс** привести схему в исходное состояние.

## АПВ

Работа АПВ описывается следующими логическими выражениями:

$$\text{АПВ} = \overline{\text{Запрет}} \wedge \text{РФК} \wedge \text{РПО} \wedge \overline{\text{ШМН}} \wedge \text{SG2/4} \wedge \text{Готов},$$

где сигнал “Готов” =  $\text{РФК}(0/1) \wedge t_{\text{гот}}$ ,

$$\text{Запрет} = \text{РКО} \vee \text{TS2} \vee \text{SS3} \vee \text{АЧР} \vee \text{Вн.Откл} \vee \text{ТЗоткл.} \vee \text{Дуг.Защ} \vee (\text{ШМН} \wedge \overline{\text{SG2/4}}).$$

Для проверки работы АПВ в симуляторе используются вспомогательные светодиоды, по которым можно определить текущее состояние всех цепей АПВ.

Перед проверкой АПВ должны быть установлены ключи SG2/4=1 (разрешение АПВ при действии ШМН) и SG2/1=1 (ввод АПВ).

После включения двигателя ключом РКВ начинается отсчет времени готовности АПВ  $\approx 25 \text{ сек}$ , который запускается при изменении сигнала РФК с “0” на “1”. По истечении времени готовности загорается VD “Готовность” и АПВ готово к работе..

**В нормальном режиме работы** (ЭД включен, повреждений нет) значение входов следующее:

Запрет=0; РФК=1; РПО=0; ШМН=0; Готов=1 (считаем, что с момента срабатывания реле РПВ прошло более 25 с – времени готовности АПВ). След., сигнал АПВ=0.

**Задание.** 1. Замкнуть ключ входа X18:2 (ШМН=1), имитируя срабатывание защиты. Выключатель отключит ЭД, при этом состояние входов следующее:

Запрет=0; РФК=1; РПО=1 (ЭД отключился); ШМН=1; Готов=1.

Сигнал АПВ=0. Начинается отсчет времени 9с, за которым можно проследить по индикатору в левом нижнем углу экрана.

Не дожидаясь завершения выдержки времени 9с снять сигнал со входа X18:2 (ШМН=0) и через выдержку времени  $t_{апв} = 5с$  наблюдать за включением ЭД.

2. Снова замкнуть ключ входа X18:2 (ШМН=1) и разомкнуть его по истечении времени 9с. Убедиться в том, что АПВ не работает и ЭД не включается.

Новый отсчет времени готовности АПВ начинается лишь при включении выключателя (после восстановления напряжения), когда РФК=0/1. Для этого нужно сначала ключом РКО сбросить сигнал РФК, затем ключом РКВ включить выключатель. Через 25с АПВ вновь готово к работе.

3. Проверить отсутствие пуска АПВ при наличии сигналов запрета АПВ (один или два сигнала, см. формулу). Это можно проверить по зажиганию VD Сброс при активизации сигнала, вызывающего запрет АПВ.

### **Дуговая защита**

**Задание.** Проверить работу дуговой защиты в режимах:

1. *Без пуска от SS1 и Блокировки.* Установить SG1/4=0; SG1/5=0; SG1/2=1; SG3/7=1.

Подать сигнал “Датчик ДЗ – X18:9” =1 и наблюдать за срабатыванием реле K1.7, K1.2, K2.4, K2.5 и зажиганием VD5.

*Примечание.* Здесь и далее подразумевается, что при срабатывании реле K1.2 (Откл) реле K2.7 (РПВ) отпадает, а реле K2.8 (РПО) срабатывает и их положение не указывается.

2. *Пуск от SS1.* Установить SG1/4=1; SG1/5=0.

При SS1=0 подать сигнал “Датчик ДЗ – X18:9” =1 и наблюдать за срабатыванием реле K1.7, K1.6 и зажиганием VD5 через 10 с;

При SS1=1 подать сигнал “Датчик ДЗ – X18:9” =1 и наблюдать за срабатыванием реле K1.7, K1.2, K2.4, K2.5 и зажиганием VD5;

3. *Пуск с блокировкой.* SG1/4=0; SG1/5=1;

**Ключ X19:7 замкнут.**

Подать сигнал “Датчик ДЗ – X18:9” =1 и наблюдать за срабатыванием реле K1.7, K1.2, K2.4, K2.5 и зажиганием VD5;

**Ключ X19:7 разомкнут.**

Подать сигнал “Датчик ДЗ – X18:9” =1 и наблюдать за срабатыванием реле K1.7, K1.6 и зажиганием VD5 через 10 с.



## Технологические защиты

**Задание.** Проверить работу технологических защит.

Подать сигнал на вход X19:12 ( $T_{\text{Зоткл}} = 1$ ) и наблюдать за срабатыванием реле K1.2, K1.7, K2.5 и зажиганием VD2.

Подать сигнал на вход X19:13 ( $T_{\text{Зсигн}} = 1$ ) и наблюдать за срабатыванием реле K1.6, K1.7 и зажиганием VD2 через 10 с.

## Контроль цепей управления

**Задание.** Последовательно замкнуть ключи на входах РКО и РКВ на время  $\geq 10$  с и наблюдать за срабатыванием реле K1.6, K1.7 и зажиганием VD8 через 10 с.

Разомкнуть ключ на входе X18:8 (АВ ШП) на время  $\geq 10$  с и наблюдать за срабатыванием реле K1.6, K1.7 и зажиганием VD8 через 10 с.

### Цепь реле K2.2 (перегрузка)

Работа этой цепи описывается выражением:  $K2.2 = \overline{SS2} \vee (TS1 \wedge РПО)$ . Реле перегрузки K2.2 срабатывает при активном сигнале SS2 (обычно это сигнал  $\theta > \theta_a$ ) или при отключенном ЭД ( $РПО=1$ ) и при запрете его перезапуска ( $TS1=0$ ).

**Задание.** Проверить работу реле K2.2, сначала активизируя сигнал SS2, а затем снимая сигнал TS1 (при отключенном ЭД).

### Цепь реле K2.3 (разгрузка)

Работа этой цепи описывается выражением:

$$K2.3 = (SS2 \wedge SG3/3) \vee (ШМН \wedge SG3/5).$$

**Задание.** Проверить работу реле K2.3, сначала активизируя сигнал SS2, а затем ШМН при различных положениях ключей SG3/3 и SG3/5.

### Цепь реле K2.4 (защита от внутренних повреждений)

Работа этой цепи описывается выражением:

$$K2.4 = TS2 \vee (\text{Внеш.Откл.} \wedge SG3/8) \vee (ШМН \wedge SG3/6) \vee (\text{Дуг. защита} \wedge SG3/7).$$

**Задание.** Проверить работу реле K2.4, последовательно активизируя сигналы TS2, Внешнее отключение и ШМН при различных положениях ключей SG3/8, SG3/6 и SG3/7.

### Цепь реле K2.5 (аварийное отключение)

Работа этой цепи описывается выражением:  $K2.5 = РПО \wedge РФК$ . Реле срабатывает при аварийном отключении выключателя от всех защит (при этом РФК не отпадает), но не срабатывает при отключении выключателя от ключа РКО (т.к. при этом РФК отпадает).

