

Министерство образования и науки Российской Федерации

---

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО

---

Методические указания по выполнению  
лабораторных работ по курсу  
«Микропроцессорные устройства РЗА.  
Устройства серии БМРЗ, производства  
ООО «НТЦ «Механотроника»»

Составлены кафедрой «Электрические станции и  
автоматизация энергетических систем»

Санкт-Петербург  
2021

УДК

Авторы:

Попов С.О., Леньшин А.И., Захарова Е.В., Гуцин М.В.

Учебное пособие соответствует образовательному стандарту высшего образования Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» по направлению подготовки магистров 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Предназначено для студентов электроэнергетических факультетов вузов.

© Санкт-Петербургский политехнический  
университет Петра Великого, 2021

## Оглавление

Список сокращений и условных обозначений .....	4
Введение .....	5
Порядок выполнения лабораторных работ .....	7
Общие сведения о лабораторном стенде .....	8
1. Вводное практическое занятие. Микропроцессорное устройство РЗА в системе управления электроэнергетическим объектом .....	16
2 Лабораторная работа №1 Автоматика управления выключателем, токовая ступенчатая защита и цепи сигнализации .....	30
3 Лабораторная работа №2 Взаимодействие блоков релейной защиты разных присоединений. Логическая защита шин и УРОВ .....	45
4 Лабораторная работа №3 Автоматический ввод резерва. АВР на базе микропроцессорных блоков БМРЗ-1хх-ВВ, БМРЗ-1хх-СВ.....	58
Приложение 1. Анализ осциллограмм .....	69
Приложение 2. Определение параметров срабатывания .....	80

## **Список сокращений и условных обозначений**

АЦП – аналого-цифровой преобразователь;

ВВ – вводной выключатель;

Д – двигатель;

МПУ – Микропроцессорное устройство;

ОП - отходящее присоединение;

ПП - питающее присоединение;

РЗА – релейная защита и автоматика;

СВ – секционный выключатель;

Т – трансформатор;

ТН – трансформатор напряжения.

## Введение

В данном курсе лабораторных занятий вам предстоит изучить принципы работы микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики на примере продукции выпускаемой ООО «НТЦ «Механотроника»(блоки устройств РЗА серий БМРЗ-100 и БМРЗ-150).

Данные устройства потенциально могут выполнять очень широкий круг задач, но их основное назначение - работа в системе РЗА и соответственно обеспечение надёжности энергосистемы и безопасности эксплуатации защищаемого объекта. Для решения этой задачи необходимо правильно понимать функциональные возможности устройства, его особенности, характеристики отдельных аппаратных узлов (дискретные входа/выхода, АЦП, и т.д.).

Так как устройство РЗА является неотъемлемой частью системы РЗА и энергосистемы, важно произвести его полноценную наладку, которая включает в себя целый ряд задач: правильное подключение устройства по измерительным и оперативным цепям, параметрирование блока с использованием специализированного программного обеспечения, проверка его работоспособности и пр.

Для облегчения работы с устройством оно поддерживает вспомогательные функции: сигнализация работы посредством встроенных светодиодов и интерфейсов, передача данных, наличие программируемых функциональных клавиш, запись измеренных и расчётных величин, журнал аварий и событий и т.п.

Безусловно, задача освоения всех нюансов работы устройства требует весьма значительного времени, труда и, в конечном счёте, опыта. Данные лабораторные работы нацелены на первичное знакомство с микропроцессорным устройством, изучение принципов его работы и освоение основных шагов наладки блоков РЗА.



## **Порядок выполнения лабораторных работ**

Прежде чем приступить к подготовке к выполнению лабораторной работы, необходимо изучить теоретический материал по теме лабораторной работы. Для этого необходимо ознакомиться с основной и дополнительной литературой. Далее необходимо выполнить подготовку к лабораторной работе, которая состоит из изучения проектной документации и технической документации на блоки релейной защиты, выполнить расчетное задание и подготовить бланки задания уставок. В начале лабораторного занятия проверяется готовность к выполнению работ и получается допуск.

После получения допуска к лабораторным занятиям выполняется параметрирование блока и собирается схема испытаний. После проверки получается разрешение на проведения экспериментов. Работы выполняются с соблюдением правил безопасности. Ход работы проводится в строгом соответствии с описанием в данном методическом пособии с обязательным контролем преподавателя. После выполнения работ с установки снимается оперативное напряжение, отключается питание блоков и стендов комплексной проверки «СКП-3М».

## **Общие сведения о лабораторном стенде**

Знакомство с лабораторной установкой происходит во время вводного занятия. Лабораторный стенд состоит из следующих основных устройств:

- устройств РЗА серии БМРЗ-100: БМРЗ-101-КЛ-01, БМРЗ-103-ВВ-01, БМРЗ-103-СВ-01, БРЧН-100;
- - устройств РЗА серии БМРЗ-150: БМРЗ-152-ВВ-01, БМРЗ-152-СВ-01, БМРЗ-153-УЗТ-01;
- - стенда комплексной проверки «СКП-3М», включающего в себя - имитатор выключателя, дискретных входных сигналов и отображения сработавших дискретных выходных сигналов;
- лабораторной стойки с клеммными рядами зажимов ХТ1 и ХТ2;
- персональных компьютеров.



## Устройства серии БМРЗ

Блок микропроцессорной релейной защиты (БМРЗ) – это многофункциональное устройство защиты компании ООО «НТЦ «Механотроника». Производитель предоставляет комплект документов, а также презентации, достаточно полно описывающие данное устройство (см. табл.1).

Таблица 1. Комплект документов на устройства БМРЗ

	Номер документа	Название	Содержание
Л1	ДИВГ.648228.029 РЭ	Блок микропроцессорный релейной защиты БМРЗ Руководство по эксплуатации	описание управления, конфигурации, параметрирования, обслуживания, монтажа и ввода в эксплуатацию устройств БМРЗ 15х.
Л2	ДИВГ.648228.024 РЭ	Цифровой блок релейной защиты типа БМРЗ-100 Руководство по эксплуатации	описание управления, конфигурации, параметрирования, обслуживания, монтажа и ввода в эксплуатацию устройств БМРЗ 10х.
Л3	----	Руководства по эксплуатации на конкретное исполнение БМРЗ (РЭ или РЭ1)	Полное техническое описание конкретного типа устройства от производителя.
Л4	ДИВГ.57001-03 34 01	Программный комплекс «Конфигуратор – МТ». Руководство оператора	предназначено для ознакомления с возможностями и принципами работы программного комплекса «Конфигуратор-МТ»
Л5	СТО ДИВГ 052-2012	Распределительные устройства 6(10) КВ с микропроцессорными блоками БМРЗ-100 схемы вторичных цепей релейной защиты на переменном оперативном токе	В настоящем стандарте приведены типовые схемные решения для систем релейной защиты и автоматики подстанции на переменном оперативном токе.
Л6	ДИВГ.Э-6009	Альбом принципиальных электрических схем РЗА для объектов распределения 6(10) кВ, выполненных на постоянном оперативном токе.	Типовые принципиальные решения по организации цепей вторичной коммутации распределительных устройств напряжением 6(10) кВ
Л7	ТИ-022-2018	Принципиальные электрические схемы РЗА присоединений 6-20 кВ на постоянном оперативном токе, выполненных с	Типовые принципиальные решения по организации цепей вторичной коммутации распределительных устройств напряжением 6(10) кВ

		применением блоков серии БМРЗ-100.	
Л8	СТО-ДИВГ-xxx	Методические указания по расчету уставок от производителя	Представлены рекомендуемы порядок расчета уставок устройств РЗА.
В1	---	Обучающее видео «FastView_video.mp4»	
В2	---	Обучающее видео «Настройка блока БМРЗ-100»	
В3	---	Обучающее видео «Знакомство с Конфигуратор-МТ»	

Рекомендуется просмотреть данные документы для получения первичного представления о самих устройствах, их наладке и эксплуатации. При описании лабораторных работ ниже будут указываться ссылки на части документов [Л1-8 и В1-3], подлежащих к дополнительному изучению перед выполнением соответствующих заданий.

