

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Минцаев Магомед Шавалович

Должность: Ректор

Дата подписания: 23.11.2023 14:58:02

Уникальный программный ключ:

236bcc55c296f119d6aafdc22836b21db52dbc07971a86865a5825191a4504cc

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Уфимский государственный нефтяной технический университет» (ФГБОУ ВО «УГНТУ»)

Филиал ФГБОУ ВО УГНТУ в г. Салавате

Кафедра «Электрооборудование и автоматика промышленных предприятий»

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И ПОДСТАНЦИЙ

Учебно-методическое пособие
к выполнению лабораторных, практических
и самостоятельных работ

Уфа
2018

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов магистерской подготовки по направлению 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль подготовки «Режимы работы электрических источников питания, подстанций, сетей и систем» всех форм обучения для освоения дисциплины «Автоматизация систем электроснабжения и подстанций».

Учебно-методическое пособие содержит задания для выполнения самостоятельных и практических работ студентами заочной и очной форм обучения, позволяющие студентам приобрести навыки автоматизирования устройств и систем электроснабжения и подстанций. Учебно-методическое пособие способствует приобретению студентам навыков самостоятельной работы с учебной и научной литературой.

Публикуется в авторской редакции.

Составитель: Прахов И.В., канд. техн. наук, доц. каф. ЭАПП

Рецензенты: Вильданов Р.Г., д.-р техн. наук, проф. каф. ЭАПП

Будейкин В.П., канд. техн. наук, доц. каф. ЭАПП

Содержание

	С.
1 Задания для выполнения лабораторных работ.....	4
1.1 Лабораторная работа №1: Испытание устройств АПВ.....	4
1.2 Лабораторная работа №2: Испытание устройств АВР.....	11
1.3 Лабораторная работа №3: Дифференциальная защита трансформатора.....	19
2 Задания для выполнения практических работ.....	44
2.1 Изучение комплектного микропроцессорного терминала защиты и автоматики серии SPAC 801.....	44
2.2 Изучение комплектного микропроцессорного терминала защиты и автоматики серии SPAC 802.....	68
2.3 Изучение комплектного микропроцессорного терминала защиты и автоматики серии SPAC 804.....	90
3 Самостоятельная работа обучающихся.....	107
3.1 Организация самостоятельной работы обучающихся.....	107
3.2 Методические указания по ведению конспекта лекций.....	107
Список рекомендуемой для изучения литературы.....	108

1 Задания для выполнения лабораторных работ

1.1 Лабораторная работа №1: Испытание устройств АПВ

Цель работы: ознакомление с принципом выполнения устройства электрического трехфазного автоматического повторного включения (АПВ) однократного действия с комплектным реле типа РПВ-58.

Теоретическая часть. Автоматическое повторное включение (АПВ).

В соответствии с действующими российскими правилами устройства электроустановок (ПУЭ) устройствами АПВ должны оборудоваться воздушные и смешанные (кабельно-воздушные) линии всех классов напряжения выше 1000 В с целью быстрого автоматического включения выключателей, отключенных, главным образом, устройством РЗ, для быстрого восстановления электроснабжения потребителей. Устройства АПВ предусматриваются также на понижающих трансформаторах 110/6 кВ для автоматического повторного включения вводных выключателей, а также на межсекционных и шиносоединительных выключателях разных классов напряжения.

Устройства АПВ выполняются с одним или несколькими циклами включения (однократные и многократные). На трансформаторах, так называемое "АПВ шин" выполняется однократным, и его эффективность зависит от наличия быстродействующей защиты шин, что обеспечивается цифровыми реле (логическая защита). При отсутствии такой защиты, т.е. при отключении ввода 6 (10) кВ трансформатора с выдержкой времени более 0,3 сек, надеяться на успешное АПВ шин не следует, особенно при использовании КРУ и КРУН 6 (10) кВ.

АПВ воздушных линий разных классов напряжения выполняется многократным. По многолетним статистическим данным при АПВ ВЛ 6 (10) кВ первого цикла (с временем включения около 2 сек после отключения линии защитой) успешные действия АПВ составляют от 40 до 50 %, а при АПВ второго цикла (через 15 - 20 сек) - от 10 до 15 % дополнительно. По статистике США при использовании в сетях среднего напряжения третьего цикла АПВ (через несколько

минут) общий процент успешных действий возрастает еще на несколько процентов (от 1 до 3). Предлагалось и в СССР использовать для ВЛ три цикла АПВ: первый - без выдержки времени для предотвращения расстройств производственных циклов у потребителей (допуская его низкую эффективность по условиям самоустранения неустойчивого повреждения на линии), второй и третий циклы - с разными выдержками времени, выбранными исходя из местных условий. Однако широкого распространения это не получило. Для сетей, состоящих из нескольких последовательно включенных участков с собственными выключателями и РЗ, ПУЭ предусматриваются следующие виды взаимодействия АПВ и РЗ:

- ускорение защиты после АПВ;
- ускорение защиты до АПВ;
- использование АПВ разной кратности.

Эти мероприятия предназначаются для ускорения отключения КЗ, уменьшения тяжести последствий повреждений и повышения эффективности АПВ с целью скорейшего восстановления электроснабжения потребителей.

Использование ускорения РЗ после АПВ позволяет ускорять отключения КЗ, особенно на головных участках сети, в частности путем снижений ступеней селективности с исправлением возможных неселективных отключений с помощью АПВ с обязательным ускорением РЗ после включения выключателя.

Пример использования ускорения РЗ после АПВ. В сети, состоящей из трех участков (рисунок 1), токовые защиты ТВ 1, 2 и 3 с фиксированными значениями выдержек времени и при очень маленьких ступенях селективности могут сработать одновременно при междуфазном КЗ, например, в точке К. При этом для защит 1 и 2 эти действия являются неселективными (излишними).

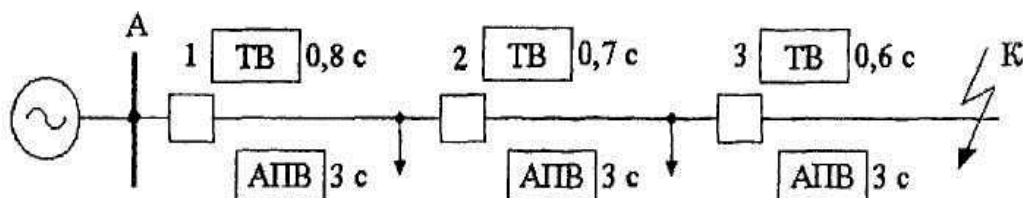


Рисунок 1 - Схема сети 10 кВ

Первым имеет возможность сработать устройство АПВ на выключателе 1, поскольку со стороны шин 10 кВ подстанции А имеется напряжение. При включении выключателя от устройства АПВ на небольшой период времени (около 1 с) ускоряется действие защиты 1 до 0,2 с (вместо 0,8 с). Если бы КЗ произошло на участке 1 - 2, то выключатель 1 был бы быстро отключен этой ускоренной защитой. Но при КЗ в точке К за отключившимися выключателями 2 и 3 защита 1 не работает и через 1 с ее время срабатывания вновь становится равным 0,8 с. После успешного включения выключателя 1 появляется напряжение на схеме АПВ выключателя 2. Через несколько секунд устройство АПВ срабатывает, включается выключатель 2 и одновременно вводится ускорение защиты 2 до 0,2 с. Но защита 2, так же как и защита 1, не срабатывает вследствие того, что КЗ произошло в точке К. Если бы КЗ было на участке 2 - 3, защита 2 по цепи ускорения сработала бы быстрее, чем защита 1, причем степень селективности была бы достаточной: 0,6 с. После успешного включения выключателя 2 появляется напряжение на схеме АПВ выключателя 3. Через несколько секунд устройство АПВ срабатывает, включается выключатель 3, одновременно вводится цепь ускорения защиты 3 до 0,2 с и выключатель 3 отключается, причем намного раньше, чем могла бы подействовать защита 2, у которой к этому времени уже выведена из действия ускоренная ступень 0,2 с и введена постоянная уставка по времени 0,7 с. (рисунок 1).

Ускорение защиты на постоянном оперативном токе выполняется просто и предусматривается в типовых проектных схемах. Для ускорения большинства устройств РЗ в распределительных сетях, выполненных, как известно, на переменном оперативном токе при использовании электромеханических реле РТ-80, РТВ, РТМ, требуется дополнительная аппаратура, поэтому такие схемы применяются чрезвычайно редко. Использование цифровой аппаратуры РЗА позволяет без дополнительных затрат применять ускорение РЗ после АПВ, и не только в случае, описанном выше (рисунок 1), а практически всегда.

Ускорение защиты до АПВ. Это мероприятие позволяет ускорить отключение КЗ в сети, состоящей из нескольких последовательно включенных участков или облегчать работу нескольких выключателей за счет одного, более мощного и

надежного. Например, на выключателе 1 (рисунок 2) постоянно введена ускоренная защита с выдержкой времени 0,2 с.

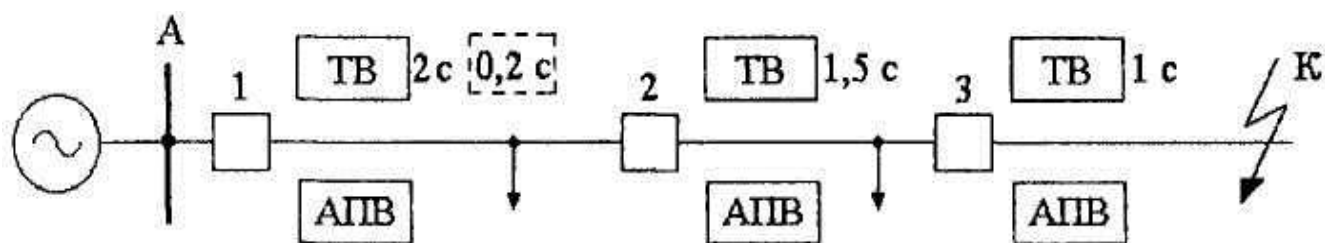


Рисунок 2 - Схема сети 10 кВ

защиты ТВ на выключателе 1. При КЗ в любой точке сети, например в точке К, эта защита отключает выключатель 1 до того, как сработают защиты 2 и 3. При срабатывании устройства АПВ на включение выключателя 1 эта ускоренная защита выводится из действия на время, необходимое для селективного отключения ближайшего к месту КЗ выключателя 3.

Схема на постоянном оперативном токе выполняется достаточно просто, но в распределительных сетях немногие подстанции имеют оперативный постоянный ток. Использование цифровых реле позволяет легко применять при необходимости ускорение РЗ до АПВ, и без дополнительных затрат.

Использование АПВ разной кратности. При недостаточных степенях селективности для исправления неселективных отключений могут быть применены устройства АПВ с разной кратностью. Например, для схемы сети на рисунке 1 можно было бы выполнить: на выключателе 3 однократное АПВ, на выключателе 2 - двукратное, на выключателе 1 - трехкратное. Аналоговые устройства АПВ с кратностью более двух отечественной промышленностью не выпускаются. Исправление неселективных действий с помощью АПВ разной кратности используется сейчас на линиях 10 кВ с трансформаторами на ответвлениях. В этом случае АПВ исправляет неселективное действие защиты линии 10 кВ при КЗ в трансформаторе, когда время плавления вставок предохранителей 10 кВ соизмеримо с временем срабатывания защиты линии.

Применение цифровых реле с кратностью до 5 циклов позволит в ряде случаев использовать и этот прием взаимодействия РЗ и АПВ.

Описание лабораторной установки.

Основным элементом устройства АПВ является комплектное реле типа РПВ-58 (рисунок 3). Оно содержит реле времени КТ1, для создания выдержки времени от момента пуска АПВ до замыкания в цепи обмотки включения выключателя, RC-контур, обеспечивающий однократность действий АПВ и промежуточное реле КЛ1 с двумя обмотками – рабочей (параллельной) и удерживающей (последовательной), с помощью которой достигается необходимая длительность импульса на включение выключателя; резистор R1 в цепи обмотки реле, служащий для обеспечения его термической стойкости, резистор R3, через который происходит разряд конденсатора в случае “запрета” АПВ (при действии других защит, например, при действии защиты шин).

Схема устройства АПВ показана на рисунке 3. В нормальном режиме работы линии конденсатор С заряжается через контакты реле КВ3. Цепь пуска АПВ (цепь несоответствия) в рассматриваемой схеме образуется контактами пускателя КМ, при размыкании которых подается питание на реле времени КТ1. После срабатывания контакта реле времени КТ1,2 конденсатор разрезается на параллельную обмотку промежуточного реле КЛ1 - контакт КЛ1.1) обеспечивается надежное замыкание цепи обмотки электромагнита включения УАС. В случае успешного АПВ линия остается в работе, и схема подготавливается к последующему действию. При неуспешном АПВ вторичное включение не происходит, т.к. за время действия защиты линии конденсатор не успевает зарядиться до напряжения срабатывания реле КЛ1. Этим обеспечивается однократность действия АПВ.

При оперативном отключении линии АПВ не произойдет, т.к. отсутствует цепь “несоответствия” из-за размыкания контактов ключа управления SA.

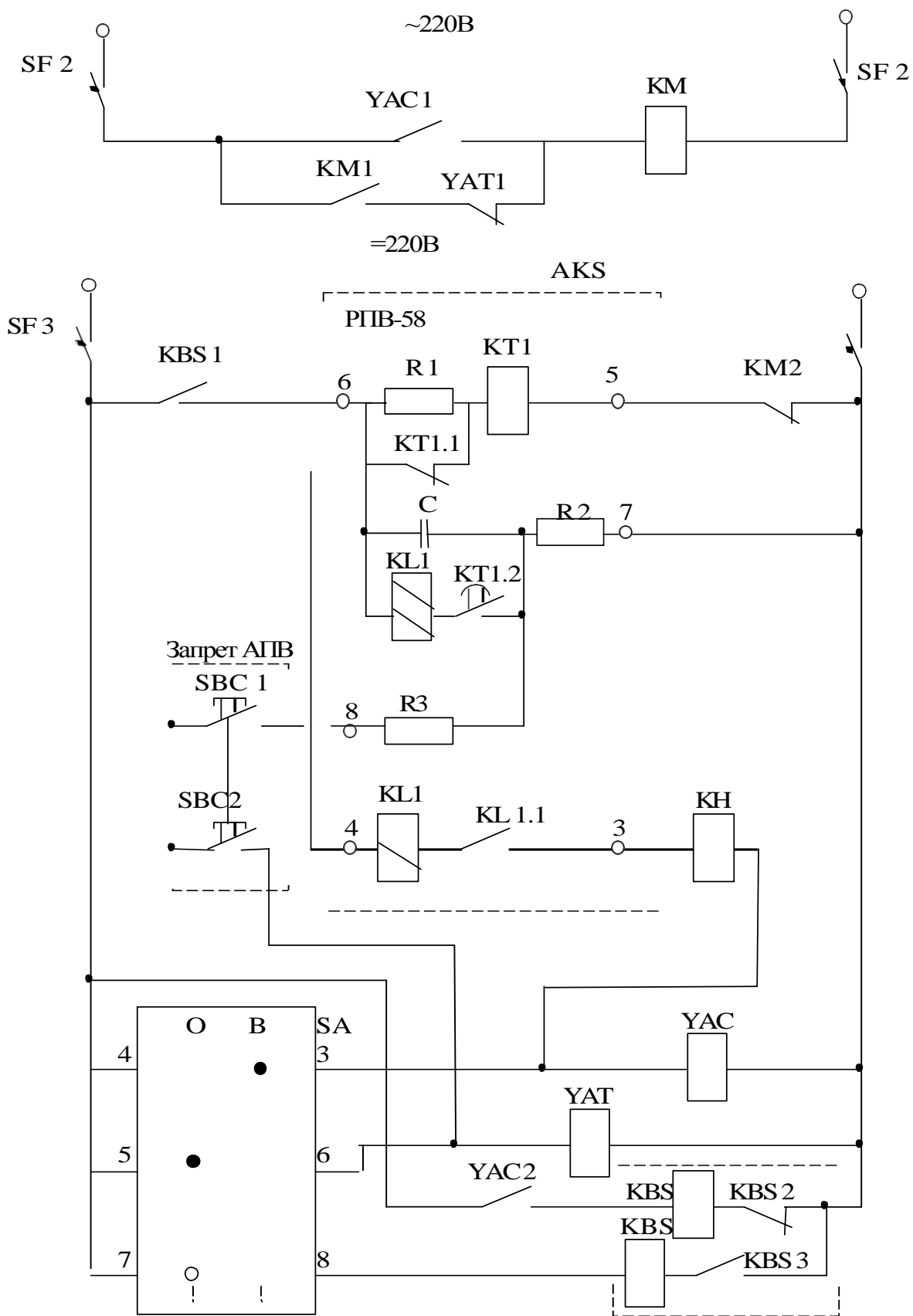


Рисунок 3 – Схема АПВ

Порядок проведения работы.

1 Ознакомится с комплектным реле типа РПВ-58.

2 Подать напряжение сети 220 В на лабораторную установку (включить вилку штепсельного разъёма).

Включить автоматический выключатель (АВ) SF1.

3 Проверить работу реле в полной схеме АПВ (рисунок 3) при имитации неустойчивого КЗ на линии. Для этого необходимо включить SF2, SF3, а также ключ управления SA. Через 40 секунд (время необходимое для заряда конденсатора) выключить, и сразу включить автомат SF2 наблюдая, за работой реле (произошло АПВ).

Для устойчивого КЗ на линии вторично выключить и включить автомат SF2 (включение АПВ не происходит).

4 Проверить надёжность (запрета) АПВ при замыкании цепи разрядного резистора R3. Для этого включить ключ управления SA и через 40 секунд нажать кнопку “запрет АПВ” (включение АПВ не происходит).

5 После проведения работы разработать схему, отключив SA, SF2, SF3, SF1. Снять напряжение сети 220 В с лабораторной установки. Отключить вилку штепсельного разъёма.

Контрольные вопросы.

1 Каково назначение АПВ?

2 Где применяется АПВ?

3 Чем обеспечивается однократность действия АПВ?

4 В каких случаях используется цепь «запрета» АПВ?

5 Почему в комплектном реле типа РПВ-58 должно быть использовано промежуточное реле с самоудержанием?

6 Зачем в РПВ-58 предусмотрено реле времени?

7 Принцип действия реле РПВ-58?

8 Опишите порядок выполнения лабораторной работы.

9 Какое количество ступеней АПВ может использоваться?

10 Для чего применяется ускорение защиты после действия АПВ?

1.2 Лабораторная работа №2: Испытание устройств АВР

Цель работы: ознакомление с принципом выполнения устройства автоматического ввода резервного питания (АВР) и проверки его работы.

Теоретическая часть. Автоматическое включение резерва на подстанциях (местное АВР).

На подстанциях распределительных сетей, как правило, осуществляется раздельное питание от двух источников, один из которых является рабочим, а другой - резервным. Раздельное питание позволяет снизить значения токов КЗ и применить более дешевую аппаратуру (выключатели, разъединители), упростить релейную защиту, снизить потери электроэнергии в сетях 10 (6) кВ. При отключении рабочего источника питания (например, А на рисунке 4) восстановление электроснабжения потребителей - нагрузки Н - производится автоматически от резервного источника питания Б с помощью устройства АВР.