**Задание.** 1. Проверить работу реле K2.5, отключая выключатель сначала от защит (например, активизируя вход TS2), затем от ключа РКО.

2. Проверить время замыкания реле K2.5 (длительно, на 1 или 10 с) путем установки ключей SG2/5 и SG2/6 в положения: 00 и 11- длительно, 01 – 10 сек, 10 – 1 сек.

## Цепь реле K1.1 (неисправность)

В нормальном положении реле находится в сработавшем состоянии и отпадает при имитации неисправности в одном из блоков путем замыкания ключей IRF1 или IRF2.

## Цепи сигнализации

Цепи сигнализации действуют на VD1...VD8 и на реле K1.7 – Вызов.

**Задание.** Проверить работу светодиодов VD1...VD8 и реле K1.7 в следующей последовательности:

VD1 = Отключение от защит ( $SS3 \vee TS2$ );

VD2 = Технологические защиты ( $T3_{откл} \vee (T3_{сигн} \wedge Dt=10\text{сек})$ );

VD3 = ШМН (вход X18:2);

VD4 = АЧР (вход X19:2);

VD5 = Дуговая защита;

VD6 = Внешнее отключение (вход X19:9);

VD8 = Неисправность цепей управления;


*Примечание.* Цепи дуговой защиты (VD5) и неисправность цепей управления (VD8) проверялись ранее и здесь их можно не проверять.

## 2.3. Изучение совместной работы блоков SPCJ 4D34 и L2210

Загрузить пользовательские настройки, которые были сохранены ранее.

Вывести на экран функциональную схему L2210 с панелью имитации режимов работы (кнопка **SPAC** или < Симулятор / Симулятор SPAC 802>).

Ключи блоков должны иметь следующие значения КС:

Блок SPCJ 4D34 (КС удобно посмотреть в режиме имитатора повреждений, который вызывается кнопкой ):

- SGF = 145 (ключи SGF/1, SGF/5 и SGF/8 = “1”, остальные - “0”);
- SGR1 = 129 (ключи SGR1/1 и SGR1/8 = “1”, остальные - “0”);
- SGR2 = 0;
- SG4 = 1; (ключ SG4/1 = “1”, остальные - “0”);
- SGB = 0.

Блок L2210:

- SG1 = 193 (ключи SG1/1, SG1/7 и SG1/8 = “1”);
- SG2 = 1 (ключ SG2/1 = “1”);
- SG3 = 0;
- SG4 = 0.

В исходном состоянии ЭД включен и в сработавшем состоянии находятся реле K1.8, K2.6 (РФК), K2.7 (РПВ) и K1.1 (неисправность).

## Проверка защиты от междуфазных замыканий I>>

**Задание.** Для проверки защиты от междуфазных замыканий нужно:

- мышью активизировать опцию “Междуфазные к. з.”;
- в окне “Входной ток” движком установить значение входного тока 3.5, что превышает уставку  $I_{>ср} = 3$ , установленную ранее;

- нажать кнопку “Пуск”.

Через время уставки  $t_{>cr} = 10$  с наблюдать за срабатыванием защиты:

- зажигаются светодиоды  $t_{>}$ , SS3, TS2 и гаснет TS1;
  - срабатывают реле K1.2, K1.7, K1.4, K2.1, K2.4 (кратк), K2.2, K2.5, K2.8 и отпадает реле K2.7. Зажигается VD1 “Отключение от защит”, ЭД отключается;
  - в окне “ $t_{cr}$ ” индицируется время  $t_{cr} = 10$  с;
  - на дисплее блока SPCJ 4D34 зажигается красная цифра 4.
- Нажатием кнопки “Сброс” вернуть модель к исходному состоянию.

### **Проверка защиты от замыканий на землю $I_o$**

**Задание.** Для проверки защиты от замыканий на землю нужно:

- мышью активизировать окно “Замыкание на землю”;
- в окне “Входной ток” движком установить значение входного тока 50%, что превышает уставку  $I_o > cr = 40\%$ , установленную ранее;
- нажать кнопку “Пуск”.

Через время уставки  $t_o > cr = 5$  с наблюдать за срабатыванием защиты:

- зажигаются светодиоды  $t_o >$  и TS2 и гаснет TS1;
  - срабатывают реле K1.2, K1.7, K2.4 (кратк), K2.2, K2.5, K2.8 и отпадает реле K2.7. Зажигается VD1 “Отключение от защит”. Двигатель отключается;
  - в окне “ $t_{cr}$ ” индицируется время  $t_{cr} = 5$  с;
  - на дисплее блока SPCJ 4D34 зажигается красная цифра 7.
- Нажатием кнопки “Сброс” вернуть модель к исходному состоянию.

### **Проверка защиты от несимметрии фаз $I_\Delta$**

**Задание.** а) Для проверки защиты от несимметрии фаз нужно:

- мышью активизировать окно “Несимметрия фаз”;
- в окне “Входной ток” движком установить значение несимметрии фаз 25%, что превышает уставку  $I_\Delta = 20\%$ ;
- нажать кнопку “Пуск”.

Через время уставки  $t_{\Delta cr} = 3,2$  с наблюдать за срабатыванием защиты:

- зажигаются светодиоды  $t_\Delta$  и TS2 и гаснет TS1;
  - срабатывают реле K1.2, K1.7, K2.4 (кратк), K2.2, K2.5, K2.8 и отпадает реле K2.7. Зажигается VD1 “Отключение от защит”. Двигатель отключается;
  - в окне “ $t_{cr}$ ” индицируется время  $t_{cr} = 3,2$  с;
  - на дисплее блока SPCJ 4D34 зажигается красная цифра 5.
- Нажатием кнопки “Сброс” вернуть модель к исходному состоянию.

### **Проверка защиты от потери нагрузки $I <$**

**Задание.** Для проверки защиты от потери нагрузки нужно:

- мышью активизировать окно “Потеря нагрузки”;
- в окне “Входной ток” движком установить значение входного тока 30 % (из диапазона 12...50%), что ниже уставки  $I < cr = 50\%$ , установленную ранее;
- нажать кнопку “Пуск”.


Через время уставки  $t_{ср} = 10$  с наблюдать за срабатыванием защиты:

- зажигаются светодиоды  $t_{ср}$  и TS2 и гаснет TS1;
- срабатывают реле K1.2, K1.7, K2.4 (кратк), K2.2, K2.5, K2.8 и отпадает реле K2.7. Зажигается VD1 "Отключение от защит". Двигатель отключается;
- в окне " $t_{ср}$ " индицируется время  $t_{ср} = 10$  с;
- на дисплее блока SPCJ 4D34 зажигается красная цифра 8.

Нажатием кнопки "Сброс" вернуть модель к исходному состоянию.

### Проверка защиты пускового режима Is

**Задание.** Для проверки защиты пускового режима нужно:

1. Кнопкой  или из меню <Симулятор / Имитация входного тока> открыть панель имитации режимов работы и установить значения:

- коэффициента пуска  $K_p = I_n / I_n = 6$ , где  $I_n$  – пусковой ток ЭД,  $I_n$  – номинальный ток ЭД;
- тока нагрузки ЭД после пуска  $I_n / I_n = 0.5$ ;
- начальное значение нагрева ЭД  $\theta_0 = 0\%$ ;
- время пуска  $t_p = 10$  с.

