



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Белорусский национальный  
технический университет**

---

**Кафедра «Электрические станции»**

# **МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ УСТРОЙСТВА РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ**

**Лабораторные работы для студентов  
энергетических специальностей**

**Минск  
БНТУ  
2016**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Кафедра «Электрические станции»

МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ УСТРОЙСТВА  
РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ

Лабораторные работы для студентов  
энергетических специальностей

*Рекомендовано учебно-методическим объединением  
по образованию в области энергетики  
и энергетического оборудования*

Минск  
БНТУ  
2016

УДК 621.316.925:004.31-022.52(076.5)(075.8)

ББК 32.973.26-04я7

М59

Составители:

*А.А. Тишечкин, А.Г. Сапожникова*

Рецензенты:

д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой  
«Электрические системы» *М. И. Фурсанов*;  
канд. техн. наук, доцент (кафедра «Электротехника  
и электроника») *И. В. Новаш*

**Микропроцессорные устройства защиты и автоматики:** лабораторный практикум для студентов энергетических специальностей / сост.: А. А. Тишечкин, А. Г. Сапожникова. – Минск : БНТУ, 2016. – 87 с.

ISBN 978-985-550-377-5.

Издание содержит основные лабораторные работы по дисциплине «Микропроцессорные устройства релейной защиты и автоматики».

УДК 621.316.925:004.31-022.52(076.5)(075.8)

ББК 32.973.26-04я7

ISBN 978-985-550-377-5

© Белорусский национальный  
технический университет, 2016

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
Лабораторная работа № 1. ....	5
Блок управления микропроцессорного устройства защиты и автоматики серии SPAC-801 .....	5
Лабораторная работа № 2. Измерительный блок микропроцессорного устройства защиты и автоматики серии SPAC-801 .....	18
Лабораторная работа № 3. Микропроцессорное устройство защиты и автоматики серии SPAC-801 .....	27
Лабораторная работа № 4. Микропроцессорное реле МР 500.....	31
Лабораторная работа № 5. Защита по напряжению на базе микропроцессорного реле МР 600 .....	37
Лабораторная работа № 6. Защита по частоте на базе микропроцессорного реле МР 600.....	43
Лабораторная работа № 7. Направленная токовая защита на базе микропроцессорного реле МР 741 (МР 700).....	49
Лабораторная работа № 8. Функция «Таймеры» в реле МР 741 со свободно программируемой логикой .....	54
Лабораторная работа № 9. Свободно программируемая логика реле МР 741 .....	61
Лабораторная работа № 10. Дифференциальная защита микропроцессорного реле МР 801 .....	67
Лабораторная работа № 11. Методика расчета уставок дифференциальной защиты реле МР 801 .....	71
Лабораторная работа № 12. Устройства автоматики микропроцессорных реле .....	79
Список использованных источников .....	87

## ВВЕДЕНИЕ

В релейной защите в последнее десятилетие стала широко применяться микропроцессорная техника. Это обусловлено существенными преимуществами микропроцессорных защит по сравнению с электро-механическими и электронными. Принципы построения и алгоритмы микропроцессорных защит во многом отличаются от применяемых в электро-механических и электронных защитах ввиду существенной разницы технической основы и способов обработки информации. Новые возможности микропроцессорной техники позволяют реализовать ряд функций, которые невозможно было осуществить ранее.

В цифровых защитах существенно увеличилось число параметров, установка которых производится пользователем, и также в сложных защитах содержится большое число сообщений различного вида. Это в определенной степени усложняет обслуживание и требует наличия квалифицированного персонала.

С целью подготовки специалистов по микропроцессорным защитам кафедрой «Электрические станции» создана лаборатория, оснащенная современными стендами, разработанными специально для обучения. На основе стендов разрабатываются лабораторные работы с целью систематизации основных вопросов построения современных цифровых релейных защит, описания их основных функций и характеристик и вопросов эксплуатации. В лабораторных работах также используется компьютерная техника, с помощью которой происходит наладка микропроцессорных защит, задание уставок, просмотр журналов событий и аварий, работа симуляторов микропроцессорных защит. Работа на стендах учебной лаборатории помимо теоретических знаний позволяет приобрести следующие практические навыки:

- в применении микропроцессорных терминалов для реализации функций простых защит и автоматики;
- применении микропроцессорных терминалов для реализации функций защит средней сложности и автоматики;
- применении микропроцессорных терминалов для реализации функций сложных защит и автоматики;
- использовании микропроцессорных устройств в противоаварийной автоматике.

## *Лабораторная работа № 1*

### **БЛОК УПРАВЛЕНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНОГО УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ СЕРИИ SPAC-801**

**Цель работы:** изучить функции блока управления микропроцессорного устройства защиты и автоматики серии SPAC-801.

#### **Краткие теоретические сведения**

Устройство SPAC-801 представляет собой набор блоков, конструктивно объединенных в кассете и выполняющих все необходимые функции защиты, управления и автоматики присоединения.

В состав устройства входят следующие блоки:

- блок входных трансформаторов;
- блок питания;
- блок измерительный;
- блок сигнализации однофазных замыканий на землю типа T001;
- блок управления;
- блоки входных сигналов (входов);
- блоки выходных реле (выходов).

С помощью перечисленных блоков можно выполнить устройства защиты, управления и автоматики различных энергетических объектов напряжением 6–10 кВ: кабельной или воздушной линии, двигателей и трансформаторов собственных нужд, не требующих дифференциальной защиты, линии к реактору, трансформатора частичного заземления нейтрали и т. д.

Набор типов защит устройства определяется применяемым измерительным блоком, а функции автоматики и управления определяются программным обеспечением блока управления.

Устройство SPAC-801 предназначено для выполнения необходимых функций по защите, автоматике, управлению и сигнализации комплектного распределительного устройства напряжением 6–10 кВ в кабельных сетях с компенсированной нейтралью с использованием кабельных трансформаторов тока нулевой последовательности типа ТЗЛ, ТЗЛМ и им подобных.

Устройство устанавливается в комплектных распределительных устройствах электрических станций и подстанций, а также на пане-

лях управления и работает от постоянного или выпрямленного переменного оперативного тока в диапазоне входных напряжений от 88 до 242 В.

Основные функции защиты:

- трехступенчатая ненаправленная токовая защита;
- двухступенчатая ненаправленная защита от замыканий на землю;
- защита от обрыва фаз.

Условные обозначения ступеней:

- $3I \gg \gg$  – первая ступень (отсечка), трехфазная;
- $3I \gg$  – вторая ступень (отсечка с выдержкой времени), трехфазная;
- $3I >$  – третья ступень (МТЗ), трехфазная;
- $I_0 >, I_0 \gg$  – ступени защиты от замыканий на землю;
- $\Delta I >$  – защита от обрыва фаз.

Время срабатывания ступенчатых токовых защит может выбираться независимым или зависимым от тока, проходящего через реле. В SPAC-801 первые две ступени трехступенчатой защиты от междуфазных коротких замыканий выполняются с независимой характеристикой времени срабатывания, а третья ступень (МТЗ) может выполняться или с независимой, или с зависимой характеристикой выдержки времени. У защиты от замыканий на землю первая ступень выполняется с независимой характеристикой, а вторая – с зависимой или независимой.

Уставки по току выставляются и выводятся на дисплей в относительных единицах по отношению к вторичному номинальному току  $I_n$  (5 или 1 А), а уставки по времени – в абсолютных, т. е. в секундах.

Уставки устройства задаются в измерительном блоке и блоке управления. В измерительном блоке задаются уставки ступеней токовых защит и их выдержки времени, а также программируется логика работы защит программными переключателями SGF, SGB, SGR, которые используются для установки конфигурации, определяемой конкретными условиями применения. С их помощью можно задавать вид характеристики срабатывания ступеней защит, ввод и вывод из работы отдельных ступеней защит, блокирования защит, переход с основных уставок на вспомогательные и т. д. На дисплее в нормальном режиме показывается контрольная сумма переключателей и уставок, сохраняющихся при снятии питания.

## Принцип работы

Устройство SPAC-801 состоит из нескольких узлов, обеспечивающих необходимые функции защиты, управления, автоматики и сигнализации.

Питание устройства производится от преобразовательного блока питания, который обеспечивает необходимые уровни напряжения для функционирования блоков устройства. Подача оперативного питания производится через отдельный разъем, расположенный на задней стенке.

Переменный ток от измерительных трансформаторов тока (ТТ) подается через клеммные колодки на блок входных трансформаторов. В блоке трансформаторов производится гальваническое разделение цепей устройства от цепей измерительных трансформаторов и преобразование уровней входных сигналов до необходимых для работы аналого-цифровых преобразователей (АЦП) уровней. Устройство может быть подключено к измерительным ТТ по трехлинейной, двухлинейной или однолинейной схеме.

Преобразованные сигналы от блока трансформаторов с помощью гибкого экранированного жгута поступают через разъемы, расположенные на объединительной плате, на вход измерительного блока, где производится их обработка.

Измерительный блок выполняется в виде самостоятельного устройства на микропроцессорной элементной базе. Он имеет независимую систему самоконтроля, которая благодаря постоянному контролю аппаратной и программной части обеспечивает высокую надежность блока.

Блок преобразовывает сигналы от промежуточных трансформаторов в последовательность двоичных кодов и сравнивает их с уровнем уставок. В случае превышения уставки в регистры памяти записываются параметры аварийного режима и формируется логический сигнал (SS1–TS1), который поступает на вход блока управления.

На вход блока управления поступают также логические сигналы от блоков входов, которые обеспечивают прием внешних сигналов и гальваническую развязку.

Блок управления производит обработку поступающих на его входы сигналов по заранее определенному алгоритму. Алгоритм



обработки может быть изменен с помощью программных переключателей, которые определяют различное действие входных воздействующих сигналов на выходные цепи (действие на сигнализацию или отключение и т. п.). Блок управления формирует сигналы срабатывания выходных реле сигнализации и отключения.

Блок выполнен на микропроцессорной элементной базе с использованием отечественных и ряда импортных комплектующих. Аппаратно он изготовлен в виде отдельного съемного блока логики типа L2210, устанавливаемого по направляющим в кассету. Блок содержит микроЭВМ, постоянное запоминающее устройство (ПЗУ), оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), энергонезависимое ОЗУ (РПЗУ), узел индикации (светодиоды и четырехразрядный дисплей), элементы управления (кнопки «Программа» и «Сброс/шаг»), системы самоконтроля и ряд других элементов для функционирования блока.

Сброс светодиодной сигнализации и выходных сигнальных реле производится кнопкой «Сброс/шаг», расположенной на блоке управления L2210 и на измерительном блоке.

Блок выходных реле обеспечивает прием команд от блока управления и срабатывание реле управления и сигнализации. Микропроцессорная часть устройства производит постоянный контроль состояния выходных реле, обеспечивая высокую готовность к действию. Предусмотрены меры, исключающие самопроизвольное срабатывание выходных реле.

Связь устройства SPAC-801 с другими устройствами релейной защиты и автоматики через приемные и выходные цепи рекомендуется производить на уровне напряжения 110, 220 В.

### **Входные сигналы блока управления**

Входными сигналами для блока управления являются сигналы от измерительного блока защиты, а также от блоков приемных цепей.

Блок защиты выдает логические сигналы о срабатывании ступеней защит, которые на схеме обозначаются как TS1, TS2, SS1, SS2, SS3.

Программные переключатели в блоке защиты устанавливаются таким образом, чтобы было обеспечено следующее назначение сигналов:

TS1 – сигнал срабатывания ступени «I >» (перегрузка по току);

TS2 – отключение выключателя от защит;

SS1 – пуск МТЗ;

SS2 – действие защиты от замыканий на землю на сигнал;

SS3 – запрет автоматического повторного включения (АПВ) от защит.

Назначение входных сигналов первого блока приемных цепей следующее:

X18:7 – команда «Отключить» от ключа или телемеханики;

X18:5 – команда «Включить» от ключа или телемеханики;

X18:9 – контактный вход от реле противоаварийной автоматики (ШМН);

X18:8 – от блок-контакта автомата питания ШП;

X18:2 – от датчика дуговой защиты;

X18:6 – от ключа ввода АПВ;

X18:14 – контроль цепей отключения (реле РПВ);

X18:15 – контроль цепей включения (реле РПО).

Второй блок предназначен для приема следующих сигналов:

X19:2 – от автоматики частотной разгрузки (АЧР) шинка или контакт реле;

X19:9 – отключение от внешних устройств;

X19:5 – от ключа выбора режима управления «Местное-дистанционное»;

X19:7 – блокирование защит;

X19:12 – от газовой защиты на отключение;

X19:8 – от счетчика импульсов;

X19:6 – от счетчика импульсов;

X19:13 – от газовой защиты на сигнал.

Наличие входных сигналов можно проконтролировать с помощью светоиндикаторов блока L2210 в режиме индикации входов. В этом случае свечение светодиода свидетельствует о поданном напряжении на вход устройства (срабатывании приемного реле), в противном случае – об отсутствии входного сигнала. Исключение составляет вход для блокирования защит, где сделана инверсия входа для реализации комбинированного пуска защит при снижении напряжения (замыкание контакта реле напряжения при снижении контролируемого напряжения). Входные цепи выполнены высокоомными, максимальный входной ток цепей приема сигналов не превышает 3 мА.

## Выходные реле

Блок управления взаимодействует с двумя блоками выходных реле, в каждом из которых содержится по восемь реле. Состав реле первого блока:

- реле отключения выключателя (1 н.о. контакт);
- реле включения выключателя (1 н.о.);
- реле пуска УРОВ (1 н.о.);
- пуск МТЗ (для защиты шин, одно переключение);
- реле фиксации команд (РФК, одно переключение, 1 н.о.);
- реле предупредительной сигнализации (одно переключение);
- реле неисправность (одно переключение и 1 н.з.);
- вызов (одно перекл.).

Второй блок обеспечивает установку реле с функциями:

- реле пуска УРОВ (1 н.о.);
- повторитель реле положения «включено» РПВ (1 н.о., 1 н.з.);
- реле аварийного отключения выключателя (2 н.о.);
- РФК (1 н.о. и 1 н.з.);
- повторитель реле положения «отключено» РПО (1 н.о., 1 н.з.);
- реле отключения от защит (1 н.о.);
- реле отключения от защит (1 н.о. и 1 н.з.) срабатывает через 0,5 с после предыдущего реле;
- перегрузка ( 1 н.о.).

Работа выходных реле контролируется системой самодиагностики, и при обнаружении неисправности действие их блокируется.

Переключатели SG1 предназначены для программирования логики в цепях отключения.

Таблица 1.1

Группа переключателей SG1–SG4

Переключатели	Заводская уставка	Функция
1	2	3
SG1/1	1	SG1/1 = 1 – ввод действия реле УРОВ. SG1/1 = 0 – действие реле УРОВ запрещено
SG1/2	1	SG1/2 = 1 – ускорение введено. SG1/2 = 0 – ускорение выведено

Окончание табл. 1.1

1	2	3
SG1/3	0	SG1/3 = 1 – сигнал «Внешнее отключение» действует на схему УРОВ SG1/3 = 0 – сигнал «Внешнее отключение» не действует на схему УРОВ
SG1/4	0	SG1/4 = 1 – автоматический сброс сигнализации после АПВ. SG1/4 = 0 – нет автоматического сброса сигнализации
SG1/5	1	SG1/5 = 1 – сигнал «Противоаварийная автоматика» действует на отключение SG1/5 = 0 – сигнал «Противоаварийная автоматика» не действует на отключение
SG1/6	1	SG1/6 = 1 – сигнал «Дуговая защита» действует на отключение. SG1/6 = 0 – сигнал «Дуговая защита» не действует на отключение
SG1/7	0	SG1/7 = 1 – установка защелки (запоминания) сигнала на отключение при срабатывании защит измерительного блока и действии сигналов «Внешнее отключение» и «Газовая защита, отключение». Сигнал остается активным при возврате данных сигналов. SG1/7 = 0 – сигнал отключения сбрасывается при возврате сигналов (защелки нет)
SG1/8	1	SG1/8 = 1 – разрешение действия выходных реле SG1/8 = 0 – запрет действия выходных реле

Переключатели SG2 (табл. 1.2) предназначены для управления работой устройства АПВ.

Таблица 1.2

### Группа переключателей SG2

Переключатели	Заводская уставка	Функция
1	2	3
SG2/1	1	SG2/1 = 1 – сброс времени подготовки АПВ при действии сигнала «Противоаварийная автоматика» SG2/1 = 0 – нет сброса времени подготовки АПВ от сигнала «Противоаварийная автоматика»

1	2	3
SG2/2	1	SG2/2 = 1 – сброс времени подготовки АПВ при работе дуговой защиты SG2/2 = 0 – нет сброса времени подготовки АПВ от дуговой защиты
SG2/3	1	SG2/3 = 1 – запрет АПВ при действии сигнала «Внешнее отключение» SG2/3 = 0 – разрешение АПВ при отключении от сигнала «Внешнее отключение»
SG2/4	1	SG2/4 = 1 – запрет АПВ при действии сигнала «Газовая защита, отключение» SG2/4 = 0 – разрешение АПВ при отключении от сигнала «Газовая защита, отключение»
SG2/5	0	SG2/5 = 1 – разрешение АПВ при частотной разгрузке (ЧАПВ). SG2/5 = 0 – сброс времени подготовки АПВ при действии сигнала «АЧР» (запрет ЧАПВ)
SG2/6	0	SG2/6 = 1 – разрешение АПВ при возврате сигнала «Противоаварийная автоматика». SG2/6 = 0 – цепь выведена
SG2/7	1	SG2/7 = 0 – запрет 2 цикла АПВ. SG2/7 = 1 – разрешение второго цикла АПВ
SG2/8	0	Резерв

Переключатели SG3 (табл. 1.3) предназначены для управления работой сигнализации и пуска дуговой защиты.

Таблица 1.3

## Группа переключателей SG3

Переключатели	Заводская уставка	Функция
1	2	3
SG3/1	1	SG3/1 = 1 – блокировка действия дуговой защиты от сигнала «Блокировка защит» SG3/1 = 0 – действие дуговой защиты без блокировки от сигнала «Блокировка защит»

1	2	3
SG3/2	0	SG3/2 = 1 – пуск дуговой защиты по току (сигнал SS1). SG3/2 = 0 – действие выведено
SG3/3	0	Выбор режима работы выходного реле. Аварийное отключение длительности 1–10 с.
SG3/4	0	SG3/3 0 1 0 1, SG3/4 0 0 1 1
SG3/5	0	SG3/5 = 1 – действие сигнала «Противоаварийная автоматика» на реле предупредительной сигнализации. SG3/5 = 0 – нет действия сигнала «Противоаварийная автоматика» на реле предупредительной сигнализации
SG3/6	0	SG3/6 = 0 – действие выхода SS2 (защита от замыканий на землю) на реле предупредительной сигнализации. SG3/6 = 1 – действие выхода SS2 (защита от замыканий на землю) на выходные реле (отключение от защит)
SG3/7	0	Выбор режима работы выходного реле предупредительной сигнализации длит. 1–10 с.
SG3/8	0	SG3/7 0 1 0 1 SG3/8 0 0 1 1

Функции переключателей SG4 даны в табл. 1.4.