Устройства АВР, расположенные на подстанциях, называют подстанционными или местными, поскольку вся аппаратура, участвующая в процессе переключения нагрузки с рабочего источника питания на резервный, расположена в одном месте (в отличие от сетевых устройств АВР, которые рассматриваются далее). Местное устройство АВР при исчезновении напряжения на шинах подстанции действует в начале на отключение выключателя В или выключателя нагрузки ВН рабочего ввода (В2, ВН2 на рисунке 4 а, б), после чего сразу же включается выключатель резервного ввода (В4). Местные устройства АВР выполняются одностороннего действия (рисунок 4 а, б) или двустороннего (рисунок 4 в).

Схемы устройств АВР должны выполняться в соответствии с указаниями правил устройства электроустановок:

- при отключении выключателя рабочего ввода по любой причине немедленно устройства местных АВР одностороннего (а, б) и двустороннего действия (в) должен включиться выключатель резервного ввода;

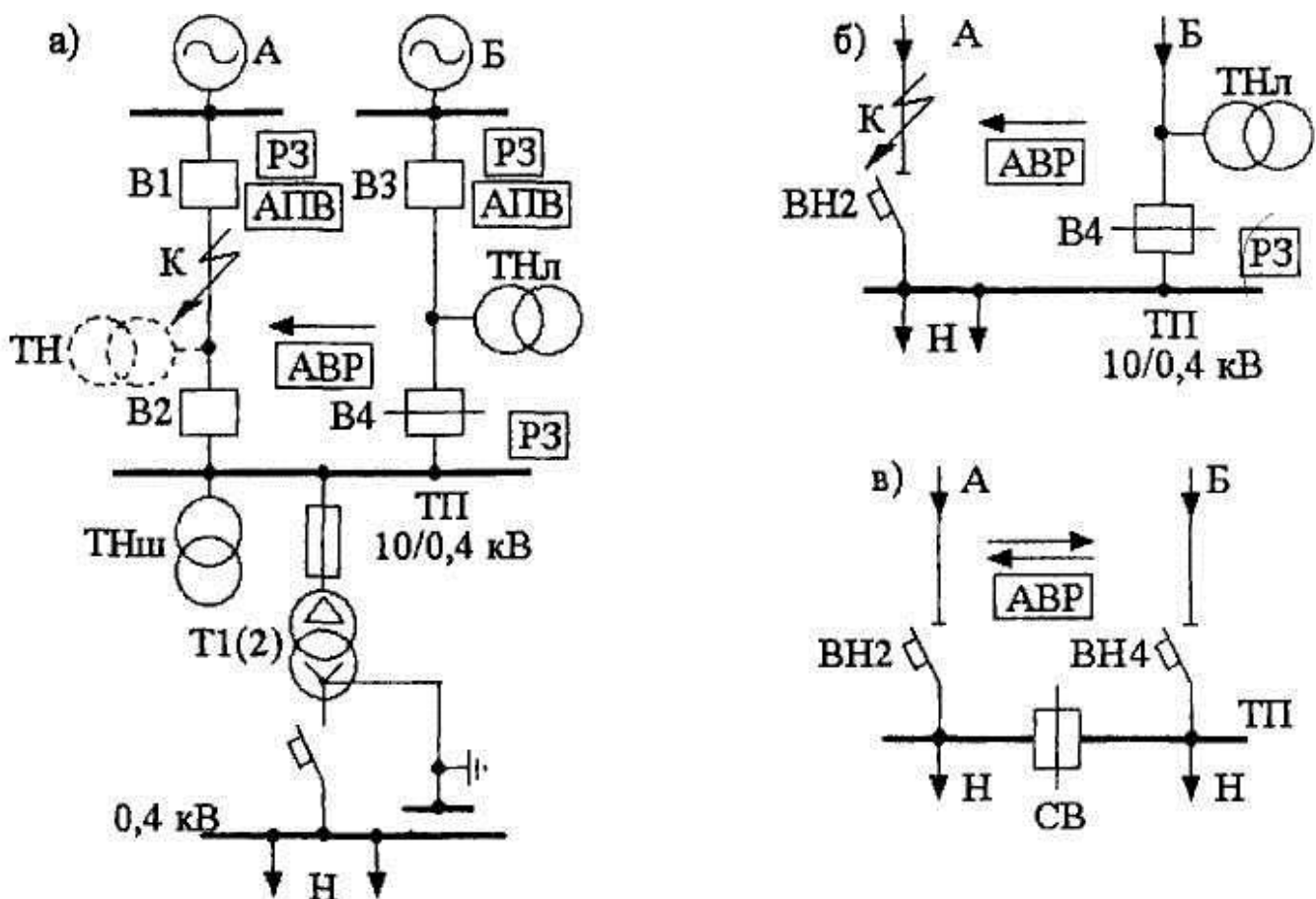


Рисунок 4 - Примеры схем трансформаторных подстанций 10/0,4 кВ с

- при исчезновении напряжения со стороны рабочего источника должен срабатывать специальный пусковой орган напряжения, который при наличии напряжения на резервном источнике должен действовать с заданной выдержкой времени на отключение выключателя рабочего источника; например, при КЗ в точке К на линии рабочего питания (рисунок 4 а) отключается релейной защитой РЗ выключатель В1, на шинах подстанции 10 (6) кВ исчезает напряжение, работает пусковой орган напряжения, включенный на шинный трансформатор напряжения ТНШ, и с заданной выдержкой времени отключает выключатель рабочего ввода В2, после чего немедленно включается выключатель резервного ввода В4; при этом наличие напряжения на резервной линии от источника Б контролируется тем, что перативное напряжение для отключения рабочего выключателя В2 получается от

линейного трансформатора напряжения ТНЛ; пусковой орган напряжения не должен предусматриваться, если рабочий и резервный вводы имеют один источник питания;

- минимальное реле напряжения пускового органа не должно срабатывать при понижениях напряжения при самозапуске электродвигателей нагрузки, поэтому их настраивают таким образом, что пуск АВР может произойти только при глубоком снижении напряжения, ниже 0,4 номинального, при котором самозапуск невозможен;

- при наличии в составе нагрузки подстанции значительной доли синхронных электродвигателей рекомендуется применять в дополнение к пусковому органу напряжения пусковые органы других типов, ускоряющие АВР;

- действие устройства АВР должно быть однократным;

- при выполнении устройств АВР следует проверять возможность перегрузки резервного источника питания и при необходимости выполнять для его разгрузки специальную автоматику отключения части потребителей при действии АВР;

- при отключении рабочей линии (трансформатора) устройством автоматической частотной разгрузки АЧР вследствие общесистемного аварийного снижения частоты действие устройства АВР должно запрещаться;

- при действии устройства АВР, когда возможно включение резервного выключателя на КЗ (на шинах резервируемой подстанции или на линии рабочего питания при отказе в отключении выключателя В2, ВН 2 на рисунке 1 а, б), на резервном выключателе (В4) должна предусматриваться релейная защита, причем, если время действия этой защиты превышает 1 сек, рекомендуется автоматически ускорять ее действие до 0,3 с;

- после восстановления нормального напряжения на рабочей линии со стороны основного источника питания должно, как правило, обеспечиваться возможно более полное автоматическое восстановление схемы до аварийного режима. К сожалению, типовые схемы подстанций 10 кВ до последнего времени не давали такой возможности; например, в типовой схеме (рисунок 1 а) отсутствует трансформатор напряжения со стороны основного (рабочего) источника питания А,

в схемах (рисунок 4 б, в) на линиях рабочего питания установлены выключатели нагрузки ВН, которые автоматически только отключаются, а включаться могут лишь вручную выездным оперативным персоналом.

Цифровое устройство АВР для подстанций распределительных сетей различного назначения, отвечающее перечисленным требованиям, могло бы найти широкое применение на электроэнергетических объектах как проектируемых, так и модернизируемых, причем объектах любого ведомства.

Дополнительно надо отметить, что при наличии в резервируемой сети местных электростанций и подстанций с синхронными электродвигателями, необходимо установить автоматические устройства, предотвращающие опасное несинхронное включение генераторов и СД при срабатывании сетевого АВР.

Цифровая аппаратура РЗА позволяет уже в настоящее время осуществлять все задачи сетевого АВР, рассмотренные выше. Настройка защит на головных и секционирующих выключателях и пункте сетевого АВР может осуществляться в соответствии с имеющимися рекомендациями по выбору характеристик и уставок цифровых токовых защит.

При секционированном выполнении шин понизительных подстанций автоматическое включение резервных источников электропитания намного повышает надежность работы потребителей, приближая степень взаиморезервирования к условиям кольцевой схемы электроснабжения. В то же время сохраняются преимущества одностороннего радиального питания в отношении упрощения устройств релейной защиты и уменьшения токов КЗ.

Чем быстрее будет подано напряжение от резервного источника питания, тем меньше снизится частота вращения электродвигателей, тем меньше будет ток при включении устройством АВР источника и тем легче и быстрее произойдет последующий самозапуск. Характер изменения напряжения, частоты вращения двигателя и тока в процессе самозапуска показан на рисунке 4.

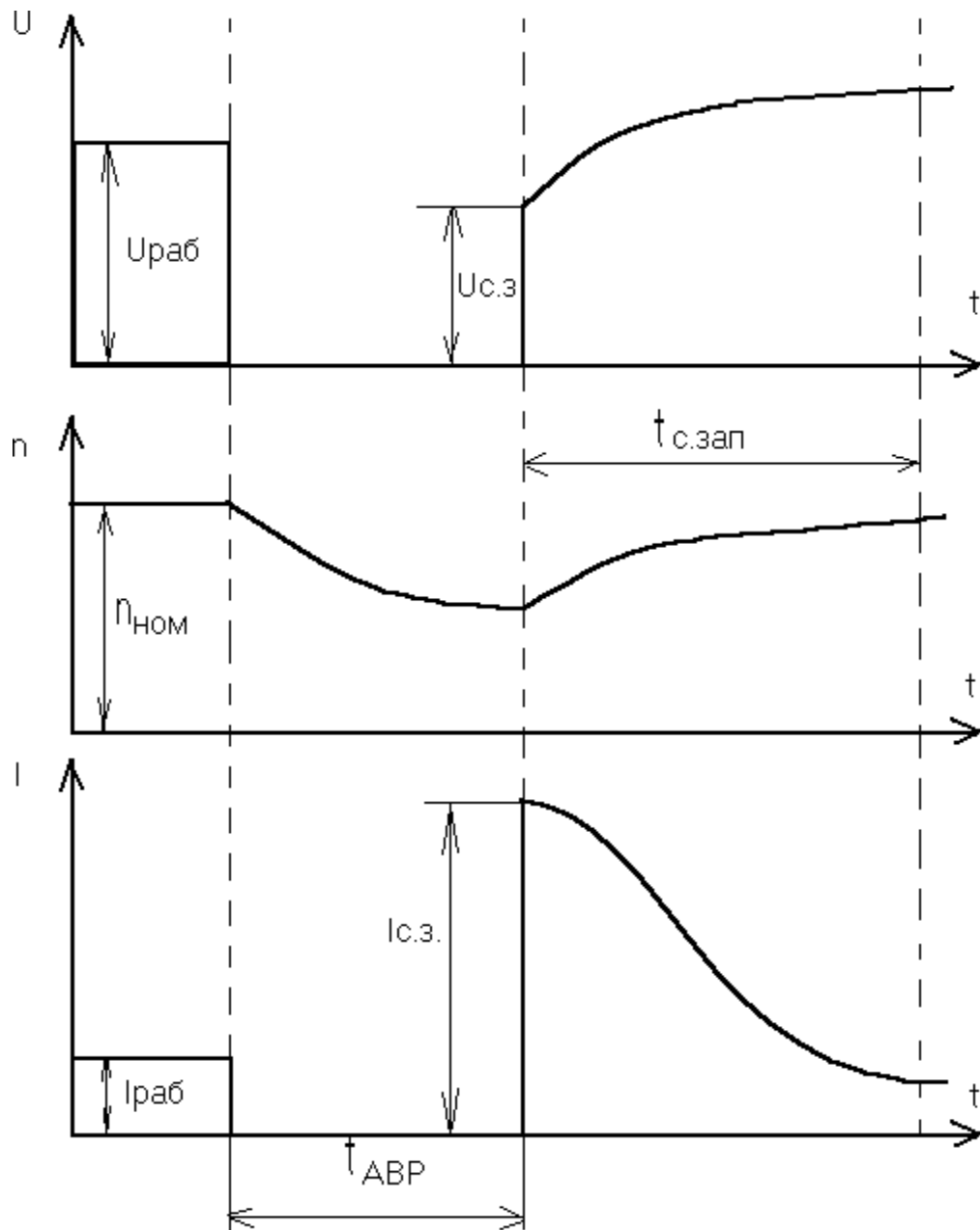


Рисунок 5 – График срабатывания АВР

АВР является эффективным средством, повышающим надежность электроснабжения (успешность действия АВР составляет 90 – 95%), поэтому этот вид автоматики применяется на подстанциях основных и распределительных сетей; выполнение АВР является также обязательным для собственных нужд станции.

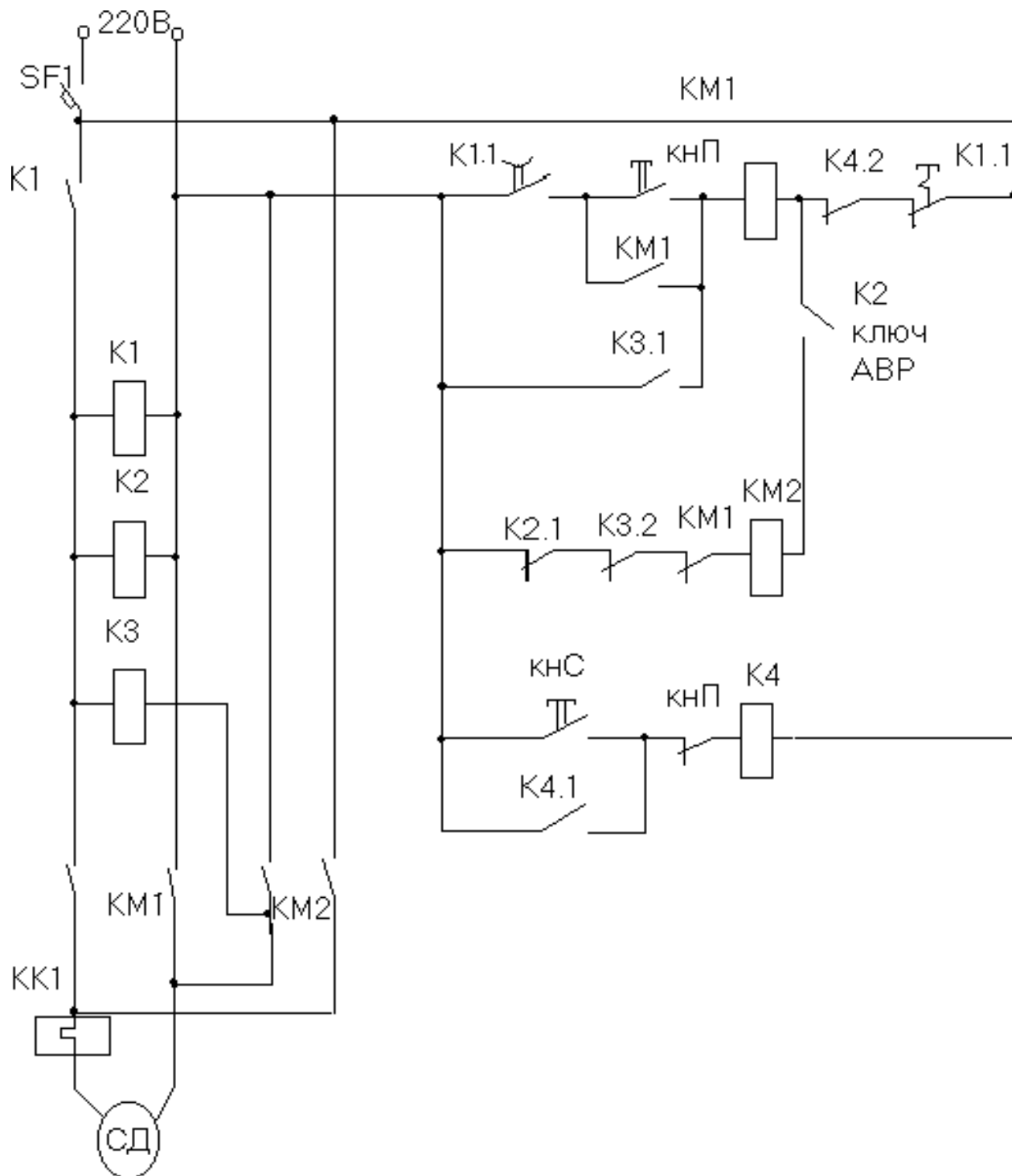


Рисунок 6 – Схема лабораторной установки

Основные требования, предъявляемые к устройствам АВР на подстанциях, к шинам которых подключены только асинхронные двигатели и осветительная нагрузка:

1) устройство АВР должно приходиться в действие при исчезновении напряжения на шинах по любой причине;

2) включение резервного источника питания должно осуществляться только после отключения выключателя в цепи рабочего источника питания;

3) с целью уменьшения длительности перерыва питания включение резервного источника должно производиться сразу же после отключения рабочего;

4) действие устройства АВР должно быть однократным.

Порядок выполнения работы.

1 Ознакомиться со схемой автоматического включения резерва, собранной на лабораторном стенде (рисунок 3).

2 Подать напряжение питания 220 В от сети включив вилку штепсельного разъёма. Включить автомат, все остальные выключатели должны находиться в отключенном состоянии.

3 Включить выключатель К1.

4 Включить выключатель К2.

5 Нажать на кнопку «пуск». Срабатывает магнитный пускатель КМ1. Синхронный двигатель начинает вращаться.

6 Аварийное исчезновение напряжения на первой секции (1с.ш.) имитируется при отключении выключателя К1. Происходит срабатывание пускателя КМ2. Замыкаются силовые контакты КМ2 и вал двигателя продолжает вращаться.

7 При появлении напряжения на 1с.ш. происходит отключение КМ2 и включение КМ1. Двигатель начинает питаться с 1с.ш. (1с.ш. – основная; 2с.ш. – резервная).

8 Отключить двигатель нажатием на кнопку «стоп».

9 После окончания работ отключить выключатель К2, потом К1, а затем автомат SF1.

10 Отключив вилку штепсельного разъёма снять напряжение сети 220 В.

Контрольные вопросы.

- 1 Каково назначение АВР?
- 2 Где применяется АВР?
- 3 При каком уровне снижения напряжения должен происходить запуск АВР?
- 4 В каких случаях производится запрет срабатывания АВР?
- 5 Опишите схему лабораторной установки?
- 6 Какая последовательность срабатывания выключателей при АВР?
- 7 Принцип действия АВР?
- 8 Опишите порядок выполнения лабораторной работы.
- 9 Какое количество срабатываний АВР может использоваться?
- 10 Объекты какой категории электроснабжения должны оборудоваться АВР?

1.3 Лабораторная работа №2: Дифференциальная защита трансформатора

Цель работы: - изучить принцип действия дифференциальной защиты трансформатора;

- изучить особенности дифференциальных защит трансформаторов, связанные с необходимостью выравнивания вторичных токов по величине и компенсации фазового сдвига;

- изучить особенности настройки параметров дифференциальных реле с торможением типа ДЗТ-11;

- исследовать факторы, влияющие на селективность, зону действия и чувствительность защиты.

Теоретические сведения. Дифференциальная защита трансформаторов.

Дифференциальная защита – один из видов релейной защиты, отличающийся абсолютной селективностью и выполняющейся быстродействующей (без искусственной выдержки времени). Применяется для защиты трансформаторов, автотрансформаторов, генераторов, генераторных блоков, двигателей, линий электропередачи и сборных шин (ошиновок). Различают продольную и поперечную

дифференциальные защиты [1].