Для параметрирования блока используется программное обеспечение «Монитор-100» (БМРЗ-10х) или «Конфигуратор-МТ» (БМРЗ-15х). Для анализа аварийных осциллограмм предназначено программное обеспечение FastView.

## Имитатор выключателя и дискретных сигналов СКП-3М

В курсе лабораторных работ в качестве симулятора выключателя и для контроля состояний дискретных входов и выходов используется устройство «СКП-3М» производства ООО «НТЦ «Механотроника» (стенд комплексной проверки). Лицевая панель устройства показана на рисунке 1.

На лицевой панели стенда расположены:

- переключатели «1»-«8» для подачи дискретных сигналов;
- диоды светоизлучающие (далее - светодиод) «1»-«8», отображающие состояние дискретных входов;
- светодиоды состояния выключателя «ВКЛ» и «ОТКЛ»;
- переключатель "СЕТЬ" для подачи питания на стенд;
- тумблер состояния выключателя (ТСВ) «НОРМА-0-ОТКАЗ»;
- тумблер управления выключателем (ТУВ) «ВКЛ-ОТКЛ»;
- регулятор переменного тока « $I_{ABC}$ »;
- регулятор переменного тока « $3I_0$ »;
- регулятор переменного напряжения « $U_{AB,BC}$ »;
- регулятор переменного напряжения « $3U_0$ »;
- переключатель « $0^\circ$ »/« $180^\circ$ », инвертирующий фазу « $3U_0$ ».

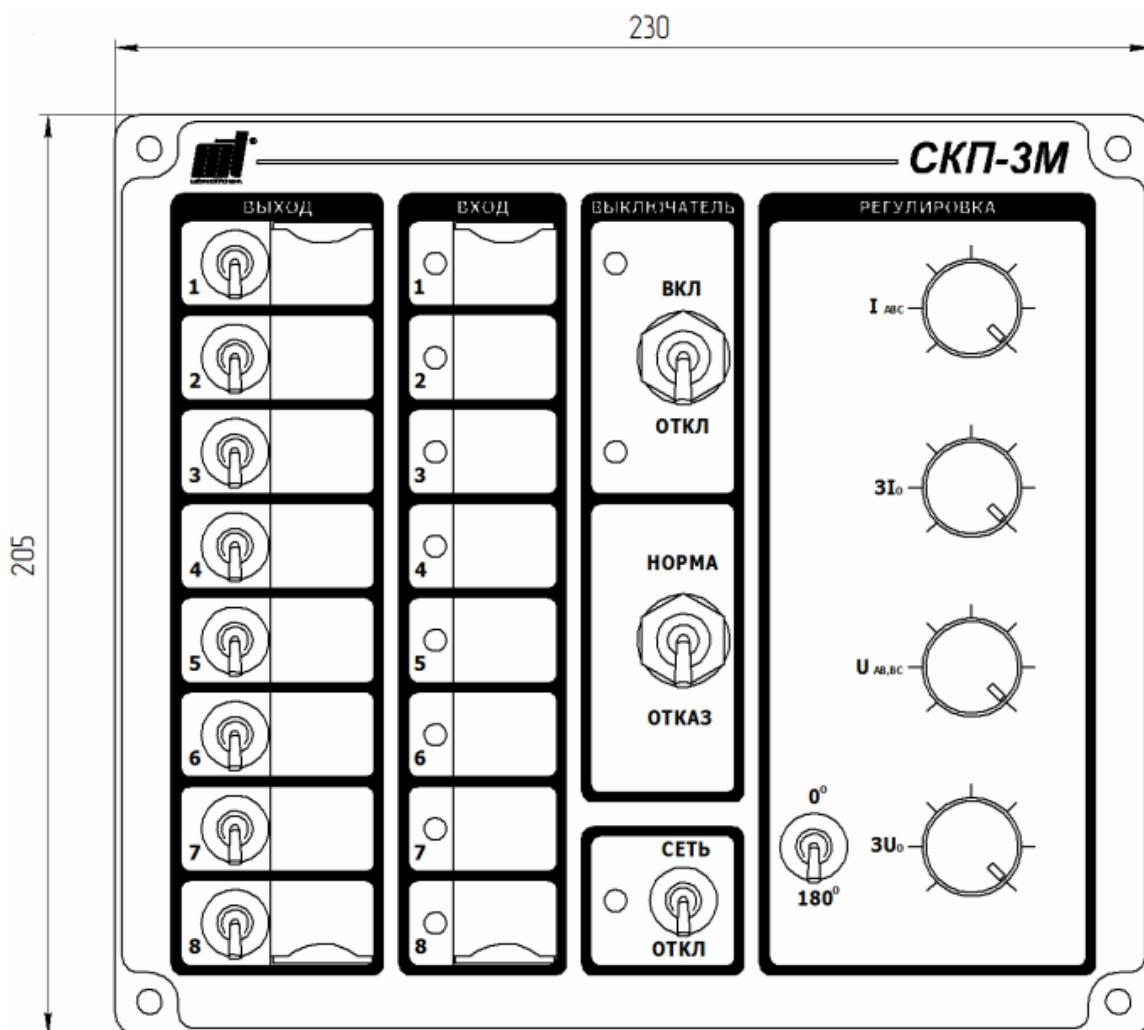


Рисунок 1 – Лицевая панель комплексного устройства проверки СКП-3М

На задней панели стенда расположены:

- клеммник ХТ1 «3» для подключения к источникам переменного тока « $I_{ABC}$ », « $3I_0$ », « $U_{AB,BC}$ », « $3U_0$ »;
- клеммник ХТ2 «2» для подключения входных и выходных дискретных сигналов;
- клеммник ХТ3 «1» для подключения сигналов «РПО», «РПВ», «ВКЛ», «ОТКЛ», также на ХТ3 «1» выведены сигналы «Повтор ВКЛ» и «Повтор ОТКЛ», дублирующие состояние выключателя;
- клеммник ХТ4 «4 ОБЩ» для подключения общих проводников дискретных сигналов входов и выходов;

- держатель предохранителя FU1 «0,5 А»;
- болт для подключения защитного заземления;
- клеммник «СЕТЬ» для подачи напряжения питания на стенд.

## Лабораторная стойка с клеммными рядами

Для осуществления коммутаций на Рабочих столах установлены лабораторные стойки с клеммными рядами зажимов. На клеммнике XT1 формируются общестанционные шинки ЛЗШ (EZLB) и УРОВ (EQW). На клеммник XT2 (рис.2) выведены часть контактов устройства РЗА, маркировка проводов соответствуют обозначениям входных/выходных клемм блока.