Таблица 1.4

Группа переключателей SG4 (конфигурируется в 4-м подрегистре регистра «А»)

Переключатели	Заводская уставка	Функция
SG4/1	0	SG4/1 = 1 – действие команд ВКЛ и ОТКЛ в положении «Дистанционное» ключа «Местное/Дистанционное управление» разрешено SG4/1 = 0 – действие команд ВКЛ и ОТКЛ в положении «Дистанционное» ключа «Местное/Дистанционное управление» запрещено
SG4/2...8	0	Резерв

### Назначение симулятора

Симуляторы устройств SPAC-801 представляют собой математическую модель, полностью повторяющую внешний вид и основные функции моделируемого устройства, и позволяют приобрести

навыки работы с устройствами серии SPAC-801, научиться выставлять уставки и положение ключей, проверять характеристики при имитации различных видов повреждений.

Использование симуляторов позволяет более детально разобраться в функциональной схеме SPAC.








### Порядок выполнения работы








1. Запустить симулятор (файл Spac801.exe) и после вывода заставки нажать ОК. На экране появится графическое изображение передней панели SPAC 801-01.

2. Изучить назначение всех пунктов меню и кнопок на панели инструментов (табл. 1.5).

Таблица 1.5


Назначение кнопок панели инструментов

Кнопка	Название	Назначение
1	2	3
	Выход	Выход из программы
	Питание устройства	Включение или выключение симулятора
	Цвета светодиодов	Изменение цветов светодиодов устройства
	Скорость работы	Изменение скорости работы симулятора
	Цвет фона	Изменение цвета фона окна симулятора
	Стандартные установки	Загрузка стандартных (заводских) установок и настроек
	Блок SPCJ4D28	Работа с симулятором блока SPCJ4D28

1	2	3
	Блок L2210	Работа с симулятором блока L2210
	8РАС-801	Работа с симулятором 8РАС-801
	Имитация тока	Имитация входного тока при работе с блоком SPCJ4D28
	Структурная схема	Вывод структурной схемы блока L2210
	Выбор входов	Выбор входов для их последующей групповой коммутации
	Групповая коммутация	Групповая коммутация входных цепей блока входных реле
	Функциональная схема блока L2210	Вывод на экран функциональной схемы блока L2210

3. Выбрать режим работы с блоком управления L2210 и включить его питание. После включения пять раз выполняется тест дисплея, после чего дисплей становится темным.

### Задание

1. Вывести на экран функциональную схему блока управления (кнопка ).

2. Изучить действие входных дискретных сигналов (приемные цепи). Для этого подать сигнал на отключение выключателя, на 1 с зажав мышью контакт X18:7, и наблюдать за изменением состояния реле. Результаты срабатывания реле и светодиодов (в том числе и кратковременного) занести в таблицу (табл. 1.6).



Таблица 1.6


## Результаты срабатывания реле и светодиодов

Сигнал	Приемные цепи	Срабатывают реле	Зажигаются светодиоды
X18:7	От ключа «Отключить» (РКО)		
X18:5	От ключа «Включить» (РКВ)		
X19:2	От шинки или реле АЧР		
X18:9	Автоматика противоаварийная (ШМН)		
X19:9	Внешнее отключение		
X18:8	АВ ШП		
X18:2	От датчика дуговой защиты		
X18:6	Ключ АПВ		
X19:5	Ключ «Местное/дист. управление»		
X18:14	К цепям отключения (РПВ)		
X18:15	К цепям включения (РПО)		
X19:7	Блокировка защит (комбинир. пуск)		
X19:12	Газовая защита отключена		
X19:13	Газовая защита сигнализации		
X19:6	Счетчик импульсов		
X19:8	Счетчик импульсов		

3. Изучить действие выходных сигналов SS1–TS3 блока управления. Для этого, последовательно активизируя мышью сигналы SS1–TS3, проверить их действие на реле и светодиоды сигнализации. Результаты занести в таблицу (табл. 1.7).

Результаты проверки действий реле и светодиодов

Сигнал	Срабатывают реле	Загораются светодиоды
TS1		
SS1		
SS3		
TS3		
SS2		
TS2		

4. Вывести на экран структурную схему блока управления (кнопка ) , которая представлена на рис.1.1.

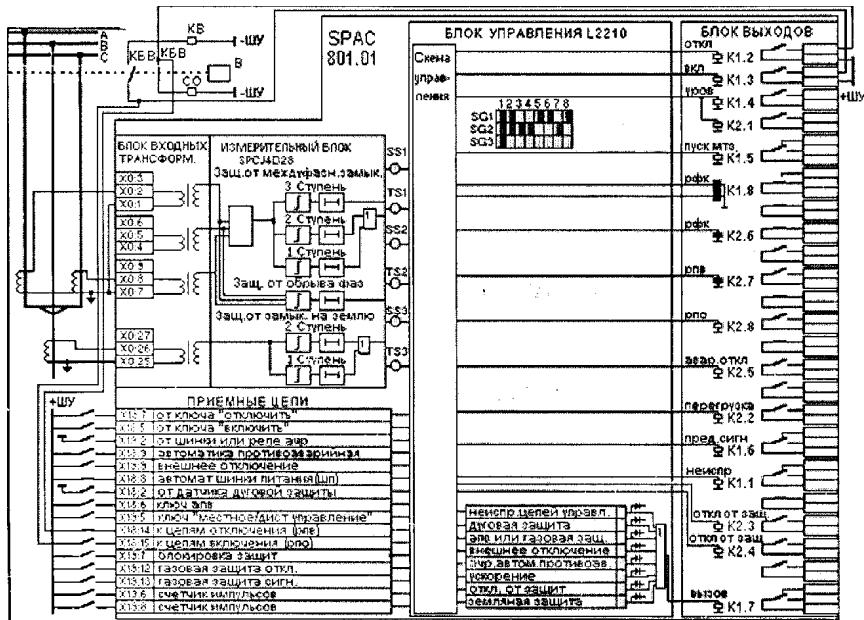


Рис. 1.1. Структурная схема блока управления

5. Изучить действие программных переключателей SG1/1–SG1/8. Назначение переключателей указано в табл. 1.1. Включенному положению переключателей соответствует красный цвет.

### **Содержание отчета**

1. Название и цель работы.
2. Функциональная схема блока управления результаты измерений (см. табл. 1.6, 1.7).
3. Вывод.

### ***Лабораторная работа № 2***

## **ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ БЛОК МИКРОПРОЦЕССОРНОГО УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ СЕРИИ SPAC-801**

**Цель работы:** изучить функции измерительного блока микропроцессорного устройства защиты и автоматики серии SPAC-801.

### **Краткие теоретические сведения**

Принцип работы устройства SPAC-801 описан в лабораторной работе № 1.

Измерительный блок выполняется в виде самостоятельного устройства на микропроцессорной элементной базе. Он имеет независимую систему самоконтроля, которая обеспечивает высокую надежность блока благодаря постоянному контролю аппаратной и программной части.

Блок обеспечивает преобразование сигналов от промежуточных трансформаторов в последовательность двоичных кодов и сравнение их с уровнем уставок. В случае превышения уставки в регистры памяти записываются параметры аварийного режима и формируется логический сигнал (SS1–TS1), который поступает на вход блока управления. Лицевая панель измерительного блока приведена на рис. 2.1.

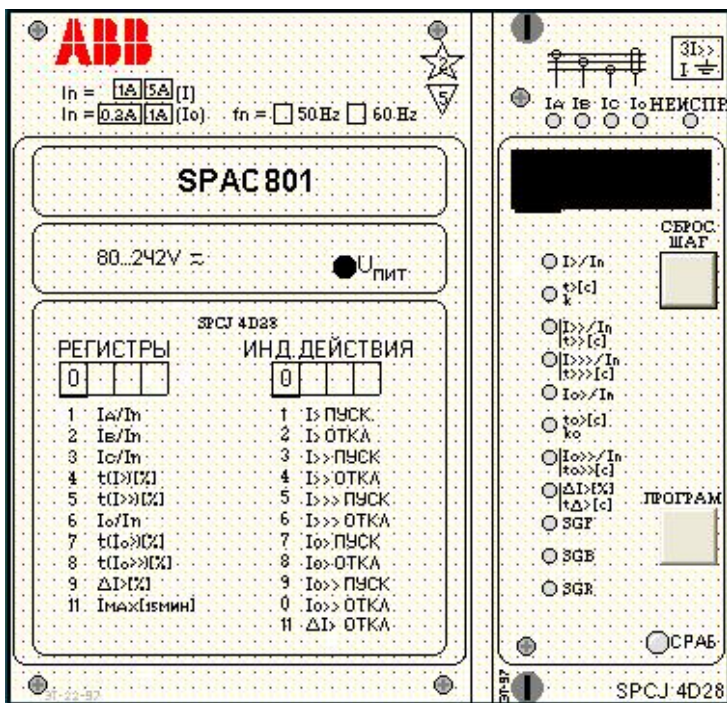


Рис. 2.1. Лицевая панель измерительного блока

## Индикаторы операций

Запуск и срабатывание ступеней защит вызывает появление на дисплее соответствующего цифрового кода. При запуске и срабатывании защит, в соответствии с положением переключателей группы SGF5, загорается светодиодный индикатор срабатывания TRIP.

После срабатывания код на дисплее и индикатор срабатывания TRIP продолжают идентифицировать сработавший канал. Индикаторы запуска гаснут при возврате защит, однако переключателями SGF2/1-5 можно запрограммировать их фиксацию и последующий ручной сброс.

Индикаторы операций могут быть сброшены при помощи кнопок лицевой панели реле, сигналом управления или командой по последовательной линии связи. Обозначение кодов приводится в табл. 2.1.

Таблица 2.1

## Индикаторы операций

Код операций	Параметр V9	Обозначение	Событие
1	1	I > START	Запуск ступени I >
2	2	I > START	Срабатывание ступени I >
3	3	I >> START	Запуск ступени I >>
4	4	I >> TRIP	Срабатывание ступени I >>
5	5	I >>> START	Запуск ступени I >>>
6	6	I >>> TRIP	Срабатывание ступени I >>>
7	7	I <sub>0</sub> > START	Запуск ступени I <sub>0</sub> >
8	8	I <sub>0</sub> > TRIP	Срабатывание ступени I <sub>0</sub> >
9	9	I <sub>0</sub> >> START	Запуск ступени I <sub>0</sub> >>
0	0	I <sub>0</sub> >> TRIP	Срабатывание ступени I <sub>0</sub> >>
11	11	DI TRIP	Срабатывание ступени DI
A	12	CBFP	Работа УРОВ

При срабатывании защиты жёлтые светодиодные индикаторы на передней панели показывают, по каким фазам произошло срабатывание. Если, например, на дисплее отображается код 2 и светятся индикаторы IL1 и IL2, это значит, что возрастание тока в фазах А и В вызвало срабатывание третьей ступени защиты от междуфазных замыканий. Индикация фаз сбрасывается кнопкой RESET.

При обнаружении системой самоконтроля постоянной неисправности загорается красный аварийный индикатор самоконтроля IRF и сигнал передаётся на выходное реле системы самоконтроля. Одновременно на дисплее появляется код, показывающий вид неисправности. Код, состоящий из красной цифры 1 и номера кода зелёного цвета, должен быть передан представителям фирмы.

### Назначение переключателей SGR1–SGR11

Сигналы запуска и срабатывания ступеней защит действуют на выходы в соответствии с установкой переключателей групп SGR1–SGR11. На рис. 2.2 показана их логика работ. Сигналы запуска и срабатывания ступеней защит на левой стороне могут действовать на выходы SS1 и TS1 при замыкании переключателей, номера которых показаны на пересечении линий.

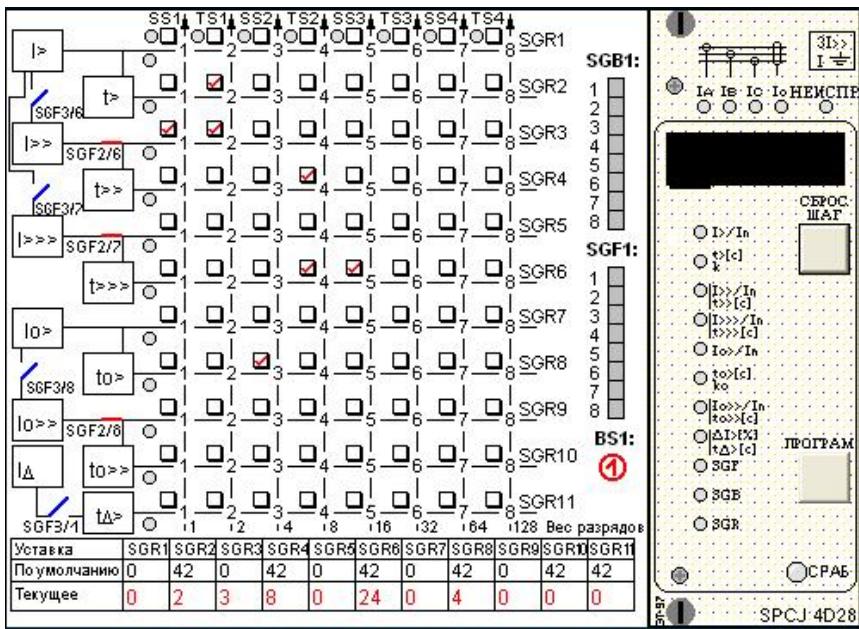


Рис. 2.2. Матрица выходных сигналов

Назначение переключателей SGF1–SGF3 приведено в табл. 2.2–2.4.

Таблица 2.2

### Группа переключателей SGF1

Переключатели	Функция	Заводская уставка
1	2	3
	Выбор характеристик срабатывания третьей степени защиты от междуфазных замыканий SGF1/1-2-3. Вид характеристик: 0 0 0 – определенное время срабатывания 0,05–300 с	
SGF1/1	1 0 0 – чрезвычайно инверсная характеристика	0
SGF1/2	0 1 0 – сильно инверсная характеристика	0
SGF1/3	1 1 0 – инверсная характеристика	0

1	2	3
	0 0 1 – длительно инверсная характеристика 1 0 1 – инверсная характеристика RI-типа 0 1 1 – инверсная характеристика RXIDG-типа 1 1 1 – не используется	
SGF1/4	Не используется	0
SGF1/5	Установка автоматического удвоения уставки I >>> при включении защищаемых объектов. При SGF1/5 удвоения уставки не происходит. При SGF1/5 происходит автоматическое удвоение уставки	0
SGF1/6 SGF1/7 SGF1/8	Выбор характеристик срабатывания третьей ступени защиты от междуфазных замыканий SGF1/6-7-8. Вид характеристик: 0 0 0 – определенное время срабатывания 0,05–300 с 1 0 0 – чрезвычайно инверсная характеристика 0 1 0 – сильно инверсная характеристика 1 1 0 – инверсная характеристика 0 0 1 – длительно инверсная характеристика 1 0 1 – инверсная характеристика RI-типа 0 1 1 – инверсная характеристика RXIDG-типа 1 1 1 – не используется	0 0 0

Таблица 2.3

## Группа переключателей SGF2

Переключатели	Функция	Заводская уставка
1	2	3
	Вид сброса индикации запуска каналов защиты. Когда переключатель находится в положении 0, индикация сбрасывается автоматически при возврате защиты. Когда переключатели установлены в положение 1, происходит фиксация кодов пуска с последующим ручным сбросом	
SGF2/1	SGF2/1 – фиксация пуска степени I >	0
SGF2/2	SGF2/2 – фиксация пуска степени I >>	0
SGF2/3	SGF2/3 – фиксация пуска степени I >>>	0
SGF2/4	SGF2/4 – фиксация пуска степени I <sub>0</sub> >>	0
SGF2/5	SGF2/5 – фиксация пуска степени I <sub>0</sub> >>>	0

1	2	3
SGF2/6	Ввод или вывод второй степени защиты от между- фазных замыканий. SGF2/6 = 0 – степень введена в работу SGF2/6 = 1 – степень не используется	0
SGF2/7	Ввод или вывод второй степени защиты от между- фазных замыканий. SGF2/7 = 0 – степень введена в работу SGF2/7 = 1 – степень не используется	0
SGF2/8	Ввод или вывод второй степени защиты от между- фазных замыканий. SGF2/8 = 0 – степень введена в работу SGF2/8 = 1 – степень не используется	0

Таблица 2.4

## Группа переключателей SGF3

Переключатели	Функция						Заводская уставка
SGF3/1 SGF3/2 SGF3/3 SGF3/4 SGF3/5	SGF3/1 = 1 – вывод из работы защиты от обрыва фаз. Время возврата ступеней I > и I <sub>0</sub> >						1 0 0 0 0
	Переключатель	Ступень	Время возврата				
			40 мс	100 мс	500 мс	1000 мс	
	SGF3/2 SGF3/3	I >	0	1	0	1	
	SGF3/4 SGF3/5	I <sub>0</sub> >	0	1	0	1	
SGF3/6	1 – запрет действия обратнoзависимой характеристики ступени I > при запуске ступени I >>						0
SGF3/7	1 – запрет действия обратнoзависимой характеристики ступени I > при запуске ступени I >>						0
SGF3/8	1 – запрет действия обратнoзависимой характеристики ступени I > при запуске ступени I >>						0



## Назначение переключателей SGB1, 2, 3

Группы переключателей SGB1, 2, 3 используются для определения функции внешних сигналов блокировки и управления (табл. 2.5). Сигналы управления на левой стороне могут действовать на блокировку ступеней защит и сброс при замыкании переключателей, номера которых показаны на пересечении линий. Контрольные суммы групп переключателей получаются сложением весовых коэффициентов.

Таблица 2.5

Назначение переключателей SGB1,2,3

Переключатели	Функция
SGB_/1–4	Блокировка действия ступеней защит при подаче сигнала управления при установке соответствующих переключателей в положение 1
SGB_/5	Переход с основных уставок на вспомогательные и наоборот при действии сигнала управления SGB/5 = 0 – смена уставок не осуществляется внешним сигналом SGB/5 = 1 – смена уставок осуществляется внешним сигналом. При неподанном сигнале действуют основные уставки, при поданном – вспомогательные. Когда используются главные и вспомогательные уставки, значения переключателей SGB/5 должны быть одинаковыми в обоих случаях, иначе при смене уставок внешним управляющим сигналом или командой по последовательной линии связи возможны конфликтные ситуации
SGB1/6	Блокировка защиты от обрыва фаз при подаче сигнала BS
SGB2, 3/6	Сброс индикаторов операций на дисплее
SGB_/7	Сброс индикаторов операций на дисплее и защелок выходных реле
SGB_/8	Сброс индикаторов операций на дисплее, защелок выходных реле и регистров

## Порядок выполнения работы

1. Запустить стимулятор (файл Spac801.exe) и после вывода заставки нажать ОК. На экране появится графическое изображение передней панели SPAC-801-01.

2. Выбора режима работы с измерительным блоком SPCJ4D28 (кнопка **SPCJ**) и включить его питание (кнопка **Ⓟ**).