Принцип действия продольной дифференциальной защиты основан на сравнении токов, протекающих через участки между защищаемым участком линии (или защищаемом аппаратом). Для измерения значения силы тока на концах защищаемого участка используются трансформаторы тока. Вторичные цепи этих трансформаторов соединяются с токовым реле таким образом, чтобы на обмотку реле попадала разница токов от первого и второго трансформаторов.

В нормальном режиме значения величины силы тока вычитаются друг из друга, и в идеальном случае ток в цепи обмотки токового реле будет равен нулю. В случае возникновения короткого замыкания на защищаемом участке, на обмотку токового реле поступит уже не разность, а сумма токов, что заставит реле замкнуть свои контакты, выдав команду на отключение поврежденного участка.

В реальном случае через обмотку токового реле всегда будет протекать ток отличный от нуля, называемый током небаланса. Наличие тока небаланса объясняется рядом факторов.

Принцип действия поперечной дифференциальной защиты так же заключается в сравнении значений токов, но в отличие от продольной, трансформаторы тока устанавливаются не на разных концах защищаемого участка, а на разных линиях, отходящих от одного источника (например, на параллельных кабелях, отходящих от одного выключателя). Если произошло внешнее короткое замыкание, то данная защита его не почувствует, так как разность значений силы тока, измеряемых на этих линиях, будет практически равна нулю. В случае же короткого замыкания непосредственно на одном из защищаемых кабелей разница токов не будет равняться нулю, что даст основание для срабатывания защиты.

Дифференциальная защита трансформатора является основным видом защиты мощных силовых трансформаторов. Принцип действия защиты основан на сравнении величин и направлений токов фаз до и после защищаемого объекта. Основным элементом защиты является дифференциальное реле, например РНТ-565 или ДЗТ-11. Основным достоинством дифференциальной защиты является ее высокое быстродействие, так как отключение производится без выдержки времени,

и абсолютная селективность, так как защита не реагирует на внешние короткие замыкания и токи синхронных качаний.

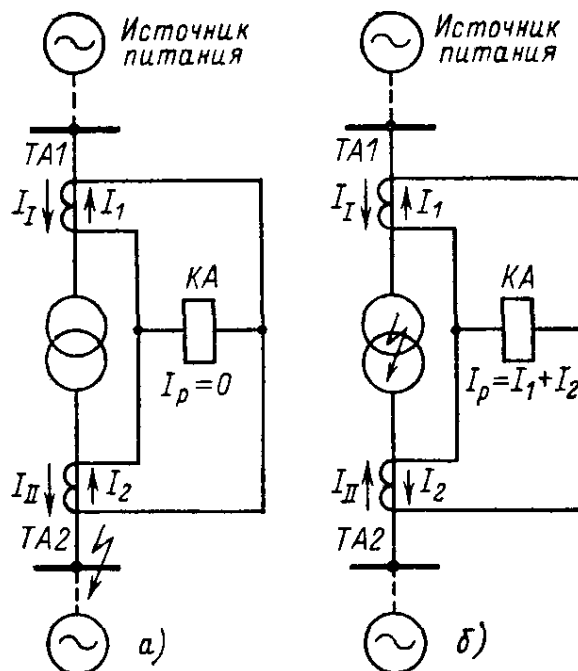
Дифференциальная защита трансформатора в отличие от продольной дифференциальной защиты линии имеет ряд особенностей. Во-первых, первичные токи обмоток трансформатора не равны по величине и в общем случае не совпадают по фазе, что требует принятия соответствующих мер по выравниванию вторичных токов по величине, а также, мер по компенсации фазового сдвига между токами со стороны высокого и низкого напряжения. Первичное выравнивание токов по величине осуществляется выбором коэффициентов трансформации измерительных трансформаторов тока на стороне высокого и низкого напряжения. Для более точного выравнивания токов по величине, дифференциальное реле тока имеет 2 уравнивательные обмотки, выбор количества витков которых обеспечивает компенсацию разности токов по величине. Для компенсации фазового сдвига используются различные схемы соединения вторичных обмоток измерительных трансформаторов тока на стороне высокого и низкого напряжения. Во-вторых, в режиме высоких нагрузок и при внешних коротких замыканиях имеет место наличие тока небаланса, вызванного погрешностями измерительных трансформаторов тока, их разнотипностью, неточным подбором количества витков уравнивательных обмоток и другими факторами. Для учета этих и других факторов при расчете уставок дифференциальных защит используются специально разработанные методики, которые частично используются и в данной лабораторной работе.

Для выполнения дифференциальной защиты трансформатора {автотрансформатора) устанавливаются ТА со стороны всех его обмоток, как показано на рисунке 1 для двухобмоточного трансформатора. Вторичные обмотки ТА соединяются в дифференциальную схему и параллельно к ним подключается токовое реле. Аналогично выполняется дифференциальная защита автотрансформатора. При рассмотрении принципа действия дифференциальной защиты условно принимается, что защищаемый трансформатор имеет коэффициент

трансформации, равный единице, одинаковое соединение обмоток и одинаковые ТА с обеих сторон.

Согласно выражению (1) при прохождении через трансформатор сквозного тока нагрузки или КЗ ток в реле равен:

$$I_p = I_1 - I_2. \quad (1)$$



а - токораспределение при нормальном режиме; б - токораспределение при коротком замыкании в трансформаторе.

Рисунок 7 - Схема дифференциальной защиты трансформатора

При принятых выше условиях и пренебрегая током намагничивания трансформатора, который в нормальном режиме имеет малое значение, можно считать, что первичные токи равны $I_1 = I_{II}$, следовательно, вторичные токи $I_1 = I_2$. С учетом этого

$$I_p = I_1 - I_2 = 0. \quad (2)$$

Таким образом, если схема дифференциальной защиты выполнена правильно и ТА имеют точно совпадающие характеристики, то при прохождении через трансформатор тока нагрузки или внешнего КЗ ток в реле отсутствует и дифференциальная защита на такие режимы не реагирует.

Практически вследствие несовпадения характеристик ТА вторичные токи не равны I_1, I_2 и поэтому в реле проходит ток небаланса, т. е.

$$I_p = I_1 - I_2 = I_{p.нб}. \quad (3)$$

Для предотвращения ложной работы защиты на реле КА необходимо установить ток срабатывания больший, чем ток небаланса

$$I_{с.р.} > I_{нб}. \quad (4)$$

Ток небаланса имеет наибольшую величину в двух режимах:

- при включении трансформатора под напряжение;
- при внешних к.з.

Характер изменения тока во времени в этих режимах различен. В режимах нагрузки и внешнего к.з. ток имеет синусоидальный характер, и симметричен относительно оси времени. При включении трансформатора под напряжение в токе имеется большая апериодическая составляющая, обусловленная током намагничивания и ток несимметричен относительно оси времени. Соответственно различается характер тока небаланса в этих режимах и способы обеспечения надежности защиты в этих режимах.

Для предотвращения работы защиты от бросков тока намагничивания силового трансформатора применяют три способа.

Первый заключается в отстройке тока срабатывания реле тока от тока намагничивания по величине. Ток срабатывания защиты приходится принимать

равным

$$I_{с.з.} = (3 \div 5) \cdot I_{НОМ.Т.} \quad (5)$$

Такая защита имеет низкую чувствительность и применяется нечасто, только на трансформаторах малой мощности.

Второй способ заключается в том, что измерительные реле тока КА подключаются к трансформаторам тока через промежуточный трансформатор с высокой индукцией сердечника. Его называют быстронасыщающимся трансформатором (БНТ или НТТ). Аperiodический ток насыщает сердечник в результате чего, не происходит трансформации тока из первичной обмотки БНТ во вторичную обмотку, к которой подключено реле тока КА.

Реле, в которых реле тока КА подключается к трансформаторам тока защиты через промежуточный быстронасыщающийся трансформатор имеет кодовое обозначение КАТ.

Первичную обмотку реле КАТ w_p называют рабочей или дифференциальной. Она подключается параллельно к контуру дифференциальной защиты (на разность вторичных токов). Измерительное реле тока КА типа РТ- 40 питается от вторичной обмотки w_2 . Дополнительная короткозамкнутая обмотка w^* влияет на магнитную индукцию сердечника и улучшает отстройку реле от бросков намагничивающего тока силового трансформатора. Благодаря применению насыщающегося трансформатора ток срабатывания защиты можно принимать равным

$$I_{с.з.} = 1,3 \cdot I_{НОМ.Т.} \quad (6)$$

Третий способ основан на анализе формы тока при включении и при к.з. внутри трансформатора. В качестве дифференциального реле тока применяют наиболее современные полупроводниковые реле серии ДЗТ-20. В этих реле используются несколько способов отстройки от токов небаланса, что позволяет резко повысить чувствительность защиты. Ток срабатывания дифференциальной

защиты с реле типа ДЗТ-21 можно принимать равным

$$I_{с.з.} = 0,3 \cdot I_{ном.т.} \quad (7)$$

При коротком замыкании в трансформаторе и в любой точке защищаемой зоны, например в обмотке трансформатора, по обмотке реле КА будет протекать ток, и если его величина будет равна току срабатывания реле или больше его, то реле сработает и через соответствующие вспомогательные приборы произведет двустороннее отключение поврежденного участка. Эта система будет действовать при междуфазных и межвитковых замыканиях.

Дифференциальная защита обладает высокой чувствительностью и является быстродействующей, так как для нее не требуется выдержки времени, она может выполняться с мгновенным действием, что и является ее главным положительным свойством. Однако она не обеспечивает защиты при внешних коротких замыканиях и может вызывать ложные отключения при обрыве в соединительных проводах вторичной цепи.

Принцип действия продольной дифференциальной защиты основан на сравнении токов, протекающих через участки между защищаемым участком линии (или защищаемом аппаратом). Для измерения значения силы тока на концах защищаемого участка используются трансформаторы тока. Вторичные цепи этих трансформаторов соединяются с токовым реле таким образом, чтобы на обмотку реле попадала разница токов от первого и второго трансформаторов.

В нормальном режиме значения величины силы тока вычитаются друг из друга, и в идеальном случае ток в цепи обмотки токового реле будет равен нулю. В случае возникновения короткого замыкания на защищаемом участке, на обмотку токового реле поступит уже не разность, а сумма токов, что заставит реле замкнуть свои контакты, выдав команду на отключение поврежденного участка.

В реальном случае через обмотку токового реле всегда будет протекать ток отличный от нуля, называемый током небаланса. Наличие тока небаланса объясняется рядом факторов.

Принцип действия поперечной дифференциальной защиты (рисунок 2) так же заключается в сравнении значений токов, но в отличие от продольной, трансформаторы тока устанавливаются не на разных концах защищаемого участка, а на разных линиях, отходящих от одного источника (например, на параллельных кабелях, отходящих от одного выключателя). Если произошло внешнее короткое замыкание, то данная защита его не почувствует, так как разность значений силы тока, измеряемых на этих линиях, будет практически равна нулю. В случае же короткого замыкания непосредственно на одном из защищаемых кабелей разница токов не будет равняться нулю, что даст основание для срабатывания защиты.

Защиты с реле серии ДЗТ-20 устанавливают на трансформаторах и автотрансформаторах большой мощности.

Ток небаланса при внешних к.з. обусловлен целым рядом причин:

- погрешностью трансформаторов тока - $I_{нб\ TA}$;
- изменением коэффициента трансформации при регулирование напряжения под нагрузкой - $I_{нб\ рег}$;
- неравенством вторичных токов трансформаторов тока из-за несоответствия номинальных токов силовых трансформаторов тока шкале трансформаторов тока - $I_{нб\ вт}$;
- сдвигом токов трансформатора по фазе при соединении обмоток по схемам звезда - треугольник или треугольник - звезда.

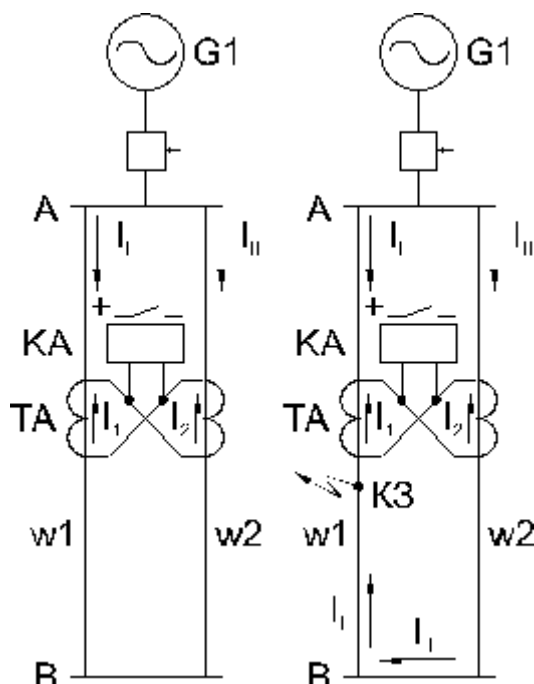


Рисунок 8 - Схема поперечной дифференциальной защиты

Компенсацию токов небаланса, обусловленных изменением коэффициента трансформации при регулировании напряжения, осуществляют с помощью дополнительных обмоток, помещенных на магнитопроводе дифференциального реле тока. Появление тока небаланса в обмотке изменяет магнитное состояние сердечника, размагничивая его. Соответственно изменяется величина тока, протекающего в рабочей обмотке реле в момент срабатывания. Т.е. чем больше ток небаланса, тем больше ток срабатывания реле. Такое действие тока небаланса называют тормозным, а зависимость тока срабатывания от тока в тормозной обмотке $I_{ср} = f(I_T)$ – тормозной характеристикой реле. Торможение применяют в дифференциальных реле тока серии ДЗТ-11, ДЗТ-21, в комплекте защиты на микроэлектронной элементной базе типа ЯРЭ-2201.

Устройство дифференциальной защиты SIPROTEC 7UT612. Устройство дифференциальной защиты SIPROTEC 7UT612 (рисунок 9) используется для быстрого и селективного отключения коротких замыканий в двухобмоточных трансформаторах всех классов напряжения, а также во вращающихся электрических машинах, например,

генераторах и двигателях, на коротких двухконцевых линиях и сборных шинах с числом присоединений не более 7.

Кроме функции дифференциальной защиты устройство включает резервную максимальную токовую защиту для обмотки/нейтральной точки звезды. Дополнительно возможно использовать ограниченную защиту от низко- или высокоомными замыканий на землю, защиту обратной последовательности и защиту при отказе выключателя. Устройство позволяет выполнять измерение и контроль до 12 различных температур с помощью внешних термо датчиков (RTD-boxes), поэтому возможно полностью контролировать термическое состояние трансформатора. Устройство защиты может применяться для трехфазных и однофазных трансформаторов. Кроме этого, встроенная тепловая модель позволяет контролировать уровень омических потерь в установке.

Подключение кабелей может быть выполнено с помощью кабельных наконечников или без них. В качестве дополнительного варианта возможно использовать штепсельные клеммы (plug-in), что позволяет применять готовые кабельные жгуты. В модели устройства с навесным исполнением для установки на панели используются расположенные сверху и снизу корпуса винтовые клеммы. Там же располагаются и интерфейсы связи [5].



Рисунок 9 - Внешний вид устройства SIPROTEC 7UT612

Устройство SIPROTEC 7UT612 может выполнять следующие защитные функции:

- дифференциальная защита с пофазным измерением;
- чувствительная измерительная ступень для определения повреждений с малыми по величине токами;
- ограничение при бросках тока в трансформаторе;
- мтз от междуфазных повреждений;
- защита от перегрузки с измерением или без измерения температуры;
- защита обратной последовательности;
- защита при отказе выключателя;
- ограниченная защита от низко- или высокоомных замыканий на землю (ref).

Устройство дифференциальной защиты серии MiCOM P63x.

Устройства дифференциальной защиты серии MiCOM P63x (рисунок 10) предназначены для выполнения быстрой и селективной защиты от коротких замыканий в трансформаторах, двигателях, генераторах и других электроустановках, с двумя, тремя или четырьмя обмотками.

Работая с первичными токами силового трансформатора, устройства дифференциальной защиты гибко адаптируются к базовым токам защищаемого объекта. Согласование амплитуд токов осуществляется путем непосредственного ввода значения базовой мощности, общей для всех обмоток, плюс номинальных напряжений и номинальных токов трансформатора для каждой обмотки. Результирующие базовые токи и коэффициенты согласования автоматически вычисляются устройством и проверяются на соответствие допустимым диапазонам значений. Согласование токов по группе соединения защищаемого объекта выполняется непосредственно вводом значения группы соединений. Математическая формула, применяемая к измеренным значениям, автоматически выбирается устройством в соответствии с заданным параметрам. Фильтрация нулевой последовательности может быть выведена независимо для каждой обмотки при наличии рабочего заземления в зоне действия защиты.

Характеристика срабатывания устройства дифференциальной защиты имеет две точки перегиба. Первая точка определяется уставкой начального срабатывания $I_{d>}$ и находится на линии нагрузки в случае одностороннего питания. Вторая точка перегиба задается уставкой. Если дифференциальный ток превышает уставку $I_{d>>>}$, ток торможения более не учитывается. До определенного предела отстройка от внешних КЗ обеспечивается тормозной характеристикой. Благодаря тому, что характеристика срабатывания имеет три участка, торможение особенно сильно выражено при высоких токах. Для повышения устойчивости к сквозным токам, которые сопровождаются насыщением ТТ, устройства дифференциальной защиты серии MiCOM P63x снабжены детектором насыщения. В частности, насыщение трансформаторов тока может быть вызвано запуском асинхронных двигателей, поскольку в этом режиме возникает аperiodическая составляющая тока с относительно большой постоянной времени первичной сети.

Блокировка при бросках тока намагничивания основывается на наличии в этом режиме составляющей второй гармоники дифференциального тока. В качестве критерия используется отношение составляющей второй гармоники к составляющей основной гармоники дифференциального тока отдельно по каждой фазе. Возможен выбор, блокируется ли отключение по всем трем фазам, или селективно блокируется только одна фаза. В любом случае, при дифференциальном токе выше уставки $I_{d>>}$, блокировка по второй гармонике выводится. При применении в качестве дифференциальной защиты двигателей или генераторов, блокировка по составляющим высших гармоник может быть выведена. Для блокировки при перенасыщении трансформатора в качестве критерия служит отношение составляющей пятой гармоники к составляющей основной гармоники дифференциального тока. Отключение блокируется отдельно для каждой фазы. При уровне дифференциального тока, превышающего базовый I_{ref} в 4 раза или более, критерий блокировки более не учитывается. Функция блокировки при перенасыщении может быть выведена из работы [6].



Рисунок 10 - Внешний вид устройства MiCOM P63x

Описание лабораторного стенда.

Назначение стенда.

Стенд позволяет изучить принцип действия, методики настройки и снятия характеристик реле различного типа, выполненных на полупроводниковой элементной базе, исследовать принципы работы и настройки релейно-контактных схем защиты электроэнергетических объектов различного типа. Стенд содержит набор полупроводниковых моделей реле, в частности, реле тока типа PCT, реле напряжения типа PCH, реле, реле направления мощности типа PBM, реле тока с зависимой выдержкой времени типа PT-80, дифференциального реле тока типа ДЗТ-11, реле сопротивления типа KPC-1, а также физическое реле времени типа PВ. Испытание реле производится с помощью регулируемых источников тока и напряжения, управляемых через программное обеспечение персонального компьютера. Исследование защит осуществляется с помощью виртуальных моделей электроэнергетических объектов с подключением к физическим источникам тока и напряжения.