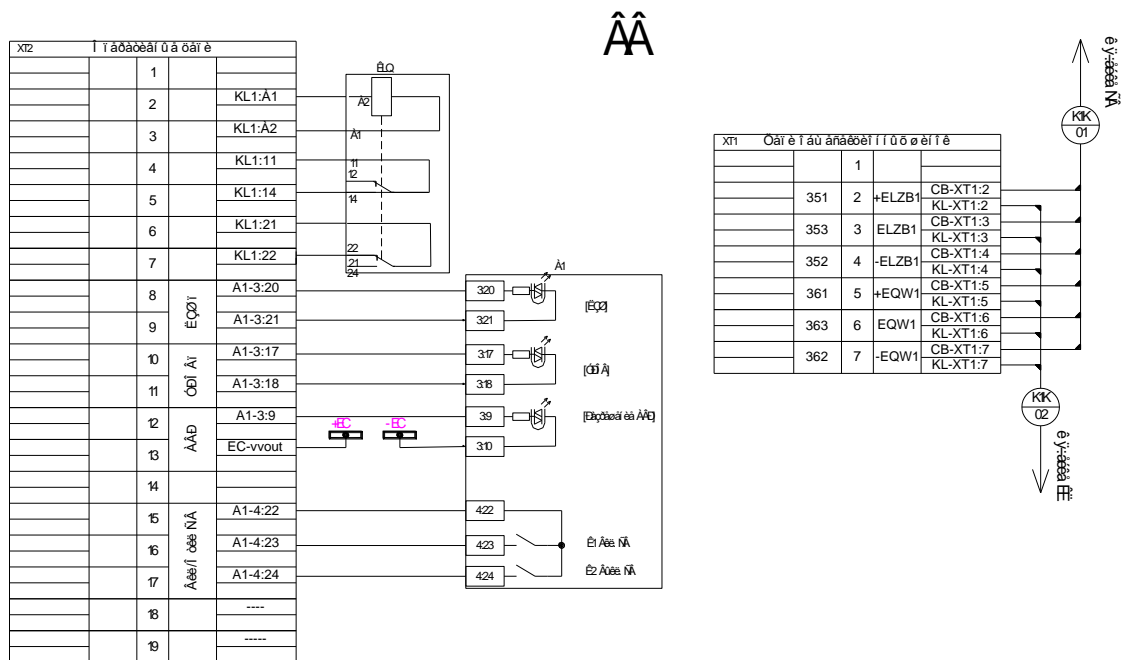


Рисунок 2 – Схема подключения клеммника XT2 к блоку управления ВВ и к промежуточному реле

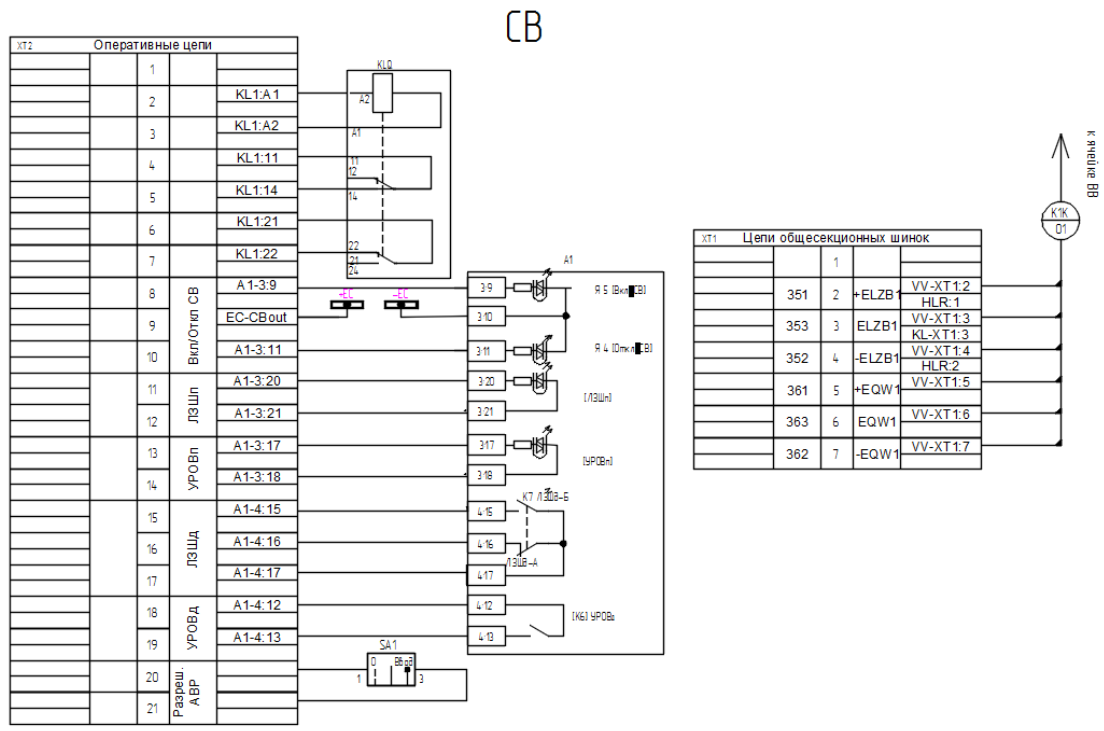


Рисунок 3 – Схема подключения клеммника XT2 к устройству управления СВ и к промежуточному реле

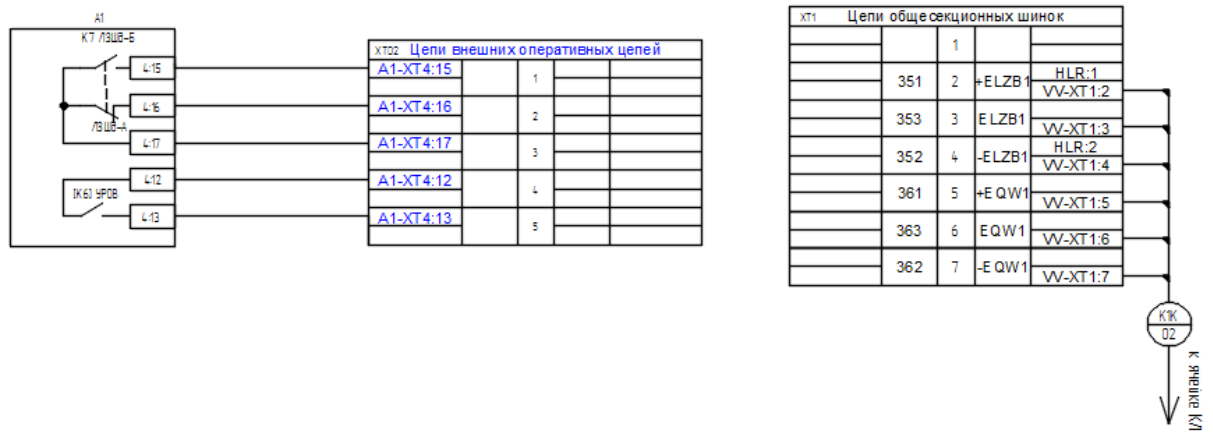


Рисунок 4 – Схема подключения клеммника XT2 к устройству управления отходящего присоединения

На вертикальной части стенда устанавливаются ключи необходимые для проведения работ, а на стойках при блоках управления вводов автоматы питания оперативных цепей. При подаче питания на стойке загорается красная светодиодная лампа HL1.

На стойках при блоках отходящих присоединений установлены два электромеханических реле, выполняющих функции РПО и РПВ , соответственно.

## **1. Вводное практическое занятие.**

### **Микропроцессорное устройство РЗА в системе управления электроэнергетическим объектом**

#### **Цели занятия:**

- знакомство с проектной документацией на систему релейной защиты и автоматики (РЗА) распределительной подстанции (ПС) 6(10) кВ;
- знакомство с микропроцессорным (МП) блоком серии БМРЗ и изучение его основных характеристик;
- получение первичных навыков работы с человеко-машинным интерфейсом МП блока РЗА;
- получение первичных навыков работы с программным обеспечением (ПО) для параметрирования МП блока.

#### **Задачи занятия:**

- определить структуру и содержание проектной документации определить основные технические решения типового проекта;
- изучить руководство по эксплуатации на блок РЗА, определить его основные характеристики;
- провести визуальный осмотр блока, изучить его конструкцию, провести проверку типового проекта в части подключения блока по оперативным и измерительным цепям;
- изучить структуру меню МП блока РЗА;
- проверить работоспособность аналоговых входов и дискретных входов/выходов блока;
- скачать и проанализировать текущую конфигурацию блока с помощью специализированного ПО;
- провести анализ осциллограммы, записанной блоком РЗА.



### **Дополнительные источники информации к лабораторной работе:**

Д1. Справочник по релейной защите. Под ред. Берковича М.А. Госэнергоиздат, 1963

Д2. Ванин В.К., Павлов Г.М. Релейная защита на элементах вычислительной техники.-2-е изд. , перераб. И доп.-Л.: Энергоатомиздат.