2. Кнопкой  открыть панель совместной работы блоков защит и логики.

### А. Нормальный пуск ЭД

Выполнить пуск модели, нажав на кнопку "Пуск", а затем замкнуть ключ РКВ. Защита пускового режима запустится, т.к. значение пускового тока  $I_p = 6 \cdot I_n$  превышает ее уставку  $I_{суст} = 2 \cdot I_n$  и начнется отсчет выдержки времени. Так как уставка по времени срабатывания  $t_s = 15$  с, то она за время пуска  $t_p = 10$  с не успеет набраться и защита не сработает, а ЭД успешно запустится. В течение времени запуска ЭД горит светодиод "Пуск ЭД", а в окне  $\theta_t$  выводится текущее значение теплового уровня.

Обратить внимание, что в процессе пуска текущее значение  $\theta_t$  превышает уставку  $\theta_i = 50\%$ , что приводит к погасанию VD TS1 и зажиганию на дисплее красной цифры 3.

Нажатием кнопки "Сброс" вернуть модель к исходному состоянию.

### Б. Срабатывание защиты пускового режима $I_s \cdot t_s$

Установить время пуска  $t_p = 20$  с, что превышает уставку по времени срабатывания  $t_s = 15$  с.

Выполнить пуск модели. В процессе пуска текущее значение  $\theta_t$  превышает уставку  $\theta_i = 50\%$ , что приводит к погасанию VD TS1 и зажиганию на дисплее красной цифры 3; затем значение  $\theta_t$  превышает уставку  $\theta_a = 80\%$ , что приводит к зажиганию VD SS2 и  $\theta_a$ , срабатыванию реле K1.6, K1.7 и K2.2, и к зажиганию на дисплее красной цифры 1.

Защита пускового режима сработает через 15 с, при этом:

- загорится VD TS2;
- на дисплее загорится красная цифра 6;

- срабатывают реле K1.2, K1.7, K2.4 (кратк), K2.2, K2.5, K2.8 и отпадает реле K2.7. Загорается VD1 "Отключение от защит". Двигатель отключается;
- будет выведено значение  $t_{cp} = 15c$ .

Нажатием кнопки "Сброс" вернуть модель к исходному состоянию.

### Проверка защиты от перегрузки

Установить ключ  $SGF/7 = 0$  (режим защиты  $I_s \cdot t_s$ ), ток нагрузки ЭД после пуска  $I_n = 3$ , время пуска 10 с и запустить ЭД. При значении  $\theta_t \geq \theta_i$  сработает запрет повторного пуска ЭД и сигнал  $TS1=0$ . На дисплей выводится красная цифра 3.

При значении  $\theta_t \geq \theta_a$  сработает предупредительная сигнализация и активизируется сигнал SS2, что приводит к срабатыванию реле K1.6, K1.7 и K2.2. Загорается VD  $\theta_a$  и на дисплей выводится красная цифра 1.


При достижении  $\theta_t = 100\%$  сработает защита от перегрузки ЭД, что приведет к активизации сигнала TS2 и отключению ЭД. На дисплей выводится цифра красная 2. Срабатывают выходные реле K1.2, K2.4 (кратк.), K2.5, K2.8 и загорается VD1 "Отключение от защит".

## 3. Симулятор устройства защиты и автоматики трансформаторов напряжения 6-10 кВ SPAC 804

Загрузочный файл симулятора имеет имя Spac804.exe. После его загрузки в меню <Настройка / Настройка...> на вкладках "Интерфейс" и "Параметры" установите необходимые параметры работы симулятора.

### 3.1. Изучение работы блоков защит SPCU 3C15 и SPCU 1C6

#### Работа с меню блоков

1. Выбрать вкладку "Блоки SPCU 3C15 (U1 и U2) и блок SPCU 1C6" и включить их питание. После включения питания выполняется тест блоков, после чего дисплей становятся темным. Кнопкой  вывести панель состояния блоков.

2. Нажимая на кнопку STEP на 1с, выполнить движение по меню блока. Установить следующие уставки срабатывания<sup>2</sup> защиты минимального напряжения для блоков SPCU 3C15 (U1) и SPCU 3C15 (U2) при независимой характеристике ступени  $U<$ :

$U</U_n$	$t<$	$3U<</U_n$	$t<<$
0,5	0,5с	0,75	1с

3. Установить для ключей SG1 блоков SPCU 3C15 (U1) и SPCU 3C15 (U2) контрольную сумму<sup>3</sup>  $KC = 0$ .

<sup>2</sup> В блоках защит SPCU 3C15 и SPCU 1C6 уставки по напряжению и времени устанавливаются путем вращения движков потенциометров, выведенных на переднюю панель, с помощью отвертки, при этом на дисплее высвечивается текущее значение уставки. В симуляторе SPAC 804 эти операции моделируются нажатием на рисунке потенциометров кнопок мыши: левой (вращение движка против часовой стрелки) или правой (вращение движка по часовой стрелке).


<sup>3</sup> В блоках защит SPCU 3C15 и SPCU 1C6 переключатели SG1 выведены на переднюю панель этих блоков и установка их положения (0 или 1) выполняется нажатием на соответствующую

4. Установить следующие уставки срабатывания блока защиты максимального напряжения нейтрали SPCU 1C6:

$U_0>/U_n$	$t_{0>}$	$U_{0>>}/U_n$	$t_{0>>}$
10%	1с	50%	0,5с

5. Установить для ключей SG1 блока SPCU 1C6 контрольную сумму КС = 0. Сохранить данные уставки как пользовательские.

### Имитация режимов работы блоков SPCU 3C15 и SPCU 1C6

Кнопкой  открыть панель имитации режимов работы блоков SPCU 3C15 (U1 и U2) и SPCU 1C6. Блоки SPCU 3C15 (U1 и U2) проверяются вместе, т.к. входной сигнал на них подается одновременно, блок SPCU 1C6 проверяется отдельно. В окне "Входные напряжения" отображаются начальные значения междуфазных напряжений, равные номинальному (100 или 110В) и напряжение  $U_0 = 0$ .

Пуск модели выполняется кнопкой "Пуск". После выполнения пуска и просмотра результатов нужно кнопкой "Сброс" восстановить исходное состояние модели, причем, нажатие этой кнопки открывает окно "Сброс параметров имитации", в котором можно установить сбрасываемые параметры.

#### А. Проверка блоков SPCU 3C15 (U1 и U2)

**Проверка ступени  $U<$ .** Установить значение  $U_n = 100В$  (или 110В), режим имитации ☒  $U<$ , вид повреждения А-В и значение напряжения  $U_{ав}/U_n = 0.4$ , что ниже уставки  $U</U_n = 0.5$ .

*Примечание.* Установка напряжений и времени выполняется либо нажатием мышью на кнопки  $\Delta$   $\nabla$  соответствующего окна, либо клавишами PgUp и PgDn после щелчка мышью в окне устанавливаемой величины.