Общий вид и технические характеристики стенда.

Общий вид стенда представлен на рисунке 11.

В каркасах столов лабораторного стенда в два ряда размещаются отдельные модули. Все модули стенда имеют одинаковый габаритный размер лицевой части:

200x248 мм.

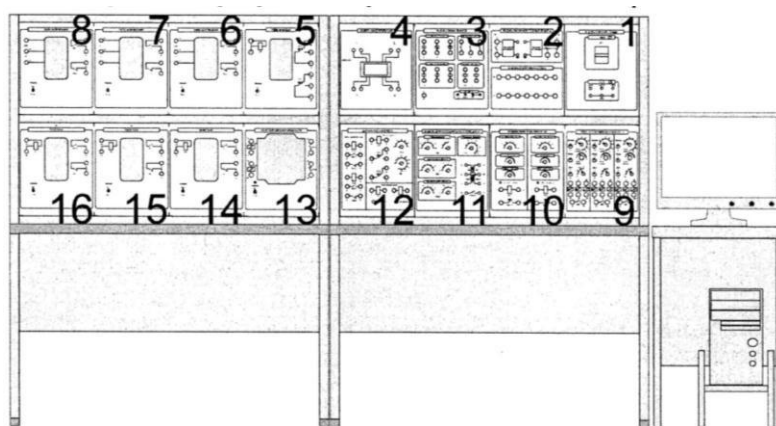


Рисунок 11 - Внешний вид стенда

Ниже представлены технические характеристики лабораторного стенда.

Электропитание от сети.....1x220 В

Частота питающего напряжения..... 50 Гц

Потребляемая мощность, не более 250 Вт

Габаритные размеры 2400x1400x650 мм

Масса, не более..... 150 кг

Диапазон рабочих температур+10..35 °С

Влажность до 80 %

Модель дифференциального реле.

Модуль содержит микропроцессорную модель дифференциального реле типа ДЗТ-11. Вид лицевой панели модуля представлен на рисунке 6.

Управление реле осуществляется галетными переключателями, при помощи которых задаются параметры (количество витков) рабочей, тормозной, 1-ой и 2-ой уравнильных обмоток. У рабочей, 1-ой и 2-ой уравнильных обмоток установлено по 2 галетных переключателя (грубая и точная уставка), значения которых суммируются. При подаче тока на обмотки, соответствующего заданным параметрам реле, происходит замыкание контактов КАW.1.

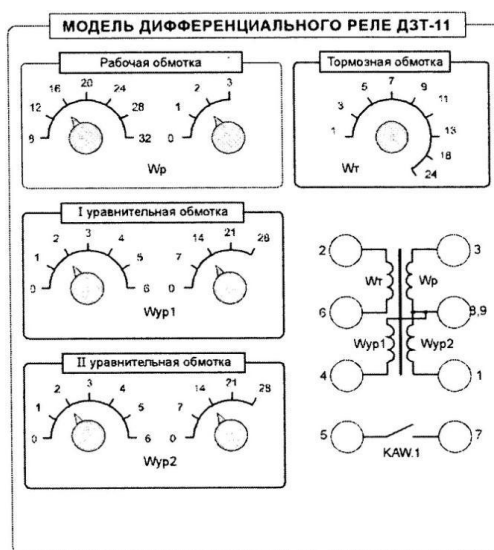


Рисунок 12 - Внешний вид модуля дифференциального реле

Домашнее задание и допуск к выполнению лабораторной работы.

1 Изучить теоретический материал по дифференциальной защите трансформаторов.

2 Изучить описание лабораторной установки, модули лабораторного стенда и схему лабораторной работы.

3 Изучить порядок выполнения лабораторной работы, подготовить таблицу для записи экспериментальных данных.

4 Изучить технику безопасности при выполнении лабораторной работы.

5 Ответить на контрольные вопросы для подготовки к допуску к выполнению лабораторной работы.

6 Согласно заданному варианту (таблица 1), необходимо рассчитать: ток трехфазного КЗ; номинальный ток трансформатора, ток срабатывания дифференциальной токовой отсечки.

Таблица 1 – Варианты заданий для расчета задачи

Вариант	$X_{сmax}$, Ом	X_{tmin} , Ом	$S_{ном}$, МВА	b
1	17	22	10	10

2	17,1	21,9	10	9
3	17,2	21,8	10	8
4	17,3	21,7	10	7
5	17,4	21,6	10	6
6	17,5	21,5	10	5
7	17,6	21,4	10	4
8	17,7	21,3	10	3
9	17,8	21,2	10	2
10	17,9	21,1	10	1
11	18	21,0	16	11
12	18,1	20,9	16	12
13	18,2	20,8	16	13
14	18,3	20,7	16	14
15	18,4	20,6	16	15
16	18,5	20,5	16	16
17	18,6	20,4	16	17
18	18,7	20,3	16	18
19	18,8	20,2	16	19
20	18,9	20,1	16	20

Расчет производить по формулам (8-10).

Ток трехфазного КЗ в точке К1 в максимальном режиме работы системы

$$I_{k \max}^{(3)} = \frac{E_{\phi \max}}{X_{c \max} + X_{t \min}}, \quad (8)$$

где $E_{\phi \max}$ - фазное напряжение системы в максимальном режиме работы;

$X_{c \max}$ - сопротивление питающей системы в максимальном режиме работы;

$X_{t \min}$ - минимальное сопротивление трансформатора.

Номинальный ток трансформатора для стороны ВН и НН может быть рассчитан по следующему выражению:

$$I_{\text{НОМ}i} = \frac{S_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}i}}, \quad (9)$$

где $S_{\text{НОМ}}$ - номинальная мощность трансформатора;

$U_{\text{НОМ}i}$ - номинальное напряжение трансформатора i -ой стороны, ВН=110 кВ, НН=6,6 кВ.

Ток срабатывания ДТО выбирается из двух условий отстройки: от небаланса при максимальном сквозном токе через трансформатор и от броска тока намагничивания силового трансформатора.

Ток срабатывания ДТО по условию отстройки от тока небаланса максимального тока внешнего КЗ

$$I_{\text{ДТО}} = K_{\text{отс}} \cdot (k_{\text{пер}} \cdot \varepsilon + U_{\text{рег}} + k_{\text{выр}}) \cdot \frac{I_{k \text{ max}}}{I_{\text{НОМ}i}}, \quad (10)$$

где $K_{\text{отс}}$ - коэффициент отстройки, 1,2;

$k_{\text{пер}}$ - коэффициент, учитывающий возможное насыщение трансформаторов тока в переходном режиме, принять 2;

ε - полная погрешность трансформаторов тока, 0,1;

$U_{\text{рег}} = b \cdot \frac{1,77}{100}$ - относительное значение погрешности, обусловленное наличием

регулятора напряжения;

$k_{\text{выр}}$ - относительное значение погрешности выравнивания токов плеч, 0,05;

$I_{k \text{ max}}$ - действующее значение максимального сквозного тока внешнего трехфазного КЗ в установившемся режиме;

$I_{\text{НОМ}i}$ - номинальный ток трансформатора стороны ВН.

Порядок выполнения лабораторной работы.

4.1 Собрать схему испытания защиты, показанную на рисунке 7. В качестве источников тока вторичных обмоток измерительных трансформаторов тока со стороны высокого и стороны низкого напряжения использовать выходы тока I1 и I2 модуля ввода-вывода. В качестве источника оперативного тока (клеммы «+» и «-») использовать клеммы модуля оперативного тока. Промежуточные реле KL1 и KL2 находится в модуле «Дополнительные реле». В качестве обмоток электромагнитов отключения выключателей Q1 и Q2 использовать дискретные входы K1 и K2 модуля ввода-вывода. В качестве блок-контактов выключателей использовать дискретные выходы S1 и S2 модуля ввода-вывода.

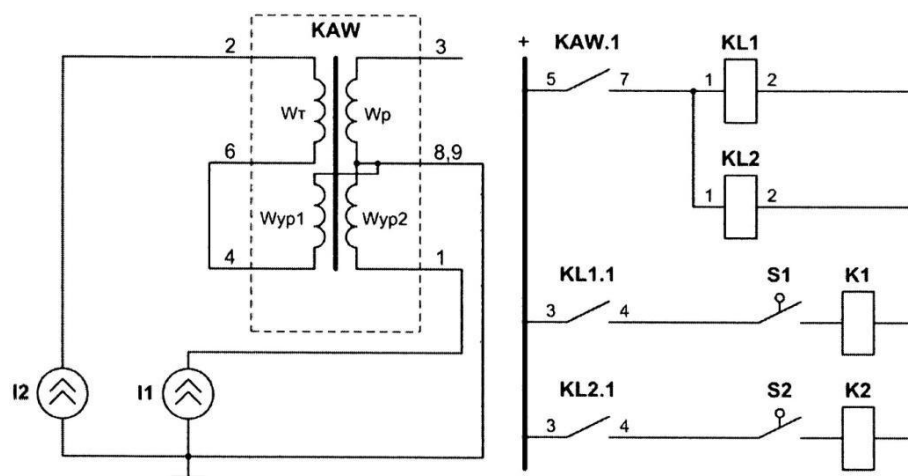


Рисунок 13 - Схемы испытания дифференциальной защиты трансформатора

4.2 На персональном компьютере загрузить программный комплекс «DeltaProfi» (Пуск - Программы - Лабораторный комплекс - DeltaProfi). На панели вкладок выбрать раздел «Релейная защита» и далее выбрать вкладку «Дифференциальная защита трансформатора». Запустить программу в работу кнопкой «Пуск» или командой главного меню «Управление - Пуск» или горячей клавишей F5. Внешний вид рабочей области программы будет иметь вид, показанный на рисунке 8. Программа представляет собой модель силового трансформатора T1, питающего обобщенную нагрузку от источника S1. Управление

выключателями Q1 и Q2 может осуществляться вручную (включение или отключение) щелчком левой кнопки мыши по изображению выключателя. Зеленый цвет выключателя соответствует состоянию «отключено», красный - «включено». А так же, действием защиты (только отключение) по сигналам от дискретных входов K1 и K2 модуля ввода-вывода. Режим короткого замыкания создается щелчком по изображению точки K1, K2 или K3. Точка K1 соответствует режиму трехфазного короткого замыкания на стороне высокого напряжения трансформатора. Точка K2 соответствует режиму трехфазного короткого замыкания на стороне низкого напряжения трансформатора. Точка K3 соответствует режиму трехфазного короткого замыкания со стороны нагрузки (внешнее короткое замыкание). Так же, имеется возможность выбора режима работы защиты - с действием на сигнал, или с действием на отключение. Вне зависимости от выбранного режима работы защиты, факт ее срабатывания отображается блинкером «срабатывание защиты», щелчок по которому левой кнопкой мыши сбрасывает его в исходное состояние.

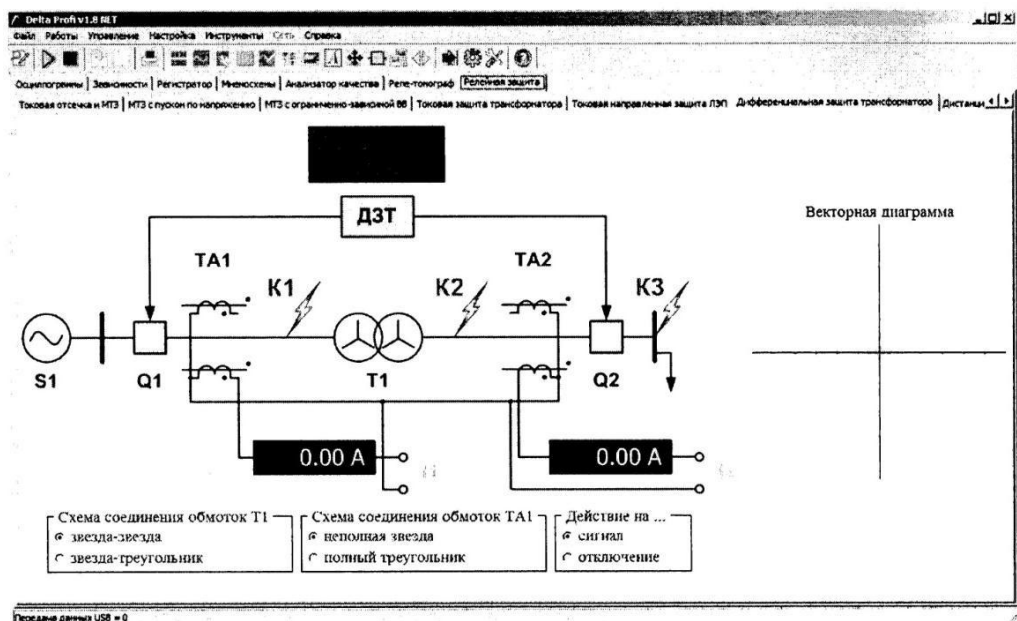


Рисунок 14 - Внешний вид программы «DeltaProfi»

4.3 Для выполнения расчета параметров дифференциальной защиты необходимо определить режимные параметры защищаемого объекта. Для этого, не

подавая питания стенда (питание модулей реле) перевести программу испытания в режим действия на сигнал и включить выключатели Q1 и Q2. Определить величины токов во вторичных обмотках измерительных трансформаторов тока ТА1 и ТА2 I_1 и I_2 , соответствующие токам в режиме максимальной нагрузки трансформатора. Включить короткое замыкание в точке КЗ и определить величины токов во вторичных обмотках измерительных трансформаторов тока ТА1 и ТА2 $I_{1к}$ и $I_{2к}$, соответствующие токам в режиме внешнего короткого замыкания. Отключить короткое замыкание в точке КЗ, отключить выключатели Q1 и Q2.

4.4 Рассчитать ток срабатывания реле по формуле:

$$I_{\text{ср}} = K_{\text{отс}} \cdot I_1. \quad (11)$$

Коэффициент отстройки $K_{\text{отс}}$ принять равным 1,5.

4.5 Определить расчетное число витков 2 уравнильной обмотки для основной стороны (сторона ВН) по формуле:

$$\omega_{\text{осн.расч}} = \frac{F_{\text{ср.мин}}}{I_{\text{ср}}} = \frac{100}{I_{\text{ср}}}. \quad (12)$$

Выбрать число витков 2 уравнильной обмотки $\omega_{\text{осн}} = \omega_{\text{ур2}}$ как ближайшее меньшее целое значение.

4.6 Определить расчетное число, витков 1 уравнильной обмотки для неосновной стороны (сторона ВН) по формуле:

$$\omega_{\text{неосн.расч}} = \frac{\omega_{\text{осн.расч}} \cdot I_{\text{осн}}}{I_{\text{неосн}}} = \frac{\omega_{\text{осн.расч}} \cdot I_1}{I_2}. \quad (13)$$

Выбрать число витков 1 уравнильной обмотки $\omega_{\text{неосн}} = \omega_{\text{ур1}}$ как ближайшее меньшее целое значение.

4.7 Определить расчетное значение тока небаланса по формуле:

$$I_{\text{нб.расч}} = I'_{\text{нб}} + I''_{\text{нб}} = (I_{1к} - I_{2к}) + \frac{\omega_{\text{неосн.расч}} - \omega_{\text{неосн}}}{\omega_{\text{неосн}}} \cdot I_{2к} \quad (14)$$

4.8 Определить расчетное число витков тормозной обмотки по формуле:

$$\omega_{\text{торм.расч}} = K_{\text{отс}} \cdot \frac{I_{\text{нб.расч}} \cdot \omega_{\text{неосн.расч}}}{I_{2к} \cdot \text{tg}\alpha} \quad (15)$$

Принять $\text{tg}\alpha=0,75$. Выбрать число витков тормозной обмотки $\omega_{\text{торм}}$ как ближайшее целое значение, которое можно установить на лицевой панели реле.

4.9 Установить на лицевой панели реле выбранные значения количества витков 1 уравнильной, 2 уравнильной и тормозной обмоток. Перевести программу в режим действия на отключение. Подать питание стенда, включить питание задействованных в схеме защиты реле.

4.10 Включить выключатели Q1 и Q2. При правильно собранной схеме и правильно рассчитанных уставках реле защита не должна срабатывать на токи нагрузки. Создать короткое замыкание в точке К3. Защита не должна реагировать на внешнее короткое замыкание. Отключить короткое замыкание в точке К3.

4.11 Создать короткое замыкание в точке К2 (К3 на стороне низкого напряжения). Защита должна сработать без выдержки времени.

4.12 Сбросить состояние блинкера «Срабатывание», включить выключатели Q1 и Q2. Создать короткое замыкание в точке К1(К3 на стороне высокого напряжения). Защита должна сработать без выдержки времени.

4.13 При необходимости, скорректировать значения уставок реле и/или исправить ошибки в схеме защиты и повторить опыты короткого замыкания в точках К1, К2 и К3. Остановить программу кнопкой «Стоп», командой главного меню «Управление - Стоп» или горячей клавишей F6. Оформить отчет по лабораторной работе.

5 Метрологическое обеспечение экспериментальных данных

При обработке результатов прямых измерений предлагается следующий порядок операций.

5.1 Вычисляется среднее значение из n измерений по формуле

$$\langle x \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (16)$$

где x_i – результат i -го измерения.

5.2 Определяется среднеквадратичная погрешность среднего арифметического значения по формуле

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\langle x \rangle - x_i)^2}{n-1}}, \quad (17)$$

где n – число измерений.

5.3 Задается доверительная вероятность α и определяется коэффициент Стьюдента $t_{\alpha,n}$ для заданного α и числа произведенных измерений n по таблице 5.1.

5.4 Находится полуширина доверительного интервала (абсолютная погрешность результата измерений) по формуле

$$\Delta x_{\text{сл}} = t_{\alpha,n} S, \quad (18)$$

где $t_{\alpha,n}$ – коэффициент Стьюдента (таблица 2).

Таблица 2 – Коэффициент Стьюдента

n	α			
	0,6	0,8	0,95	0,99
2	1,376	3,078	12,706	63,657
3	1,061	1,886	4,303	9,925
4	0,978	1,638	3,182	5,841
5	0,941	1,533	2,776	4,604
6	0,92	1,476	2,571	4,032
7	0,906	1,44	2,447	3,707
8	0,896	1,415	2,365	3,499
9	0,889	1,397	2,306	3,355
10	0,883	1,383	2,262	3,25

5.5 Оценивается относительная погрешность результата измерений по формуле

$$\delta = \frac{\Delta x}{\langle x \rangle}. \quad (19)$$

5.6 Окончательный результат записывается в виде

$$x = \langle x \rangle \pm \Delta x. \quad (20)$$

6 Представление результатов. Формирование отчета. Отчетность

По результатам выполнения лабораторной работы формируется отчет, который содержит:

- 1) титульный лист;
- 2) цель работы;
- 3) результаты защиты домашнего задания;

- 4) результаты тестирования готовности к выполнению лабораторной работы;
- 5) порядок выполнения работы;
- 6) результаты экспериментов и расчетов в виде формул 11, 12, 13, 14, 15;
- 7) выводы;
- 8) результаты усвоения материала лабораторной работы.

Техника безопасности.

1 К лабораторной работе допускаются студенты, прошедшие инструктаж на рабочем месте с соответствующей отметкой в журнале и получившие допуск на ее выполнение у преподавателя.

2 Работа в лаборатории разрешается при наличии

- исправного электрического оборудования и электрической проводки;
- заземления;
- средств пожаротушения (огнетушитель, кошма, песок);
- аптечки первой медицинской помощи.