3. Просмотреть уставки по току (представленные в относительных единицах) и времени всех ступеней защит.

При просмотре значения уставки по току горит светодиод I >, I >>, I >>>, а при просмотре значения уставки по времени горит тот же светодиод, но на левом индикаторе загорается красным цветом I.

4. Установить следующие уставки согласно табл. 2.6.

Таблица 2.6

Уставки срабатывания защиты

$I > /I_n$	$t >, c$	$I >> /I_n$	$t >>, c$	$I >>> /I_n$	$t >>>, c$
5	5	10	1	15	0,04

5. При темном экране дисплея вывести на экран структурную схему блока SPCJ (кнопка **SI**).

6. Активизируя режим имитации входных токов, установить повреждение фаз А–В и последовательно проверить работу всех ступеней защиты от междуфазных КЗ при входном токе, несколько превышающем ток уставки ступеней. После каждого пуска кнопкой «Сброс» схему индикатора приводить в исходное состояние. Проверить прохождение сигналов пуска и срабатывания ступеней на выходе SS1–TS4.

7. Вывести на экран функциональную схему с панелью имитации токов (кнопка **SPAC**), показана на рис. 2.3.

8. Проверить работу всех ступеней защиты в соответствии с п. 6. Результаты занести в табл. 2.7.

Результаты срабатывания ступеней защит

Ступени защиты	Выходные сигналы SS1–TS4	Срабатывание реле
I >		
I >>		
I >>>		

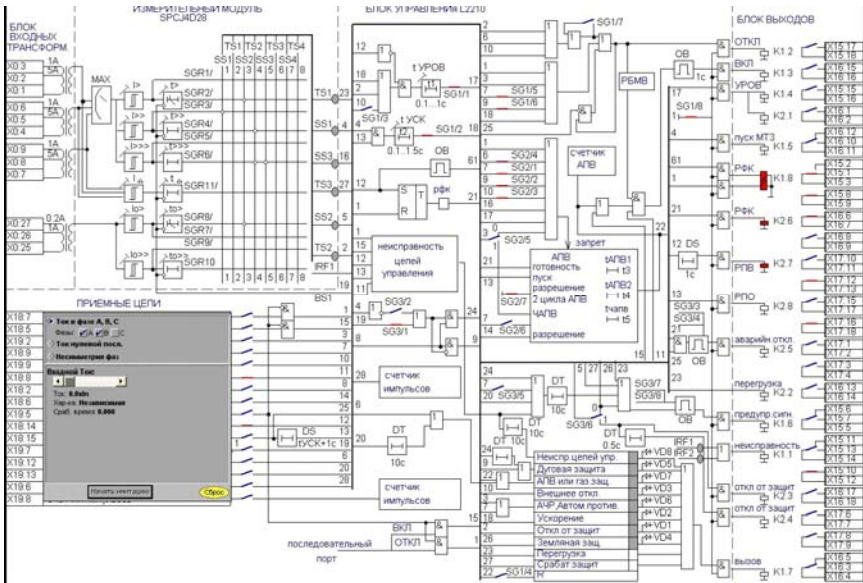


Рис. 2.3. Функциональная схема

9. Вывести на экран структурную схему блока (кнопка **SI**). Проверить прохождение сигналов пуска и срабатывания ступеней на выходе SS1–TS4 при изменении положения ключей переключателей SGR1–SGR11.

Содержание отчёта

1. Название и цель работы.
2. Функциональная схема.
3. Результаты измерений ( табл. 2.7).
4. Вывод.

### Лабораторная работа № 3

## МИКРОПРОЦЕССОРНОЕ УСТРОЙСТВО ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ СЕРИИ SPAC-801

**Цель работы:** ознакомиться с конструктивным исполнением и выполняемыми функциями устройства SPAC-801, и методикой выставления уставок по току и времени.

### Краткие теоретические сведения

Процесс задания уставок у SPAC-801 происходит в блоке управления, в котором совершается программирование необходимых выдержек времени и переключателей. Всего предусмотрено пять выдержек времени:

- $t_1$  – УРОВ (0,1–1 с);
- $t_2$  – цепи ускорения (0,1–1,5 с);
- $t_3$  – АПВ первого цикла (0,5–20 с);
- $t_4$  – АПВ второго цикла (20–120 с);
- $t_5$  – ЧАПВ (0,5–20 с).

Установка необходимой уставки производится при помощи кнопок управления с отображением на четырехразрядном дисплее. Процесс установки значительно упрощается, если применить компьютер с соответствующим программным обеспечением. Задание внутренней конфигурации осуществляется переключателями SG1, SG2, SG3. Каждая из указанных групп содержит по восемь переключателей.

Группа переключателей SG1 предназначена для программирования логики в целях отключения. Функции каждого переключателя этой группы приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

### Функции переключателей

Переключатели	Заводская уставка	Функция
1	2	3
SG1/1	1	SG1/1 = 1 – ввод действия реле УРОВ. SG1/1 = 0 – действие реле УРОВ запрещено

1	2	3
SG1/2	1	SG1/2 = 1 – ускорение введено. SG1/2 = 0 – ускорение выведено
SG1/3	0	SG1/3 = 1 – сигнал «Внешнее отключение» действует на схему УРОВ. SG1/3 = 0 – сигнал «Внешнее отключение» не действует на схему УРОВ
SG1/4	0	SG1/4 = 1 – автоматический сброс сигнализации после АПВ. SG1/4 = 0 – нет автоматического сброса сигнализации
SG1/5	1	SG1/5 = 1 – сигнал «Противоаварийная автоматика» действует на отключение SG1/5 = 0 – сигнал «Противоаварийная автоматика» не действует на отключение
SG1/6	1	SG1/6 = 1 – сигнал «Дуговая защита» действует на отключение. SG1/6 = 0 – сигнал «Дуговая защита» не действует на отключение
SG1/7	0	SG1/7 = 1 – установка защелки (запоминания) сигнала на отключение при срабатывании защит измерительного блока и действии сигналов «Внешнее отключение» и «Газовая защита, отключение». Сигнал остается активным при возврата данных сигналов. SG1/7 = 0 – сигнал отключения сбрасывается при возврате сигналов (защелки нет)
SG1/8	1	SG1/8 = 1 – разрешение действия выходных реле SG1/8 = 0 Запрет действия выходных реле

Группы переключателей SG2 и SG3 предназначены для управления работой устройства АПВ и работой сигнализации и пуска. Функции каждого переключателя в этих группах приводятся в соответствующих таблицах.

### Порядок выполнения работы

1. Изучить назначение, основные технические характеристики, функции, органы управления и индикации. Ознакомиться с разделами 4, 5.1–5.6 технического описания и инструкции по эксплуатации.

2. Включить тумблер «Сеть» блока питания и через несколько минут включить и тумблер «Анод». При включении питания начинает-

ся прохождение теста. Во время прохождения теста функции защиты сохраняются. При тестировании на дисплее появляются мигающие сегменты «---». После тестирования дисплей становится темным.

3. По меню блока управления выполнить круговое движение вперед и назад. Просмотреть и записать уставки по времени ( $t_1-t_5$ ) и контрольные суммы ключей SG1, SG2, SG3. Для движения вперед на один шаг кнопку «Сброс/шаг» нажимать в течение 1 с, а для движения назад эту кнопку нажимать менее 0,5 с.

4. По заданию преподавателя установить новое значение уставки по времени  $t_1$  (это значение должно находиться в диапазоне 0,1–1 с). Для этого нужно выполнить следующие действия:

а) нажимая сброс/шаг 1 с, выполнить продвижение по меню до загорания светодиода  $t_1$ . На дисплее зелеными цифрами высвечивается установленная уставка;

б) нажать кнопку «Программа» на 5 с до мерцания всех индикаторов дисплея;

в) нажать кнопку «Программа» на 1 с, пока не начнет мерцать крайняя правая цифра дисплея;

г) кнопкой «Сброс/шаг» установить требуемое значение последней цифры уставки;

д) нажать кнопку «Программа» на 1 с, пока не начнет мерцать вторая справа цифра дисплея;

е) аналогично установить остальные цифры уставки;

ж) нажать кнопку «Программа» на 1 с, пока не начнет мерцать точка. При необходимости нажатием кнопки «Сброс/шаг» установить точку на нужное место;

з) нажать кнопку «Программа» до начала мигания всех цифр дисплея;

и) одновременным нажатием кнопок «Программа» и «Сброс/шаг» записать в память новую уставку. В момент записи на дисплее появляются символы «---». Попытка установить значение уставки, выходящее за границы диапазона уставок, приводит к сохранению старого значения.

5. Рассчитать контрольную сумму группы программных переключателей SG1 (положение переключателей SG1 задается преподавателем).

### Пример расчета контрольной суммы

Номер	Вес		Положение		Величина
SG1/1	1	*	1	=	1
SG1/2	2	*	0	=	0
SG1/3	4	*	1	=	4
SG1/4	8	*	0	=	0
SG1/5	16	*	0	=	0
SG1/6	32	*	0	=	0
SG1/7	64	*	1	=	64
SG1/8	128	*	0	=	0
Контрольная сумма					69

Установку новых значений программируемых переключателей производить в следующей последовательности.

1. Нажатием кнопки «Сброс/шаг» выбрать необходимую группу программируемых переключателей.

2. Нажать кнопку «Программа» на 5 с до мерцания всех индикаторов дисплея.

3. Нажать кнопку «Программа» еще раз, при этом на экране появляется значение первого переключателя. Левая зеленая цифра показывает номер переключателя, крайняя правая – его положение.

4. Значение переключателя может быть установлено в 0 или 1 нажатием кнопки «Сброс/шаг».

5. Нажать кнопку «Программа».

6. Аналогично установить значение остальных переключателей.

7. После установки значений всех переключателей нажать кнопку «Программа». При отпускании кнопки на дисплее мерцающими цифрами будет показана новая контрольная сумма группы переключателей.

8. Одновременным нажатием кнопки «Программа» и «Сброс/шаг» записать в память новые значения переключателей. В момент записи на дисплее появляются символы «---».

Индикатором состояния групп переключателей служит контрольная сумма, которая отображается на дисплее. Правильность выставления переключателей проверяется сравнением ее значения со значением, найденным при вычислении. Каждому переключателю

соответствует весовой коэффициент, равный степени числа 2. Для переключателей, установленных в «1», эти числа суммируются, и полученная сумма сравнивается с контрольной. Если обе суммы равны, то переключатели выставлены правильно.

9. По заданию преподавателя установить новые значения по току и времени срабатывания первой ступени защиты с независимой от тока характеристикой времени срабатывания.

### **Содержание отчета**

1. Назначение и основные функции реле.
2. Расположение органов управления и индикации на измерительном блоке и блоке управления.
3. Структурная схема блока управления.
4. Пример расчета контрольной суммы для группы переключателей SG1.

### ***Лабораторная работа № 4***

## **МИКРОПРОЦЕССОРНОЕ РЕЛЕ МР 500**

**Цель работы:** изучить выполняемые функции, структуру меню, методику проверки и настройки одной ступени максимальной токовой защиты.

### **Краткие теоретические сведения**

Микропроцессорное реле МР 500 защиты и автоматики ввода, линии, секционного выключателя предназначено для защиты:

- кабельных и воздушных линий электропередач напряжением 6–35 кВ;
- трансформаторов (например, в качестве резервной защиты силовых трансформаторов);
- объектов малой энергетики и др.

МР 500 является современным цифровым устройством защиты, управления и противоаварийной автоматики и представляет собой комбинированное многофункциональное устройство, объединяющее различные функции защиты, измерения, контроля, местного и дистанционного управления.



Использование в МР 500 современной аналого-цифровой и микропроцессорной элементной базы обеспечивает высокую точность измерений и постоянство характеристик, что позволяет существенно повысить чувствительность и быстродействие защит, а также уменьшить ступени селективности.

Функции защиты МР 500 приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Функции защиты ступеней

Функции	Количество ступеней
Защита от повышения тока	4
Защита от повышения тока нулевой последовательности	2
Защита от повышения тока обратной последовательности	2
Двукратное АПВ выключателя защищаемого присоединения	
Контроль состояния выключателя с УРОВ	
Автоматика АЧР и ЧАПВ, АВР от внешних сигналов	

МР 500 имеет:

- восемь внешних защит от внешних сигналов;
- восемь входных логических сигналов по логике «И» или «ИЛИ»;
- восемь выходных логических сигналов по логике «ИЛИ»;
- индикацию действующих (текущих) значений тока защищаемого присоединения;
- местное и дистанционное управление выключателем, переключение режима управления;
- задание внутренней конфигурации (ввод защит и автоматики, выбор защитных характеристик, количество ступеней защиты, программирование логики и т. д.) программным способом;
- местный и дистанционный ввод, хранение и отображение уставок защит и автоматики;
- регистрацию аварийных параметров защищаемого присоединения (действующих значений тока и типа повреждения) и срабатывание измерительных органов;

– регистрацию изменения сигналов на дискретных входах (состояния выключателя присоединения, цепей дистанционного управления и внешних защит) и команд управления, поступающих по каналу связи;

– учет количества отключений выключателя;

– получение дискретных сигналов управления и блокировок, выдачу команд управления, аварийной и предупредительной сигнализации;

– обмен информацией с верхним уровнем (АСУ ТП);

– непрерывную самодиагностику аппаратной и программной части.

Устройство имеет две группы уставок, называемых «основная» и «резервная», которые могут быть выбраны при программировании через клавиатуру, персональный компьютер или сеть связи. Установленная группа уставок индицируется на МКИ. Независимо от сделанного выбора устройство принудительно использует резервные уставки. Это возможно выполнить через сеть или дискретный вход, специально сконфигурированный для этой цели. Когда сигнал сбрасывается, то предварительно выбранная группа уставок устанавливается снова.

МР 500 имеет модульную структуру и состоит из следующих модулей:

модуль центрального процессора (МЦП);

модуль (ввода) сигналов аналоговых (МСА);

двух модулей (ввода) сигналов дискретных (МСД);

модуль реле выходных (МРВ);

модуль клавиатуры и индикации (МКИ);

блок питания (БП).

Все модули ввода-вывода имеют разъемы для связи посредством кросс-платы с модулем центрального процессора и блоком питания.

Основные технические характеристики даны в инструкции по эксплуатации данного реле.

Меню защиты имеет древовидную структуру. С помощью кнопок управления и жидкокристаллического индикатора (ЖКИ) можно прочитать следующую информацию, содержащуюся в различных подменю, произвести изменения в конфигурации системы, задать уставки, выдержки времени и т. д.

1. Текущие значения токов в фазах и тока замыкания на землю по основной и высшей гармоникам (измерение), расчётные токи, прямой, обратной и нулевой последовательностей.

2. Сброс индикации;

3. Журналы:

журнал аварий (32 сообщения), который включает в себя:

- дату, время повреждения,
- сработавшую ступень,
- вид повреждения,
- максимальный ток повреждения,
- токи в момент срабатывания защиты,
- состояние входов и выходов;

журнал системы (включает в себя 128 последовательных во времени сообщения о неисправностях в системе защиты линии);

журнал осциллограмм;

сброс журналов.

4. Ресурс выключателя.

5. Конфигурация устройства.

6. Диагностика.

Для перемещение по окнам меню используются следующие символы:

↔ – продвижение вправо или влево по меню;

↑  
↓ – продвижение вниз или вверх по меню, уменьшение или увеличение значения уставки;

← – ввод значения, вход в подменю или режим изменения параметра;

⊙ – переход в вышестоящее подменю, сброс ввода уставки.

Просмотр измеренных, а также рассчитанных параметров осуществляется в меню «Измерение».

Изменения уставок или конфигурации системы выполняются в подменю «Конфигурации системы». В случае внесения каких-либо изменений при входе в меню «Конфигурации системы» будет запрошен пароль. При вводе пароля АААА изменения вступают силу.

Защита от повышения тока может иметь четыре ступени ( $I >$ ,  $I >>$ ,  $I >>>$ ,  $I >>>>$ ) с независимой или зависимой времятоковой характеристикой. Условием срабатывания защиты может задаваться режим превышения уставки по току одной или всех трех фаз.

Защита может работать в режимах «Одна фаза» и «Все фазы». В режиме «Одна фаза» для срабатывания ступени необходимо превышение тока хотя бы в одной фазе. В режиме «Все фазы» для срабатывания ступени необходимо превышение тока во всех трёх фазах.

Каждая ступень имеет возможность блокировки от внешнего дискретного сигнала (пуск от инверсного сигнала). Наличие или отсутствие блокировки задается в уставках конфигурации.

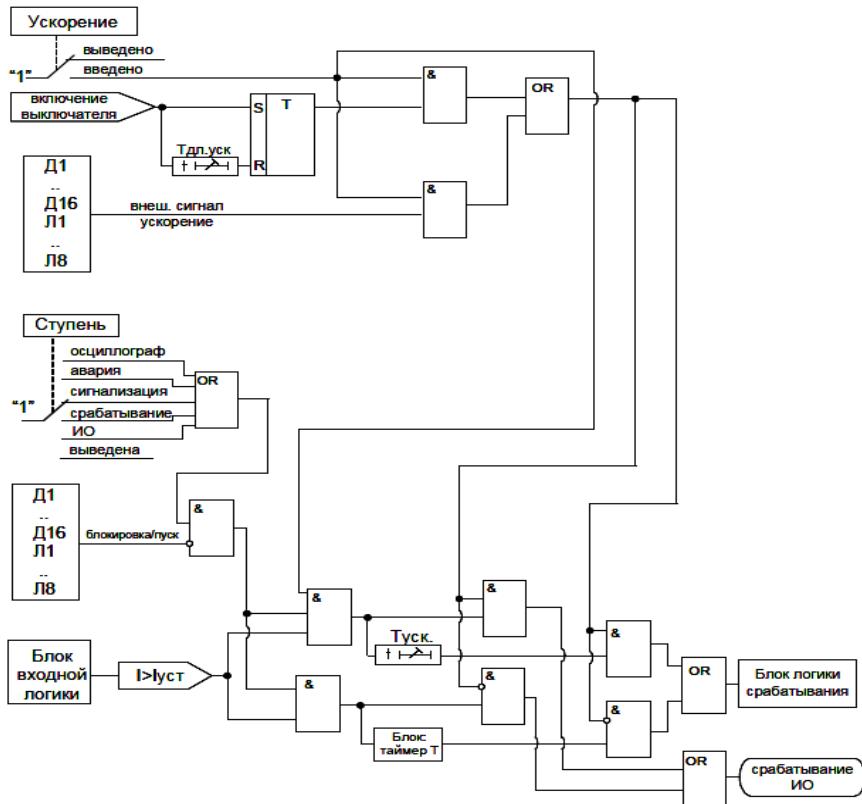


Рис. 4.1. Блок МТЗ для междуфазных КЗ

### Порядок выполнения работы

1. Изучить назначение, основные технические характеристики, функции измерения и защиты, органы управления и индикации, структуру меню МР 500.
2. Ознакомиться со схемой подключения МР 500. Включить питание.