Выполнить пуск модели и наблюдать:

- зажигание желтых VD  $U1<$  (SS1) и  $U2<$  (SS1) на схемах блоков SPCU 3C15;
- зажигание желтого VD  $U<$  на передней панели блоков SPCU 3C15;
- через  $t_{ср} = 0,5с$  зажигание красных VD  $U1<$  (TS1) и  $U2<$  (TS1) на схемах блоков SPCU 3C15;
- зажигание красного VD  $U<$  на передней панели блоков SPCU 3C15;
- зажигание на панелях блоков SPCU 3C15 светодиодов  $U_{12}$  (указывают поврежденные фазы А-В);
- в регистре 1 фиксируется значение  $U_{вх}/U_n = 0.4$ , в регистре 5 фиксируется число пусков ступени  $U<$ , а в регистр 7 записывается длительность запуска ступени  $U<$ , равное 100%, т.к. ступень сработала.

Кнопкой "Сброс" восстановить исходное состояние модели. В окне "Сброс параметров имитации" рекомендуется установить сброс только регистров блоков SPCU 3C15 и SPCU 1C6.

---

ций ключ, при этом на дисплее высвечивается текущее значение КС. В симуляторе SPAC 804 эти операции моделируются нажатием левой кнопки мыши на ключ.

**Проверка блокировки ступени  $U<$  при снижении  $Uф$  ниже  $0,2U_n$ .** Установить в блоке U1 ключ SG1/5=1, в блоке U2 оставить его в положении 0. Установить значение напряжений  $U_{ав} = 0.1$ , что ниже уставки  $U</U_n = 0,5$  и ниже уровня блокировки  $0,2U_n$ . Выполнить пуск модели и убедиться в том, что не происходит ни пуска, ни срабатывания ступени  $U1<$ , в то время как ступень  $U2<$ , где блокировка не установлена, запускается и срабатывает.

Установить ключ SG1/5 блока U1 в состояние 0.

### Проверка ступени $3U<<$

1. Установить режим имитации ☒  $3U<<$ , вид повреждения А-В-С и значение напряжения  $U_{авс}/U_n = 0,7$ , что ниже уставки  $3U<</U_n = 0,75$ , но выше уставки  $U</U_n = 0,5$ . Выполнить пуск модели и наблюдать:

- зажигание желтых VD  $3U1<<$  (SS2) и  $3U2<<$  (SS2) на схемах блоков;
- зажигание желтого VD  $3U<<$  на передней панели блоков SPCU 3C15;
- через  $t_{<<ср} = 1с$  зажигание красных VD  $3U1<<$  (TS2) и  $3U2<<$  (TS2) на схемах блоков SPCU 3C15;
- зажигание красного VD  $3U<<$  на передней панели блоков SPCU 3C15;
- зажигание на панелях блоков SPCU 3C15 светодиодов  $U_{12}$ ,  $U_{21}$  и  $U_{31}$  (указывает поврежденные фазы А-В-С);
- в регистре 3 фиксируется значение  $U_{авс}/U_n = 0.7$ , в регистре 6 фиксируется число пусков ступени  $3U<<$ , а в регистр 8 записывается длительность запуска ступени  $3U<<$ , равное 100%, т.к. ступень сработала.

Кнопкой “Сброс” восстановить исходное состояние модели.

2. Установить значение напряжения  $U_{авс}/U_n = 0,4$ , что ниже уставок срабатывания обеих ступеней  $3U<</U_n = 0,75$  и  $U</U_n = 0,5$ . Выполнить пуск модели и наблюдать за пуском и срабатыванием ступеней  $U<$  и  $3U<<$  через 0,5 и 1с соответственно.

Кнопкой “Сброс” восстановить исходное состояние модели.

**Проверка блокировки ступени  $U<$  от  $3U<<$ .** Установить в блоке U1 ключ SG1/8=1, в блоке U2 оставить его в положении 0. Установить значение напряжений  $U_{авс}/U_n = 0.3$ , что ниже уставок  $3U<</U_n = 0,75$  и  $U</U_n = 0,5$ . Выполнить пуск модели и убедиться в том, что происходит пуск и срабатывание ступени  $3U<<$  в блоках U1 и U2, в блоке U1 ступень  $U1<$  только запускается, но не срабатывает, а в блоке U2 ступень  $U2<$  запускается и срабатывает, т.к. там нет блокировки.

Кнопкой “Сброс” восстановить исходное состояние модели.

### Б. Проверка блока SPCU 1C6

1. Установить режим имитации ☒  $U_0$ , значение напряжения  $U_0 = 60\%$ , что выше уставок  $U_{0>}/U_n = 10\%$  и  $U_{0>>}/U_n = 50\%$ , т.е. установлен режим пуска и срабатывания обеих ступеней защиты. Выполнить пуск модели и наблюдать:

- зажигание желтых VD  $U_{0>}$  (SS1) и  $U_{0>>}$  (SS2) – пуск обеих ступеней;
- зажигание желтых VD  $U_{0>}$  и  $U_{0>>}$  на передней панели блока SPCU 1C6;
- через  $t_{<<ср} = 0,5с$  зажигание красного VD  $to>>$  (TS2) на схеме блока;
- зажигание красного VD  $U_{0>>}$  на передней панели блока SPCU 1C6;



- зажигание VD U<sub>0</sub> на передней панели блока SPCU 1C6;
- в регистре 1 фиксируется значение  $U_0/U_n = 60\%$ , в регистрах 2 и 3 фиксируется число пусков ступеней U<sub>0></sub> и U<sub>0>></sub> соответственно, в регистр 4 записывается длительность запуска ступени U<sub>0></sub>, равная 50%, а в регистр 5 записывается длительность запуска ступени U<sub>0>></sub>, равная 100%, т.к. ступень сработала.

Кнопкой “Сброс” восстановить исходное состояние модели.


2. Установить значение напряжения U<sub>0</sub>=30%, что выше уставки U<sub>0>/U<sub>n</sub></sub>=10%, но ниже уставки U<sub>0>>/U<sub>n</sub></sub> = 50%, т.е. установлен режим пуска и срабатывания только второй ступени U<sub>0></sub>. Выполнить пуск модели и наблюдать:

- зажигание желтого VD U<sub>0></sub> (SS1) – пуск ступени U<sub>0></sub>;
- зажигание желтого VD U<sub>0></sub> на передней панели блока SPCU 1C6;
- через t<sub>ср</sub> = 1с зажигание красного VD to> (TS1) на схеме блока;
- зажигание красного VD U<sub>0></sub> на передней панели блока SPCU 1C6;
- зажигание VD U<sub>0</sub> на передней панели блока SPCU 1C6;
- в регистре 1 фиксируется значение U<sub>0/U<sub>n</sub></sub> = 30%, в регистре 2 фиксируется число пусков ступени U<sub>0></sub>, в регистр 4 записывается длительность запуска ступени U<sub>0></sub>, равная 100%, т.к. ступень сработала.

Кнопкой “Сброс” восстановить исходное состояние модели.