3 Включать общее электропитание в лаборатории и электропитание лабораторных стендов разрешается только руководителю лабораторных работ.

4 Разрешение на проведение экспериментов дает руководитель лабораторных работ после проверки знаний по технике безопасности, готовности группы к работе и проверки рабочей схемы.

5 Пользоваться компьютером в соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным ЭВМ и организации работы».

6 В случае возникновения неисправностей, выполнение лабораторной работы следует прекратить и продолжить после устранения неисправностей.

7 Не допускается разборка, сборка и монтаж электрооборудования и приборов, находящихся под напряжением. Сборку схемы производить при отключенном от сети стенде.

8 Проверка наличия напряжения допускается только специальными электроизмерительными приборами. При любых, даже частичных переключениях в схеме выключить питание стенда.

9 Не разрешается работать неисправными электроприборами, применять соединительные провода с поврежденной изоляцией.

10 В лаборатории запрещается:

- самостоятельно включать выключатели и рубильники, вскрывать приборы и другое оборудование;
- оставлять без надзора включенные электрические установки;
- пользоваться открытым огнем и курить.

11 По окончании лабораторной работы необходимо привести рабочее место в порядок, отключить электропитание и отсоединить проводники.

12 При возникновении пожара необходимо действовать согласно инструкции по пожарной безопасности в филиале.

Контрольные вопросы.

1 Перечислите виды дифференциальных защит.

2 Достоинства и недостатки продольной дифференциальной защиты.

3 Достоинства и недостатки поперечной дифференциальной защиты.

4 Основные способы повышения чувствительности дифференциальной защиты.

5 Выбор параметров дифференциальной защиты трансформаторов.

6 Мертвая зона защиты.

7 Дифференциальная токовая отсечка.

8 Объяснить принцип действия дифференциальной защиты.

9 Как осуществляется компенсация фазового сдвига между вторичными токами измерительных трансформаторов тока при выполнении защиты силового трансформатора с схемой соединения звезда/треугольник?

10 Как осуществляется компенсация неравенства величин токов со стороны ВН и НН при выполнении дифференциальной защиты силового трансформатора?

11 Почему дифференциальная защита не реагирует на токи нагрузки, токи внешних коротких замыканий и токи синхронных качаний?

12 В каком режиме работы защищаемого объекта ток небаланса будет иметь максимальное значение?

- 13 Принцип работы газовой защиты трансформаторов.
- 14 Виды повреждений и ненормальный режим работы трансформаторов.
- 15 Способы защиты от бросков тока намагничивания.
- 16 Микропроцессорный терминал защиты SIPROTEC 7UT612.
- 17 Микропроцессорный терминал защиты MiCOM P63x.
- 18 Принцип работы дифференциального реле ДЗТ-11.
- 19 Достоинства и недостатки микропроцессорных терминалов защиты.

2 Задания для выполнения практических работ

2.1 Изучение комплектного микропроцессорного терминала защиты и автоматики СЕРИИ SPAC 801

Цель работы: Изучение устройств защиты и автоматики распределительных сетей серии SPAC 800 (терминалы), выполненных на микропроцессорной элементной базе и предназначенных для защиты и автоматики воздушных, кабельных линий, напряжением 6 - 10 кВ.

Приобретение навыков их эксплуатации с помощью симуляторов устройств SPAC 801.

Назначение симуляторов устройств SPAC 801.

Симуляторы работают под управлением ОС Windows 95 (98, 2000). В ОС должны быть установлены шрифты MS Sans Serif, Arial и Times New Roman, а на дисплее установлен мелкий шрифт.

Симуляторы устройств SPAC 800 представляют собой математическую модель, полностью повторяющую внешний вид и основные функции моделируемого устройства.

Симуляторы позволяют приобрести навыки работы с устройствами серии SPAC 800, научиться выставлять уставки и положение ключей, проверять характеристики при имитации различных видов повреждений.

Использование симуляторов позволяет более детально разобраться в функциональной схеме SPAC.

Создаётся возможность проследить за работой светодиодной индикации и выходных реле при ручном задании сигналов от блоков защиты и входов.

Кроме того, предусмотрен режим имитации различных видов повреждений с индикацией результатов работы защит.

Методические указания по работе с симуляторами.

Пример выставления уставок по току и времени SPAC 801.

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

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

Для этого необходимо выполнить следующие действия:

1 Исходное положение – дисплей погашен. Выполнить вход в главное меню нажатием кнопки Сброс/Шаг (С/Ш) на 1 с. (Здесь и в дальнейшем следует установить курсор на изображении соответствующей кнопки и нажать левую кнопку мыши) Нажимая С/Ш на 1 с, выполнить продвижение по меню до загорания светодиода $I_{>>}$. На дисплее зелеными цифрами высвечивается установленная уставка 0.85.

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

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

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

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

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

7 Нажать кнопку ПР на время ≥ 5 с и добиться мигания всех цифр дисплея. Новая уставка 1.20 видна на экране. Если она выставлена неверно, то повторить установку с пункта 3. Если все правильно, то одновременным нажатием кнопок С/Ш

+ ПР записать уставку в память. При записи на дисплее кратковременно появляются символы “---”.

После записи уставки в память можно продолжить работу с меню.

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

Пример установки положения функциональных ключей.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

9 После установки и записи в память положения ключей SGF1 нажать на 1с кнопку С/Ш, красная немигающая левая цифра 2 указывает на номер ключей SGF2, три зеленые цифры справа показывают установленную КС ключей SGF2. Повторением пунктов 2 - 6 выставить и записать в память положение ключей SGF2.

Порядок выполнения работы

Симулятор комплектного устройства защиты, сигнализации и автоматики линий 6-10 кВ SPAC 801.

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

Модель блока SPCJ 4D28 позволяет:

- с помощью меню просмотреть все уставки, контрольную сумму и положение ключей;

- изменить уставки (основные и вспомогательные) и положение ключей;

- по функциональной схеме детально изучить внутреннюю структуру блока и установить на ней нужное положение ключей;

- выполнить имитацию вида повреждения с установкой входных токов, при этом моделируются характеристики всех ступеней защиты (в т.ч. обратнозависимые с фиксацией времени срабатывания ступени). Результат имитации индицируется на экране однострочного дисплея и с помощью светодиодов.

Матрица ключей позволяет с помощью мыши выставить нужное положение ключей SGR1 - SGR11. После срабатывания уменьшением значения входного тока можно вернуть ступени в несработавшее состояние (коэффициент возврата $K_B = 0,96$).

Модель блока L2210 позволяет:

- с помощью меню просмотреть все уставки, контрольную сумму и положение ключей;

- изменить значение уставок и положение ключей;

- по структурной схеме проверить работу блока при задании входных сигналов от блока входов и от блока SPCJ 4D28, которые задаются вручную мышью. При этом моделируется срабатывание выходных реле и выключателя, а также индикация светодиодов;

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

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

Модель SPAC 801 позволяет выполнить имитацию вида повреждения с установкой входных токов, при этом результатом имитации является срабатывание

реле и индикация светодиодов. В этом режиме выходные сигналы SS1 - TS3 от блока SPCJ 4D28 подаются непосредственно на входы блока L2210.

Настройка рабочей среды симулятора.

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

2 Для выбора режима работы отдельно с блоками SPCJ 4D28, L2210 или со всем устройством SPAC 801 - 01 нужно воспользоваться одним из способов:

- выбрать соответствующий пункт в меню Симулятор;
- нажать соответствующую кнопку на панели инструментов;
- щелкнуть мышью в любом месте рисунка панели данного блока.

3.2.1 Описание кнопок панели инструментов. На панели инструментов (далее "ПИ") представлены следующие кнопки:



- "Выход" Кнопка осуществляет выход из программы.

7



- "Питание прибора" Кнопка включает или выключает питание прибора SPAC 801.



- "Цвета светодиодов" Кнопка служит для изменения цветов светодиодов устройства SPAC 801.



- "Скорость работы" Кнопка служит для изменения скорости имитации работы SPAC 801.



- "Цвет фона" Кнопка служит для изменения цвета фона окна симулятора.



- "Стандартные установки" Кнопка служит для отмены всех сделанных изменений и для загрузки набора стандартных (заводских) уставок и настроек.



- "Блок SPCJ4D28" Кнопка служит для вывода на экран и для работы с симулятором блока SPCJ 4D28.



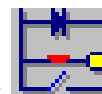
- "Блок L2210" Кнопка служит для вывода на экран и для работы с симулятором блока L2210.



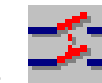
- "SPAC 801" Кнопка служит для переключения в режим работы с симулятором SPAC 801 по функциональной схеме.



- "Имитация тока" Кнопка служит для имитации входного тока и просмотра результатов при работе с блоком SPCJ 4D28.



- "Структурная схема" Кнопка служит для работы с блоком L2210 по структурной схеме.



- "Выбор входов" Кнопка служит для выбора входов для их последующей групповой коммутации входных цепей при работе с блоком L2210 по структурной схеме.



- "Групповая коммутация" Кнопка служит для групповой коммутации входных цепей при работе с блоком L2210 по структурной схеме.



- "Функциональная схема блока L2210" Показывает на экране функциональную схему блока управления L2210.

Изучение работы блока защит SPCJ 4D28.

Работа с меню блока.



включить

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

Выполнить круговое движение по меню блока вперед и назад. Просмотреть уставки по току и времени, а также контрольные суммы ключей.

Обратить внимание на то, что:

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

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

3 Установить следующие уставки срабатывания защиты от междуфазных замыканий при независимой характеристике ступени $I>$

Таблица 3 - Уставки срабатывания защиты ступени $I>$

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

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

Таблица 4 - Уставки срабатывания защиты ступени $I_0>$

$I_0>$	$t_0>$	$I_0>>$	$T_0>>$
0,5	10с	3	5с

5 Установить для ключей блока SPCJ 4D28 следующие КС:

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

Таблица 5 – Контрольные суммы ключей SGR1...SGR5

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

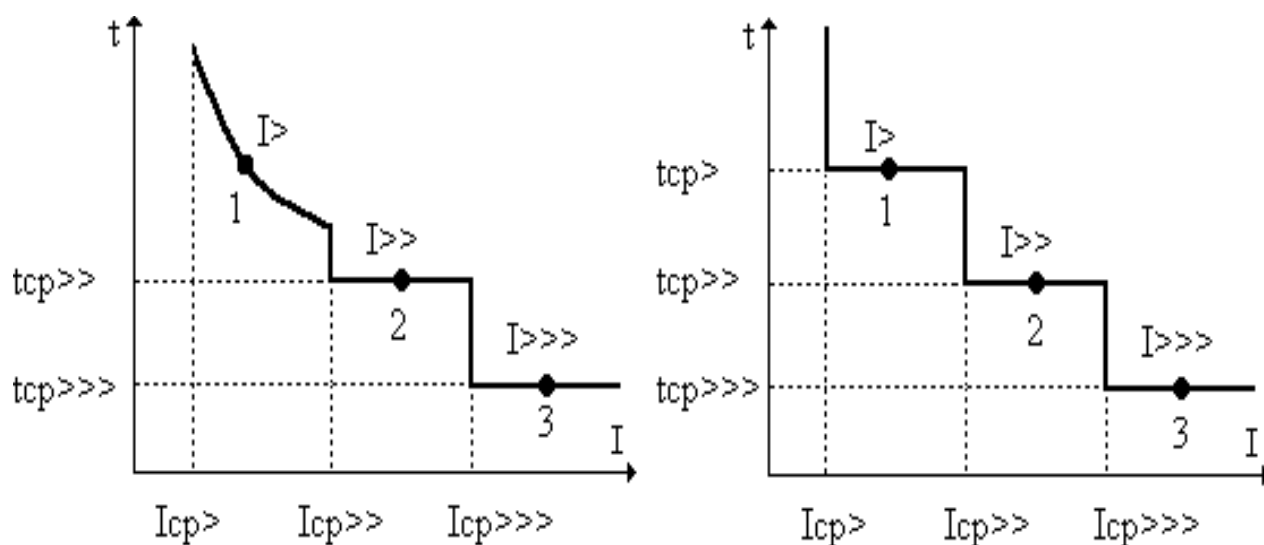
Таблица 6 – Контрольные суммы ключей SGR6...SGR11

Ключ	SGR6	SGR7	SGR8	SGR9, 10	SG R11
КС	8	0	4	0	8
Сигнал	$t>>>\rightarrow TS2$	–	$t_{0>}\rightarrow SS2$	–	$T\Delta\rightarrow TS2$

6 Установить следующие уставки срабатывания защиты от несимметрии фаз:

- $I\Delta = 20\%$ и $t\Delta = 5$ с.

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



а) обратнoзависимая характеристика третьей ступени I>

б) независимая характеристика третьей ступени I>

Рисунок 15 - Характеристики трехступенчатой МТЗ от междуфазных к.з.

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

Установить в подрегистре 4 значение “1” – вспомогательные уставки.

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

Снова перейти в подрегистр 4 регистра А, установить режим основных уставок, вернуться к уставке ступени I> и убедиться в том, что уставка $I_{cr>}$ имеет значение 1, выставленное ранее в п.п. 3.3.1 (3)

Работа с функциональной схемой блока.

1 Вывести на экран функциональную схему блока (Симулятор / Функциональная схема блока SPCJ 4D28 или Alt + F) и изучить ее. Обратите

внимание на ключи, выводящие ступени защит из работы и на ключи, блокирующие пуск ступеней $I>$ и $I_0>$ от других ступеней, а также блокировку срабатывания ступеней сигналом BS1.


Убедиться в том, что положение ключей SGF2, SGF3 и SGB1 соответствует установленным ранее в п.п. 3.3.1 (5)

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

Установить в меню прежнее положение ключей SGF5, перейти в режим функциональной схемы блока и убедиться в том, что оно соответствует установленному в меню.

3 Закрыть режим функциональной схемы блока.

Работа с имитатором входных токов. Имитация входного тока производится с целью проверки работы ступеней защит модели SPAC 801 - 01 при различных повреждениях на линии.

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

Защита от междуфазных замыканий.

А - Независимая характеристика третьей ступени $I>$

Активизировать режим имитации входных токов, установить повреждение

фаз В-С и проверить работу ступеней защиты от междуфазных замыканий для входных токов, соответствующих точкам 1, 2 и 3 на рисунке 1б. Результаты должны соответствовать таблице 5. После каждого пуска кнопкой “Сброс” приводить схему имитатора в исходное состояние.

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

Таблица 7 – Результаты эксперимента

Номер запуска	$I_{вх}/I_{п}$	Пуск	Срабатывание	Индикация	$t_{ср}, c$
1	5	$I_{>}, I_{>>}, I_{>>>}$	$I_{>>>}$	5→6	3
2	3	$I_{>}, I_{>>}$	$I_{>>}$	3→4	6
3	1.5	$I_{>}$	$I_{>}$	1→2	10

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

Таблица 8 – Содержимое регистров от 1 до 2.2

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

Таблица 9 – Содержимое регистров от 4 до 4.5

Регистр	4	4.1	4.2	4.5
$t_{>}, \%$	100	60	30	3

Таблица 10 – Содержимое регистров от 5 до 5.5

Регистр	5	5.1	5.2	5.5
$t_{>>}, \%$	0	100	50	2

В регистрах 1 и 2 фиксируются в относительных единицах токи фаз А и В, при которых происходил запуск ступеней. Так как ток каждого следующего запуска

сдвигает значение тока предыдущего запуска в подрегистры, то в регистрах 1 и 2 будут записаны токи последнего запуска – 1.5, затем предпоследнего 3 и т.д.

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

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

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

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

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

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

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

Б - Обратная зависимость характеристика третьей ступени $I_{>}$

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

Установить следующие уставки защиты от междуфазных замыканий:

Таблица 11 – Уставки срабатывания защиты от междуфазных замыканий

$I_{>}$	K	$I_{>>}$	$t_{>>}$	$I_{>>>}$	$t_{>>>}$
1	1	7	1с	15	0,5с

Проверить работу ступеней защиты для входных токов, соответствующих точкам 1, 2 и 3 на рисунке 1а. Результаты должны соответствовать таблице 10

Таблица 20 – Результат проверки ступеней защиты

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

Защита от несимметрии фаз. Проверить работу защиты от несимметрии фаз при ее вводе и выводе из работы, а также при блокировке срабатывания сигналом BS1.

Напомним, что ранее выставлены следующие уставки срабатывания защиты от несимметрии фаз: $I_{\Delta ср} = 20 \%$ и $t_{\Delta ср} = 5 с$. Проверка обратнoзависимых характеристик ступени $I_{>}$

1 Снять обратнoзависимую характеристику $t_{ср} = f(I_*)$ ступени $I_{>}$ для различных типов характеристик при $K = 1$. Результаты должны соответствовать таблице 11 ($t_{ср}$ – в секундах). Для того, чтобы срабатывание происходило по характеристике ступени $I_{>}$, ступени $I_{>>}$ и $I_{>>>}$ должны быть выведены из работы (установить ключи $SGF2/6 = 1$ и $SGF2/7 = 1$).

2 Снять и построить обратнoзависимую характеристику $RXIDG$ – типа ступени $I_{>}$ для различных значений K . Результаты должны соответствовать таблице 12.

Значения времен срабатывания в таблицах 11 и 12 получены расчетным путем по соответствующим формулам.

Таблица 13 - Значения времен срабатывания

Вид Характеристики	Входной ток I*						
	2	3	5	8	10	15	20
Инверсная	10,03	6,3	4,28	3,3	2,97	2,52	2,27
Сильно инверсная	13,5	6,75	3,37	1,93	1,5	0,96	0,71
Чрезвычайно инверсная	26,67	10	3,33	1,27	0,81	0,36	0,2
Длительно инверсная	120	60	30	17,14	13,33	8,57	6,32
RI – типа	4,52	3,84	3,43	3,23	3,17	3,09	3,06
RXIDG – типа	4,86	4,32	3,63	2,99	2,69	2,14	1,76

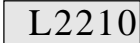
Таблица 14 - Зависимость $\tau_{cp}(I^*)$ для характеристик RXIDG – типа


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

16

Изучение работы блока управления L2210

Работа с меню блока.

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

включить его питание кнопкой .

2 Выполнить движение по меню блока вперед. В пунктах меню 1 InP и 2 InP записать состояние входов, затем вывести структурную схему блока и убедиться, что оно соответствует реальному положению входных ключей блока входов.

Изменить в схеме состояние входов X19:6 и X19:8 на “1”, снова зайти в меню и убедиться, что в нем отображаются новые значения этих входов. Вернуть исходное состояние входов X19:6 и X19:8 (т.е. “0”).

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

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

Активные выходные сигналы SS1 - TS3 блока защит действуют на светодиоды сигнализации и срабатывание (или возврат) реле блока выходов (таблица 13). Это действие определяется схемой блока и поэтому ключами SG3 его можно изменить только в небольших пределах, указанных в таблице 13.

Вывести на экран структурную схему блока и установить положение ключа SG1/1 = 0 (вывод УРОВ). Активизируя мышью последовательно сигналы SS1 - TS3, проверить их действие на реле и светодиоды сигнализации в соответствии с таблицей 13. Там, где это необходимо, выполнить переключения ключей SG3 непосредственно на структурной схеме блока, куда они выведены для удобства пользователей.

Примечания:

1) после каждого запуска схемы от сигналов SS1 - TS3 кнопкой СБРОС привести структурную схему симулятора в исходное состояние. В исходном состоянии выключатель линии включен, сигнал РПВ = 1 (реле К2.7 подтянуто), сигнал РПО = 0 (реле К2.8 отпущено). В сработавшем состоянии также находятся реле К1.1 (Неисправность), К1.8 и К2.6 (РФК);

2) сработавшие реле определяются по обмотке, которая закрашивается красным цветом.