3. Выбрать пункт меню «Конфигурация системы» и подменю «Параметры защит», «Основные уставки», «Токовые защиты». Для ступени защиты «I >» и её ИО выбрать режим «Сигнализация». Для перехода в режим редактирования нужно нажать кнопку «Ввод». При этом появляется курсор. После выбора нужного режима нажать кнопку «Ввод».

В следующем пункте меню «Уставка» выбрать для I режим работы ступени «Одна фаза» из следующих возможных: «Одна фаза», «Все фазы».

В следующем кадре меню задать численное значение уставки срабатывания ступени «I >» в диапазоне  $(0,1-0,2)I_n$ . Выбрать независимую характеристику времени срабатывания. Время срабатывания ступени задать 5000 мс. Нажимая кнопку «С», вернуться в меню «Выходные сигналы».

4. Выбрать пункт меню «Выходные реле». Для сигнализации срабатывания ступени «I >» выбрать реле P2. Установить тип реле P1 и P2 «Повторитель». В пункте меню «Реле 1 сигнал» установить «I > ИО» (в этом случае реле 1 будет срабатывать при срабатывании ИО ступени «I >>»). В пункте меню «Реле 2 сигнал» установить «I >>» (в этом случае реле 2 будет срабатывать при срабатывании ступени «I >>» через 5000 мс после срабатывания реле 1).

5. Выбрать пункт меню «Индикаторы». Для сигнализации срабатывания ступени «I >>» выбрать индикаторы 1 и 2. Установить тип индикаторов 1 и 2 – повторитель. В пункте меню «индикатор 1 сигнал» выбрать «I > ИО», а в «индикатор 2 сигнал» выбрать «I >>».

6. Выйти из меню «Конфигурация». При выходе будет запрошен пароль. Ввести пароль АААА. При нажатии кнопки «Ввод» изменения вступят в силу.

7. Выбрать пункт меню «Измерение». Контролировать значение тока IA. Проверить ток срабатывания и возврата ИО ступени (первоначально загорается сигнальная лампа реле P2 и индикатор 1, а затем спустя время срабатывания ступени загораются лампа реле 2 и индикатор 2).

8. Исследовать работу той же ступени «I >>» для других режимов. Задать зависимую характеристику времени срабатывания реле, ток срабатывания 0,5 А. Коэффициент  $K = 1000$ . Изменяя величину тока IA, заполнить табл. 4.2.

## Результаты измерений

$t_{сз}$						
$I_A/I_{ср}$	1	2	3	4	5	6

9. Выбрать пункт меню «Конфигурация системы». Дискретным сигналом Д1 заблокировать работу данной ступени. Проверить работу ступени «I >» сначала при включенном Д1, а затем – при отключенном.

10. Проанализировать содержимое журналов аварии и системы.

11. По окончании работы сбросить содержимое журналов аварии и системы.

## Содержание отчёта

1. Назначение и основные функции реле.
2. Расположение органов управления и индикации.
3. Схема подключения.
4. Результаты измерений (табл. 4.2).
5. Построить зависимость  $t_{сз} = f(I_A/I_{ср})$ .

*Лабораторная работа № 5*

## ЗАЩИТА ПО НАПРЯЖЕНИЮ НА БАЗЕ МИКРОПРОЦЕССОРНОГО РЕЛЕ МР 600

**Цель работы:** изучить выполняемые функции, структуры меню, методики проверки и настройки одной ступени максимальной токовой защиты.

### Краткие теоретические сведения

Реле защиты по напряжению и частоте (МР 600) является современным многофункциональным устройством, объединяющим различные функции – защиты, автоматики, индикации, контроля, дистанционного управления.

МР 600 устанавливается на понижающих и распределительных подстанциях 110/35/10/6 кВ и предназначено для защиты от понижения и повышения напряжения, понижения и повышения частоты, а также для сбора и передачи информации по каналам связи на диспетчерский управляющий комплекс.

Функции защиты МР 600 приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Функции защиты МР 600

Функции	Кол-во ступеней
Защита от снижения напряжения	4
Защита от повышения напряжения	4
Защита от повышения напряжения нулевой последовательности	4
Защита от повышения напряжения обратной последовательности	2
Защита от снижения напряжения прямой последовательности	2
Защита от снижения частоты с возможностью ЧАПВ	4
Защита от повышения частоты	4

Устройство имеет две группы уставок, называемых «основная» и «резервная», которые при программировании могут быть выбраны через клавиатуру, персональный компьютер или сеть связи. Установленную группу уставок можно индентифицировать на МКИ. Независимо от сделанного выбора устройство имеет возможность принудительно использовать резервные уставки. Это выполняется через сеть или дискретный вход, специально сконфигурированный для этой цели. Когда сигнал сбрасывается, предварительно выбранная группа уставок устанавливается снова.

На рис. 5.1 и 5.2 соответственно приведены основная логика защиты МР 600 от повышения напряжения и блок логики.

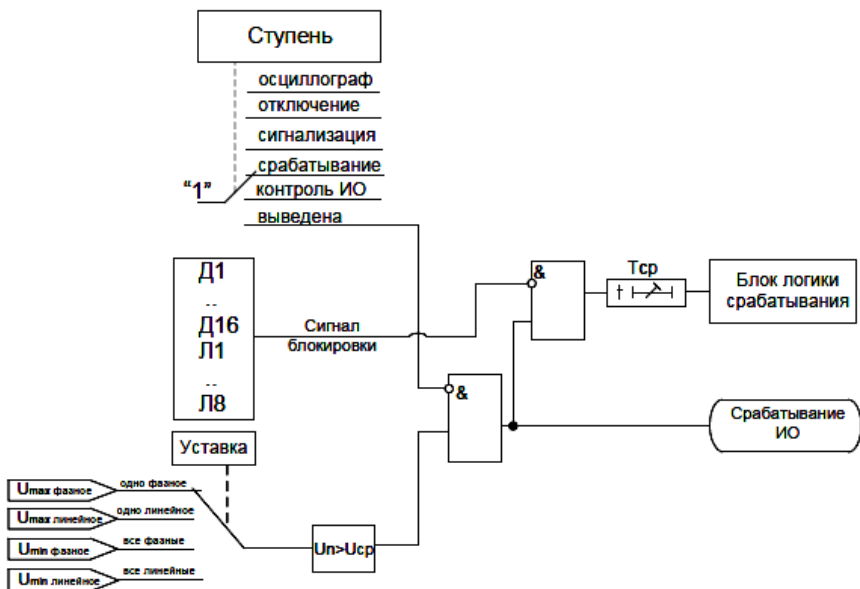


Рис. 5.1. Логика защиты от повышения напряжения

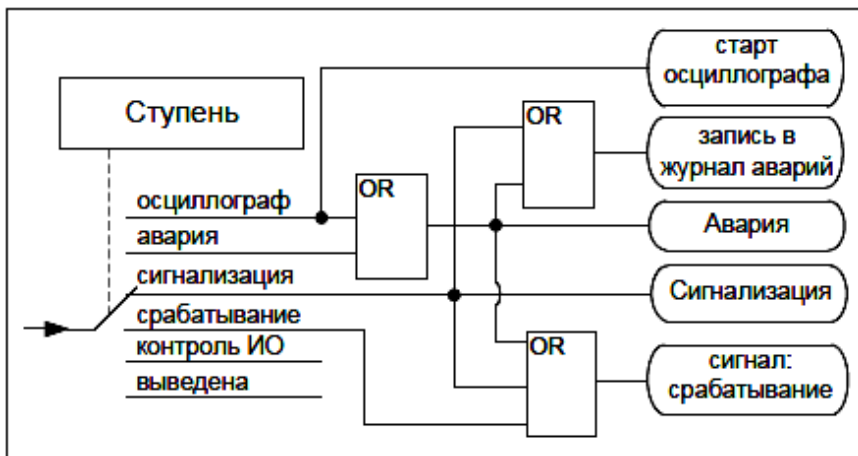


Рис. 5.2. Блок логики срабатывания



## Порядок выполнения работы

1. Изучить назначение, основные технические характеристики, функции измерения и защиты, органы управления и индикации, структуру меню МР 600.

2. Ознакомиться со схемой подключения МР 600. Включить питание.

3. Выбрать пункт меню «Конфигурация системы» и подменю «Параметры защит», «Основные уставки», «Защиты по напряжению». Для ступени защиты «U >» и ее ИО выбрать режим «Сигнализация» из следующих режимов работы: «Выведена», «Срабатывание», «Сигнализация», «Авария», «Осциллограф». Для перехода в режим редактирования нужно нажать кнопку «Ввод». При этом появляется курсор. После выбора режима «Сигнализация» нажать кнопку «Ввод».

В следующем пункте меню «Уставка» выбрать режим работы ступени «Одна фаза» из следующих возможных: «Одна фаза», «Одно линейное», «Все линейные», «Все фазы».

В этом режиме если одно или несколько фазных напряжений превышают уставку, то ИО срабатывает (логика «ИЛИ», которая соответствует параллельному соединению контактов трёх реле максимального напряжения). Аналогичным образом будет работать ступень, если задан режим «Одно линейное», за исключением того, что ИО реагирует на наибольшее значение их трёх линейных напряжений. В следующем кадре меню задать численное значение уставки срабатывания ступени «U >» в диапазоне 10–20 В. Нажимая кнопку «С», вернуться в меню «Выходные сигналы».

4. Выбрать пункт меню «Выходные реле». Для сигнализации срабатывания ступени «U >» выбрать реле P1 и P2. Установить тип реле P1 «Повторитель» и P2 – «Блиinker». В пункте меню «Реле 1 сигнал» установить «U > ИО» (в этом случае реле 1 будет срабатывать при срабатывании ИО ступени «U >»), аналогичную операцию выполнить для реле P2.

5. Выбрать пункт меню «Индикаторы». Для сигнализации срабатывания ступени «U >» выбрать индикатор 1. Установить тип индикатора 1 – «Повторитель», а индикатора 2 – «Блиinker». В пункте меню «индикатор 1 сигнал» выбрать «U >».

6. Выйти из меню «Конфигурация». При выходе будет запрошен пароль. Кнопкой «→» ввести пароль АААА. При нажатии кнопки «Ввод» изменения вступят в силу.

7. Выбрать пункт меню «Измерение». Контролировать наибольшее значение из трёхфазных напряжений  $U_A$ ,  $U_B$ ,  $U_C$ . Изменяя положение движка регулировочного автотрансформатора, проверить напряжение срабатывания ИО ступени (загораются сигнальные лампы P1 и P21) и возврата. Построить передаточную характеристику ИО ступени «U >».

8. Исследовать работу той же ступени «U >» для других режимов («Одно линейное», «Все линейные», «Все фазы»). Для каждого режима построить передаточные характеристики.

9. Выбрать пункт меню «Конфигурация системы» и подменю «Параметры системы». На экране отобразятся текущая дата и время. Для их изменения надо нажать «Ввод». Кнопкой «=>» ввести пароль АААА нажатием клавиши « Ввод» и подтвердить пароль. Изменить текущую дату и время.

10. Выбрать пункт меню «Сброс журналов». Проанализировать содержание журналов аварий и системы. По окончании сбросить содержимое этих журналов.

11. Заблокировать действие ступени «U >» дискретным сигналом Д1. Проверить факт блокирования защиты сигналом Д1.

12. Исследовать работу ступени защиты «U <». Результаты занести в табл. 5.2, аналогичную табл. 5.1.

### **Содержание отчета**

1. Назначение и основные функции реле.
2. Расположение органов управления и индикации.
3. Схема подключения.
4. Результаты измерений и передаточные характеристики.



## Лабораторная работа № 6

### ЗАЩИТА ПО ЧАСТОТЕ НА БАЗЕ МИКРОПРОЦЕССОРНОГО РЕЛЕ МР 600

**Цель работы:** изучить выполняемые функции, структуру меню, методику проверки и настройки одной ступени максимальной токовой защиты.

#### Краткие теоретические сведения

Четырехступенчатая защита от повышения частоты работает путем сравнения измеренной частоты ступеней  $F >$ ,  $F >>$ ,  $F >>>$ ,  $F >>>>$  с уставкой (рис. 6.1).

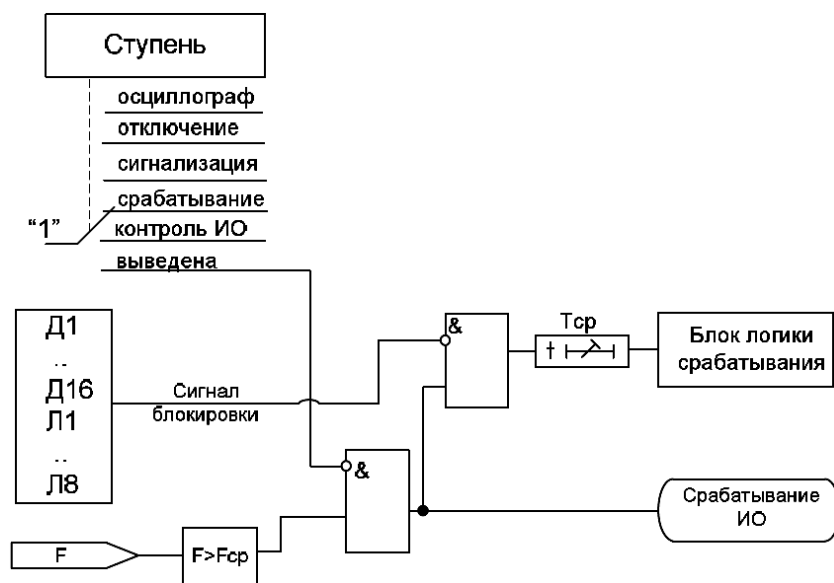


Рис. 6.1. Схема четырехступенчатой защиты от повышения частоты

Режимы работы защиты:

«ВЫВЕДЕНА» – защита выведена из работы;

«КОНТРОЛЬ ИО» – защита контролирует только ИО;

«СРАБАТЫВАНИЕ» – защита введена в работу с контролируемым выдержки времени;

«СИГНАЛИЗАЦИЯ» – защита введена в работу, при срабатывании записывается в журнал аварий;

«АВАРИЯ» – защита введена в работу, при срабатывании записывается в журнал аварий;

«ОСЦИЛЛОГРАФ» – то же, что и при режиме «АВАРИЯ», плюс при срабатывании запускается запись осциллограммы. При наличии сигнала внешней неисправности ТН защита выводится из работы и все ступени защиты возвращаются в исходное состояние.

Условия срабатывания исполнительного органа (ИО):

– введена соответствующая ступень защиты от повышения частоты, выбран режим «КОНТРОЛЬ ИО»;

– отсутствие сигнала блокировки защиты.

Условия срабатывания ступени защиты:

– введена соответствующая ступень защиты от повышения частоты, выбран режим «СРАБАТЫВАНИЕ» или выше;

– отсутствие сигнала блокировки защиты;

– введена уставка  $t$  (может быть равна 0).

Если состояние превышения уставки сохраняется, когда заканчивается соответствующая выдержка времени  $t$ , посылается сигнал срабатывания защиты, формируется запись в журнале аварий.

Таймер  $t$  имеет независимую характеристику срабатывания.

Характеристики реле даны в табл. 6.1.

Таблица 6.1

### Характеристики реле М 600

Параметр	Значение
Диапазон уставок по частоте	40–70 Гц
Шаг установки	0,01 Гц
Диапазон уставок по времени	0–3000 с
Шаг установки	0,01; 0,1 с <sup>1</sup>
Зона возврата	0,05 Гц
Погрешность измерения частоты возврата	±0,05 Гц

<sup>1</sup>Для диапазона от 0 до 300 с – 0,01 с, для диапазона от 300 до 3000 с – 0,1 с.

Четырёхступенчатая защита от понижения частоты работает путем сравнения измеренной частоты ступеней  $F <$ ,  $F \ll$ ,  $F \ll\ll$ ,  $F \ll\ll\ll$  с уставкой (рис. 6.2).

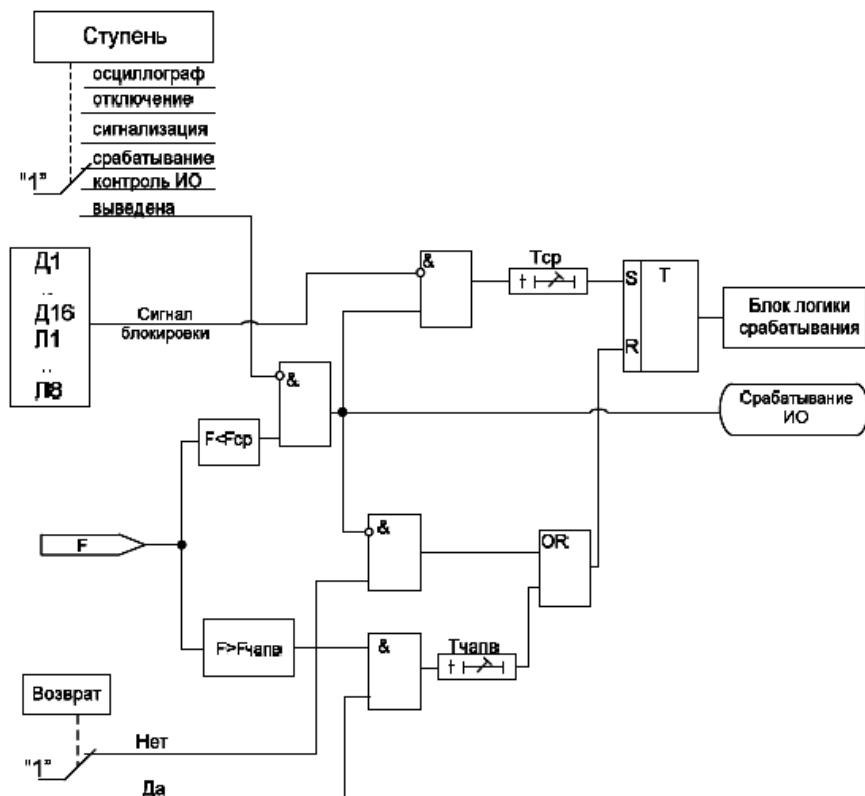


Рис. 6.2. Схема четырехступенчатой защиты от понижения частот

Для запуска контроля ЧАПВ (автоматического повторного включения по частоте) необходимо выполнение всех следующих условий:

- получение сигнала срабатывания;
- отключение выключателя;
- отсутствие каких-либо команд управления;
- отсутствие сигнала блокировки.

При наличии контроля ЧАПВ сигнал срабатывания сбрасывается при переключении.

## Порядок выполнения работы

1. Убедиться, что автоматические выключатели (на панели подписаны как SF1 и SF2) включены. Защита должна включиться издав соответствующий сигнал. На экране дисплея отобразится меню измерений, в котором отображается мгновенное значение частоты  $f$ . Для просмотра остальных параметров нажать несколько раз кнопку «Вправо», данные занести в отчёт.

Рассмотрим принцип работы со встроенным интерфейсом защиты на примере установки даты и времени.

Для этого кнопками «Вверх, вниз» необходимо выбрать меню «Конфигурация системы» и нажать кнопку «Ввод».