### 3.2. Изучение работы блока управления L2210

#### Работа с меню блока

Выбрать вкладку “Блок L2210” и включить его питание. Кнопкой  вывести панель состояния блока.

Установить следующие уставки по выдержкам времени<sup>4</sup>:

- t<sub>1</sub> = 0,5с (ЗМН1);
- t<sub>2</sub> = 9с (ЗМН2);
- t<sub>3</sub> = 5с (Пуск АВР).

Для ключей блока L2210 установить следующие КС:

- SG1 = 149 (ключи SG1/1, SG1/3, SG1/5 и SG1/8 = “1”, остальные “0”);
- SG2 = 17 (ключи SG2/1 и SG2/5 = “1”, остальные “0”);
- SG3 = 0.

При указанных положениях ключей в сработавшем состоянии должны находиться следующие реле: K1.5, K2.7, K2.8, K1.6, K1.1, K2.6 и K2.3.

Выполнить круговое движение по меню блока. Просмотреть уставки по времени и КС ключей и убедиться в их соответствии установленным значениям.

*В регистре 2InP* светодиоды гореть не должны, т.к. нет активных сигналов.

*В регистре 3OUt* должны гореть светодиоды t1 (реле K1.1 - неисправность), t5 и SG3 (реле K1.5 и K1.6 – блокировка защит).


*В регистре 4OUt* должны гореть светодиоды t3 (реле K2.3 – контроль напряжения), SG1 (реле K2.6 - блокировка защит), SG2 и SG3 (реле K2.7 и K2.8 – пуск защит).

---

<sup>4</sup> Данные уставки по времени и контрольные суммы ключей являются заводскими.

## Изучение действия выходных сигналов SS1-TS2 блоков защит на выходные реле и светодиоды сигнализации

Выходные сигналы SS1- TS2 блоков защит SPCU 3C15 и SPCU 1C6 действуют на заданные реле блока выходов и светодиоды сигнализации блока логики L2210.

**Задание.** Кнопкой  вывести на экран функциональную схему блока L2210. Последовательно активизируя мышью сигналы SS1-TS3, проверить их действие на реле и светодиоды сигнализации в соответствии с табл.3-1. Проследить по схеме прохождение сигналов от блоков защит до выходных реле.

После каждого запуска схемы от сигналов SS1-TS3 кнопкой “СБРОС” привести схему симулятора в исходное состояние.

*Примечания. 1. В обозначении сигналов на выходах блоков защит индексами 1 и 2 обозначены блоки SPCU 3C15 (U1) и SPCU 3C15 (U2) соответственно.*

*2. В обозначении сигналов на входе блока L2210 в скобках указаны их номера на функциональной схеме.*

Таблица 3-1

Сигнал		Реле блока L2210		Светодиоды блока L2210
Выходы блоков защит	Вход L2210	Срабатывают	Отпадают	
SS1 (U <sub>1&lt;</sub> )	SS3 (12)	—	K2.3	—
TS1 (t <sub>1&lt;</sub> )		—	—	—
SS2 (3U <sub>1&lt;&lt;</sub> )		—	—	—
TS2 (t <sub>1&lt;&lt;</sub> )	TS2 (5)	K1.2, K1.7	K1.6, K2.6	VD2 (t2)
SS1 (U <sub>2&lt;</sub> )	SS1 (6)	K2.1	K1.5, K1.6, K2.6, K2.7, K2.8	—
TS1 (t <sub>2&lt;</sub> )	—	—	—	—
SS2 (3U <sub>2&lt;&lt;</sub> )	—	—	—	—
TS2 (t <sub>2&lt;&lt;</sub> )	TS3 (26)	—	—	—
SS1 (U <sub>0&gt;</sub> )	—	—	—	—
TS1 (t <sub>0&gt;</sub> )	SS2 (7)	K1.7, K2.4, K2.5	—	VD4 (t4)
SS2 (U <sub>0&gt;&gt;</sub> )	—	—	—	—
TS2 (t <sub>0&gt;&gt;</sub> )	TS1 (13)	K1.4, K1.7	—	VD4 (t4)

### Проверка работы отдельных устройств блока L2210

#### Защита минимального напряжения (ЗМН)

Защита минимального напряжения (ЗМН) содержит две ступени: ЗМН1 и ЗМН2. Работа защит определяется следующими логическими выражениями:

$$ЗМН1 = \overline{U2} \wedge \overline{TS2} \wedge \overline{X19:7} \wedge t_{ЗМН1}.$$

$$ЗМН2 = (\overline{X1} \wedge \overline{SG1/1} \wedge X2) \vee (X1 \wedge \overline{SG1/1} \wedge X2) \vee (X1 \wedge SG1/1 \wedge X2) \wedge t_{ЗМН2},$$

где  $X1 = \overline{U2} \wedge SS1 \wedge \overline{X19:7};$

$$X2 = \overline{U2} \wedge TS2 \wedge \overline{X19:7}.$$

**Задание.** Проверить работу 3МН1 и 3МН2, установив соответствующие входные сигналы. Срабатывание 3МН1 вызывает срабатывание реле К1.2 и К1.7, а также зажигание VD2 (3МН1). Срабатывание 3МН2 вызывает срабатывание реле К1.3 и К1.7, а также зажигание VD3 (3МН2).

После срабатывания реле К1.2 от 3МН1 его работа описывается логическим выражением:

$$K1.2 = (\overline{3МН1} \wedge \overline{SG1/2} \wedge U_{>0,8}) \vee (\overline{3МН1} \wedge \overline{SG1/2} \wedge U_{>0,8}) \vee (\overline{3МН1} \wedge \overline{SG1/2} \wedge U_{>0,8}) \vee (\overline{3МН1} \wedge \overline{SG1/2} \wedge U_{>0,8}) \vee (\overline{3МН1} \wedge \overline{SG1/2} \wedge U_{>0,8}),$$

где  $U_{>0,8} = (SS3 \wedge SG2/5) \vee (SS1 \wedge SG2/6)$  – сигнал (3) по схеме.

Возврат реле К1.2 после срабатывания от 3МН1 происходит, когда сигнал 3МН1=0 (т.е. произошел возврат 3МН1) и когда SG1/2 и  $U_{>0,8}$  имеют любую комбинацию значений, кроме SG1/2=1 и  $U_{>0,8}=1$ . В последнем случае реле встает на “самоподхват” и возвращается только тогда, когда  $U_{>0,8}=0$ , т.е. произойдет восстановление напряжения секции до уровня  $U \geq 0,8U_{ном}$ . **Возврат реле К1.2 в симуляторе не моделируется.**

После завершения работы кнопкой “Сброс” привести схему в исходное состояние.

### Пуск АВР вводного выключателя

Схема АВР действует на реле К2.2 (сигнал 20). Работа АВР определяется следующими логическими выражениями:

$$K2.2 = (X3 \vee X4) \wedge (\overline{U2 \vee АЧР}) \wedge U_{0,8} \wedge АВР \wedge \overline{X19:7} \wedge t3,$$

где  $U_{0,8}$  – сигнал (24) входа X19:6 (напряжение другой секции  $U_{>0,8}$ );

$X3 = SS3 \wedge TS1 \wedge SG2/8$ ;

$X4 = (\overline{SS1} \wedge \overline{SG1/6} \wedge TS3) \vee (SS1 \wedge \overline{SG1/6} \wedge TS3) \vee (SS1 \wedge SG1/6 \wedge TS3)$ ;

$t3$  – выдержка времени АВР (установлено значение  $t3 = 5с$ ).