Д3. ГОСТ 1983-2001. Трансформаторы напряжения. Общие технические положения.

Д4. Федосеев А.М. , Федосеев М.А. Релейная защита электроэнергетических систем : Учеб для ВУЗов.- 2 изд, М;Энергоатомиздат.1992;

Д5. Чернобровов Н.В. Релейная защита. Учебное пособие для техникумов. Изд.4-е перераб. Доп. М. «энергия»,1971г;

### **Теоретические сведения**

Устройство релейной защиты предназначено для работы в существующей или проектируемой системе электроснабжения и должно быть правильно в неё интегрировано. Как известно, типовое устройство РЗА необходимо подключить по измерительным цепям тока и напряжения, дискретным цепям (входы и выходы), также именуемыми оперативными цепями, и каналам связи с автоматизированной системой управления (в данном методическом пособии не рассматриваются). Подключение происходит на физическом уровне, то есть проводами и кабелями, обеспечивая гальваническую связь реле с другими устройствами системы. В этой связи должно быть выполнено согласование всех этих связей по уровню и мощности сигнала, а также по функциональному назначению.

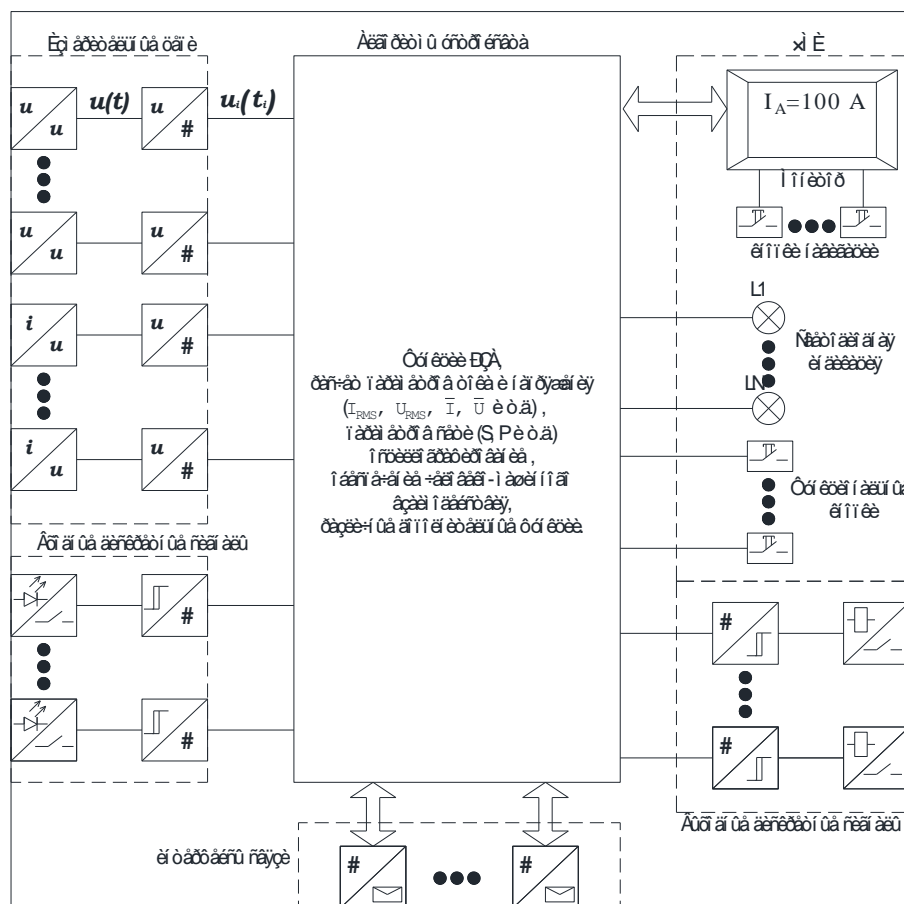


Рисунок 1.1 – Обобщенная структурная схема подключения микропроцессорного устройства к системе РЗА

Рассмотрим эти связи по отдельности.

*Цепи тока.* Для обеспечения работы функций защит, использующих различные параметры первичного тока, должен быть реализован соответствующий измерительный тракт. В него входят измерительные трансформаторы тока (ТТ) в качестве первичных преобразователей, вторичные измерительные цепи тока, вторичные преобразователи (ВП), аналого-цифровой преобразователь (АЦП), аналоговые и цифровые фильтры. ВП, АЦП и фильтры реализовываются внутри блока РЗА, а ТТ и вторичные цепи относятся к внешним цепям. Вторичные преобразователи, являясь частью измерительного тракта защиты, выполняют преобразование входных

сигналов тока к одному виду – напряжению, диапазон изменения которого ограничивается эксплуатационными параметрами используемых микросхем.

Прежде, чем производить подключение блока к цепям тока, требуется изучить схему подключения, приведённую в руководстве по эксплуатации. Необходимо определить существующую схему соединения ТТ, далее, с учетом полярности ТТ и входов блока, произвести монтаж вторичных цепей. Согласование ТТ и вторичных преобразователей происходит по номинальному току, диапазону измеряемых токов, сопротивлению/мощности вторичного преобразователя по измерительным цепям, термическому воздействию тока [Д1, Д2].

*Цепи напряжения.* Аналогично токовым цепям, цепи напряжения входят в свой измерительный тракт. Подробно требования к ним расписаны в стандарте РФ [Д3].

Прежде, чем производить подключение блока к цепям напряжения, требуется изучить схему подключения, приведённую в руководстве по эксплуатации. Необходимо определить существующую схему соединения ТН, далее с учетом полярности ТН и входов блока произвести монтаж вторичных цепей. Согласование ТН и вторичных преобразователей происходит по номинальному напряжению, падению напряжения во вторичных цепях и сопротивлению/мощности вторичного преобразователя, термическому воздействию тока [Д4, Д3]. Важным также является правильный выбор защитных аппаратов в цепях напряжения (автоматические выключатели и/или предохранители), что обуславливается не только опасностью сверхтоков для оборудования, но и возможным неправильным действием алгоритмов РЗА.

Совместное измерение тока и напряжения позволяет вычислять относительный угол между током и напряжением, и, как следствие, вводить понятие направления протекания тока и/или мощности [Д4, Д5], а также вычислять соотношение напряжения к току(реле сопротивления), реализуя, в

частности, дистанционную защиту. При этом особое внимание должно быть уделено соединению вторичных проводов и полярности подключения первичных и вторичных преобразователей, и соответствующему параметрированию блока.

*Дискретные входы.* Для более эффективного функционирования релейной защиты устройство должно иметь оперативную информацию о первичной сети и о работе смежных устройств РЗА, например, состояние коммутационного оборудования, действия защит смежных элементов и т.п. Данная информация собирается посредством подачи оперативного напряжения на соответствующие дискретные входы блока через выходные контакты смежных аппаратов. Важно согласовать оперативное напряжение с допустимым напряжением на входе (постоянное/переменное напряжение, номинальный уровень сигнала). В самом блоке осуществляется гальваническая развязка оперативных цепей и внутренних электронных цепей, преобразования сигнала в логический код (0 или 1). Функционально дискретный вход описывается характеристикой срабатывания, по которой можно определить уровни напряжения надежного срабатывания (логическая единица), надежного несрабатывания (логический ноль), зону неопределённости на входе блока. При этом вводится понятие порога срабатывания и порога возврата, а также порогов устойчивого срабатывания и несрабатывания. В ряде устройств ЦРЗА дополнительно через специализированное ПО возможно настраивать динамические свойства дискретного входа, такие как удержание, возврат, защита от дребезга (задержка на срабатывание) и т.п.