Далее таким же образом зайти в подменю «Параметры системы». На экране дисплея отобразятся текущая дата и время. Для их изменения необходимо нажать «Ввод». Появится запрос на ввод пароля для защиты от несанкционированного доступа. Перемещая курсор кнопками «Влево, вправо» и изменяя значения символов (кнопки «Вверх, вниз»), ввести АААА и подтвердить пароль нажатием клавиши «Ввод».


После этого, перемещая курсор кнопками «Влево, вправо», кнопками «Вверх, вниз», можно изменить текущую дату. По окончании ввода данных их правильность подтвердить кнопкой «Ввод». Для задания времени необходимо перейти на вкладку «Время», нажав клавишу «Вправо», и, проделав аналогичные операции, задать текущее время. Вернуться в предыдущее меню. Для этого нажать кнопку «Сброс». Убедиться, что отображаемые дата и время соответствуют заданным. Выбрать подменю «Параметры связи» меню «Параметры системы». Аналогичным образом измерить адрес защиты на (см. вариант в табл. 6.2–6.4); изменяя вкладки, определить скорость передачи данных и задержку. Данные занести в отчёт. Вернуться в меню измерений и подтвердить пароль.

2. Для правильности отображения информации в меню измерений необходимо задать коэффициент трансформации, в нашем случае он равен 1. Для этого зайти в меню «Конфигурация системы→измерительный канал→параметры ТН. Выбрать вкладку коэффициента трансформации и ввести нужный коэффициент трансформации. Вернуться в начальное меню отображения частоты,

подтвердив пароль. Проверив значения напряжений, убедиться, что измерения вступили в силу.

Убедиться, что в журнале системы отображаются записи о введенных изменениях.

Для подключения к защите внешнего устройства (ПК, ноутбук) убедиться, что кабель, соединяющий защиту с компьютером, включён в разъём USB. Включить компьютер и запустить программу «Уником».

3. Войти в меню «Настройки → Настроить порт». Убедиться, что используется порт COM2. Выбрать тайм-аут и скорость порта в соответствии с параметрами защиты. Установить чёткость в положение «Нет», длина – 8, стоп-биты – 1, ожидание ответа – 100, ожидание байта – 50, включение-выключение передачи – 0. Для подключения к защите нажимать кнопку . В открывшемся окне отображается вся информация о текущем состоянии защиты. Убедиться в том, что защита настроена правильно. Для этого зайти в меню «Конфигурация системы» и проверить уставки по напряжению. Сохранить настройки защиты в файле MP 600 (номер группы, номер бригады).

4. Задать уставки реле напряжения в соответствии с вариантом (см. табл. 6.2), при этом задать тип сигнала «Однофазное». Задать уставки срабатывания трех очередей АЧР и выдержки времени с действием на выходные реле и задать параметры ЧАПВ для всех очередей (см. табл. 6.3, 6.4). Установить индикацию срабатывания АЧР в соответствии со своим вариантом. Для записи конфигурации в контроллер нажать «Записать».

5. Проверить правильность работы защит по напряжению. Для этого к защите подключить регулировочный трансформатор напряжения. Убедиться что защита и трансформатор выключены. Проверить правильность включения. Включить микропроцессорное устройство, подключиться к нему через интерфейс USB. По конфигуратору выставить контролируемое изменение напряжения 100 В. Далее уменьшать напряжение до уровня срабатывания защит по напряжению.

6. Проверить правильность работы контроллера, подав на него сигнал от генератора импульсов. Для этого подключить генератор, подсоединив его выводы к клеммам панели SF1 и SF2. Регулятором установить частоту 50 Гц и уровень напряжения 11 В (при уровне напряжения ниже 10,5 В защита не изменяет частоту). Плавно пони-



зять частоту до уровня срабатывания всех трёх ступеней по частоте, при этом фиксировать срабатывание защит, выходных реле и индикации. Далее повысить частоту до уровня срабатывания ЧАПВ и проанализировать действия защиты. Проверить, какое влияние оказывают блокирующие сигналы на защите по частоте.

Данные для проведения испытания реле МР 600, даны в табл. 6.2–6.3.

Таблица 6.2

Уставки защит по напряжению

Номер бригады	$U <, В$	$t, мс$	Выходное реле	Индикатор	$U <<, В$	$t, мс$	Выходное реле	Индикатор
1	8,5	4000	1	1	7,5	2000	1	2
2	8,0	3000	1	1	7,0	1000	2	1
3	7,5	6000	2	2	6,5	2000	2	3
4	7,0	6000	2	2	6,0	3000	3	2
5	6,5	10000	3	3	5,5	10	4	3

Таблица 6.3

Уставки защит по частоте 1

Номер бригады	$F <, Гц$	$t, мс$	$F <<, Гц$	$t, мс$	$F <<<, Гц$	$t, мс$	Выходное реле	Индикатор	Блокирование
1	47	1000	46	500	45	100	2,3,4	3	Д1, Д1, Д2
2	48	2000	47	1000	46	500	3,4,5	2	Д1, Д1, Д3
3	46	3000	45	2000	44	1000	3,4,5	4	Д2, Д2, Д3
4	47	1000	46	500	45	100	4,5,6	3	Д3, Д4, Д5
5	45	2000	44	1000	43	500	5,6,7	4	Д1, Д3, Д5

Уставки защит по частоте 2

Номер бригады	$f <$ , Гц	$t$ , мс	$f <<$ , Гц	$t$ , мс	$f <<<$ , Гц	$t$ , мс	Индикатор
1	49,8	4000	49,	5000	49,8	6000	4
2	49,8	3000	49,	4000	49,8	5000	3
3	49,8	6000	49,	7000	49,8	8000	5
4	49,8	6000	49,	7000	49,8	8000	4
5	49,8	10000	49,	11000	49,8	12000	5

### *Лабораторная работа № 7*

## НАПРАВЛЕННАЯ ТОКОВАЯ ЗАЩИТА НА БАЗЕ МИКРОПРОЦЕССОРНОГО РЕЛЕ MP 741 (MP 700)

**Цель работы:** изучить выполняемые функции, структуру меню, методику проверки и настройки ступеней направленных максимальных токовых защит.

### **Краткие теоретические сведения**

На рис. 7.1 приведена основная логика направленной защиты от повышения тока MP 741 (MP 700).

Защита от повышения тока может иметь четыре ступени («I >», «I >>», «I >>>», «I >>>>») с независимой или зависимой времятоковой характеристикой. Условием срабатывания защиты может задаваться режим превышения уставки по току одной или всех трех фаз.

Каждая ступень может быть сконфигурирована как направленная или ненаправленная. В случае направленного режима задаётся направление срабатывания «От шин» или «К шинам».

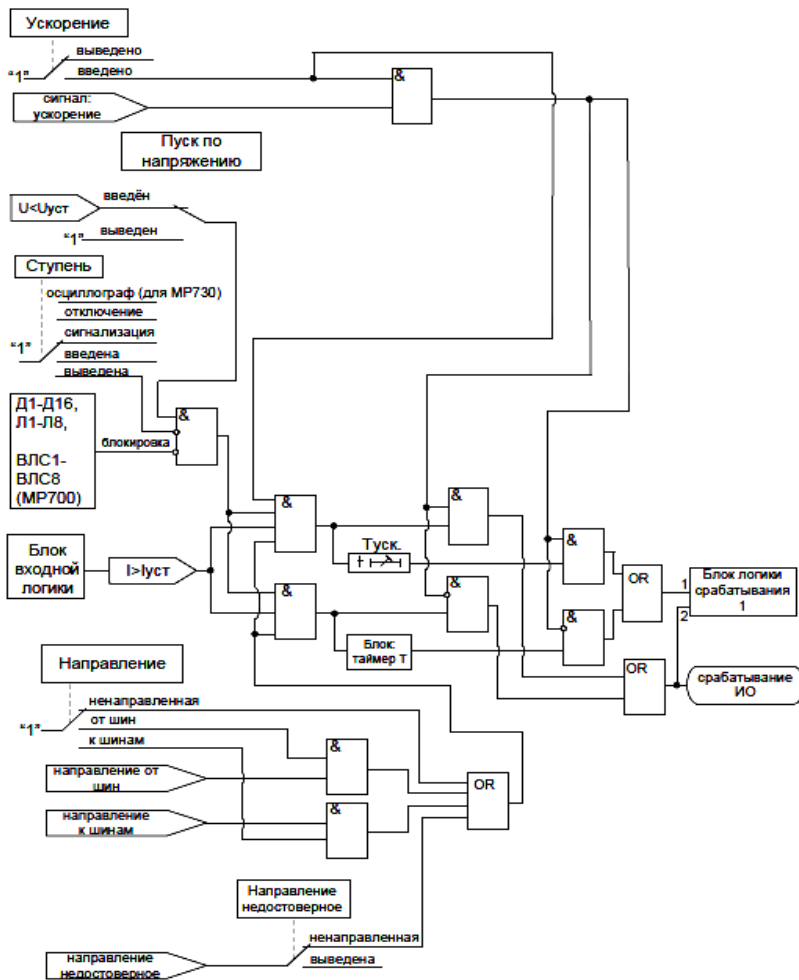


Рис. 7.1. Логическая схема направленной защиты от повышения тока

Определение направления мощности производится по 90-градусной схеме, т. е. для построения измерительного органа ступени используются следующие сочетания токов и напряжений:  $I_a$  и  $U_{bc}$ ,  $I_b$  и  $U_{ca}$ ,  $I_c$  и  $U_{ab}$ . Зона срабатывания защиты показана на рис. 7.2. При недостоверном определении направления ступень может работать как ненаправленная или блокироваться, что выбирается в настройках.

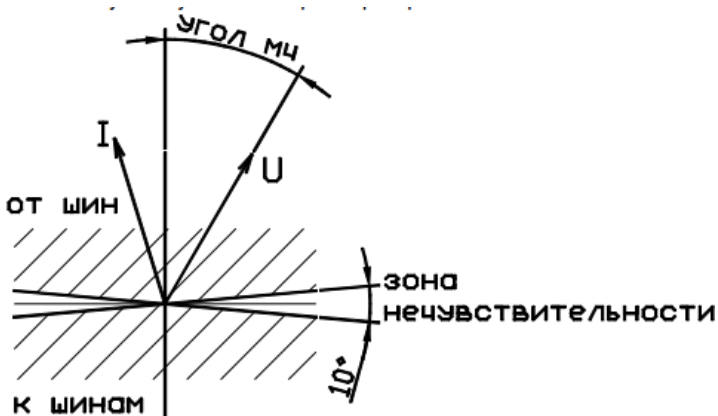


Рис. 7.2. Зона срабатывания направленной защиты

Каждая ступень может иметь функцию пуска по минимальному напряжению. В качестве пускающего напряжения используется линейное напряжение: для  $I_a - U_{ab}$ , для  $I_b - U_{bc}$ , для  $I_c - U_{ca}$ . При недостоверном определении напряжения ступень блокируется.

Защита может работать в режимах «Одна фаза» и «Все фазы». В режиме «Одна фаза» для срабатывания ступени необходимо превышение тока хотя бы в одной фазе, при введённом пуске по напряжению – выполнение условия пуска по этой фазе, при введённом направленном режиме – выполнение условия направленности по этой фазе. В режиме «Все фазы» для срабатывания ступени необходимо превышение тока во всех трёх фазах, при введённом пуске по напряжению – выполнение условий пуска по всем трём фазам, при введённом направленном режиме – выполнение условий направленности по всем трём фазам.

Каждая ступень имеет возможность блокировки от внешнего дискретного сигнала (пуск от инверсного сигнала). Наличие или отсутствие блокировки задается в уставках конфигурации.

Для ступеней «I >>», «I >>>» устройства МР 730 и ступеней «I >», «I >>», «I >>>», «I >>>>» устройства МР 700 предусмотрена возможность ускорения. Переключение в ускоренный режим происходит по включению выключателя. В ускоренном режиме срабатывание ступени безусловно происходит по уставке «Ускорение» (уставка «Туск», см. рис. 7.1).

Ступени «I >>>», «I >>>>» устройства МР 730 могут работать в одном из двух режимов: «Пуск» (защита работает только в режиме пуска двигателя) и «Работа» (защита работает во всех режимах, кроме пускового). На этих ступенях можно реализовать защиты от затянутого пуска и блокировки ротора.

Количество ступеней направленной защиты от повышения тока задается в уставках конфигурации. Особенности расчета угла максимальной чувствительности приведены в рекомендациях по расчету уставок.

### **Порядок выполнения работы**

1. Изучить назначение, основные технические характеристики, функции измерения и защиты, органы управления и индикации, структуру меню МР 741(МР 700).

2. Ознакомиться со схемой подключения реле к ПК и испытательной установке в составе блоков ФР5000, ФМ5000, ФП5000.

3. На панели включить автоматические выключатели SF1 и SF2. При этом защита подаёт соответствующий сигнал.

4. Ознакомиться с руководством по эксплуатации программы «Уникон» (соответствующая кнопка размещена на рабочем столе ПК).

5. Включить питание ПК. Запустить универсальную программу «Уникон» для конфигурирования и программирования реле МР 741 (МР 700).

6. Подключить устройство МР 741. Выбрать пункт меню «Конфигурация системы», «Основные уставки», «Токowe защиты». Для ступени защиты нулевой последовательности « $I_n >$ » и её ИО выбрать режим «Сигнализация». Для всех других ступеней токовых защит выбрать режим «Выведено». Для ступени « $I_n >$ » задать направление мощности «от шины» с током срабатывания  $0,1 I_n$ . Задать независимую характеристику времени срабатывания защит и время срабатывания изменять от 500 до 3000 мс.

В конфигурации сети для ступени « $I_n >$ » угол максимальной чувствительности первоначально задать равным 0 (в дальнейшем варьировать от 0 до 90).

Предусмотреть возможность блокирования этой ступени дискретным сигналом D1.

7. Последовательно выбрать пункты меню «Выходные реле» и «Индикаторы». Для сигнализации срабатывания ступени и её ИО выбрать реле Р4, Р5 и индикаторы 4, 5. Тип реле и индикаторов – повторители. В пункте меню «Сигнал» для реле Р4 и индикатора 4 установить сигнал « $I_n > \text{ИО}$ », и для реле Р5 и индикатора 5 – сигнал « $I_n >$ » сраб.

8. Все выбранные параметры конфигурации записать в устройство МР 741 (МР 740).

9. Подключить испытательную установку к сети 220 В (включить автомат на щитке «220 В»). Предварительно надо убедиться, что рукоятки регулировочных трансформаторов TV1 и TV4 повернуты до упора против часовой стрелки. Включить переключатели SA10, SA28.

10. Выбрать пункт меню «Измерение» и контролировать значения тока  $I_0$  и напряжения  $U_0$ , подаваемых на входы защиты. Рукояткой TV1 задать значения тока  $I_0 = 1-1,5$  А и рукояткой TV4 – напряжение  $U_0 = 50-100$  В. Угол между  $I_0$  и  $U_0$  с изменять помощью фазорегулятора (рукоятка ( $\leftarrow\phi\rightarrow$ )) и зафиксировать диапазоны углов срабатывания (несрабатывания) защиты. Результаты измерений занести в табл. 7.1.

Таблица 7.1

Результаты измерений

Ступень	$\phi_{\text{мч}}$	Направление	Диапазон углов срабатывания.	Реле		Индикаторы
				Р4	Р5	
$I_n >$	0	От шин				
	30					
	60					
	90					

11. Заблокировать действие ступени « $I_n >$ » дискретным сигналом D1. Проверить факт блокировки.

12 Исследовать работу ступени « $I_n >$ » для других режимов: направление мощности КЗ к шинам, ненаправленная. Результаты занести в табл. 7.1.

13. Исследовать работу направленной ступени « $I_n >$ » с пуском по напряжению, результаты занести в табл. 7.1.

14. Для разных углов максимальной чувствительности построить зоны срабатывания направленной защиты от повышения тока нулевой последовательности.

### Содержание отчёта

1. Структурная схема направленной защиты от повышения тока нулевой последовательности.
2. Результаты испытаний.
3. Зоны срабатывания направленной защиты от повышения тока нулевой последовательности.

### Лабораторная работа № 8

#### ФУНКЦИЯ «ТАЙМЕРЫ» В РЕЛЕ МР 741 СО СВОБОДНО ПРОГРАММИРУЕМОЙ ЛОГИКОЙ

**Цель работы:** изучить методику построения схем релейной защиты на графическом языке функциональных блоков и принципы работы таймеров разных типов.

#### Краткие теоретические сведения

Объём занимаемой элементом «Таймер» (рис. 8.1) памяти 12 байт. Уставка таймера по времени должна быть не менее 20 мс.

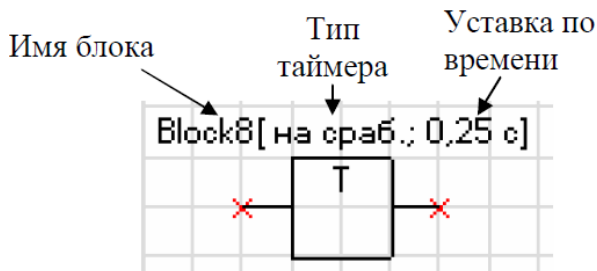


Рис. 8.1. Таймер

В МР 741 представлены шесть видов таймеров.

### Таймер на срабатывание

Элемент (рис. 8.2) предназначен для выполнения функции задержки времени. Сигнал на выходе таймера на срабатывание появится через время  $T_{ср}$  после появления сигнала на входе. При пропадании сигнала на входе сигнал пропадает и на выходе.

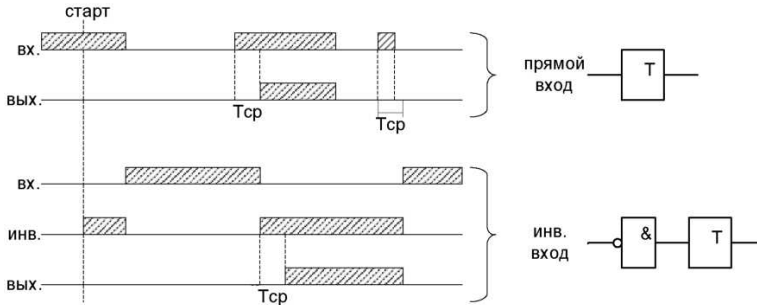


Рис. 8.2. Таймер на срабатывание

Если продолжительность импульса на входе меньше, чем время срабатывания  $T_{ср}$ , то выход таймера остаётся в состоянии логического нуля.

При записи новой логической программы или старте устройства в случае наличия сигнала срабатывания таймер обрабатывает как при прямом, так и при инверсном входе.

### Таймер на возврат (рис. 8.3)

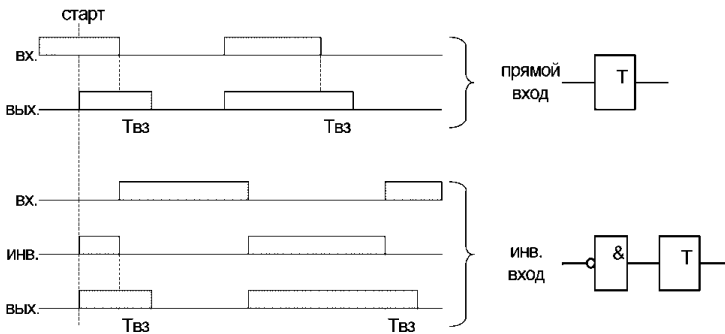


Рис. 8.3. Таймер на возврат



Принцип работы: при единице на входе таймера на возврат на его выходе также будет единица. Если единица на входе пропадает, то на выходе единица сохраняется в течение времени возврата  $T_{вз}$ .