Для удобства работы на схеме сигналы X3 и X4 обозначены светодиодами, которые загораются при единичных сигналах X3 и X4.

**Задание.** Проверить работу схемы АВР в следующей последовательности:

1. Срабатывание при  $X3=X4=1$ . Установить значения:

- $X3=1$  (при  $SS3 = TS1 = SG2/8 = 1$ );
- $X4=1$  (при  $SS1 = TS3 = SG1/6 = 1$ );
- $U2=АЧР=0$  (входы X19:5 и X19:9 разомкнуты);
- X19:7 (замкнут);
- $АВР = 1$  (вход X19:12 замкнут);

Подать сигнал  $U_{0,8}=1$  (замкнуть ключ на входе X19:6). Через время  $t3 = 5с$  срабатывает реле К2.2 (импульс на срабатывание реле имеет длительность 0,5с).

2. Срабатывание при  $X4=1$ . Установить значение  $X3=0$  (снять сигнал SS3), разомкнуть и снова замкнуть ключ X19:6. Реле срабатывает как в п. а).

3. Срабатывание при  $X3=1$ . Установить значение  $X3=1$  ( $SS3=1$ ) и  $X4=0$  ( $TS3$ ), разомкнуть и снова замкнуть ключ X19:6. Реле срабатывает как в п. а).

После завершения работы кнопкой “Сброс” привести схему в исходное состояние.

### Комбинированный пуск защит по напряжению

Схема комбинированного пуска защит по напряжению действует на реле K1.5, K2.7 и K2.8 (сигнал 8). Работа схемы определяется следующим логическим выражением:

$$K1.5, K2.7, K2.8 = \overline{(SS1 \wedge SG1/3)} \vee U2 \vee (SS3 \wedge SG1/4).$$

В нормальном состоянии (сигналы  $SS1 = U2 = SS3 = 0$ ) реле подтянуты, при пуске защит они отпадают, если один из сигналов  $SS1$  (при включенном ключе  $SG1/3$ ),  $U2$  или  $SS3$  (при включенном ключе  $SG1/4$ ) равен 1.

**Задание.** Проверить работу схемы в следующей последовательности:

1. Установить  $SG1/3=SG1/4=1$  и  $SS1=U2=SS3=0$ . Реле K1.5, K2.7 и K2.8 должны быть подтянуты.

2. Поочередно подать сигналы  $SS1=1$ ,  $U2=1$ ,  $SS3=1$ . После подачи каждого из сигналов реле отпадают, а после восстановления – снова срабатывают.

После завершения работы кнопкой “Сброс” привести схему в исходное состояние.

### Блокирование резервных защит

Схема блокирования резервных защит действует на реле K1.6 и K2.6 (сигнал 22). Работа схемы определяется следующим логическим выражением:

$$K1.6, K2.6 = \overline{(SS1 \wedge SG1/5)} \vee TS2 \vee U2.$$

В нормальном состоянии эти реле подтянуты и отпадают при возникновении аварийных ситуаций.

**Задание.** Проверить работу схемы в следующей последовательности:

1. Установить  $SS1=TS2=U2=0$  и  $SG1/5=1$ . Реле K1.6 и K2.6 должны быть подтянуты.

2. Поочередно подать и потом сразу снять сигналы  $SS1=1$ ,  $TS2=1$ ,  $U2=1$ . Реле K1.6 и K2.6 должны отпадать при установке каждого из сигналов.

3. Установить  $SG1/5=0$ . При подаче сигналы  $SS1=1$  реле отпадать не должны, а при подаче  $TS2=1$  или  $U2=1$  должны отпадать.

### Контроль напряжения секции

Контроль напряжения секции действует на реле K2.3 (сигнал 11). Работа схемы определяется следующим логическим выражением:

$$K2.3 = U_{>0,8} \wedge \overline{X5},$$

где  $U_{>0,8} = (SS3 \wedge SG2/5) \vee (SS1 \wedge SG2/6);$

$$X5 = SS3 \wedge TS1 \wedge SG2/7.$$

Реле K2.3 нормально подтянуто и отпадает при  $U_{>0,8} = 1$  и  $X5 = 0$ .

**Задание.** Проверить работу схемы, установив сигналы:

1.  $SS1=SS3=TS1=0$  (отсутствие повреждений). Ключи установить в положение  $SG2/6=SG2/7=1$ . Реле К2.3 должно быть подтянуто.
2. Установить  $SS1=1$ . Реле К2.3 должно вернуться в несработавшее состояние.

### Защита от замыкания на землю (Орган 3Uo)

Защита от замыкания на землю действует на реле К1.4, К1.7, К2.4, К2.5 и светодиод VD4 “Земля в сети 6 кВ”. Схема защиты имеет два выхода, обозначенные как сигнал 16 и сигнал 17. Работа защиты определяется следующими логическими выражениями:

$$K1.7, K2.4, K2.5, VD4 = SS2 \wedge \overline{X19:7} \wedge \overline{U2} \wedge (\overline{SS3} \wedge \overline{SG1/7}); \quad (\text{сигнал 16})$$

$$K1.4, K1.7, VD4 = TS1 \wedge \overline{X19:7} \wedge \overline{U2} \wedge (\overline{SS3} \wedge \overline{SG1/7}). \quad (\text{сигнал 17})$$

Примечание. Если ключ  $X19:7$  замкнут, то его значение равно 0.

**Задание.** Проверить работу защиты от замыкания на землю.

1. Проверка сигнала 16. Установить входные сигналы  $SS3=0$  и  $U2=0$ . Установить положение ключа  $SG1/7=1$ , ключ  $X19:7$  должен быть замкнут. Подать сигнал  $SS2=1$  и наблюдать за срабатыванием реле К1.7, К2.4 и К2.5, а также зажиганием VD4.
2. Проверка сигнала 17. Установить входные сигналы  $SS3=0$  и  $U2=0$ . Установить положение ключа  $SG1/7=1$ , ключ  $X19:7$  должен быть замкнут. Подать сигнал  $TS1=1$  и наблюдать за срабатыванием реле К1.4 и К1.7, а также зажиганием VD4.

### Реле К1.7 (вызов)

Работа реле К1.7 и светодиодов сигнализации VD1...VD6 определяется следующими логическими выражениями:

$$K1.7 (\text{вызов}) = VD1 \vee VD2 \vee VD3 \vee VD4 \vee VD5 \vee VD6.$$

$$VD1 (\text{неисправность ТН}) = ((X19:8 \wedge X25) \vee X19:7) \wedge (Dt=10c),$$

$$\text{где } X25 = U2 \vee TS2 \vee SS1 \vee SS3 \vee TS3;$$

$$VD2 = 3MH1;$$

$$VD3 = 3MH2;$$

$$VD4 = X16 \vee X17 (\text{земля в сети 6 кВ});$$

$$VD5 = X19:13 \wedge (Dt=10c) (\text{неисправность автоматов ШУ});$$

$$VD6 = X19:2 (\text{дуговая защита});$$

**Задание.** Проверить работу реле и светодиодов сигнализации VD1 и VD5.

Работа светодиодов VD2 (3MH1), VD3 (3MH2), VD6 (дуговая защита) и VD4 (земля в сети 6 кВ) была проверена ранее при проверке соответствующих защит и здесь может не проверяться. Там же проверялась работа реле К1.7.