*Дискретные выходы.* Оперативная информация и работе устройства должна передаваться на управляемые коммутационные устройства, систему сигнализации и управления, по необходимости в другие устройства РЗА и подсистемы энергообъекта. Данная информация передаётся посредством коммутаций оперативных цепей. Для этих целей в блоках РЗА имеются

выходные реле, управление которыми происходит в соответствии с заложенным логическими схемами. Контакты этих реле подключаются в оперативные цепи энергообъекта. При этом важно согласовать уровень оперативного напряжения, мощность коммутируемого сигнала, для чего выяснить длительно и кратковременно допустимые токи, коммутационные токи внутренних реле устройства. Также важной информацией является тип контактов (нормально замкнутый, нормально разомкнутый, переключающийся), время срабатывания контактов, а также внутренняя схема соединения контактов (независимые, с общим проводом и т.п.).

*Интерфейсы связи.* Коммутационные интерфейсы, обеспечивающие связь между устройством РЗА и другими частями локальной и/или общей сети, которые реализуются по тому или иному протоколу. Для интеграции устройства необходимо, чтобы связь между устройствами РЗА была организована с использованием определённой топологии каналов связи (кольцо или звезда), типов каналов связи (оптическая линия связи или «витая пара»), согласованных параметров интерфейсов (скорость передачи, длина волны, четность, стоповый бит и т.д.). Также необходимо, чтобы блоки РЗА разговаривали друг с другом на одном языке, то есть по одному и тому же протоколу связи (Modbus, Modbus TCP/IP, МЭК 60870-5-101, МЭК 60870-5-104, МЭК 61850 и т.д.).

Таким образом для обеспечения надежного функционирования системы РЗА необходимо не только обеспечить работу алгоритмов РЗА, но и правильно привязать блок и, соответственно, выходные воздействия функций РЗА к системе управления объектом, включая другие устройства РЗА, коммутационное оборудование, щитам управления и т.п.. Для этого также необходимо понимать основные задачи эксплуатации системы РЗА и знать возможности блока.

Местное управление блоком. Осуществляется по средствам человеко-машинного интерфейса устройства. Он включает в себя монитор,

светодиодную сигнализацию и кнопки управления. С помощью него можно производить настройку блока, отслеживать текущее состояние и историю событий. Обычно используется система паролей, разграничивающая доступ персонала к тем или иным позициям меню интерфейса.

*Функционально-логические схемы.* Одной из наиболее важных частей любого блока РЗА являются его функционально-логические схемы, которые описывают взаимосвязь аналоговых и дискретных входов/выходов, производят логическую обработку сигналов, формируют управляющие воздействия, сигнализацию и т.д. Каждый их производителей РЗА стремится к универсальности выполнения своих устройств, поэтому логическая часть блоков РЗА тоже подлежит настройке согласно принятым проектным решениям. Общепринято разделять логическую часть блока РЗА на «жесткую» и «гибкую». В блоках с «жесткой» логикой (например, Seram 1000+ серия 20 и 40, БМРЗ 10х, SPAC-810 и т.д.) функционально-логические схемы защиты и автоматики, их взаимосвязи внутри одного блока заданы производителем блоков ЦРЗА и параметрирование возможно только с помощью логических ключей (накладок), положение которых указывается на функционально-логических схемах блока, состояние ключей задается пользователем при параметрировании блока.

В случае если схемы «жесткой» логики не обеспечивают всех требований к системе РЗА в некоторых блоках (например, Seram 1000+ серия 80, БМРЗ 15х, Siprotec4, Relion REx-6xx и т.д.) возможно самостоятельное создание пользователем дополнительных функционально-логических схем, которые относятся к «гибкой логике». Объем этих схем, возможности по использованию логических и специальных функций индивидуален для каждого производителя и линейки устройств ЦРЗА.

Надежное функционирование системы защиты обеспечивается не только правильным выявлением аварийной ситуации, но и грамотно спроектированной системой оперативной сигнализации действия защит и

регистрацией аварийного происшествия для дальнейшего анализа. Для этих целей в проекте предусматриваются цепи управления, сигнализации, а в блоках РЗА ведется журнал аварий и событий и осуществляется запись аварийных осциллограмм, функционирование которых также необходимо проверять при наладке системы РЗА.

### **Подготовка к практическому занятию**

#### *Изучение типового проекта.*

Знакомство с типовым проектом подстанции [Л6, Л7] начинается с просмотра перечня чертежей проекта и определения его состава и структуры. Проанализируйте главную электрическую схему, определите схему распределительного устройства. Найдите ячейки секционного выключателя и вводного выключателя. В разделе «общие положения» найдите состав функций РЗА по каждому элементу схемы.

По заданию преподавателя изучите принципиальные схемы управления одной из ячеек РУ. Последовательно проанализируйте измерительные цепи тока и напряжения, оперативные цепи, выходные цепи, цепи сигнализации, перечень аппаратуры. На первом этапе изучения вторичных схем важно понимать тип и функции каждого отдельного элемента схемы, и правильно интерпретировать всю информацию, указанную на чертежах. При необходимости изучите системы условно-графических и буквенных обозначений элементов вторичных схем, паспорта на вторичную аппаратуру. Особое внимание следует уделить цепям управления выключателем, в том числе электрическим схемам управления, реализованным внутри самого выключателя (Л6,Л7). Отследите как цепи выключателя подключаются к оперативным цепям представленными в соответствующих чертежах.

*Изучение технической документации на устройства РЗА.* На практическом занятии вам предстоит ознакомиться с основными техническими характеристиками блоков серий БМРЗ 10х/15х, на примере одного из типов блоков, заданного преподавателем.

В справочном руководстве на конкретный тип блока указывается его совмещенная электрическая схема (Л3, приложение А), в которой указаны все электрические контакты блока. Найдите соответствующие элементы схемы в альбоме типовых решений в комплекте развернутых электротехнических схем по рассматриваемой ячейке (Л6, Л7), проверьте соответствие функционального назначения в проекте и руководстве по эксплуатации.

В общих руководствах по эксплуатации на блоки (Л1, Л2, раздел «технические характеристики») найдите электрические характеристики аналоговых входов и дискретных входов и выходов. Проверьте, что они согласованы по мощности, уровню напряжения, коммутационной способности с другими элементами вторичной аппаратуры в проекте. Изучите возможности по параметрированию входных дискретных сигналов (Л1, Л2, приложение Д) (если это предусмотрено в специализированном ПО производителя РЗА).

Проанализируйте функционально-логические схемы устройства. На первом этапе изучения логических схем важно понимать тип и функции каждого отдельного элемента схемы, и правильно интерпретировать всю информацию, указанную на них. При необходимости изучите системы условно-графических и буквенных обозначений [Л2 приложение Д]. Назначение программных ключей описано в Л2 приложение Б.

### **Контрольные вопросы**

1. Какой комплект функций задействован на вводе на секцию?
2. Как обеспечена защита шин РУ?
3. Какое количество дискретных входов имеется на устройстве?
4. Какие дискретные выходы имеют гальваническую связь друг с другом?
5. Что определяет технический параметр напряжение возврата дискретного входа?



6. Может ли блок полноценно функционировать при подключении ТТ по схеме «неполная звезда»?
7. Какие есть ограничения по уровню первичного тока, измеряемым входными преобразователями?
8. Какие функции РЗА способен выполнять блок БМРЗ 10х и 15х?
9. Какое программное обеспечение необходимо для работы с устройствами БМРЗ 10х?
10. Для защиты каких элементов энергосистемы, в соответствии с отечественными нормативными требованиями, возможно использовать конкретное устройство РЗА?