При старте устройства или записи новой логической программы в случае имеющегося сигнала на срабатывание таймер срабатывает при любом входе: прямом или инверсном.

### *Импульсный таймер по фронту типа 1*

Принцип работы: срабатывание таймера происходит при появлении фронта импульса на входе. Если за время работы таймера на входе появляется еще один импульс, то перезапуска таймера не происходит, т. е. импульс на выходе в любом случае не превысит время  $T_{имп}$ , рис. 8.4.

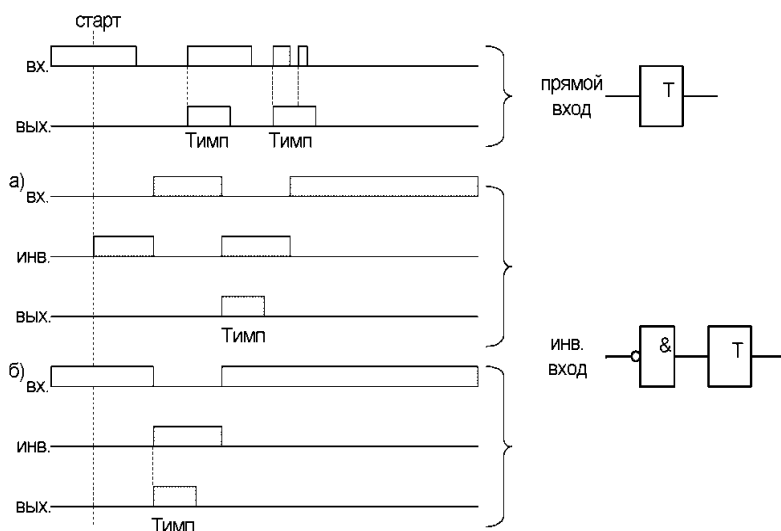


Рис. 8.4. Импульсный таймер по фронту типа 1

Таймер не работает при наличии на входе логической единицы во время старта устройства или записи логической программы как при прямом, так и при инверсном входе.

### *Импульсный таймер по спаду типа 1*

Принцип работы: таймер срабатывает по спаду импульса на входе (рис. 8.5). При этом на выходе формируется логическая единица на время  $T_{\text{имп}}$ . В случае появления на входе нового импульса и его спада за время  $T_{\text{имп}}$  перезапуск таймера не происходит.

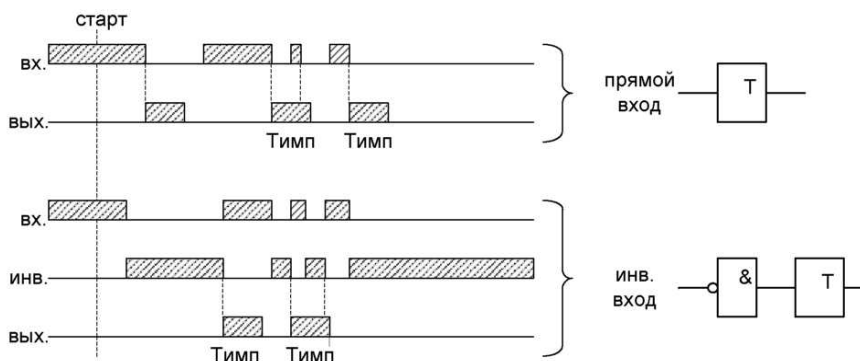


Рис. 8.5. Импульсный таймер по спаду типа 1

Таймер не работает при наличии на входе логической единицы во время старта устройства или записи логической программы как при прямом, так и при инверсном входе.

### *Импульсный таймер по фронту типа 2*

Отличие импульсного таймера по фронту типа 2 (рис. 8.6) от типа 1 в том, что при появлении новых импульсов за время работы таймера происходит перезапуск выдержки времени таймера, т. е. с каждым новым импульсом на входе длительность импульса увеличивается на выходе на время  $T_{\text{имп}}$ .

Таймер не работает при наличии на входе логической единицы во время старта устройства или записи логической программы как при прямом, так и при инверсном входе.

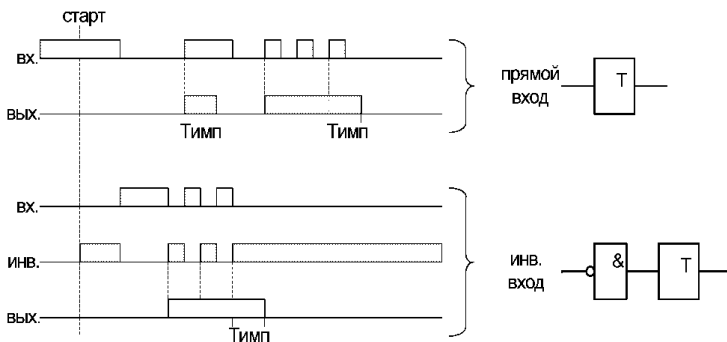


Рис. 8.6. Импульсный таймер по фронту типа 2

### *Импульсный таймер по спаду типа 2*

Отличие импульсного таймера по спаду типа 2 (рис. 8.7) от типа 1 в том, что при появлении новых спадов импульса за время работы таймера происходит перезапуск выдержки его времени, т. е. с каждым новым импульсом на входе длительность импульса на выходе увеличивается на время  $T_{\text{имп}}$ .

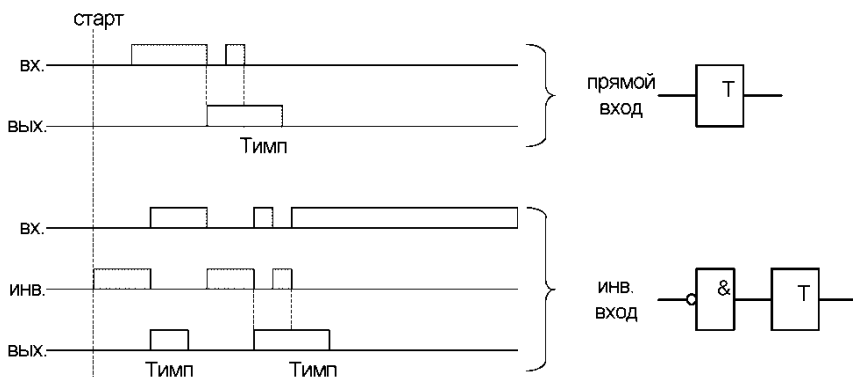


Рис. 8.7. Импульсный таймер по спаду типа 2

Таймер не работает при наличии на входе логической единицы во время старта устройства или записи логической программы как при прямом, так и при инверсном входе.

## Порядок выполнения работы

1. Изучить назначение, основные технические характеристики, функции измерения и защиты, органы управления и индикации, структуру меню МР 741(МР 700).

2. Ознакомиться со схемой подключения реле к ПК и испытательной установке в составе блоков ФР5000, ФМ5000, ФП5000.

3. На панели включить автоматические выключатели SF1 и SF2. При этом защита подаёт соответствующий сигнал.

4. Включить питание ПК. Ознакомиться с руководством по эксплуатации программы «Уникон».

5. Запустить программу «Уникон». Соответствующая кнопка «Уникон» расположена на рабочем столе. Выбрать устройство МР 741. Номер устройства 1, номер порта – COM3. Проверить настройки порта COM3 (скорость 38400, ожидание ответа 2000, ожидание байта 100, чётность – «нет»).

6. Выбрать пункт меню «Программирование». В открывшемся окне создать новую схему. Для этого нужно задать название схемы (например: таймер, пример 1 и т. д.) и формат листа (А4 альбомный).

7. Из стандартных элементов библиотеки составить схему для испытания таймеров (рис. 8.8). При этом необходимо учесть, что все входы и выходы схемы должны быть соединены линиями.



Рис. 8.8. Схема для исследования работы таймеров

8. Исследовать работу таймеров на срабатывание (таймер 1). Для этого нужно два раза щелкнуть левой клавишей мыши по блоку Т для открытия окна свойств таймера. У таймера указываются прямой или инверсный вход и выход, а также время задержки и тип. Установить прямой вход и выход и время задержки. В качестве входного сигнала таймера использовать дискретный сигнал Д1 на стенде реле. Выходной сигнал может воздействовать на реле и индикаторы стенда. Выбрать выходной сигнал «ssl1».

9. Выбрать пункт меню «Конфигурация» реле МР 741, «Выходные реле» и «Индикаторы». Для сигнализации срабатывания таймера выбрать реле Р6 и индикатор 2. Тип реле и индикаторов – повторители. В пункте меню «Сигнал» для них установить сигнал «сс1». Все выбранные параметры записать в устройство. Выполнить компиляцию (загрузка в устройство схемы) и запуск эмулятора (загружает исполняемый код в устройство и его выполнение). Выбрать пункт меню «Измерение» МР 741 (на экране дисплея 2 окна «Измерение» и «Программирование»). Включая дискретный входной сигнал тумблером Д1 на стенде на определенное время, исследовать работу таймера и состояния реле Р6 и индикатора 2.

Заполнить таблицу (табл. 8.1).

Таблица 8.1

### Результаты измерений

Тип таймера	Вход	Установка $t_y$	Длит. входн. сигнала Д1	Реле Р6	Индикатор 2	
Таймер 1	Прямой	1	$t_{вх} < t_y$			
		2				
		3				
		5				
			1	$t_{вх} > t_y$		
			2			
	Инверсный	2				

10. Исследовать работу таймера на возврат (таймер 2). Заполнить таблицу, аналогичную табл. 8.1.

11. Исследовать работу импульсных таймеров по фронту и спаду (таймеры 3–6). Результаты исследований занести в соответствующие таблицы.

### Содержание отчета

1. Схема испытаний таймеров.
2. Результаты испытаний, входных и выходных импульсов для таймеров разных типов.
3. Временные диаграммы таймеров.

## Лабораторная работа № 9

### СВОБОДНО ПРОГРАММИРУЕМАЯ ЛОГИКА РЕЛЕ МР 741

**Цель работы:** изучение методики построения схем релейной защиты, изучение работы логических элементов, RS- и SR- триггеров, мультиплексоров.

#### Краткие теоретические сведения

##### *Логический элемент «И»*

Элемент «И» (рис. 9.1) может иметь от двух до восьми входов.

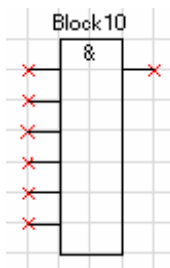


Рис. 9.1. Логический элемент «И»

В зависимости от числа входов элемент занимает от 8 до 20 байт памяти программы. На элемент «И» может быть подана любая комбинация сигналов. На выходе элемента логическая единица появляется только в случае, когда все входные сигналы имеют значение логической единицы.

##### *Логический элемент «ИЛИ»*

Элемент «ИЛИ» (рис. 9.2) может иметь от двух до восьми входов. В зависимости от числа входов элемент занимает от 8 до 20 байт памяти программы. На вход элемента «ИЛИ» может быть подана любая комбинация сигналов. На выходе элемента появляется логическая единица в случае, когда хотя бы один входной сигнал имеет значение логической единицы.

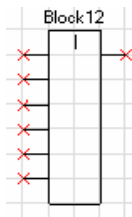


Рис. 9.2. Логический элемент «ИЛИ»

### ***Логический элемент «Исключающее ИЛИ»***

Элемент «Исключающее ИЛИ» (рис. 9.3) может иметь от двух до восьми входов.

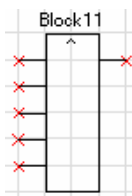


Рис. 9.3. Логический элемент «Исключающее ИЛИ»

В зависимости от числа входов элемент занимает от 8 до 20 байт памяти программы.

### ***Логический элемент «НЕ»***

Элемент «НЕ» (рис. 9.4) содержит один вход и один выход. Сигнал на выходе логического элемента – инвертированный входной сигнал.

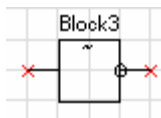


Рис. 9.4. Логический элемент «НЕ»

### ***RS- и SR-триггеры***

В MP-741 существуют два типа триггеров: RS (тип 1) и SR (тип 2), с приоритетом работы по входу R и S соответственно. Элемент «RS-триггер» («SR-триггер») имеет два входа: устанавливающий S и сбрасывающий R (рис. 9.5).

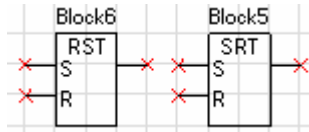


Рис. 9.5. «RS-триггер» и «SR-триггер»

При появлении единицы на входе S формируется единица на выходе, состояние выхода запоминается и сохраняется при исчезновении единицы на входе S. Вход R сбрасывает состояние выхода в логический ноль. Объём занимаемой элементом памяти 10 байт.

### *Мультиплексор*

Мультиплексор (рис. 9.6) имеет три входа (адресный вход Y и два входа In1 и In2).

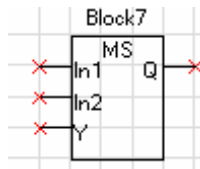


Рис. 9.6. Мультиплексор

Переключатель подключает один из входов, In1 или In2, к выходу Q, в зависимости от сигнала на адресном входе Y. Если на адресный вход подана единица, то подключается вход In2, если ноль – то вход In1. Объём занимаемой элементом «Мультиплексор» памяти 10 байт.

### **Порядок выполнения работы**

1. Изучить назначение, основные технические характеристики, функции измерения и защиты, органы управления и индикации, структуру меню МР 741.

2. Ознакомиться со схемой подключения реле к ПК и испытательной установке в составе блоков ФР5000, ФМ5000, ФП5000.

3. На панели включить автоматические выключатели SF1 и SF2. При этом защита подаёт соответствующий сигнал.

4. Включить питание ПК. Ознакомиться с руководством по эксплуатации программы «Уникон».



5. Запустить программу «Уникон». Соответствующая кнопка «Уникон» расположена на рабочем столе. Выбрать устройство MP 741. Номер устройства 1, номер порта COM3. Проверить настройки порта COM3 (скорость 38400, ожидание ответа 2000, ожидание байта 100, чётность – «нет»).

6. Выбрать пункт меню «Программирование». В открывшемся окне создать новую схему. Для этого нужно задать название схемы (например: таймер, пример 1 и т. д.) и формат листа (А альбомный).

7. Составить схему для исследования двух входного логического элемента «И», рис. 9.7.

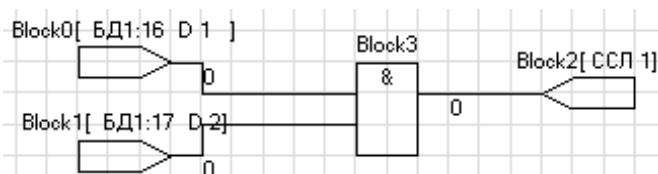


Рис. 9.7. Схема для исследования двух-входного элемента «И»

Результаты занести в таблицу 9.1.

Таблица 9.1

Результаты исследования элемента «И»

D1	D2	Y
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

8. Аналогичные исследования провести для логических элементов «ИЛИ», «Исключающее ИЛИ». Составить соответствующие таблицы истинности.

9. Составить схему для исследования логического элемента «НЕ».

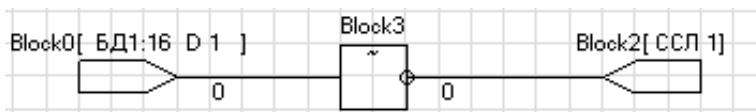


Рис. 9.8. Схема для исследования логического элемента «НЕ»

Результаты занести в табл. 9.2.

Таблица 9.2

Результаты исследования элемента «НЕ»

D1	Y
0	
1	

10. Аналогичные исследования провести для логических элементов «И» (рис. 9.9), «ИЛИ», «Исключающее ИЛИ» с инвертирующими входами и выходами. Составить соответствующие таблицы истинности. Инвертирующие входы и выходы на логическом элементе можно добавить, вызвав свойства элемента.

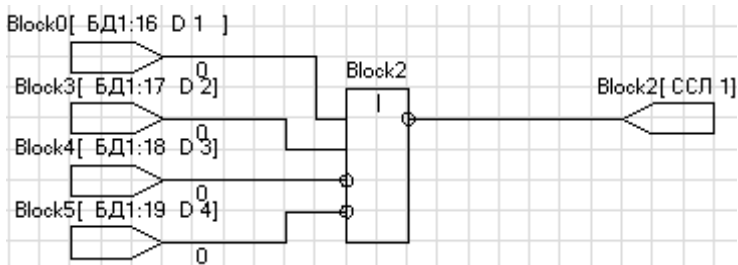
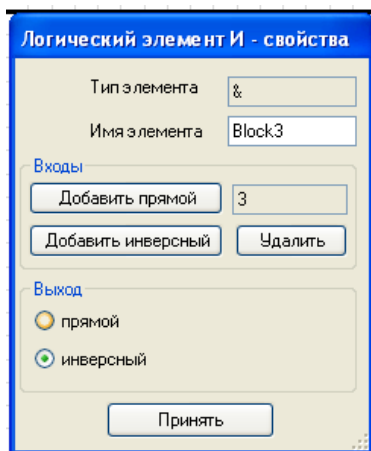


Рис. 9.9. Схема для исследования логического элемента «И»

11. Исследовать работу RS- и SR-триггеров (рис. 9.10). Описать принцип работы RS- и SR-триггеров и различия данных элементов.

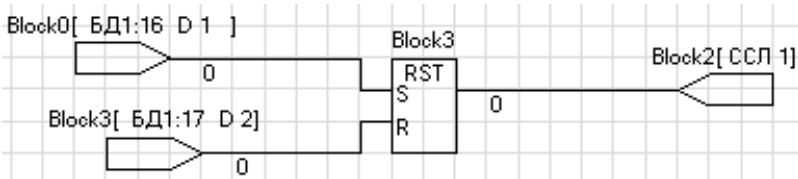


Рис. 9.10. Схема исследования работы RS- и SR-триггеров

12. Исследовать работу мультиплексора (рис. 9.11).

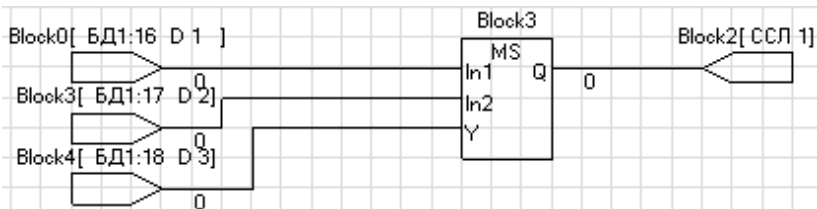


Рис. 9.11. Схема мультиплексора

Результаты занести в табл. 9.3.

Таблица 9.3

Результаты исследования работы мультиплексора

Y	Ln1	Ln2	Q
0	0	0	
0	1	0	
0	0	1	
1	0	0	
1	1	0	
1	0	1	
1	1	1	

## Содержание отчета

1. Схемы испытаний логических элементов.
2. Результаты испытаний, входных и выходных импульсов для логических элементов.