### Реле К1.1 (неисправность)

В нормальном положении реле К1.1 находится в сработавшем состоянии и отпадает при имитации неисправности в одном из блоков путем замыкания ключей IRF1 (блоки защит) или (и) IRF2 (блок управления). Работа реле определяется следующим логическим выражением:

$$K1.1 = \overline{IRF1} \vee \overline{IRF2}.$$

**Задание.** Проверить работу реле, последовательно устанавливая единичные сигналы имитации повреждений блоков IRF1 и IRF2.

### Реле К2.1 (контроль встречного напряжения)


Работа реле определяется следующим логическим выражением:

$$K2.1 = (SS1 \wedge SG2/1) \vee (TS3 \wedge SG2/2)$$

**Задание.** Проверить работу реле, последовательно устанавливая единичные входные сигналы SS1 и TS3 и меняя состояние ключей SG2/1 и SG2/2.

## 3.3. Изучение совместной работы блоков защит и логики SPAC 804

Из меню <Настройка / Заводские настройки> загрузить заводские настройки блоков защит и логики. Эти настройки (по напряжению и времени срабатывания) должны соответствовать значениям, показанным на рис 3-1. Напомним, что выдержки времени ЗМН1 и ЗМН2 выставляются в блоке L2210 (t1 и t2).

Кнопкой  вывести на экран функциональную схему SPAC 804 с панелью имитации режимов работы.

При заводских положениях ключей в сработавшем состоянии должны находиться следующие реле: К1.5, К2.7, К2.8, К1.6, К1.1, К2.6 и К2.3.

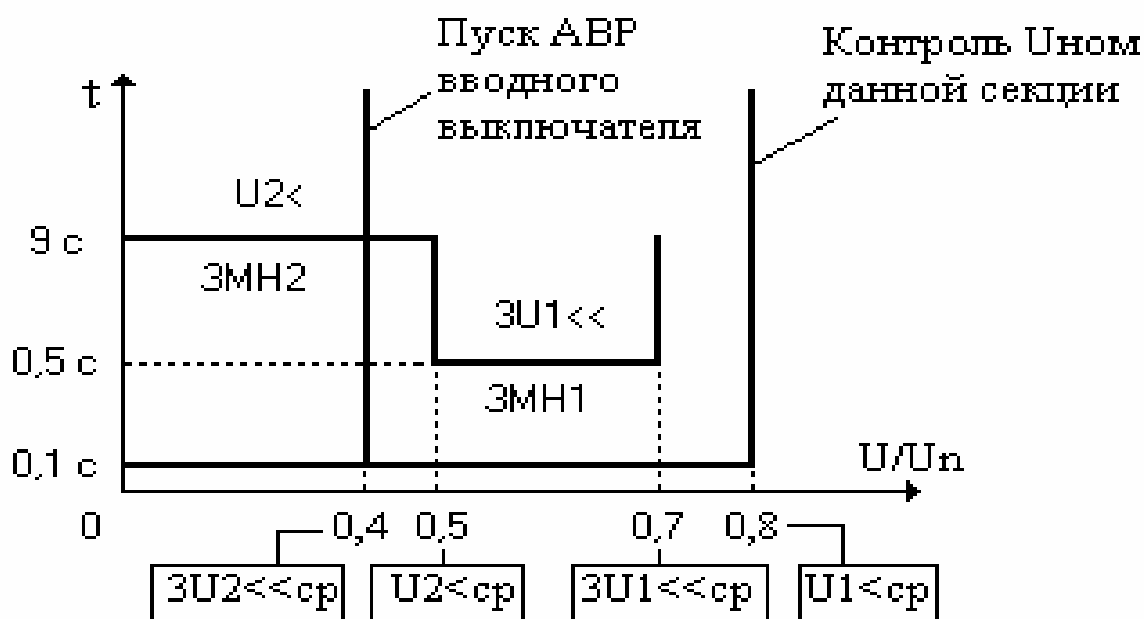



Рис.3-1. Характеристики срабатывания ступеней блоков SPCU 3C15 (U1 и U2)

### Междуфазные повреждения

В этом режиме принят вид повреждения между фазами А-В.

1. Установить режим имитации  и значение напряжения  $U</U_n = 0.7$ , что ниже уставки  $U1<ср = 0.8$ , но выше уставки  $U2<ср = 0.5$ . В соответствии с табл. 3-2

пуск ступени  $U1<$  активизирует сигнал SS3(12) на входе L2210, что должно привести к возврату реле K2.3 контроля напряжения данной секции (рис.3-1).

Выполнить пуск модели и наблюдать за активизацией сигнала SS3(12) и возвратом реле K2.3. Кнопкой "Сброс" привести схему в исходное состояние, причем, в ответ на запрос "Выполнить сброс ключей SG1, SG2, SG3" ответить "No".

2. Установить значение напряжения  $U</U_n = 0.4$ , что ниже уставок обеих ступеней  $U1<$  и  $U2<$ . В соответствии с табл. 3-2 пуск ступеней  $U1<$  и  $U2<$  активизирует сигналы SS3(12) и SS1(6) на входе L2210, что должно привести к срабатыванию реле K2.1 и возврату реле K1.5, K2.7, K2.8, K1.6, K2.6 и K2.3.

Выполнить пуск модели и наблюдать за активизацией сигналов SS3(12) и SS1(6), срабатыванием реле K2.1 и возвратом реле K1.5, K2.7, K2.8, K1.6, K2.6 и K2.3. Обратить внимание, что хотя  $U2<$  меньше  $U2<_{ср}$ , запуск ступени ЗМН2 не происходит, т.к. она заблокирована по входу 5 (нет сигнала TS2, который появляется лишь при трехфазных повреждениях).


Кнопкой "Сброс" привести схему в исходное состояние.

### Действие выходных сигналов блоков защит на реле и светодиоды сигнализации

Таблица 3-2

Сигнал		Реле блока L2210		Светодиоды блока L2210
Выходы блоков защит	Вход L2210	Срабатывают	Отпадают	
SS1 ( $U1<$ )	SS3 (12)	–	K2.3	–
TS2 ( $t1<<$ )	TS2 (5)	K1.2, K1.7	K1.6, K2.6	VD2 ( $t2$ )
SS1 ( $U2<$ )	SS1 (6)	K2.1	K1.5, K1.6, K2.6, K2.7, K2.8	–
TS1 ( $t0>$ )	SS2 (7)	K1.7, K2.4, K2.5	–	VD4 ( $t4$ )
TS2 ( $t0>>$ )	TS1 (13)	K1.4, K1.7	–	VD4 ( $t4$ )

### Трехфазные повреждения

1. Установить режим имитации   $3U<<$  и значение напряжения  $3U<</U_n = 0.6$  (работа ЗМН1, рис.3-1). В этом режиме запускаются ступени  $U1<$  и  $3U1<<$  и в соответствии с табл. 3-2 активизируются сигналы SS3(12) и TS2(5) на входе L2210, что должно привести к срабатыванию реле K1.2 (через 0.5с) и K1.7, а также к возврату реле K1.6, K2.6, K2.3 и зажиганию VD2.