### **Описание практического занятия**

1. Знакомство с устройством ЦРЗА. Визуальный осмотр.
  - 1.1. Отследите визуально место нахождения входных дискретных сигналов по номерам входных зажимов устройства;
  - 1.2. Отследите визуально место нахождения выходных дискретных сигналов по номерам выходных зажимов устройства;
  - 1.3. Отследите визуально место нахождения аналоговых цепей тока и напряжения;
  - 1.4. Определите полный заводской номер ЦРЗА и проверьте его соответствие проекту.
2. Работа с интерфейсом ЦРЗА:
  - 2.1. Ознакомьтесь с лицевой панелью блока. Определите назначение светодиодов;
  - 2.2. Ознакомьтесь с описанием меню в технической документации [Л2 приложение Б];
  - 2.3. В закладке «Сеть» отследите все позиции меню. Последовательно просмотрите измеряемые величины и дискретные сигналы контроля измерений. Определите состояния входных /выходных сигналов, сигнализации;

2.4. В закладке «Уставки, конфигурация» проследите соответствие списка параметров настройки функции МТЗ с таблицами уставок по току, напряжению и времени из руководства по эксплуатации [Л1];

2.5. Сравните информацию, представленную в закладках «Журнал сообщений» и «Аварии и события»;

2.6. Проведите тестирование входных и выходных сигналов в режиме «Тест». Для этого зайдите в закладку «Тест» и войдите в режим «Тест» (пароль «232») [лабораторная работа 1.1];

3. Работа с интерфейсом ЦРЗА и стендом комплексной проверки (СКП-3М):

3.1. Добейтесь отсутствия сигнализации «Вызов» на устройстве РЗА. Для этого используйте информацию из закладок «Сеть», тумблеры «Выход» на «СКП-3М», кнопку квитирования «Квит», а также, при необходимости тумблер управления выключателем на «СКП-3М»;

3.2. Отследите какие Ваши действия зафиксировались в «Журнале сообщений» и «Аварии и события»;

3.3. Включите выключатель с помощью кнопки управления «Вкл.», убедитесь, что выключатель включился по сигнализации положения выключателя;

3.4. Плавно поднимите ток с помощью тумблера « $I_C$ » до 1 А и отследите его изменение через интерфейс пользователя;

3.5. Плавно поднимите напряжение с помощью тумблера « $U_{AB,BC}$ » до 100 В и отследите его изменение через интерфейс пользователя; Отследите измерения других электрических параметров, прокомментируйте их значения;

3.6. Плавно с помощью тумблеров опустите ток и напряжение до нуля.

4. Работа с устройством с помощью ПК

4.1. Подключить кабель связи с компьютером к разъему RS-232 (для БМРЗ 10х) или разъему USB (для БМРЗ 15х), подключиться к блоку с помощью ПрО «Монитор-100» (для БМРЗ 10х) или «Конфигуратор МТ» (для БМРЗ 15х). Подключитесь кс помощью ПО к блоку и скачайте текущую конфигурацию устройства [Л монитор100].

4.2. Последовательно отследите позиции меню и сравните их с меню на лицевой панели блока. Убедитесь, что настройки МТЗ отображаются одинаково в устройстве и в ПО. Измените положение любого функционального ключа и передайте новые настройки в блок. Проверьте что изменения сохранены на устройстве;

4.3. Включите выключатель с помощью кнопки управления «Вкл.» убедитесь, что выключатель включился по сигнализации положения выключателя;

4.4. Плавно поднимите ток с помощью тумблера « $I_C$ » до 1 А и отследите его изменение через ПО;

4.5. Плавно поднимите напряжение с помощью тумблера « $U_{AB,BC}$ » до 100 В и отследите его изменение через ПО;

4.6. Отследите измерения других электрических параметров, прокомментируйте их значения;

4.7. Плавно с помощью тумблеров опустите ток и напряжение до нуля. Отключите выключатель с помощью тумблера на СКП-3М. Отследите появление сигнализации «Вызов», а также текущее состояние дискретных входных/выходных сигналов через ПО.

5. Работа с записанными осциллограммами.

5.1. Выведите список записанных в памяти блока осциллограмм.

5.2. Скачайте с блока одну из записанных осциллограмм на ПК, проанализируйте перечень файлов, из которых состоит осциллограмма.

5.3. Откройте осциллограмму установленным на ПК программой для просмотра и анализа осциллограмм.

- 5.4. Укажите и перечислите записанные аналоговые сигналы;
- 5.5. Укажите и расшифруйте записанные дискретные сигналы, укажите дискретные входы, дискретные выходы, внутренние логические переменные (при их наличии).
- 5.6. Скрыть дискретные сигналы, состояние которых не изменилось.
- 5.7. Укажите на осциллограмме момент аварии или срабатывания РЗА, значение токов, напряжении, положение коммутационного аппарата, состояние смежных аппаратов РЗА и режим работы ПС в данный момент времени.
- 5.8. По заданию преподавателя определите по осциллограмме промежутки времени между двумя событиями: время отключения выключателя, уставку по времени срабатывания защиты и т.п.

**Контрольные вопросы:**

1. Какие функции РЗА способен выполнять блок БМРЗ 10х и 15х?
2. Какое программное обеспечение необходимо для работы с устройствами БМРЗ 10х?
3. Для защиты каких элементов энергосистемы, в соответствии с отечественными нормативными требованиями, возможно использовать конкретное устройство РЗА?
4. Укажите программный путь окна «Конфигуратор-МТ», в котором указываются параметры трансформаторов тока.
5. Укажите программный путь окна «Конфигуратор-МТ», в котором выставляются уставки МТЗ.
6. Какая частота дискретизации сигнала, наблюдаемого на осциллограмме?
7. Чем отличаются клеммы ХТ1:1-10 от клемм ХТ1:11-30?
8. В чем отличие функционирования устройства в режиме «Тест» от нормального режима? Когда может быть использован этот режим?

9. Как реализована схема питания оперативных цепей на стенде, где установлены защитные автоматы питания?

**Обработка результатов и требования к содержанию отчета**

Отчет по данной работе не предусмотрен

## 2 Лабораторная работа №1

### Автоматика управления выключателем, токовая ступенчатая защита и цепи сигнализации

#### Цели:

- изучение автоматики управления выключателем;
- приобретение навыков анализа функционально-логических схем;
- умение наладки и параметрирования функций защит в микропроцессорных блоках в соответствии с проектными решениями.

#### Дополнительная литература к лабораторной работе:

Д1. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей. – 3-е изд. перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат. Ленинградское отделение. 1985.-296с: ил.

Д2. Шнеерсон Э.М. Ш76 Цифровая релейная защита. – М.: Энергоатомиздат, 2007. 549 с: ил

Д3. Лезнов С.И. Устройство и обслуживание вторичных цепей электроустановок. – С. Лезнов. А.Л. Фаерман, Л.Н. Махлина 2-е изд. перераб. М.: Энергоатомиздат. 1986 152 с.: ил.

Д4. Гумин М.И., Вторичные схемы электрических станций и подстанций / Гумин М.И., Усинов В.Ф.– 2 изд., перераб, допол. М.-Л., издательство «Энергия» 176 стр.

Д5. Интернет ресурс «Проект «РЗА» «Все о защите и автоматике электрических сетей»

<https://pro-rza.ru/zachem-nuzhny-rele-rpv-i-rpo/>

## Теоретические сведения

### АУВ

Ввод в работу устройства ЦРЗА допускается при обеспечении работы функций защит, автоматики управления выключателем (АУВ), исправности самого выключателя и обеспечения требований по сигнализации действия всей системы РЗА. Общие требования и условия функционирования изложены в ПУЭ в разделе 3. В большинстве случаев функции РЗА и функции АУВ совмещают в одном устройстве, поэтому, прежде чем вводить функцию защиты в действие, необходимо выполнить наладку схемы управления ячейки РУ. Автоматика управления выключателем выполняет целый ряд задач связанных с надежной эксплуатацией [1.3 & 3.1, 1.4 & 3] и обеспечивается отдельными устройствами (например ЦРЗА), цепями управления самого выключателя и соответствующими вторичными цепями управления ячейкой РУ.