Таблица 15 – Работа блока SPCJ 4D28

Сигнал	Срабатывают реле	Отпадают реле	Зажигаются светодиоды
SS1 = 1	К1.5;	–	–
TS1 = 1	К1.6, К1.7, К2.2	–	–
SS2 = 1	К1.6, К1.7 при SG3/6 = 0; К2.3, К2.4 при SG3/6 = 1	–	VD4 при SG3/6 = 0; –
TS2 = 1	К1.2, К1.7, К2.5, К2.8	К2.7	VD1
SS3 = 1	–	–	–
TS3 = 1	К1.6, К1.7	–	–

Проверка работы отдельных устройств блока.

В этом разделе изучается и проверяется работа отдельных устройств блока. Схемы проверяемых устройств входят в состав функциональной схемы SPAC 801, которую можно вывести на экран, а также приведены в виде отдельных схем в техническом описании на SPAC 801.

Цепи выключателя.

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

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

Выполнить следующие пункты:

1) установить ключ М/Д (вход Х19:5) в отключенное состояние, что соответствует режиму «Местное управление»;

2) подать сигнал на отключение выключателя, замкнув мышью контакт на входе РКО (Х18:7) и наблюдать за срабатыванием реле К1.2 (на 1 с) и отключением выключателя линии. При отключении реле РПВ отпадает, реле РФК К1.8 и К2.6

также отпадают, а реле РПО - срабатывает. Оставить ключ РКО замкнутым и через 10 с наблюдать за срабатыванием реле К1.6 и К1.7 и зажиганием светодиода VD8 «Неисправность цепей управления». Разомкнуть ключ на входе РКО;

3) подать сигнал на включение выключателя, замкнув мышью контакт на входе РКВ (Х18:5) и наблюдать за срабатыванием реле К1.3 (на 1 с) и включением выключателя линии. При включении реле РПВ срабатывает, реле РФК К1.8 и К2.6 также срабатывают, а реле РПО - отпадает. Разомкнуть ключ на входе РКВ;

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

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

3.6.2 Защита от замыканий на землю.

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

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

Изучить работу защиты в различных режимах, выполнить следующие действия:

1) проверка действия защиты при $SG3/6 = 1$. Проверить работу защиты подачей сигнала $SS2 = 1$ и наблюдать за срабатыванием реле K2.3 и K2.4;

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

3.6.3 Ускорение защит.

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

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

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

Выполнить следующие действия:

- проверить работу схемы путем моделирования режима включения на к.з. Для этого отключить выключатель (при этом РПО = 1), подать сигнал SS1 и наблюдать за срабатыванием реле K1.2 и K1.7 и зажиганием светодиода VD2 “Ускорение”;

- проверить работу схемы для различных положений ключа SG1/2.

Устройство резервирования отказов выключателя (УРОВ).

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

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

Выполнить следующее:

- проверить работу схемы. Для этого подать поочередно сигналы TS2 и Внешнее отключение (при $SG1/3 = 1$ и $SG1/3 = 0$) и наблюдать за срабатыванием реле K1.4 и K2.1;

- проверить действие ключа SG1/1.

Цепь перегрузки.

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

Дуговая защита.

Возможно три варианта организации цепей дуговой защиты:

- только от датчика дуговой защиты;

- с использованием внешнего сигнала пуска защиты “блокировка защит” (по напряжению) (вход X19:7);

- с использованием пуска дуговой защиты по току (сигнал SS1, на который действует сигнал пуска МТЗ $I_{>>}$).

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

Проверить работу защиты в следующей последовательности:

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

2) работа с использованием внешнего сигнала пуска защиты “блокировка защит”;

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

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

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

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

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

Газовая защита.

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

Газовая защита на сигнал (ГЗС) (вход X19:13) действует на срабатывание реле K1.6, а газовая защита на отключение (ГЗО) (вход X19:12) действует на отключение

выключателя через срабатывание реле К1.2. В то же время каждая из этих защит действует на срабатывание реле К1.7 и зажигание светодиода VD7 “АПВ или Газовая защита”.

Проверить работу защиты в следующей последовательности:

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

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

Автоматическое повторное включение (АПВ).

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

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

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

Работу схемы АПВ удобно представить в виде логического выражения:

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

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

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

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

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

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

РПО - вход X18:15;

АЧР - вход X19:2;

Выполнить следующие действия:

- для проверки пуска АПВ нужно установить в блоке L2210 выдержку времени $t_3 = 5$ с и замкнуть ключ АПВ на входе X18:6.

- мышью подать и сразу снять сигнал TS2 и наблюдать через тапв = 5 с за включением выключателя, срабатыванием реле K1.7, K1.3 и зажиганием VD7.

Цепи отключения.

Схема цепей отключения объединяет все цепи, воздействующие на реле K1.2 “Откл”. На выходное реле отключения действуют сигналы:

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

Выполнить следующие действия:

- последовательно задавая активные сигналы на входах цепи отключения, наблюдать за срабатыванием реле K1.2, при отключении от противоаварийной автоматики и дуговой защиты проверить действие ключей SG1/5 и SG1/6.

Примечания:

1) работу схемы ускорения можно не проверять, так как в п.3 уже было проверено действие цепи ускорения на реле K1.2;

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

Цепи включения.

Включение выключателя производится устройством при помощи реле K1.3, контакты которого обеспечивают включающий импульс в течение времени 1 с.

Выполнить следующие действия:

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

Контроль цепей управления.

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

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

Проверить работу схемы в следующей последовательности:

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

Разомкнуть ключ РКО;

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

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

3.6.12 Цепи сигнализации

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

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

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

Изучить схему цепей сигнализации.

В проверке работы этой схемы нет необходимости, все ее цепи проверялись ранее при изучении защит.

Изучение работы устройства SPAC 801 - 01.

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

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

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

- SG1/1 = 1 (ввод цепи УРОВ);
- SG1/3 = 1 (ввод действия Внешнего отключения на реле УРОВ);
- SG1/2 = 1 (ввод цепи ускорения);
- SG3/6 = 0 (действие защиты $t_{0>}$ на сигнал);
- SG1/6 = 1 (действие дуговой защиты на отключение выключателя);
- SG3/5 = 1 (ввод действия цепи противоаварийной автоматики на реле К1.6).

Проверка работы защиты от междуфазных замыканий.

1 Установить на панели имитации токов режим междуфазных замыканий А-В и ток $I/I_n = 1.5$ (пуск и срабатывание ступени $t_{>}$). Срабатывание этой ступени вызывает активацию сигнала TS1, который приводит к срабатыванию реле К1.6, К1.7 и К2.2. Выполнить пуск и наблюдать за срабатыванием указанных реле через $t_{>cp} = 10$ с.

2 Установить ток $I/I_n = 3$ (пуск и срабатывание ступени $t_{>>}$). Пуск этой ступени вызывает активацию сигнала SS1 (от $I_{>>}$), что приводит к срабатыванию реле К1.5. Срабатывание этой ступени активирует сигнал TS2 (от $t_{>>}$), что приводит к срабатыванию реле К1.2 и К1.7 и зажиганию VD1.

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

3 Установить ток $I/I_n = 5$ (пуск и срабатывание ступени $t_{>>>}$). Срабатывание этой ступени вызывает активацию сигнала TS2, что приводит к срабатыванию реле

K1.2, K1.7 и зажиганию VD1. Выполнить пуск и наблюдать за срабатыванием указанных реле и зажиганием VD1 через $t_{>>>cp} = 3$ с.

Проверка работы защиты от несимметрии фаз.

Сигнал TS3, на который действует защита I Δ , вызывает срабатывание реле K1.6 и K1.7. Установить на панели имитации токов для режима несимметрии фаз значение I Δ = 30 %. Выполнить пуск и наблюдать за срабатыванием указанных реле через $t_{\Delta cp} = 5$ с.

2.2 Изучение комплектного микропроцессорного терминала защиты и автоматики серии SPAC 802

Цель работы: Изучение комплектных устройств защиты и автоматики распределительных сетей серии SPAC 800 (терминалы), выполненных на микропроцессорной элементной базе и предназначенных для защиты и автоматики линий, асинхронных двигателей напряжением 6 - 10 кВ. Приобретение навыков их эксплуатации с помощью симуляторов SPAC 802.

Симулятор устройства защиты и автоматики асинхронных двигателей 6-10 кВ SPAC 802. Симуляторы устройств SPAC 802 представляют собой математическую модель, полностью повторяющую внешний вид и основные функции моделируемого устройства. Симуляторы позволяют приобрести навыки работы с устройствами серии SPAC 800, научиться выставлять уставки и положение ключей, проверять характеристики при имитации различных видов повреждений. Использование симуляторов позволяет более детально разобраться в функциональной схеме SPAC и проследить за работой светодиодной индикации и выходных реле при ручном задании сигналов от блоков защиты и входов. Кроме того, предусмотрен режим имитации различных видов повреждений с индикацией результатов работы защит.

Загрузочный файл симулятора имеет имя Spac802.exe. После его загрузки установите необходимые параметры среды симулятора (цвета светодиодов и фона,

скорость работы). Работа с меню, выставление уставок и положений ключей симулятора SPAC 802 выполняются так же, как и в симуляторе SPAC 801

Методические указания для работы с блоком SPCJ 4D34.

1 Из меню Симулятор или кнопкой **SPCJ** на панели инструментов вывести на экран рисунок передней панели блока защит SPCJ 4D34 и включить его питание. После включения питания устанавливается значение $\theta_0 = 70 \%$, что выше уставки θ_i , поэтому на дисплее загорается цифра 1, означающая запрет повторного пуска ЭД. Так как ЭД не включен, то значение θ_0 быстро снижается и примерно через 20 с запрет снимается и экран становится темным.

2 Установить следующие уставки срабатывания тепловой защиты:

Таблица 16 - Уставки срабатывания тепловой защиты

I_0/I_n	t_{6x}	P	θ_a	θ_i	k_c
1	15 с	50 %	80 %	50 %	3

Установленное значение $t_{6x} = 15$ с соответствует постоянной времени нагрева ЭД $\tau_H = 32 * t_{6x} = 32 * 15 = 480$ с и охлаждения $\tau_0 = k_c * \tau_H = 3 * 480 = 1440$ с.

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

Таблица 17 - Уставки защит пускового режима и от междуфазных замыканий


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

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

Таблица 18 - Уставки срабатывания защит

$I_{0>}/I_n$	$t_{0>}$	I_{Δ}	t_{Δ}	$I_{<}$	$t_{<}$	Σt_s	Δt_s
40 %	5 с	20 %	20 с	50 %	10 с	11 с	20 с/ч

Параметры Σt_s и Δt_s определялись из условия, что время пуска ЭД равно 10 с, разрешается два пуска ЭД из холодного состояния и следующий пуск возможен лишь через 30 мин.

Примечание. Значение уставок можно значительно быстрее выставить непосредственно в окне “Уставки” после открытия панели имитации режимов повреждений кнопкой . При нажатии на кнопки Δ или ∇ значение уставки можно увеличить или уменьшить, если же щелкнуть мышью в области, где указано значение уставки, то выводится окно “Ввод уставки”, в котором можно с клавиатуры ввести нужную уставку. Последний способ рекомендуется в случае, когда значение выставляемой уставки значительно отличается от текущего.

Для ключей блока SPCJ 4D34 установить следующие КС:

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

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


Таблица 19 - Значение ключей - действие защит

Запуск ЭД	Срабат. θ_t	$\theta>\theta_a$	Запрет пуска	$I_{s>}$	$t_{s>}$	$I_{>>}$	$t_{>>}$	t_{Δ}	$t_{<}$	$t_{0>}$
–	TS2	SS2	TS1	–	TS2	–	SS3, TS2	TS2	TS2	TS2

Сохранить данные уставки как пользовательские.

Имитация режимов работы блока SPCJ 4D34.



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

Выполнить проверку блока защит в следующих режимах работы.

Проверка защиты от междуфазных замыканий I>>

Задание:

а) для проверки защиты от междуфазных замыканий нужно:

- мышью активизировать окно “Междуфазные к.з. I>>”;
- установить номинальный ток устройства 1 А или 5 А¹;
- указать поврежденные фазы, например, А - В;
- в окне “Входной ток” движком установить значение входного тока 3.5, что превышает уставку $I_{>>cr} = 3$, установленную ранее;
- нажать кнопку “Пуск”, при этом загорается VD пуска защиты I>>.

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

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

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

б) проверить работу защиты:

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

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

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

Задание:

а) для проверки защиты от замыканий на землю нужно:

- мышью активизировать окно “Замыкание на землю $I_{o>}$ ”;
- установить номинальный ток устройства 0.2 А или 1 А;
- в окне “Входной ток” движком установить значение входного тока 50 %,

что превышает уставку $I_{o>ср} = 40$ %, установленную ранее;

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

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

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

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

б) проверить работу защиты:

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

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

Проверка защиты от несимметрии фаз I_{Δ}

Задание:

а) для проверки защиты от несимметрии фаз нужно:

- мышью активизировать окно “Несимметрия фаз ΔI ”;

- в окне “Входной ток” установить значение несимметрии фаз $I_{\Delta vx} = 25$ %, что превышает уставку $I_{\Delta ср} = 20$ %.

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

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

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

- загораются светодиоды СРАБ, t_{Δ} и TS2;

- в окне “Время срабатывания” индицируется время $t_{ср} = 3,2$ с;

- на дисплее загорается красная цифра 5.

Двигатель отключается. В регистре 5 фиксируется значение несимметрии фаз 0.25 I_{ϕ} , а в регистр 5.1 записывается значение 100 %, т.к. защита I_{Δ} сработала.

б) проверить работу защиты:

- при входном токе $I_{\Delta vx} = 15$ %, что меньше $I_{\Delta ср}$;

- при выводе защиты из работы (ключ $SGF/5 = 0$);

- при блокировке защиты сигналом BS (установить $SGB/3 = 1$ и разомкнуть ключ на входе X19:7, при этом $BS = 1$);

- при включенных ключах $SGR1/5$ и $SGR2/6$.

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

Проверка защиты от потери нагрузки $I_{<}$

Задание:

а) для проверки защиты от потери нагрузки нужно:

- мышью активизировать окно “Потеря нагрузки $I_{<}$ ”;

- в окне “Входной ток” движком установить значение входного тока 30 % (диапазон уставок 12...50 %), что ниже уставки $I_{< ср} = 50$ %, установленной ранее;

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

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

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

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

б) проверить работу защиты:

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

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

Пуск ЭД и проверка защиты пускового режима Is

Задание:

а) для пуска ЭД и проверки защиты пускового режима нужно:

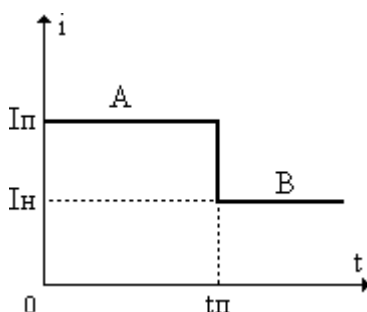


Рисунок 16 – Модель пускового тока ЭД

Мышь активизировать окно “Пуск и работа ЭД под нагрузкой”.

В соответствующих окнах мышью установить значения:

- коэффициента пуска $Kп = Iп/Iн = 6$, где $Iп$ – пусковой ток ЭД, $Iн$ – номинальный ток ЭД;
- тока нагрузки ЭД после пуска $Iн/Iн = 0,5$;
- начальное значение нагрева ЭД $\theta_0 = 0$ %;

- время пуска $t_p = 10$ с.

Нормальный пуск ЭД

Выполнить пуск модели (не двигателя!) кнопкой “Пуск”. Так как значение $\theta_0 > \theta_i$ ($\theta_i = 50\%$), то горит светодиод блокировки пуска $\theta > \theta_i$, сигнал $TS1 = 0$ и на дисплее высвечивается красная цифра 3, сигнализирующая о том, что из этого состояния запустить ЭД нельзя. Двигатель обесточен, поэтому значение θ_0 начнет быстро снижаться и после снижения θ_0 ниже значения θ_i светодиод $\theta > \theta_i$ и цифра 3 гаснут, после чего можно запустить ЭД. Этот режим моделирует работу блока SPCJ 4D34 после включения питания, когда автоматически устанавливается значение $\theta_0 = 70\%$. Установить значение $\theta_0 = 0\%$ и выполнить пуск ЭД ключом РКВ, при этом запустится защита пускового режима (загорится VD Is), т.к. значение пускового тока $I_p = 6$ превышает уставку $I_{уст} = 2$ и начнется отсчет выдержки времени. В окне “Режим” будет установлен режим **Is*ts**, т.к. ключ SGF/7 = 0. Уставка по времени срабатывания $t_s = 15$ с, что больше времени пуска $t_p = 10$ с, поэтому защита Is не сработает, а ЭД успешно запустится (рисунок ЭД загорится красным цветом). В окне θt постоянно фиксируется текущее значение теплового уровня, которое при установленных параметрах превысит значение уставки θ_i и на дисплее загорится цифра 3. После пуска ЭД значение θ_i будет снижаться и через некоторое время запрет на перезапуск ЭД будет снят. В окне Σt_p будет зафиксировано время единичного пуска 10 с. Суммарное время пуска Σt_p после запуска ЭД будет снижаться в соответствии с установленным значением Δt_s , что будет непрерывно отображаться в окне Σt_p .

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

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

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

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

Срабатывание защиты пускового режима I_s .

Работа защиты пускового режима в виде простой МТЗ $I_s * t_s$.

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

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

В регистре 6 фиксируется тепловой импульс в момент срабатывания $I^2_{п} * t_{ср}$ в процентах от уставки $I^2_s * t_s$. В нашем случае импульс будет равен $6 * 6 * 15 * 100 / (2 * 2 * 15) = 900 \%$.

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

Работа защиты пускового режима, основанной на вычислении импульса $I^2_s * t_s$.

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

Выполнить пуск ЭД (сначала кнопка "Пуск", затем ключ РКВ). В окне "Режим" будет установлен режим I^2s*ts , а в окне "Уставка I^2s*ts " будет выведено значение 60 с. Через время 3,75 с защита $I^2s * ts$ сработает и в окне "Время срабатывания" будет выведено значение $t_{ср} = 3,75$ с.

В регистре 6 фиксируется тепловой импульс в момент срабатывания $I^2_{п} * t_{ср}$ в процентах от уставки $I^2s * ts$, он всегда будет равен 100 %.

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

Проверка защиты от перегрузки.

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

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

Достигая $\theta_t = 100$ % сработает защита от перегрузки ЭД, активизируется сигнал TS2, загорится светодиода «СРАБ». На дисплей выводится цифра «2».

Проверка режимов повторного запуска ЭД.

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

б) Запрет пуска по Σts . Установить $K_{п} = 4$, $I_n = 0.5$ и запустить ЭД. После первого запуска ключом РКО отключить ЭД и затем ключом РКВ снова включить его. Так как суммарное время пуска (20 с) превысило уставку $\Sigma ts = 11$ с, то

произойдет запрет третьего пуска до того момента, когда значение Σt_s не снизится до 11 с. Так как масштаб времени снижения значения Σt_s ускорен в 10 раз, то ждать следующего пуска придется около 3 мин (по ГОСТ он разрешен через 30 мин).

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ РАБОТЫ С БЛОКОМ L2210.

Работа с меню блока.

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

2 Установить следующие уставки по выдержкам времени:

- $t_1 = 1$ с (УРОВ);

- $t_2 = 5$ с (АПВ).