Выполнить пуск модели и наблюдать:

- активизацию сигналов SS3(12) и TS2(5);
- срабатывание реле K1.2 и K1.7;
- возврат реле K1.6, K2.6 и K2.3;
- в окне "Т срзмн1" выдержку времени 0,5с;
- зажигание VD2 (ЗМН1).

Кнопкой "Сброс" привести схему в исходное состояние.

2. Установить значение напряжения  $3U_{<}/U_n = 0.5$  (работа ЗМН1 и ЗМН2). В этом режиме запускаются ступени  $U1_{<}$ ,  $3U1_{<}$  и  $U2_{<}$  и в соответствии с табл. 3-2 активизируются сигналы SS3(12), TS2(5) и SS1(6) на входе L2210, что должно привести к срабатыванию реле K1.2 (через 0.5с), K2.1, K1.3 (через 9с) и K1.7, а также к возврату реле K1.5, K2.7, K2.8, K1.6, K2.6 и K2.3 и зажиганию VD2 (через 0.5с) и VD3 (через 9с).

Выполнить пуск модели и наблюдать:

- активизацию сигналов SS3(12), TS2(5) и SS1(6);
  - срабатывание реле K1.2 (через 0.5с), K2.1, K1.3 (через 9с) и K1.7;
  - возврат реле K1.5, K2.7, K2.8, K1.6, K2.6 и K2.3;
  - в окне “Т срзmn1” выдержку времени 0.5с, в окне “Т срзmn2” выдержку времени 9с;
  - зажигание VD2 (ЗМН1, через 0.5с) и VD3 (ЗМН2, через 9с).
- Кнопкой “Сброс” восстановить исходное состояние модели.

3. Установить:

- значение напряжения  $3U_{<}/U_n = 0.3$  (работа ЗМН1, ЗМН2 и пуск АВР вводного выключателя);
- замкнуть ключи на входах X19:6 ( $U_{>0.8}$ ) и X19:12 (ключ ввода АВР).

В этом режиме запускаются ступени  $U1_{<}$ ,  $3U1_{<}$ ,  $U2_{<}$  и  $3U2_{<}$  и в соответствии с табл. 3-2 активизируются сигналы SS3(12), TS2(5), SS1(6) и TS3(26) на входе L2210, что должно привести к срабатыванию реле K1.2, K2.1, K1.3 (через 9с), K2.2 (кратковременно на 0,5с) и K1.7, а также к возврату реле K1.5, K2.7, K2.8, K1.6, K2.6 и K2.3 и зажиганию VD2 (ЗМН1, через 0.5с) и VD3 (ЗМН2, через 9с).

Выполнить пуск модели и наблюдать:

- активизацию сигналов SS3(12), TS2(5), SS1(6) и TS3(26);
  - срабатывание реле K1.2 (через 0.5с), K2.1, K1.3 (через 9с), K2.2 (на 0,5с) и K1.7;
  - возврат реле K1.5, K2.7, K2.8, K1.6, K2.6 и K2.3;
  - в окне “Т срзmn1” выдержку времени 0.5с, в окне “Т срзmn2” выдержку времени 9с;
  - зажигание VD2 (ЗМН1, через 0.5с) и VD3 (ЗМН2, через 9с).
- Кнопкой “Сброс” восстановить исходное состояние модели.

### Замыкания на землю

1. Установить режим имитации   $U_0$  и значения:

- уставок срабатывания ступеней по напряжению  $U_{0>} = 10\%$  и  $U_{0>>} = 50\%$ ;
- выдержек времени ступеней  $t_{0>cr} = 2с$  и  $t_{0>>} = 1с$ .
- напряжения  $U_0/U_n = 60\%$  (пуск обеих ступеней защиты, но срабатывание более быстрой ступени  $U_{0>>}$ );

В соответствии с табл. 3-2 активизируется сигнал TS1(13) на входе L2210, что должно привести к срабатыванию реле K1.4 и K1.7 и зажиганию VD4 (Земля в сети 6 кВ).

Выполнить пуск модели и наблюдать:



- активизацию сигнала TS1(13) и срабатывание реле K1.4 и K1.7 и (через 1с);
- зажигание через 1с VD4 (Земля в сети 6 кВ).

Кнопкой “Сброс” восстановить исходное состояние модели.

2. Установить значение напряжения  $U_0/U_n = 30\%$  (пуск и срабатывание ступени  $U_0$ ). Выполнить пуск модели и наблюдать:

- активизацию сигнала SS2(7) и срабатывание реле K2.4, K2.5 и K1.7 и (через 2с);
- зажигание через 2с VD4 (Земля в сети 6 кВ).

Кнопкой “Сброс” восстановить исходное состояние модели.

## Литература

1. Костерин В.А., Шевелев В.С., Калачев Ю.Н. Комплектные устройства защиты и автоматики SPAC 800. Учебное пособие. ЗАО “Реон-Техно”, Учебный центр “Лидер”. - Чебоксары, 2001.
2. Шабад М.А., Левуш Е.В. Изучение цифровых реле на персональном компьютере. Учебное пособие. – Санкт-Петербург, 1997.
3. Шабад М.А. Выбор характеристик и уставок цифровых токовых защит серии SPACOM. Методические указания с примерами. - Санкт-Петербург, 1996.

## Оглавление

Введение .....	3
Методические указания по работе с симуляторами .....	4
1. Симулятор устройства защиты и автоматики .....	6
линий 6-10 кВ SPAC 801 .....	6
1.1. Изучение работы блока защит SPCJ 4D28 .....	7
1.2. Изучение работы блока управления L2210 .....	12
1.3. Изучение работы устройства SPAC 801- 01 .....	18
2. Симулятор устройства защиты и автоматики .....	19
асинхронных двигателей 6-10 кВ SPAC 802 .....	19
2.1. Изучение работы блока защит SPCJ 4D34 .....	19
2.2. Изучение работы блока управления L2210 .....	25
2.3. Изучение совместной работы блоков SPCJ 4D34 и L2210 .....	30
3. Симулятор устройства защиты и автоматики .....	33
трансформаторов напряжения 6-10 кВ SPAC 804 .....	33
3.1. Изучение работы блоков защит SPCU 3C15 и SPCU 1C6 .....	33
3.2. Изучение работы блока управления L2210 .....	36
3.3. Изучение совместной работы блоков защит и логики SPAC 804 .....	41
Литература .....	45

В.А. Костерин, С.А. Иванов, В.А. Чумычкин  
Программно – логические модели микропроцессорных  
устройств защиты серии SPAC 800

Методические указания и задания