### *Лабораторная работа № 10*

## ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ЗАЩИТА МИКРОПРОЦЕССОРНОГО РЕЛЕ МР 801

**Цель работы:** изучить методику проверки и настройки ступеней дифференциальной защиты трансформатора.

### **Краткие теоретические сведения**

МР 801 предназначено для защиты трансформаторов следующих типов:

- двухобмоточный трансформатор;
- двухобмоточный трансформатор с двумя вводами;
- двухобмоточный трансформатор с двумя вводами НН;
- двухобмоточный трансформатор с расщепленной обмоткой НН;
- трехобмоточный трансформатор.

МР 801 является современным цифровым устройством защиты, управления и противоаварийной автоматики и представляет собой комбинированное многофункциональное устройство, объединяющее различные функции защиты, измерения и контроля. Использование в МР 801 современной аналого-цифровой и микропроцессорной элементной базы обеспечивает высокую точность измерений и постоянство характеристик, что позволяет существенно повысить чувствительность и быстродействие защит, а также уменьшить степени селективности.

Функции, выполняемые МР 801, приведены в табл. 10.1.

МР 801 имеет две группы уставок, называемые «основная» и «резервная», которые могут быть выбраны при программировании через клавиатуру, персональный компьютер или сеть связи. Установленная группа уставок индицируется на ЖКИ. По сигналу с дискретного входа («Перекл. уставок») МР 801 принудительно переводится на работу по резервным уставкам (независимо от сделанного ранее вы-

бора из меню или по интерфейсу связи). Когда дискретный сигнал сбрасывается, предварительно выбранная группа уставок устанавливается снова.

Таблица 10.1

Функции МР 801

Функции	Количество ступеней
1	2
Дифференциальная токовая отсечка без торможения (по действующим и мгновенным значениям)	1
Дифференциальная токовая защита с торможением. Отстройка от броска тока намагничивания с торможением по второй гармонике. Отстройка от перевозбуждения с торможением по пятой гармонике	1
Дифференциальная защита от замыкания на землю (для сторон с группой соединения $Y_n$ )	3
Направленная/ненаправленная максимальная токовая защита (МТЗ) трансформатора с возможностью привязки ступени к любой стороне трансформатора и возможностью пуска по напряжению и блокировки по внешнему сигналу	8
Направленная/ненаправленная токовая защита от замыканий на землю с возможностью привязки ступени к любой стороне трансформатора и возможностью направленности, с возможностью пуска по напряжению и блокировки по внешнему сигналу	6
Защита от повышения напряжения	4
Защита от понижения напряжения с возможностью блокировки при исчезновении напряжения	4
Внешние защиты (грозовая защита трансформатора и др.)	16 внешних защит
Контроль <b>наличия</b> питания терминала и его работоспособности	+
16 входных логических сигналов: 8 по логике «И» и 8 по логике «ИЛИ»	+
16 выходных логических сигналов по логике «ИЛИ»	+
Индикация действующих значений дифференциального и тормозного токов, входных токов, токов нулевой последовательности и входных напряжений	+

1	2
Задание внутренней конфигурации программным способом (ввод защит и автоматики, выбор защитных характеристик, количества ступеней защиты, программирование логических сигналов и т. д.)	+
Местный и дистанционный ввод, хранение и отображение уставок защит и автоматики	+
Регистрация аварийных параметров защищаемого присоединения (действующих значений фазных токов, дифференциального и тормозного тока, напряжения, типа повреждения, состояния дискретных входов)	+
Получение дискретных сигналов блокировок, аварийной и предупредительной сигнализации, сигналов контроля состояния трансформатора	+
Обмен информацией с верхним уровнем (АСУ ТП)	+
Непрерывная самодиагностика аппаратной части, памяти программ и данных конфигурации	+

### Порядок выполнения работы

1. Изучить назначение, основные технические характеристики, функции измерения и защиты, органы управления и индикации, структуру меню МР 801.

2. Ознакомиться со схемой подключения аналоговых входов, цепей электропитания интерфейса (рис. 10.1).

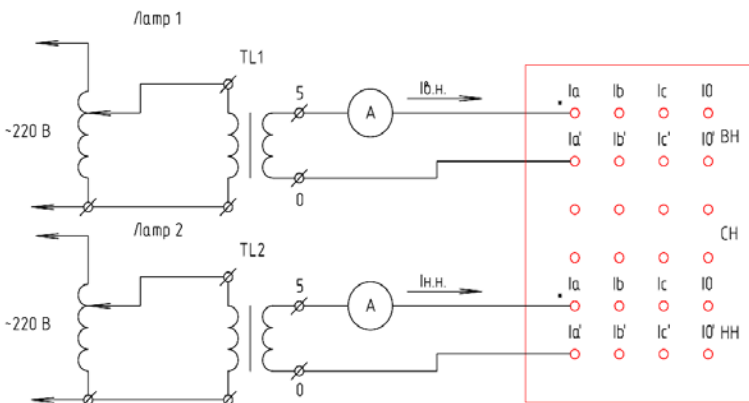


Рис. 10.1. Подключение аналоговых входов реле к испытательной аппаратуре

3. Ознакомиться со схемой подключения аналоговых входов к испытательной аппаратуре (см. рис. 10.1).

4. Включить на стенде автоматические выключатели SF1 и SF2.

5. Включить питание ПК и запустить «Уникон».

6. Рассчитать уставки ступеней дифференциальной токовой защиты (ДТЗ) для силового трансформатора заданной мощности (лабораторная работа № 11).

7. Выбрать пункт меню «Конфигурация», задать параметры рассчитанной тормозной характеристики, для сигнализации срабатывания ступени дифференциальной токовой защиты с торможением назначить реле P1 и индикатор I, тип реле и индикатора-повторителя. Для дифференциальной отсечки без торможения назначить реле P2 и индикатор 2, тип реле и индикатора-повторителя.

8. Подключить ЛАТР1 и ЛАТР2 к сети 220 В. Предварительно надо убедиться, чтобы движки ЛАТРов были повернуты до упора против часовой стрелки.

9. Исследовать работу ступеней ДТЗ при внутренних КЗ. Для имитации КЗ в зоне зажимы «5» трансформаторов TL1 и TL2 должны быть подключены на стенде к гнездам «Ia» и «Ia». Увеличивать значения тока  $I_{вн}$  ( $I_{нн}$ ) до срабатывания ступеней «I д >» и «I д >>». Результаты занести в табл. 10.2.

При  $I_{вн} = 0$  увеличивать значение тока  $I_{нн}$  до срабатывания ступеней. Результаты занести в табл. 10.2.

Таблица 10.2

### Результаты измерений

Уставка ступени		Показания амперметров		Дифференциальный и тормозной токи		Выходные реле и индикаторы			
Iд >	Iд >>	$I_{вн}$	$I_{нн}$	$I_{диф}$	$I_{торм}$	P1	P2	I1	I2

10. Исследовать работу ступеней ДТЗ при внешних КЗ. Для имитации внешнего КЗ нужно поменять полярность одного из токов  $I_{вн}$ ,  $I_{нн}$ . Для этого зажимы «5» одного из трансформаторов следует подключить к гнезду «Ia» и «Ia». По амперметрам установить одинаковые значения токов  $I_{вн}$ ,  $I_{нн}$ . Результаты занести в табл. 10.3.

## Результаты измерений

Показания амперметров		Дифференциальный и тормозной токи		Выходные реле и индикаторы			
$I_{вн}$	$I_{инн}$	$I_{диф}$	$I_{торм}$	P1	P2	И1	И2

## Содержание отчета

1. Расчет уставок дифференциальной защиты трансформатора заданной мощности.
2. Тормозные характеристики, соответствующие расчету (см. табл. 10.1, 10.2, рис. 10.1).

*Лабораторная работа № 11*

### МЕТОДИКА РАСЧЕТА УСТАВОК ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ РЕЛЕ МР 801

**Цель работы:** ознакомиться с принципом расчета уставок дифференциальной защиты серии МР 801.

#### Общие сведения дифференциальных токовых защитах МР 801

Принцип действия дифференциальной защиты основывается на том, что общая сумма всех токов, протекающих через защищаемый объект (рис. 11.1), в нормальном режиме равна нулю; при повреждении в защищаемой зоне – току повреждения.

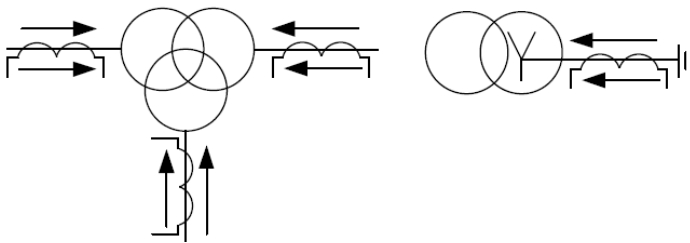


Рис. 11.1 Условное направление протекания токов



Дифференциальный ток рассчитывается по формуле

$$I_{\text{диф}} = |I_{\text{вн}} + I_{\text{сн}} + I_{\text{нн}}|,$$

где  $I_{\text{вн}}$ ,  $I_{\text{сн}}$  и  $I_{\text{нн}}$  – соответственно токи на сторонах высшего, среднего и низшего напряжений.

При внешнем повреждении, обеспечивающем протекание большого тока через защищаемую зону, может произойти насыщение трансформаторов тока, и за счёт разности их магнитных характеристик может появиться дифференциальный ток. Для предотвращения ложных срабатываний в таких случаях применяется торможение дифференциальной защиты током:

$$I_{\text{торм}} = |I_{\text{вн}}| + |I_{\text{сн}}| + |I_{\text{нн}}|.$$

Если трансформатор имеет заземлённую нейтраль, то при внешних КЗ составляющая нулевой последовательности тока КЗ может попасть в защищаемую зону (через нейтраль). Для отстройки от ложной работы при внешних КЗ устройство МР 801 автоматически осуществляет компенсацию токов нулевой последовательности для сторон со схемой соединения «звезда с нейтральным проводом». Если по данной стороне задано измерение тока в нейтрали трансформатора (обязательно наличие ТТ в нейтрали), то компенсация производится с учётом реально измеренного тока. Если по данной стороне не задано измерение тока нейтрали (например, если нет ТТ в нейтрали), то компенсация производится расчётным путём.

Для отстройки от ложных срабатываний при броске тока намагничивания при включении трансформатора на холостой ход необходимо рассчитывать уставку *блокировки по второй гармонике*  $I_2/I_1$ . Если величина второй гармоники неизвестна, то рекомендуется принимать уставку 14 %.

Для отстройки от ложных срабатываний при перевозбуждении железа трансформатора нужно выставить следующее из значений *уставки блокировки по пятой гармонике*  $I_5/I_1$ :

–  $I_5 / I_1 = 36\%$  – для силовых трансформаторов распределительных сетей;

–  $I_5 / I_1 = 25\%$  – для трансформаторов на электростанциях.

Рекомендуется применять перекрёстную блокировку по второй и пятой гармоникам.

Когда величина дифференциальных токов исключает возможность внешнего повреждения, трансформатор может быть отключен мгновенно без учета величины тока торможения. Для этого случая в МР 801 предусмотрена ступень быстрого отключения – дифференциальная токовая отсечка. Ступень оценивает как действующие, так и мгновенные величины. Обработка мгновенного значения обеспечивает быстрое отключение в случае, когда основная гармоника тока сильно уменьшена из-за насыщения трансформатора тока. Ступень, работающая по мгновенным значениям, срабатывает при превышении уставки в два раза.

Тормозная характеристика дифференциальной защиты (рис. 11.2) имеет три участка:  $AB$ ,  $BC$ ,  $CD$  (четвёртый участок  $DE$  обусловлен действием дифференциальной отсечки), ограниченных двумя значениями уставок по току:

–  $I_{д>}$  – уставка ступени дифференциальной защиты с торможением;

–  $I_{д>>}$  – уставка ступени дифференциальной отсечки.

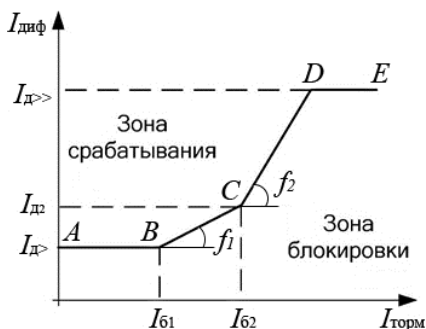


Рис. 1.2. Тормозная характеристика

Для задания тормозной характеристики применяются следующие параметры:

–  $I_{б1}$  – начальная точка участка  $BC$ ;

–  $f_1$  – угол наклона участка  $BC$ ;

–  $I_{б2}$  – начальная точка участка  $CD$ ;

–  $f_2$  – угол наклона участка  $CD$ .

Перед расчетом тормозного и дифференциального токов необходимо выполнить приведение токов по амплитуде к выбранному базисному току.

### Подготовка к расчету уставок

Для каждой стороны рассчитывается первичный ток на сторонах защищаемого трансформатора, который соответствует его номинальной мощности:

$$I_{\text{ном},S_i} = \frac{S_{\text{ном},i}}{\sqrt{3}U_{\text{ном},i}},$$

где  $I_{\text{ном},S_i}$  – номинальный ток обмотки  $i$ -й стороны силового трансформатора;

$S_{\text{ном},i}$  – номинальная мощность обмотки  $i$ -й стороны силового трансформатора;

$U_{\text{ном},i}$  – номинальное напряжение обмотки  $i$ -й стороны силового трансформатора.

Определяем вторичные токи в плечах защиты, которые соответствуют номинальной мощности защищаемого трансформатора:

$$I_{\text{ном.прив.},S_i} = \frac{I_{\text{ном},S_i}}{K_{\text{ТТ}i}},$$

где  $I_{\text{ном.прив.},S_i}$  – вторичный ток обмотки  $i$ -й стороны силового трансформатора соответственно;

$K_{\text{ТТ}i}$  – коэффициент трансформации ТТ  $i$ -й стороны силового трансформатора соответственно.

### Расчет уставки ДЗТ

Расчет  $I_{\text{Д} >}$  производится по формуле

$$I_{\text{Д} >} = K_{\text{отс}} (K_{\text{пер}} K_{\text{одн}} \varepsilon + \Delta U + \Delta f_{\text{выр}}) I_{\text{ном.нагр}}^*, \quad I_{\text{Д} >} \geq 0,2,$$

где  $K_{отс}$  – коэффициент отстройки, который учитывает погрешности терминала защиты; принимается равным 1,1–1,5;

$K_{пер}$  – коэффициент, учитывающий переходный режим; рекомендуется принимать  $K_{пер} = 1$ ;

$K_{одн}$  – коэффициент однотипности трансформатора тока (0,5 – трансформаторы тока одинаково нагружены; 1 – во всех остальных случаях);

$\varepsilon$  – относительное значение полной погрешности трансформатора тока (0,05–5 от  $P$  или 0,1–10 от  $P$ );

$\Delta U$  – относительная погрешность, обусловленная регулированием напряжения на сторонах защищаемого трансформатора;

$\Delta f_{выр}$  – коэффициент, учитывающий погрешность цифрового выравнивания (0,03 при наибольшей кратности  $I_{тт}/I_{ном}$  от 1 до 2; 0,04 – при наибольшей кратности  $I_{тт}/I_{ном}$  от 2 до 3,5; 0,05 – при наибольшей кратности  $I_{тт}/I_{ном}$  свыше 3,5);

$I_{ном.нагр}^*$  – номинальный ток нагрузки (в относительных единицах).

Рекомендуется принимать минимальную уставку  $I_{д>}$  не менее 200 мА при ТТ с  $I_{ном} = 5$  А, 40 мА – при ТТ с  $I_{ном} = 1$  А.

Угол наклона  $f_1$  должен обеспечить несрабатывание ступени при сквозных токах, соответствующих участку  $BC$  на рис. 11.2. Такие токи возникают при действии устройств АВР трансформаторов и АПВ линий.

### Расчет параметров тормозной характеристики

Точка второго перегиба рассчитывается следующим образом:

$$I_{Б2} = 2I_{ном.перегр}^* = 2 \cdot 1,5 = 3,$$

так как второй участок учитывает погрешности в зоне допустимой перегрузки трансформатора (при токе нагрузки, равном 1,5 от  $I_{ном}$ ).

$$I_{Д2} = K_{отс} (K_{пер} K_{одн} \varepsilon + \Delta U + \Delta f_{выр}) I_{ном.перегр}^*,$$

где  $K_{пер} = 1$ ;

$\varepsilon$  – относительное значение полной погрешности ТТ при сквозных токах; рекомендуется принимать  $\varepsilon = 0,1$ .

Наклон участка  $BC$

$$f_1 = \arctg \frac{I_{д2}}{I_{б2}} \dots$$

Рекомендуется принимать  $f_1 \geq 12^\circ$ .

Точка первого перегиба

$$I_{б1} = \frac{I_{д>}}{\text{tg}f_1}.$$

Наклон участка  $CD$

$$f_2 = \arctg \frac{K_{отс} (K_{пер} K_{одн} \varepsilon + \Delta U + \Delta f_{выр}) I_{внеш.кз}^* - I_{д2}}{I_{торм.внеш.кз}^* - I_{б2}},$$

где  $I_{торм.внеш.кз}^* = 2I_{внеш.кз}^*$ .

При  $K_{пер} = 2,5$  более 50 % нагрузки трансформатора составляет двигательная,  $K_{пер} = 2$  – двигательная нагрузка менее 50 %.

Рекомендуется принимать  $f_2 > 19^\circ$ .

### Расчет уставки ДТО

Если дифференциальный ток защиты превышает уставку токовой отсечки  $I_{д>>}$ , устройство срабатывает без учета торможения и блокировок по второй и пятой гармоникам.

Первичный ток срабатывания определяется отстройкой от максимального первичного тока намагничивания при включении ненагруженного трансформатора.

По условию отстройки от броска тока намагничивания

$$I_{д>>} = (5 \dots 10) I_{ном},$$

$I_{ном}$  – номинальный ток силового трансформатора.

Ток срабатывания отсечки определяется отстройкой от максимального первичного тока небаланса при переходном режиме внешнего КЗ:

$$I_{д >>} = K_{отс} K_{неб} I_{внеш.кз}^*$$

где  $K_{отс}$  – коэффициент отстройки, учитывающий погрешности терминала, ошибки расчета и необходимый запас, принимается равным 1,1–1,2;

$K_{неб}$  – коэффициент небаланса:  $K_{неб} = 1$  в случае, если по сторонам трансформатора используются ТТ с номинальными токами 5 и 1 А;  $K_{неб} = 0,7$  в случае, если ТТ имеют одинаковый вторичный ток 5 А.

### Пример расчета

Пусть требуется рассчитать уставки ДЗТ и ДТО для трансформатора 110/10 кВ мощностью 6,3 МВ·А с РПН,  $U_{нв} = 115$  кВ,  $U_{нн} = 11$  кВ. Имеющиеся трансформаторы тока: 150/5 на стороне 110 кВ; 600/5 на стороне 10 кВ. Ток внешнего КЗ на стороне 10 кВ, приведенный к стороне 110 кВ, равен 345 А.