АУВ в отдельном блоке ЦРЗА может включать следующие функции:

- включение выключателя через АУВ с проверкой возможности включения;
- отключение выключателя через АУВ с проверкой возможности отключения (помимо прямого отключения с действием на электромагнит отключения (ЭМО));
  - контроль готовности привода к выполнению операций управления;
  - технологический защиты выключателя (давление воздуха, элегаза, наличие вакуума и т.д.);
  - защита от непереключения фаз и неполнофазного режима;
  - диагностика цепей включения и отключения с прямым измерением токов и напряжений в цепях управления;
- контроль цепей управления выключателя - контроль целостности цепей ЭМО, ЭМВ;
- защита цепей ЭМО и ЭМВ от длительного протекания тока по ним;

- расширенная логика блокировок управления выключателем;
- фиксация положения выключателя;
- фиксация несоответствия положения выключателя;
- контроль механического и коммутационного ресурса выключателя;
- автоматическое повторное включение (АПВ);
- устройство резервирования при отказе выключателя (УРОВ);
- осциллографирование аналоговых и дискретных сигналов и т.д.

Одними из основных входных сигналов в алгоритм АУВ, получаемых от выключателя, являются сигналы реле положения отключено/реле положения включено (РПО/РПВ). Сигналы РПО/РПВ указывают на готовность привода к операции:

- РПО – готовность к операции включения,
- РПВ – готовность к операции отключения.

К примеру, в цепь формирования сигнала РПО (см. рис 2.1) входят следующие элементы:

- блок-контакт положения воздушного выключателя Q1;
- контакт контроля состояния пружины привода SQM2, который замыкается, когда пружина взведена, т.е. когда выключатель готов к операции включения. После каждого включения пружина привода разряжается, и контакты SQM размыкаются, блокируя прохождение команды включения до окончания взвода пружины;
- контакт SQF, который разрывает цепь включения, если есть параллельная команда отключения выключателя для того, чтобы не было эффекта многократного включения.

Если выключатель элегазовый, то в цепи включения и отключения добавляются контакты реле давления элегаза, которое полностью блокирует управления при критическом снижении давления. Это предотвращает отказ выключателя при КЗ из-за невозможности погасить дугу. Также реле/входы

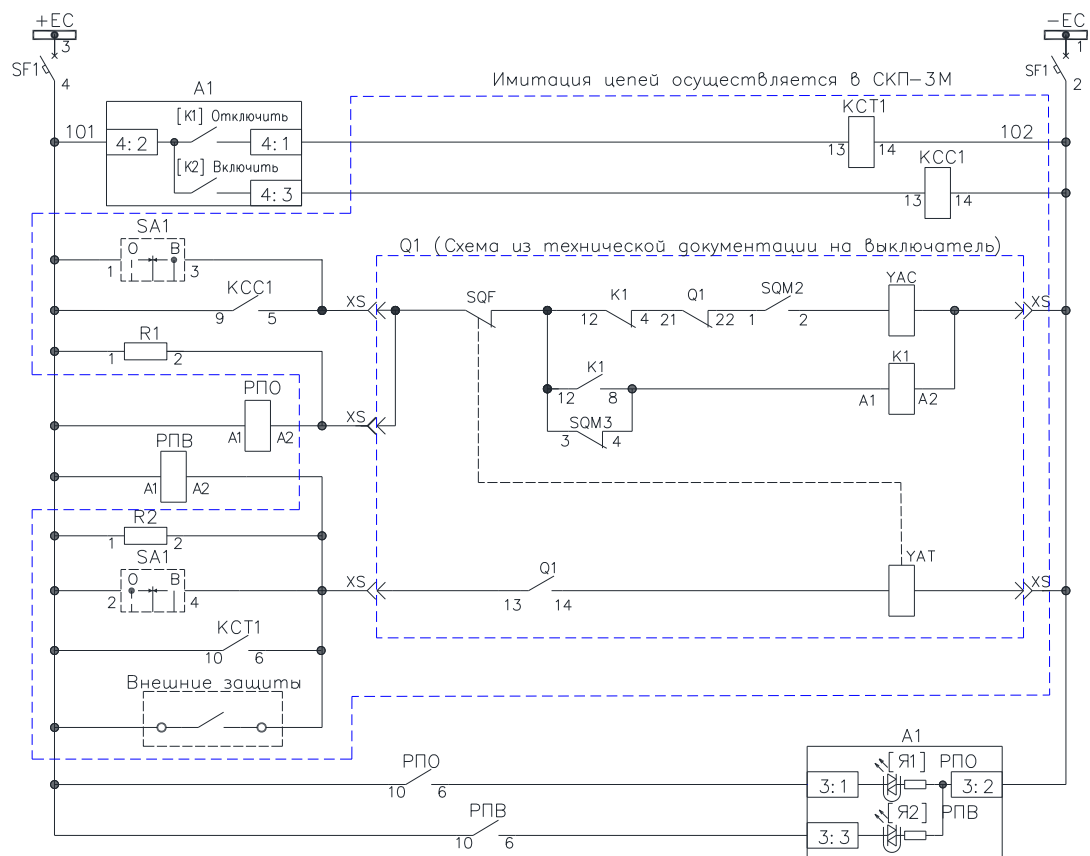


РПО или РПВ не будут запитываться при обрыве цепей включения и отключения или отключении автомата питания SF1.

Изначально именно для контроля целостности цепей управления выключателя реле РПО/РПВ и применялись.

### МТЗ

В качестве функции релейной защиты в данной работе рассматривается максимальная токовая защита, реагирующая на возрастание тока. Признак увеличения тока не только сопровождает большинство КЗ, но и непосредственно обуславливает физическое воздействие на элементы схемы в первую очередь термическое и динамическое. Это предопределяет максимально широкое применение этого типа защит в сетях среднего класса напряжения. Вместе с тем большое разнообразие защищаемых элементов, условий эксплуатации и особенностей переходных процессов обуславливает разнообразные функционально-логические особенности реализации защиты такие как: ускорение или блокировка при включении, пуск по напряжению, контроль направления, и т.п. [1.1,1.2].



Шинки оперативных цепей автономного питания
Реле команд "Отключить"
Реле команд "Включить"
Цепи включения
РПО
РПВ
Цепи отключения
Отключение от внешних защит
Положения РПО и РПВ с БМРЗ

**Рисунок 2.1 – Схема управления выключателем с помощью устройства «БМР3-10х»\***

\*Данная схема используется в учебных целях и не является типовой для применения.

### Подготовка к лабораторной работе

В лабораторной работе вам предстоит выполнить настройку блоков серий БМР3 10х и/или 15х для обеспечения функций АУВ и МТЗ для одного из отходящих присоединений: кабельной или воздушной линии (КЛ), трансформатора (Т), или электродвигателя (ЭД). Настройка должна осуществляться в соответствии с вторичными схемами РУ, выполненных по проекту ДИВГ.Э-6009 изм1. (для серии 15х) и ТИ-022-2018 (для серии 100).

Предварительно необходимо ознакомиться с расчетом уставок присоединения [2.1, пример 1-16], которые необходимо будет задать в блоке. Проанализируйте, соблюдены ли при расчете рекомендации производителя изложенные в Л8.

Рассмотрите схемы соответствующей ячейки РУ (КЛ, Т, ЭД) [Л6, Л7]. Последовательно проанализируйте измерительные цепи, оперативные цепи, выходные цепи и цепи сигнализации [Л5, 1.3&2-4, 1.4 &3,4]. Изучите список вторичной аппаратуры и определите назначение каждого элемента схемы. Проанализируйте электрические принципиальные схемы выключателя (тип выключателя указывается преподавателем) [Л6, раздел 11]. Определите соответствие цепей выключателя и оперативных цепей ячейки РУ.

В лабораторной работе вам необходимо будет ознакомиться с автоматикой управления выключателем представленной на рис. 2.1. На данном рисунке предполагается управление воздушным выключателем ВВУ-СЭЩ-П-10. Полные электрические цепи управления выключателем представлены в его техническом описании. На рис 2.1 представлены цепи электромагнитов отключения УАТ и включения УАС. Для прохождения команды управления необходимо чтобы соответствующие цепи были «собранны», то есть все контакты реле данных цепей были в замкнутом положении. Готовность выключателя к принятию команды отслеживается с помощью специальных реле: РПО и РПВ. Источником команды на отключение может быть блок управления ячейкой РУ, ключ управления выключателем (тумблер «УВ» на СКП-3М), и сигнал от внешних защит. Источником команды на включение: блок управления ячейкой РУ и ключ управления выключателем. Основные алгоритмы управления выключателем реализуются в программе блока РЗА.