3 Для ключей блока L2210 установить следующие КС:

- SG1 = 193 (ключи SG1/1, SG1/7 и SG1/8 = "1");

- SG2 = 9 (ключи SG2/1 и SG2/4 = "1");

- SG3 = 0;

- SG4 = 0 (эти ключи находится в подрегистре 4 регистра А).

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

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

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


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

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

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

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



Задание. Вывести на экран структурную схему блока кнопкой . В исходном состоянии ЭД должен быть включен, реле К2.7 (РПВ), К1.8, К2.6 (РФК) и К1.1 (неисправность) должны находиться в сработанном состоянии.

Активизируя мышью последовательно сигналы SS1 - TS2, проверить их действие на реле и светодиоды сигнализации.

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

Проверка работы отдельных устройств блока.

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

Таблица 19 – Входные сигналы входов и выходов блоков

Выходы SPCJ 4D34	Выходные реле блока L2210		Светодиоды блока L2210
	Срабатывают	Отпадают	
SS1	К1.5	–	–
SS2	К1.6, К1.7, К2.2	–	–
SS3	К1.2, К1.7, К2.5, К2.8, К1.4, К2.1	К2.7	VD1 (t1)
TS1	К2.2 (при отключенном ЭД и TS1 = 0)	–	–
TS2	К1.2, К1.7, К2.4 (кратк), К2.5, К2.8	К2.7	VD1 (t1)

Цепи выключателя и схема “Местное/Дистанционное управление”.

\В исходном состоянии выключатель линии включен, его соленоид отключения СО обтекается током около 3 мА и реле К2.7 (РПВ) находится в сработанном состоянии, контролируя цепь отключения.

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

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

Алгоритм работы цепи М/Д следующий:

При SG4/1 = 0:

- М/Д = 0 - управление выключателем от ключей РКО и РКВ;
- М/Д = 1 – запрет управления выключателем от ключей РКО и РКВ,

управление только дистанционное от последовательного порта.

При SG4/1 = 1:

- М/Д = 0 - управление выключателем от ключей РКО и РКВ;
- М/Д = 1 - наряду с управлением от последовательного порта сохраняется

возможность управлять выключателем ключами РКО и РКВ.

1 Подать сигнал на отключение выключателя, замкнув мышью контакт на входе РКО (X18:7) и наблюдать за срабатыванием реле К1.2 (на 1 с) и отключением выключателя. При отключении реле РПВ отпадает, реле РФК К1.8 и К2.6 также отпадают, а реле РПО - срабатывает. Разомкнуть ключ на входе РКО.

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

3 Щелкнуть мышью на VD Откл последовательного порта, подав сигнал на отключение выключателя. Убедиться в том, что в данном случае его отключение не происходит, т.к. установлен режим Местное управление. Снять сигнал с VD Откл.

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

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

УРОВ.

Работа цепи УРОВ описывается следующим логическим выражением:

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

Сигнал УРОВ через выдержку времени $t_{уров} = 0.1 \dots 1$ с действует на реле К1.4 и К2.1.

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

После завершения работы кнопкой Сброс привести схему в исходное состояние.

Блокировка при многократных включениях выключателя.

Задание. Подать сигнал на отключения выключателя от защит, активизируя мышью вход TS2 и, не снимая этого сигнала, попытаться включить выключатель сигналом по входу РКВ. Реле включения выключателя К1.3 не должно срабатывать, т.е. невозможно одновременное прохождение сигналов включения и отключения выключателя.

Кнопкой Сброс привести схему в исходное состояние.

АПВ.

Работа АПВ описывается следующими логическими выражениями:

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

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

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

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

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

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

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

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

Задание:

1) замкнуть ключ входа X18:2 (ШМН = 1), имитируя срабатывание защиты.

Выключатель отключит ЭД, при этом состояние входов следующее:

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

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

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

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

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

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

Дуговая защита.

Задание. Проверить работу дуговой защиты в режимах:

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

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

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

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

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

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

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

Ключ X19:7 замкнут.

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

Ключ X19:7 разомкнут.

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

Технологические защиты.

Задание. Проверить работу технологических защит.

Подать сигнал на вход X19:12 ($T3откл = 1$) и наблюдать за срабатыванием реле K1.2, K1.7, K2.5 и зажиганием VD2.

Подать сигнал на вход X19:13 (ТЗсигн = 1) и наблюдать за срабатыванием реле К1.6, К1.7 и зажиганием VD2 через 10 с.

Контроль цепей управления.

Задание. Последовательно замкнуть ключи на входах РКО и РКВ на время ≥ 10 с и наблюдать за срабатыванием реле К1.6, К1.7 и зажиганием VD8 через 10 с.

Разомкнуть ключ на входе X18:8 (АВ ШП) на время ≥ 10 с и наблюдать за срабатыванием реле К1.6, К1.7 и зажиганием VD8 через 10 с.

Цепь реле К2.2 (перегрузка).

Работа этой цепи описывается выражением: $K2.2 = \overline{SS2} \vee (TS1 \wedge РПО)$. Реле перегрузки К2.2 срабатывает при активном сигнале SS2 (обычно это сигнал $\theta > \theta_a$) или при отключенном ЭД (РПО = 1) и при запрете его перезапуска (TS1 = 0).

Задание. Проверить работу реле К2.2, сначала активизируя сигнал SS2, а затем снимая сигнал TS1 (при отключенном ЭД).

Цепь реле К2.3 (разгрузка).

Работа этой цепи описывается выражением:

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

Задание. Проверить работу реле К2.3, сначала активизируя сигнал SS2, а затем ШМН при различных положениях ключей SG3/3 и SG3/5.

Цепь реле К2.4 (защита от внутренних повреждений).

Работа этой цепи описывается выражением:

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

Задание. Проверить работу реле К2.4, последовательно активизируя сигналы TS2, Внешнее отключение и ШМН при различных положениях ключей SG3/8, SG3/6 и SG3/7.

Цепь реле К2.5 (аварийное отключение).

Работа этой цепи описывается выражением: $K2.5 = РПО \wedge РФК$. Реле срабатывает при аварийном отключении выключателя от всех защит (при этом РФК

не отпадает), но не срабатывает при отключении выключателя от ключа РКО (т.к. при этом РФК отпадает).

Задание:

1. Проверить работу реле К2.5, отключая выключатель сначала от защит (например, активизируя вход TS2), затем от ключа РКО.
2. Проверить время замыкания реле К2.5 (длительно, на 1 или 10 с) путем установки ключей SG2/5 и SG2/6 в положения: 00 и 11 - длительно, 01 – 10 сек, 10 – 1сек.

Цепь реле К1.1 (неисправность).

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

Цепи сигнализации.

Цепи сигнализации действуют на VD1...VD8 и на реле К1.7 – Вызов.

Задание. Проверить работу светодиодов VD1...VD8 и реле К1.7 в следующей последовательности:

VD1 = Отключение от защит (SS3 ∨ TS2);

VD2 = Технологические защиты (ТЗоткл ∨ (ТЗсигн ∧ Dt = 10 с));

VD3 = ШМН (вход X18:2);

VD4 = АЧР (вход X19:2);

VD5 = Дуговая защита;

VD6 = Внешнее отключение (вход X19:9);

VD8 = Неисправность цепей управления;

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


Изучение совместной работы блоков SPCJ 4D34 И L2210

Загрузить пользовательские настройки, которые были сохранены ранее.

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

Ключи блоков должны иметь следующие значения КС:

Блок SPCJ 4D34 (КС удобно посмотреть в режиме имитатора повреждений,

который вызывается кнопкой ):

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

Блок L2210:

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

В исходном состоянии ЭД включен и в сработавшем состоянии находятся реле К1.8, К2.6 (РФК), К2.7 (РПВ) и К1.1 (неисправность).

Проверка защиты от междуфазных замыканий I>>

Задание. Для проверки защиты от междуфазных замыканий нужно:

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

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

- загораются светодиоды $t_{>>}$, SS3, TS2 и гаснет TS1;
- срабатывают реле К1.2, К1.7, К1.4, К2.1, К2.4 (кратк), К2.2, К2.5, К2.8 и отпадает реле К2.7. Загорается VD1 ”Отключение от защит”, ЭД отключается;
- в окне “tcp” индицируется время $t_{cp} = 10$ с;
- на дисплее блока SPCJ 4D34 загорается красная цифра 4.

Нажатием кнопки “Сброс” вернуть модель к исходному состоянию.

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

Задание. Для проверки защиты от замыканий на землю нужно:

- мышью активизировать окно “Замыкание на землю”;

- в окне “Входной ток” движком установить значение входного тока 50 %, что превышает уставку $I_{o>sr} = 40$ %, установленную ранее;

- нажать кнопку “Пуск”.

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

- зажигаются светодиоды $t_{o>}$ и TS2 и гаснет TS1;

- срабатывают реле K1.2, K1.7, K2.4 (кратк), K.2.2, K2.5, K2.8 и отпадает реле

K2.7. Зажигается VD1 ”Отключение от защит”. Двигатель отключается;

- в окне “ t_{sr} ” индицируется время $t_{sr} = 5$ с;

- на дисплее блока SPCJ 4D34 зажигается красная цифра 7.

Нажатием кнопки “Сброс” вернуть модель к исходному состоянию.

Проверка защиты от несимметрии фаз I_{Δ}

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

- мышью активизировать окно “Несимметрия фаз”;

- в окне “Входной ток” движком установить значение несимметрии фаз 25 %, что превышает уставку $I_{\Delta} = 20$ %;

- нажать кнопку “Пуск”.

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

- зажигаются светодиоды t_{Δ} и TS2 и гаснет TS1;

- срабатывают реле K1.2, K1.7, K2.4 (кратк), K2.2, K2.5, K2.8 и отпадает реле

K2.7. Зажигается VD1 ”Отключение от защит”. Двигатель отключается;

- в окне “ t_{sr} ” индицируется время $t_{sr} = 3,2$ с;

- на дисплее блока SPCJ 4D34 зажигается красная цифра 5.

Нажатием кнопки “Сброс” вернуть модель к исходному состоянию.

Проверка защиты от потери нагрузки $I_{<}$

Для проверки защиты от потери нагрузки нужно:

- мышью активизировать окно “Потеря нагрузки”;

- в окне “Входной ток” движком установить значение входного тока 30 % (из диапазона 12...50 %), что ниже уставки $I_{<ср} = 50 \%$, установленную ранее;
- нажать кнопку “Пуск”.

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


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

Нажатием кнопки “Сброс” вернуть модель к исходному состоянию.

Проверка защиты пускового режима I_s

Для проверки защиты пускового режима нужно:



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

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

Кнопкой  открыть панель совместной работы блоков защит и логики.

Нормальный пуск ЭД.

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

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

Нажатием кнопки “Сброс” вернуть модель к исходному состоянию.

Срабатывание защиты пускового режима $I_s * t_s$. Установить время пуска $t_p = 20$ с, что превышает уставку по времени срабатывания $t_s = 15$ с. Выполнить пуск модели. В процессе пуска текущее значение θ_t превышает уставку $\theta_i = 50\%$, что приводит к погасанию VD TS1 и зажиганию на дисплее красной цифры 3; затем значение θ_t превышает уставку $\theta_a = 80\%$, что приводит к зажиганию VD SS2 и θ_a , срабатыванию реле K1.6, K1.7 и K2.2, и к зажиганию на дисплее красной цифры 1.

Защита пускового режима сработает через 15с, при этом:

- загорится VD TS2;
- на дисплее загорится красная цифра 6;
- срабатывают реле K1.2, K1.7, K2.4 (кратк), K2.2, K2.5, K2.8 и отпадает реле K2.7. Загорается VD1 ”Отключение от защит”. Двигатель отключается;
- будет выведено значение $t_{cp} = 15$ с.

Нажатием кнопки “Сброс” вернуть модель к исходному состоянию.

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

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

При достижении $\theta_t = 100\%$ сработает защита от перегрузки ЭД, что приведет к активизации сигнала TS2 и отключению ЭД. На дисплей выводится цифра красная 2. Срабатывают выходные реле K1.2, K2.

2.3 Изучение комплектного микропроцессорного терминала защиты и автоматики серии SPAC 804


Цель работы: Изучение комплектных устройств защиты и автоматики распределительных сетей серии SPAC 800 (терминалы), выполненных на микропроцессорной элементной базе и предназначенных для защиты и автоматики линий, асинхронных двигателей и других объектов напряжением 6 - 10 кВ. Приобретение навыков их эксплуатации с помощью симуляторов устройств SPAC 800.

Изучение работы блоков защит SPCU 3C15 И SPCU 1C6

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

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

Работа с меню блоков.

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

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

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

Таблица 20 – Уставки срабатывания защиты минимального напряжения

$U_{<}/U_n$	$t_{<}$	$3U_{<<}/U_n$	$t_{<<}$
0,5	0,5с	0,75	1с

3 Установить для ключей SG1 блоков SPCU 3C15 (U1) и SPCU 3C15 (U2) контрольную сумму КС = 0.

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

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


Таблица 21 – Уставки срабатывания защиты максимального напряжения

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

5 Установить для ключей SG1 блока SPCU 1C6 контрольную сумму КС = 0.

Сохранить данные уставки как пользовательские.

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

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

Пуск модели выполняется кнопкой "Пуск". После выполнения пуска и просмотра результатов нужно кнопкой "Сброс" восстановить исходное состояние

модели, причем, нажатие этой кнопки открывает окно "Сброс параметров имитации", в котором можно установить сбрасываемые параметры.

Проверка блоков SPCU 3C15 (U1 и U2)

Проверка ступени $U_{<}$. Установить значение $U_n = 100$ В (или 110 В), режим имитации $U_{<}$, вид повреждения А - В и значение напряжения $U_{ав}/U_n = 0.4$, что ниже уставки $U_{<}/U_n = 0,5$.

Примечание. Установка напряжений и времени выполняется либо нажатием мышью на кнопки Δ ∇ соответствующего окна, либо клавишами PgUp и PgDn после щелчка мышью в окне устанавливаемой величины.

Выполнить пуск модели и наблюдать:

- зажигание желтых VD $U1_{<}$ (SS1) и $U2_{<}$ (SS1) на схемах блоков SPCU 3C15;
- зажигание желтого VD $U_{<}$ на передней панели блоков SPCU 3C15;
- через $t_{ср} = 0,5с$ зажигание красных VD $U1_{<}$ (TS1) и $U2_{<}$ (TS1) на схемах блоков SPCU 3C15;
- зажигание красного VD $U_{<}$ на передней панели блоков SPCU 3C15;
- зажигание на панелях блоков SPCU 3C15 светодиодов U12 (указывают поврежденные фазы А - В);
- в регистре 1 фиксируется значение $U_{вх}/U_n = 0.4$, в регистре 5 фиксируется число пусков ступени $U_{<}$, а в регистр 7 записывается длительность запуска ступени $U_{<}$, равное 100 %, т.к. ступень сработала.

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

Проверка блокировки ступени $U_{<}$ при снижении $U_{ф}$ ниже $0,2 U_n$

Установить в блоке U1 ключ $SG1/5 = 1$, в блоке U2 оставить его в положении 0. Установить значение напряжений $U_{ав} = 0.1$, что ниже уставки $U_{<}/U_n = 0,5$ и ниже уровня блокировки $0,2 U_n$. Выполнить пуск модели и убедиться в том, что не происходит ни пуска, ни срабатывания ступени $U1_{<}$, в то время как ступень $U2_{<}$, где блокировка не установлена, запускается и срабатывает.

Установить ключ SG1/5 блока U1 в состояние 0.

Проверка ступени 3U<<

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

- зажигание желтых VD 3U1<< (SS2) и 3U2<< (SS2) на схемах блоков;
- зажигание желтого VD 3U<< на передней панели блоков SPCU 3C15;
- через $t_{ср} = 1$ с зажигание красных VD 3U1<< (TS2) и 3U2<< (TS2) на схемах блоков SPCU 3C15;
- зажигание красного VD 3U<< на передней панели блоков SPCU 3C15;
- зажигание на панелях блоков SPCU 3C15 светодиодов U12, U21 и U31 (указывает поврежденные фазы А – В - С);
- в регистре 3 фиксируется значение $U_{авс}/U_n = 0.7$, в регистре 6 фиксируется число пусков ступени 3U<<, а в регистр 8 записывается длительность запуска ступени 3U<<, равное 100 %, т.к. ступень сработала.

Кнопкой “Сброс” восстановить исходное состояние модели.

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

Кнопкой “Сброс” восстановить исходное состояние модели.

Проверка блокировки ступени U< от 3U<<

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

Кнопкой “Сброс” восстановить исходное состояние модели.

Проверка блока SPCU 1C6.

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

- зажигание желтых VD $U_{0>}$ (SS1) и $U_{0>>}$ (SS2) – пуск обеих ступеней;
- зажигание желтых VD $U_{0>}$ и $U_{0>>}$ на передней панели блока SPCU 1С6;
- через $t_{ср} = 0,5$ с зажигание красного VD $U_{0>>}$ (TS2) на схеме блока;
- зажигание красного VD $U_{0>>}$ на передней панели блока SPCU 1С6;
- зажигание VD U_0 на передней панели блока SPCU 1С6;
- в регистре 1 фиксируется значение $U_0/U_n = 60\%$, в регистрах 2 и 3 фиксируется число пусков ступеней $U_{0>}$ и $U_{0>>}$ соответственно, в регистр 4 записывается длительность запуска ступени $U_{0>}$, равная 50% , а в регистр 5 записывается длительность запуска ступени $U_{0>>}$, равная 100% , т.к. ступень сработала.

Кнопкой “Сброс” восстановить исходное состояние модели.

2 Установить значение напряжения $U_0 = 30\%$, что выше уставки $U_{0>}/U_n = 10\%$, но ниже уставки $U_{0>>}/U_n = 50\%$, т.е. установлен режим пуска и срабатывания только второй ступени $U_{0>}$. Выполнить пуск модели и наблюдать:

- зажигание желтого VD $U_{0>}$ (SS1) – пуск ступени $U_{0>}$;
- зажигание желтого VD $U_{0>}$ на передней панели блока SPCU 1С6;
- через $t_{ср} = 1$ с зажигание красного VD $U_{0>}$ (TS1) на схеме блока;
- зажигание красного VD $U_{0>}$ на передней панели блока SPCU 1С6;
- зажигание VD U_0 на передней панели блока SPCU 1С6;
- в регистре 1 фиксируется значение $U_0/U_n = 30\%$, в регистре 2 фиксируется число пусков ступени $U_{0>}$, в регистр 4 записывается длительность запуска ступени $U_{0>}$, равная 100% , т.к. ступень сработала.

Кнопкой “Сброс” восстановить исходное состояние модели.

ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ L2210.

Работа с меню блока.



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

Установить следующие уставки по выдержкам времени (данные уставки по времени и контрольные суммы ключей являются заводскими.):

- $t_1 = 0,5$ с (ЗМН1);
- $t_2 = 9$ с (ЗМН2);
- $t_3 = 5$ с (Пуск АВР).

Для ключей блока L2210 установить следующие КС:

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

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

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

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

В регистре 3OUt должны гореть светодиоды t_1 (реле K1.1 - неисправность), t_5 и SG3 (реле K1.5 и K1.6 – блокировка защит).

В регистре 4OUt должны гореть светодиоды t_3 (реле K2.3 – контроль напряжения), SG1 (реле K2.6 - блокировка защит), SG2 и SG3 (реле K2.7 и K2.8 – пуск защит).