#### *Расчёт номинальных токов обмоток трансформатора*

Первичный ток на высшей и низшей сторонах защищаемого трансформатора

$$I_{вн} = \frac{S_{вн}}{\sqrt{3}U_{вн}} = \frac{6,3 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 115} = 31,6 \text{ А};$$

$$I_{нн} = \frac{S_{нн}}{\sqrt{3}U_{нн}} = \frac{6,3 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 11} = 330,7 \text{ А}.$$

Коэффициенты кратности

$$K_{вн} = \frac{I_{тт.вн}}{I_{вн}} = \frac{150}{31,6} = 4,7 < 5;$$

$$K_{\text{нн}} = \frac{I_{\text{тг.нн}}}{I_{\text{нн}}} = \frac{600}{330,7} = 1,81 < 5.$$

### **Расчет уставки дифференциальной защиты и углов наклона**

Уставка  $I_{\text{д} >}$  ступени дифференциальной защиты с торможением

$$\begin{aligned} I_{\text{д} >} &= K_{\text{отс}} (K_{\text{пер}} K_{\text{одн}} \varepsilon + \Delta U + \Delta f_{\text{выр}}) I_{\text{ном.нагр}}^* = \\ &= 1,1 \cdot (1 \cdot 1 \cdot 0,1 + 9 \cdot 1,78 / 100 + 0,05) \cdot 1 = 0,341 \approx 0,34; \end{aligned}$$

$$I_{\text{д} >, \text{втор}} = \frac{0,34 \cdot 31,6}{150 / 5} = 358 \text{ мА} > 200 \text{ мА}.$$

Вторая точка перегиба

$$I_{\text{б}2} = 3.$$

$$\begin{aligned} I_{\text{д}2} &= K_{\text{отс}} (K_{\text{пер}} K_{\text{одн}} \varepsilon + \Delta U + \Delta f_{\text{выр}}) I_{\text{ном.перег}}^* = \\ &= 1,5 \cdot (1 \cdot 1 \cdot 0,1 + 0,16 + 0,05) \cdot 1,5 = 0,6975. \end{aligned}$$

Наклон участка BC

$$f_1 = \arctg \frac{I_{\text{д}2}}{I_{\text{б}2}} = \arctg \frac{0,6975}{3} = 13,1^\circ \approx 14^\circ.$$

Первая точка перегиба

$$I_{\text{б}1} = \frac{0,34}{\text{tg}14^\circ} = 1,36.$$

Наклон участка CD

$$f_2 = \arctg \frac{K_{\text{отс}} (K_{\text{пер}} K_{\text{одн}} \varepsilon + \Delta U + \Delta f_{\text{выр}}) I_{\text{внеш.кз}}^* - I_{\text{д}2}}{I_{\text{торм.внеш.кз}}^* - I_{\text{б}2}} =$$

$$= \operatorname{arctg} \frac{1,5(2,5 \cdot 1 \cdot 0,1 + 0,16 + 0,05) \cdot 345 / 31,6 - 0,6975}{2 \cdot 345 / 31,6 - 3} = 20^\circ.$$

Блокировка по  $I_2 / I_1 = 14\%$ . Перекрестная блокировка «Введена».  
 Блокировка по  $I_5 / I_1 = 36\%$ . Перекрестная блокировка «Введена».

### *Расчет уставки токовой отсечки*

Отстройка от броска тока намагничивания  $I_{д>>} = 6$ .

Отстройка от токов небаланса при внешнем КЗ

$$I_{д>>} = K_{отс} K_{неб} I_{внеш.кз} = 1,2 \cdot 0,7 \cdot \frac{345}{31,6} = 9,17.$$

Принимаем  $I_{д>>} = 9,17$ .

## **З а д а н и е**

Рассчитать уставки для дифференциальной защиты трансформатора заданной преподавателем мощности и построить тормозную характеристику.

### **Содержание отчета**

1. Расчет уставок дифференциальной защиты.
2. Тормозная характеристика.

### *Лабораторная работа № 12*

## **УСТРОЙСТВА АВТОМАТИКИ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ РЕЛЕ**

**Цель работы:** изучить принципы выполнения устройств автоматического включения резерва (АВР), устройств автоматического повторного включения (АПВ), устройства резервирования отказа выключателей (УРОВ).



## Краткие теоретические сведения

### *Устройство автоматического включения резерва*

Запуск АВР может производиться по следующим факторам:  
отключение выключателя по команде от ключа или кнопок, внешнее отключение, от СДГУ;  
самопроизвольное отключение;  
отключение от защиты с разрешённым АВР;  
по внешнему сигналу «СТАРТ АВР» (сигналу исчезновения напряжения на рабочем источнике).

Необходимыми условиями запуска АВР являются:  
отсутствие внутреннего и внешнего сигнала блокировки;  
наличие сигнала «СРАБАТЫВАНИЕ АВР» (сигнала наличия напряжения на резервном источнике питания и отключённое состояние резервного выключателя).

Также в логике АВР используются следующие внешние сигналы:  
«БЛОКИРОВКА»;  
«СБРОС» (сброс блокировки или при отсутствии блокировки сброс АВР в начальном состоянии).

### *Первый вариант работы АВР*

При появлении одного из первых трёх факторов пуска происходит проверка отключённого состояния выключателя, отсутствия блокировки, наличия сигнала «СРАБАТЫВАНИЕ АВР». При выполнении этих условий формируется команда «Включить АВР» (включить резерв).

Если отсутствует сигнал «СРАБАТЫВАНИЕ АВР», то устройство будет ожидать его появления, и при его появлении будет выдана команда «Включить АВР».

### *Второй вариант работы АВР*

При появлении сигнала «СТАРТ АВР» и включённом состоянии выключателя через время  $T_{авр}$  будет выдана команда «ОТКЛЮЧИТЬ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ». При появлении сигнала «ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ ОТКЛЮЧЁН» производится проверка наличия сигнала «СРАБАТЫВАНИЕ АВР» и отсутствия блокировки. При выполнении этих усло-

вий формируется команда «ВКЛЮЧИТЬ АВР». Если отсутствует сигнал «СРАБАТЫВАНИЕ АВР», то устройство будет ожидать его появления и при его появлении будет выдана команда «ВКЛЮЧИТЬ АВР» (включить резерв).

Признаком успешного срабатывания АВР является исчезновение сигнала «СРАБАТЫВАНИЕ АВР» через время  $T_{\text{имп}}$  после выдачи команды на включение резерва.

Функциональная схема срабатывания АВР приведена на рис. 12.1.

Условиями возврата являются:

- появление сигнала «ВОЗВРАТ» (сигнала появления напряжения на рабочем источнике и включённого состояния выключателя резерва);
- отключённое положение выключателя;
- отсутствие внешнего и внутреннего сигнала блокировки;
- успешное срабатывание АВР.

При появлении этих условий через время  $T_{\text{вз}}$  выдаётся команда «ВКЛЮЧИТЬ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ». Если выключатель включился, то через время  $T_{\text{от}}$  выдаётся команда «ОТКЛЮЧИТЬ АВР» (отключить резерв). При пропадании сигнала «ВОЗВРАТ АВР» возврат считается успешным. Если сигнал «ВОЗВРАТ» не пропал, то выдаётся команда «ОТКЛЮЧИТЬ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ» и АВР блокируется.

Функциональная схема возврата АВР приведена на рис. 12.2.

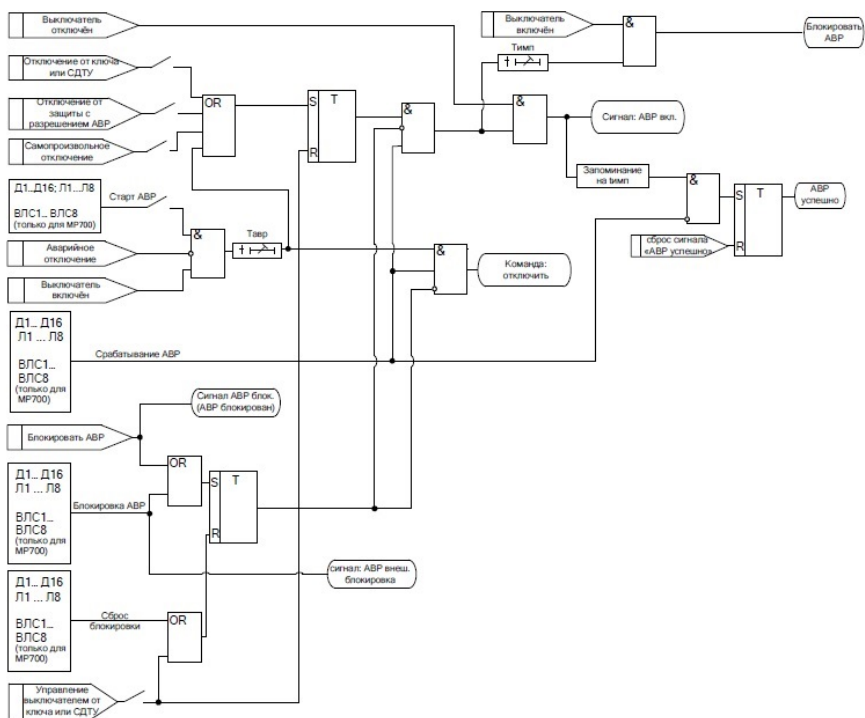


Рис. 12.1. Блок логики работы АВР

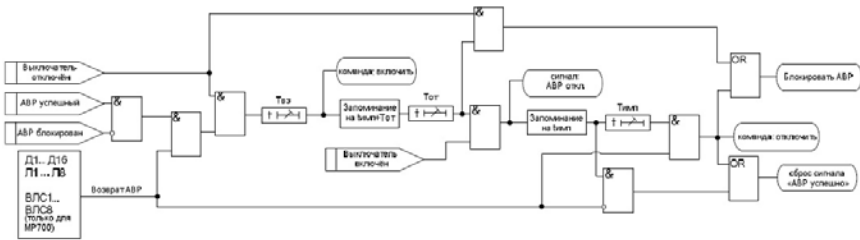


Рис. 12.2. Блок-схема логики возврата АВР

### ***Автоматическое повторное включение (АПВ)***

Устройство АПВ предназначено для автоматического повторного включения присоединения после его самопроизвольного отключения или отключения от устройств защиты.

#### ***Принцип действия автоматического повторного включения***

Фактором пуска АПВ является отключение выключателя:

- самопроизвольное (СО), если это разрешено в настройках конфигурации;
- от защиты, по которой разрешено АПВ.

Необходимым условием пуска АПВ является отсутствие неисправностей и отказов выключателя.

Функциональная схема АПВ приведена на рис. 12.3.

$T_6$  – время блокировки АПВ после включения выключателя;

время готовности  $T_r$  – время, по истечении которого АПВ возвращается в исходное состояние.

При появлении разрешённого фактора пуска запускается таймер первого цикла  $T_1$ , который, отсчитав установленное время, действует на включение выключателя присоединения. Одновременно запускается таймер  $T_r$ , контролирующий успешность АПВ.

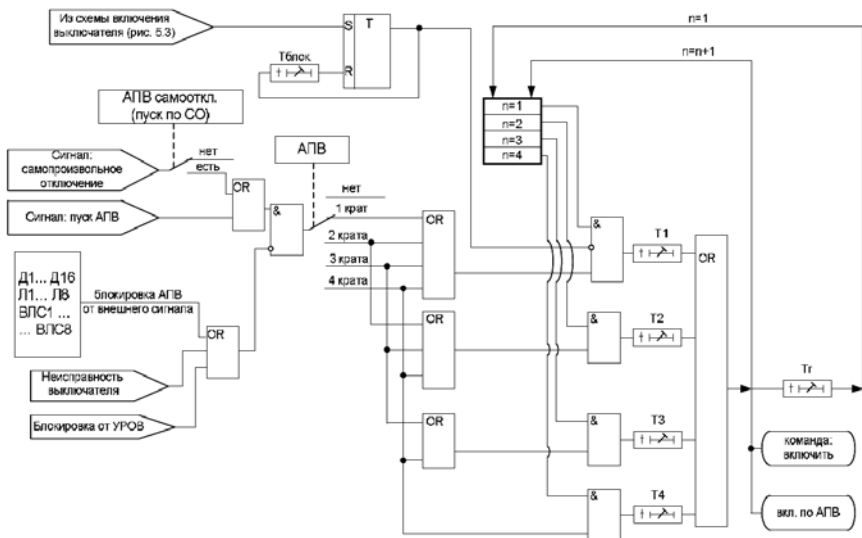


Рис. 12.3. Блок АПВ

Если за время  $T_r$  не происходит отключения выключателя, то АПВ считается успешным.

Если в течение времени  $T_r$  происходит отключение выключателя, то первый крат АПВ считается неуспешным и таймер  $T_1$  блокируется. Если АПВ введено на два крата, то происходит пуск таймера второго цикла АПВ  $T_2$ . Таймер второго цикла АПВ, отсчитав установленное время, действует на включение выключателя. Одновременно запускается таймер  $T_r$ . Если за время  $T_r$  не происходит отключения выключателя, то АПВ считается успешным.

Если в течение времени  $T_r$  происходит отключение, то АПВ считается неуспешным и блокируется. После истечения времени  $T_r$  происходит возврат АПВ в исходное состояние. При трех- и четырехкратном АПВ алгоритм действий устройства аналогичен логике двукратного АПВ.

При ручном включении силового выключателя АПВ блокируется на время  $T_6$ . Также предусмотрена возможность запрета АПВ от внешнего сигнала.

## Описание лабораторного стенда

Работы выполняются на лабораторном стенде, содержащем мнемосхему сети (п/с 35/10 кВ). Две секции сборных шин соединены секционным выключателем. Устройство защиты МР 500 на этом выключателе подключено к трансформаторам тока ТТ3. Питание секции 1 СШ осуществляется от силового трансформатора Т1. Для защиты ввода рабочего питания используется реле МР 700, получающее питание от трансформаторов тока ТТ1 и трансформатора напряжения ТН. Контроль напряжения на секции 1 СШ выполняет реле МР 600. Защита отходящей линии осуществляется с помощью реле МТЗ-610ЛЗМ, подключенного к трансформаторам тока линии ТТ2.

На стенде размещены также ключи управления выключателями, переключатели: «Пуск АВР», «Возврат АВР», «Неисправность выключателя отходящей линии». Короткие замыкания в схеме задаются переключателями К1, К2, К3. Переключателем К4 задается замыкание на землю на отходящей линии. Все реле стенда объединены в локальную сеть.

## Порядок выполнения работы

1. Включить питание стенда.

2. Исследовать работу двукратного АПВ отходящей линии. Исходное состояние выключателей Q2 и Q3 – включены. Устойчивое и неустойчивое КЗ на отходящей линии испытываются длительным или включенным на длительное время тумблером К3. Ознакомиться с руководством по эксплуатации реле МТЗ-610л. Войти в меню и уставки токовой защиты линии МТЗ-3 и устройства АПВ записать в таблицу.

## Результаты измерений

МТЗ-3	АПВ	Однократ. АПВ	Двукратн. АПВ
$t_{сз} =$	$t_r =$ $t_0 =$	$T =$	$T =$

Исследовать работу однократного и двукратного АПВ при устойчивых и неустойчивых КЗ.

3. Исследовать работу АВР. Исходное состояние выключателей: Q1 и Q3 включены, Q2 отключен. Исследовать работу АВР в следующих режимах:

а) включить переключатель «Пуск АВР», с помощью которого имитируется КЗ на секции 1 СШ;

б) исследовать работу этого АВР с функцией возврата в исходное состояние при восстановлении питания на шинах.

4. Исследовать работу УРОВ при неисправности выключателя Q3. Исходное состояние: выключатели Q2 и Q3 включены. Включить тумблер «Неисправность выключателя» и исследовать работу схемы при устойчивом КЗ на отходящей линии.

### **Содержание отчета**

1. Цель работы.
2. Блок логики работы АПВ.
3. Блок логики работы АВР, таблица.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шнеерсон, Э.М. Цифровая релейная защита / Э. М. Шнеерсон. – М.: Энергоатомиздат, 2007. – 548 с.
2. Федосеев, А.М. Релейная защита электроэнергетических систем: учеб. для вузов / А. М. Федосеев. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 509 с.
3. Шабад, М.А. Выбор характеристик и уставок цифровых токовых защит серии SPACOM: методические указания с примерами / М. А. Шабад. – СПб., 1996. – 120 с.
4. Программное обеспечение УниКон: руководство по эксплуатации. – Минск: РУП «Белэлектромонтажналадка», 2010. – 122 с.
5. Костерин, В.А. Комплектные устройства защиты и автоматики SPAC 800: учебное пособие / В. А. Костерин, В.С. Шевелев, Ю.Н. Калачев. – Чебоксары: ЗАО «Реон-Техно», 2001. – 112 с.
6. Шабад, М.А. Изучение цифровых реле на персональном компьютере: учебное пособие / М. А. Шабад, Е.В. Левуш. – СПб., 1997. – 68 с.
7. Программно-логические модели микропроцессорных устройств защиты серии SPAC-800: методические указания и задания для самостоятельной работы / сост.: В.А. Костерин, С.А. Иванов, В.А. Чумычкин. – Чебоксары: ЗАО «Инженерно-производственная фирма «Реон-Техно»»; учебный центр «Лидер», 2001. – 44 с.
8. Реле микропроцессорное МР 741 защиты и автоматики ввода, отходящей линии, секционного выключателя со свободно программируемой логикой: руководство по эксплуатации. – Минск: РУП «Белэлектромонтажналадка», 2010. – 252 с.
9. Реле микропроцессорное МР 500 защиты и автоматики ввода, линии, секционного выключателя: руководство по эксплуатации. – Минск: РУП «Белэлектромонтажналадка», 2009. – 148 с.
10. Реле микропроцессорное МР 600 защиты по напряжению и частоте: руководство по эксплуатации. – Минск: РУП «Белэлектромонтажналадка», 2009. – 119 с.
11. Реле микропроцессорные МР 700, МР 730 защиты и автоматики ввода, отходящей линии, двигателя, секционного выключателя: руководство по эксплуатации. – Минск: РУП «Белэлектромонтажналадка», 2010. – 297 с.
12. Микропроцессорное реле МР 801 дифференциальной защиты трансформатора 110/10/6 кВ: руководство по эксплуатации. – Минск: РУП «Белэлектромонтажналадка», 2010. – 100 с.



13. Овчаренко Н.И. Микропроцессорная релейная защита и автоматика линий электропередачи / Н. И. Овчаренко. – М.: НТФ «Энергопрогресс», 2001. – 51 с.

Учебное издание

**ТИШЕЧКИН** Анатолий Артемович  
**САПОЖНИКОВА** Анна Георгиевна

**МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ УСТРОЙСТВА  
РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ**

Лабораторные работы для студентов  
энергетических специальностей

Редактор *Т. Н. Микулик*  
Компьютерная верстка *К. Д. Николаевич*

Подписано в печать 28.04.2016. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 5,11. Уч.-изд. л. 4,00. Тираж 100. Заказ 1052.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.