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

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



Задание. Кнопкой вывести на экран функциональную схему блока L2210. Последовательно активизируя мышью сигналы SS1-TS3, проверить их действие на

реле и светодиоды сигнализации. Проследить по схеме прохождение сигналов от блоков защит до выходных реле.

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

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

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

Таблица 22 – Сигналы блока L2210

Сигнал		Реле блока L2210		Светодиоды блока L2210
Выходы блоков защит	Вход L2210	Срабатывают	Отпадают	
SS1 (U _{1<})	SS3 (12)	–	K2.3	–
TS1 (t _{1<})		–	–	–
SS2 (3U _{1<<})		–	–	–
TS2 (t _{1<<})	TS2 (5)	K1.2, K1.7	K1.6, K2.6	VD2 (t ₂)
SS1 (U _{2<})	SS1 (6)	K2.1	K1.5, K1.6, K2.6, K2.7, K2.8	–
TS1 (t _{2<})	–	–	–	–
SS2 (3U _{2<<})	–	–	–	–
TS2 (t _{2<<})	TS3 (26)	–	–	–
SS1 (U _{0>})	–	–	–	–
TS1 (t _{0>})	SS2 (7)	K1.7, K2.4, K2.5	–	VD4 (t ₄)
SS2 (U _{0>>})	–	–	–	–
TS2 (t _{0>>})	TS1 (13)	K1.4, K1.7	–	VD4 (t ₄)

Проверка работы отдельных устройств блока l2210

Защита минимального напряжения (ЗМН)

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

$$ЗМН1 = \overline{U}_2 \wedge TS2 \wedge \overline{X19:7} \wedge t_{зМН1};$$

$$ЗМН2 = (\overline{X1} \wedge \overline{SG1/4} \wedge X2) \vee (X1 \wedge SG1/4 \wedge X2) \vee (X1 \wedge SG1/1 \wedge X2) \wedge t_{зМН2};$$

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

$$X2 = U2 \wedge TS2 \wedge X19:7.$$

Задание. Проверить работу ЗМН1 и ЗМН2, установив соответствующие входные сигналы. Срабатывание ЗМН1 вызывает срабатывание реле К1.2 и К1.7, а также зажигание VD2 (ЗМН1). Срабатывание ЗМН2 вызывает срабатывание реле К1.3 и К1.7, а также зажигание VD3 (ЗМН2).

После срабатывания реле К1.2 от ЗМН1 его работа описывается логическим выражением:

$$K1.2 = (\overline{ЗМН1} \wedge SG1/2 \wedge U_{>0,8}) \vee (ЗМН1 \wedge \overline{SG1/2} \wedge \overline{U_{>0,8}}) \vee (ЗМН1 \wedge SG1/2 \wedge U_{>0,8}) \vee (ЗМН1 \wedge SG1/2 \wedge \overline{U_{>0,8}}) \vee (ЗМН1 \wedge SG1/2 \wedge U_{>0,8}),$$

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

Возврат реле К1.2 после срабатывания от ЗМН1 происходит, когда сигнал ЗМН1 = 0 (т.е. произошел возврат ЗМН1) и когда SG1/2 и U>0,8 имеют любую комбинацию значений, кроме SG1/2 = 1 и U>0,8 = 1. В последнем случае реле встает на “самоподхват” и возвращается только тогда, когда U>0,8 = 0, т.е. произойдет восстановление напряжения секции до уровня $U \geq 0,8U_{ном}$. *Возврат реле К1.2 в симуляторе не моделируется.*

По завершению работы кнопкой “Сброс” привести схему в исходное состояние.

Пуск АВР вводного выключателя

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

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

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

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

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

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

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

Задание. Проверить работу схемы АВР в следующей последовательности:

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

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

Подать сигнал $U0,8 = 1$ (замкнуть ключ на входе X19:6). Через время $t3 = 5$ с сработает реле K2.2 (импульс на срабатывание реле имеет длительность 0,5 с).

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

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

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

Комбинированный пуск защит по напряжению

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

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

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

Задание. Проверить работу схемы в следующей последовательности:

1. Установить $SG1/3 = SG1/4 = 1$ и $SS1 = U2 = SS3 = 0$. Реле К1.5, К2.7 и К2.8 должны быть подтянуты.

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

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

Блокирование резервных защит.

Схема блокирования резервных защит действует на реле К1.6 и К2.6 (сигнал 22). Работа схемы определяется следующим логическим выражением:

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

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

Задание. Проверить работу схемы в следующей последовательности:

1 Установить $SS1 = TS2 = U2 = 0$ и $SG1/5 = 1$. Реле К1.6 и К2.6 должны быть подтянуты.

2 Поочередно подать и потом сразу снять сигналы $SS1 = 1$, $TS2 = 1$, $U2 = 1$. Реле К1.6 и К2.6 должны отпадать при установке каждого из сигналов.

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

Контроль напряжения секции.

Контроль напряжения секции действует на реле К2.3 (сигнал 11). Работа схемы определяется следующим логическим выражением:

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

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

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

Реле К2.3 нормально подтянуто и отпадает при $U > 0,8 = 1$ и $X5 = 0$.

Задание. Проверить работу схемы, установив сигналы:

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

2 Установить $SS1 = 1$. Реле К2.3 должно вернуться в неработанное состояние.

Защита от замыкания на землю (Орган 3Uo).

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

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

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

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

Задание. Проверить работу защиты от замыкания на землю.

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

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

Реле К1.7 (вызов).

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

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

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

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

$$VD2 = 3MH1;$$

$$VD3 = 3MH2;$$

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

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

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

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

Работа светодиодов VD2 (3MH1), VD3 (3MH2), VD6 (дуговая защита) и VD4 (земля в сети 6 кВ) была проверена ранее при проверке соответствующих защит и здесь может не проверяться. Там же проверялась работа реле K1.7.

Реле K1.1 (неисправность).

В нормальном положении реле K1.1 находится в сработавшем состоянии и отпадает при имитации неисправности в одном из блоков путем замыкания ключей IRF1 (блоки защит) или (и) IRF2 (блок управления). Работа реле определяется следующим логическим выражением:

$$K1.1 = \neg IRF1 \vee \neg IRF2.$$

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

Реле K2.1 (контроль встречного напряжения).

Работа реле определяется следующим логическим выражением:


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

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

Изучение совместной работы блоков защиты и логики SPAC 804.

Из меню <Настройка / Заводские настройки> загрузить заводские настройки блоков защит и логики. Эти настройки (по напряжению и времени срабатывания) должны соответствовать значениям, показанным на рис 3-1. Напомним, что выдержки времени ЗМН1 и ЗМН2 выставляются в блоке L2210 (t_1 и t_2).



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

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

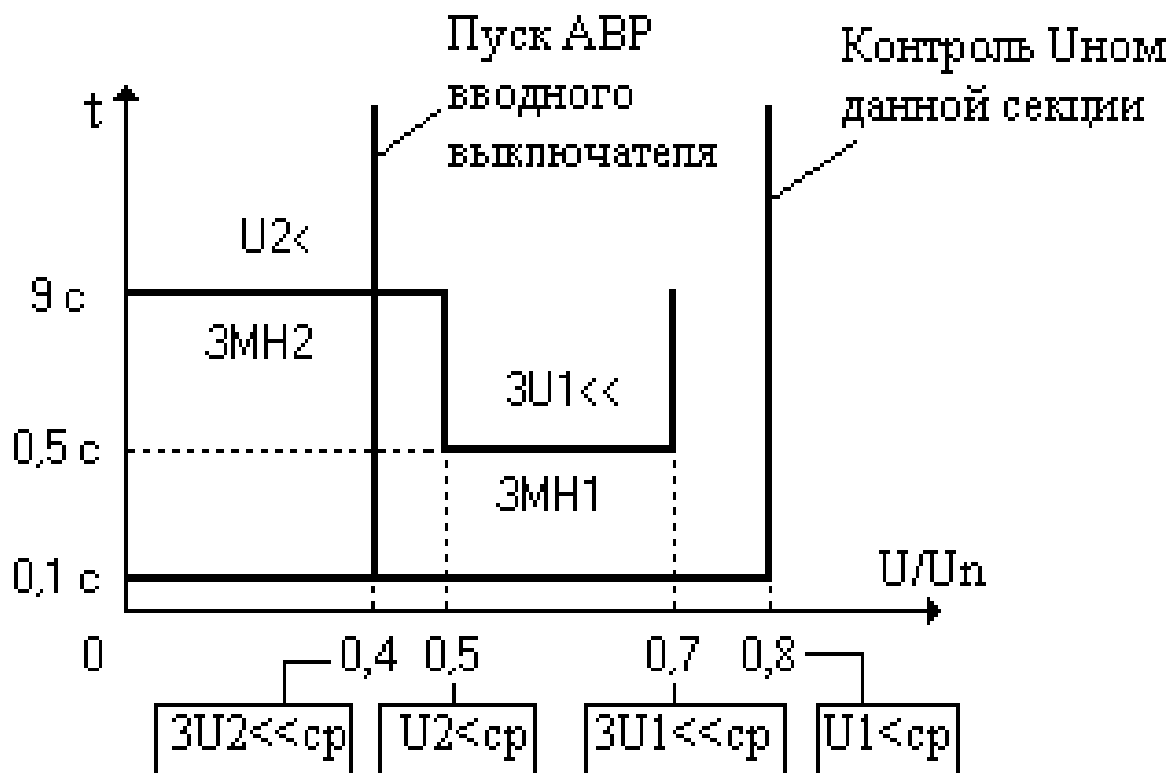


Рисунок 16 - Характеристики срабатывания ступеней блоков SPCU 3C15 (U1 и U2)

Междуфазные повреждения.

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

1 Установить режим имитации $\odot U_{<}$ и значение напряжения $U_{<}/U_n = 0.7$, что ниже уставки $U1_{<cp} = 0.8$, но выше уставки $U2_{<cp} = 0.5$. В соответствии с табл. 3-2 пуск ступени $U1_{<}$ активизирует сигнал SS3 (12) на входе L2210, что должно привести к возврату реле K2.3 контроля напряжения данной секции (рисунок 1).

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

2 Установить значение напряжения $U_{<}/U_n = 0.4$, что ниже уставок обеих ступеней $U1_{<}$ и $U2_{<}$. В соответствии с таблицей 4 пуск ступеней $U1_{<}$ и $U2_{<}$ активизирует сигналы SS3 (12) и SS1 (6) на входе L2210, что должно привести к срабатыванию реле K2.1 и возврату реле K1.5, K2.7, K2.8, K1.6, K2.6 и K2.3.

Выполнить пуск модели и наблюдать за активизацией сигналов SS3 (12) и SS1 (6), срабатыванием реле K2.1 и возвратом реле K1.5, K2.7, K2.8, K1.6, K2.6 и K2.3. Обратить внимание, что хотя $U2_{<}$ меньше $U2_{<cp}$, запуск ступени ЗМН2 не происходит, т.к. она заблокирована по входу 5 (нет сигнала TS2, который появляется лишь при трехфазных повреждениях).

Кнопкой "Сброс" привести схему в исходное состояние.

Таблица 23 - Действие выходных сигналов

Сигнал		Реле блока L2210		Светодиоды блока L2210
Выходы блоков защит	Вход L2210	Срабатывают	Отпадают	
SS1 ($U1_{<}$)	SS3 (12)	–	K2.3	–
TS2 ($t1_{<<}$)	TS2 (5)	K1.2, K1.7	K1.6, K2.6	VD2 ($t2$)
SS1 ($U2_{<}$)	SS1 (6)	K2.1	K1.5, K1.6, K2.6, K2.7, K2.8	–
TS1 ($to_{>}$)	SS2 (7)	K1.7, K2.4, K2.5	–	VD4 ($t4$)
TS2 ($to_{>>}$)	TS1 (13)	K1.4, K1.7	–	VD4 ($t4$)

Трехфазные повреждения.

1 Установить режим имитации $\text{3U}_{<<}$ и значение напряжения $3U_{<<}/U_n = 0.6$ (работа ЗМН1, рисунок 1). В этом режиме запускаются ступени $U1_{<}$ и $3U1_{<<}$ и в соответствии с таблицей 4 активизируются сигналы SS3 (12) и TS2 (5) на входе L2210, что должно привести к срабатыванию реле К1.2 (через 0.5 с) и К1.7, а также к возврату реле К1.6, К2.6, К2.3 и зажиганию VD2.

Выполнить пуск модели и наблюдать:

- активизацию сигналов SS3 (12) и TS2 (5);
- срабатывание реле К1.2 и К1.7;
- возврат реле К1.6, К2.6 и К2.3;
- в окне “Т срзmn1” выдержку времени 0,5 с;
- зажигание VD2 (ЗМН1).

Кнопкой ”Сброс” привести схему в исходное состояние.

2 Установить значение напряжения $3U_{<<}/U_n = 0.5$ (работа ЗМН1 и ЗМН2). В этом режиме запускаются ступени $U1_{<}$, $3U1_{<<}$ и $U2_{<}$ и в соответствии с табл. 3-2 активизируются сигналы SS3 (12), TS2 (5) и SS1 (6) на входе L2210, что должно привести к срабатыванию реле К1.2 (через 0.5 с), К2.1, К1.3 (через 9 с) и К1.7, а также к возврату реле К1.5, К2.7, К2.8, К1.6, К2.6 и К2.3 и зажиганию VD2 (через 0.5 с) и VD3 (через 9 с).

Выполнить пуск модели и наблюдать:

- активизацию сигналов SS3 (12), TS2 (5) и SS1 (6);
- срабатывание реле К1.2 (через 0.5 с), К2.1, К1.3 (через 9 с) и К1.7;
- возврат реле К1.5, К2.7, К2.8, К1.6, К2.6 и К2.3;
- в окне “Т срзmn1” выдержку времени 0.5 с, в окне “Т срзmn2” выдержку времени 9 с;
- зажигание VD2 (ЗМН1, через 0.5 с) и VD3 (ЗМН2, через 9 с).

Кнопкой “Сброс” восстановить исходное состояние модели.

Установить:

- значение напряжения $3U_{<<}/U_n = 0.3$ (работа ЗМН1, ЗМН2 и пуск АВР вводного выключателя);

- замкнуть ключи на входах X19:6 ($U > 0,8$) и X19:12 (ключ ввода АВР).

В этом режиме запускаются ступени $U_{1<}$, $3U_{1<<}$, $U_{2<}$ и $3U_{2<<}$ и в соответствии с таблицей 4 активизируются сигналы SS3 (12), TS2 (5), SS1 (6) и TS3 (26) на входе L2210, что должно привести к срабатыванию реле K1.2, K2.1, K1.3 (через 9 с), K2.2 (кратковременно на 0,5 с) и K1.7, а также к возврату реле K1.5, K2.7, K2.8, K1.6, K2.6 и K2.3 и зажиганию VD2 (ЗМН 1, через 0.5 с) и VD3 (ЗМН 2, через 9 с).

Выполнить пуск модели и наблюдать:

- активизацию сигналов SS3 (12), TS2 (5), SS1 (6) и TS3 (26);

- срабатывание реле K1.2 (через 0.5 с), K2.1, K1.3 (через 9 с), K2.2 (на 0,5 с) и K1.7;

- возврат реле K1.5, K2.7, K2.8, K1.6, K2.6 и K2.3;

- в окне “Т срзmn1” выдержку времени 0.5 с, в окне “Т срзmn2” выдержку времени 9 с;

- зажигание VD2 (ЗМН1, через 0.5 с) и VD3 (ЗМН2, через 9 с).

Кнопкой “Сброс” восстановить исходное состояние модели.

Замыкания на землю.

1 Установить режим имитации U_o и значения:

- уставок срабатывания ступеней по напряжению $U_o > = 10 \%$ и $U_o >> = 50 \%$;

- выдержек времени ступеней $t_o >_{cp} = 2$ с и $t_o >> = 1$ с.

- напряжения $U_o/U_n = 60 \%$ (пуск обеих ступеней защиты, но срабатывание более быстрой ступени $U_o >>$);

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

Выполнить пуск модели и наблюдать:

- активизацию сигнала TS1 (13) и срабатывание реле K1.4 и K1.7 и (через 1 с);

- зажигание через 1 с VD4 (Земля в сети 6 кВ).

Кнопкой “Сброс” восстановить исходное состояние модели.

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

- активизацию сигнала SS2(7) и срабатывание реле K2.4, K2.5 и K1.7 и (через 2 с);

- зажигание через 2с VD4 (Земля в сети 6 кВ).

Кнопкой “Сброс” восстановить исходное состояние модели.

3 Самостоятельная работа обучающихся

3.1 Организация самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студентов заключается в подготовке к практическим и лабораторным занятиям, выполнении курсового проекта, промежуточной и итоговой аттестации.

3.2 Методические указания по ведению конспекта лекций

Для ведения конспекта лекций желательно использовать тетрадь большого формата. Поскольку для преподавания дисциплины используется презентация, которая в электронном виде предоставляется студентам, графическую часть лекции целесообразно располагать в соответствующих местах текста (например, вклеивать в конспект). Если какая-то лекция пропускается, лучше сразу переписать ее или, по крайней мере, оставить для нее чистые листы. Хороший конспект может в дальнейшем помочь при изучении других предметов, а также в процессе выполнения выпускной квалификационной работы и в практической деятельности после окончания университета. В тетради следует отвести большие поля (примерно 1/3 ширины листа). Их используют при изучении материала лекции, которую дополняют сведениями из рекомендованной литературы, решением задач и ответами на вопросы, которые преподаватель задает во время лекции. Не оставляйте без внимания непонятные места, найдите ответы сами в литературе или проконсультируйтесь с преподавателем и дополните свой конспект. Перед каждой лекцией необходимо проработать предыдущую, это будет помогать освоить новый материал и закрепить прошлые знания. Очень полезно рассказывать материал заинтересованному слушателю (товарищу по учебе), который не только внимательно выслушает, но и задаст массу вопросов. Записи по практическим занятиям целесообразно продолжать делать в лекционной тетради.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Костерин В.А., Шевелев В.С., Калачев Ю.Н. Комплектные устройства защиты и автоматики SPAC 800: Учебное пособие. – Чебоксары: ЗАО “Реон-Техно”, 2001. - 112 с.
- 2 Шабад М.А., Левуш Е.В. Изучение цифровых реле на персональном компьютере: Учебное пособие. – Санкт-Петербург:, 1997. – 68 с.
- 3 Шабад М.А. Выбор характеристик и уставок цифровых токовых защит серии SPACOM: Методические указания с примерами. - Санкт-Петербург: 1996. – 120 с.
- 4 Князевский Б.А., Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий. – М.: Высшая школа, 1979. – 272 с.
- 5 Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов. – М.: Изд-во «Мастерство», 2002. – 320 с.
- 6 Соскин Э.А., Киреева Э.А., Автоматизация управления промышленным энергоснабжением. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 384 с.
- 7 Идельчик В.И. Электрические системы и сети: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 592 с.
- 8 Андреев, В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения / В.А. Андреев. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2008. – 639 с.
- 9 Электроэнергетика. Энергосберегающее оборудование и технологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.labstend.ru>
- 10 Релейная защита и автоматика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org>
- 11 Гловацкий, В.Г. Пономарев, И.В. Современные средства релейной защиты и автоматики электросетей / В.Г. Гловацкий, И.В. Пономарев –6-ая электронная версия– Киев:ЭНЕРГОМАШВИН,2006. – 534 с.
- 12 Устройства дифференциальной защиты серии MiCOM P63x [Электронный ресурс] - <http://www.arevatd.ru>
- 13 Реле дифференциальной защиты 7UT6 [Электронный ресурс] - <https://www.cee.siemens.com/>