Для отслеживания действия АУВ и МТЗ необходимо просмотреть схемы алгоритма максимально токовой защиты, формирования команд оперативного управления выключателем, алгоритма управления выключателем – включение и отключение, сигнализации, квитирования, вызова, сигнализации положения выключателя [Л3]. Проведите анализ функционально логических схем блока серий БМРЗ-10х или 15х [1.2 &4.2], выполняются ли требования сформулированные в Л1.4; 3.2.

При наладке блока вам необходимо будет выбрать положение функциональных ключей. На схеме показано положение, соответствующее состоянию «0». Обратите внимание, что у ключей может быть несколько контактов, находящихся в различных цепях функционально-логических схем. Для сравнения проведите анализ функционально-логических схем блока с другим функциональным назначением, например ВВ или СВ.

В ходе работы вам потребуется отслеживать активное состояние различных узлов схемы управления для этого на лабораторном стенде предусмотрена следующая световая сигнализация:

Таблица 2.1

Светодиод L1 (СКП-3М) Светодиод L1 (БМРЗ)	Реле «Аварийное отключение» БМРЗ (Авар. откл.)
Светодиод L2 (СКП-3М) Светодиод L2 (БМРЗ)	Реле «Вызов» БМРЗ
Светодиод L3 (СКП-3М) Светодиод L3 (БМРЗ)	Реле «Неисправность» БМРЗ (Неиспр.)
Светодиод L7 СКП-3М	РПВ*
Светодиод L8 СКП-3М	РПО*
Светодиод L4 и L5	Состояние выключателя, наблюдаемое блоком БМРЗ
Светодиоды положения выключателя на СКП-3М	Фактическое положение выключателя

\*Контроль состояния реле можно осуществлять визуально на лабораторном стенде

Также вам необходимо будет воспользоваться журналом событий и записанными блоком осциллограммами. Перед началом работы отследите положение указанных элементов сигнализации на стенде.

### Контрольные вопросы

1. Назначение функционального ключа S58? В каких цепях функциональной схемы он присутствует?

2. Опишите действие схем РЗА по проекту при превышении уставки 2 ступени МТЗ?

3. Какие из описанных технических решений в 1.2. можно и как реализовать в блоке, а какие нет?

4. Покажите на стенде светодиоды отображающие фактическое положение выключателя?

### **Описание лабораторной работы**

Изучение работы автоматики управления выключателем.

1. Зафиксируйте состояние сигналов сигнализации и последнюю запись в журнале событий. Приведите схему в **нормальное состояние**: выключатель отключен, аварийная и предупредительная сигнализация отсутствует, регуляторы токов и напряжений на СКП-3М выставлены в нулевое положение. При необходимости, измените положения тумблеров управления и состояния выключателя (ТУВ, ТСВ) блока СКП-3М, выполните квитирование блока.
2. Переведите блок в местное управление - нажать кнопку разрешения местного управления «МУ». Подать оперативную команду «Включить». Зафиксировать состояния световой сигнализации и заполнить таблицу №2.2. Это **исходное состояние блока**.
3. Подать оперативную команду «Отключить» с помощью кнопки на лицевой панели блока. Заполнить описание состояния стенда в таблице №2.2
4. Подать оперативную команду «Включить». Отключите выключатель с помощью ТУВ. Заполнить описание состояния в таблице №2.2. Проверить, возможно ли включение выключателя с помощью оперативной команды.
5. Приведите стенд в исходное состояние. Переключить ТСВ в положение «Отказ». Обратите внимание, что через некоторое время происходит

срабатывание предупредительной сигнализации – загорится светодиод «Вызов». Найдите значение этой выдержки времени в руководстве по эксплуатации блока или в уставках блока. Заполнить описание состояния в таблице №2.2 с указанием времени изменения состояния сигнализации (0, Твд.) с момента переключения ТСВ. Проверить, возможно ли отключение выключателя с помощью оперативной команды до появления сигнала «вызов» и после.

6. Приведите стенд в исходное состояние. Переключите ТСВ в положение «0». Заполнить описание состояния в таблице №2.2. Проверить, возможно ли отключение блока с помощью оперативной команды. Зафиксируйте изменение сигнализации;
7. Приведите стенд в нормальное состояние. Переключить ТСВ в положение «Отказ». Проверьте, возможно ли включение выключателя с помощью оперативной команды. Зафиксируйте состояния световой сигнализации;
8. Приведите стенд в нормальное состояние. Переключить ТСВ в положение «0». Проверьте, возможно ли включение выключателя с помощью оперативной команды. Зафиксируйте изменение состояния световой сигнализации;
9. Подключить кабель связи с компьютером к разъему RS-232 (для БМРЗ-101-КЛ) или разъему USB (для БМРЗ-153-УЗТ-01), подключиться к блоку с помощью ПрО «Монитор-100» (для БМРЗ-101-КЛ) или «Конфигуратор МТ» (для БМРЗ-153-УЗТ-01). Сохраните журнал событий (сделать скриншот). Проведите его анализ и соотнесите записи в журнале с выполненными шагами.

Таблица 2.2

Команды	Команда выполнена	Q вкл.*	Q откл.*	РПО**	РПВ**	Светодиоды блока		Запись в журнале аварий
						Вызов	вкл/откл/мигают	
Положение ТСВ - Норма								
Включить								
Отключить								
Положение ТСВ - 0								
Включить								
Отключить								
Положение ТСВ - Отказ								
Включить								
Отключить								

\* - положение выключателя оценивать по светодиодам ТУВ после команды управления.

\*\* - Состояние входов РПО/РПВ оценивать через соответствующее меню блока

### Параметрирование максимальной токовой защиты

В блок БМРЗ-101-КЛ через лицевую панель ввести 1 и 2 степени МТЗ, ввести уставки МТЗ, приведенные в таблице 2.3 Таблица .

Таблица 2.3. Уставки МТЗ блоков БМРЗ-10х и БМРЗ-153-УЗТ-01

Функция	Ключ		Конфигурация и уставки	Значение
	БМРЗ-10х	БМРЗ-15х		
МТЗ	S101	S102	МТЗ первая ступень введена	1
	S143	—	МТЗ первая ступень направленная	0
	S144	—	Направление мощности для первой ступени МТЗ прямое	0
	S120	S120	МТЗ первая ступень с контролем Ул	0
	S121	S121	МТЗ первая ступень с комбинированным пуском	0
			МТЗ РТ1, А	1
			МТЗ Т1-1, с	0,5
			МТЗ РН Ул, В	—
		МТЗ РН U2, В	—	

	S102	S103	МТЗ вторая ступень введена	1
			МТЗ РТ2, А	0,5
			МТЗ Т2, с	1,8
УМТЗ	—	S106	УМТЗ введено	1
			УМТЗ Т, с	1

### Проверка МТЗ

1. Приведите стенд в исходное состояние. Регулятором «I<sub>кл</sub>» на СКП-3М повышать ток до срабатывания второй ступени МТЗ, должен загореться светодиод «Пуск защиты». Регулятор оставить в положении, соответствующем току срабатывания;
2. С выдержкой времени ТСЗ выбранной ступени отключится выключатель, погаснет светодиод «Пуск защиты», зажгутся светодиоды «Вызов», «Ав. отключение», «Срабатывание защиты» (для БМРЗ-10х). По экрану БМРЗ проверить срабатывание второй ступени МТЗ, заполнить описание состояния в таблице №2.4;
3. С лицевой панели блока открыть журнал аварий блока БМРЗ и просмотреть детали аварийного события, убедиться, что в момент срабатывания ступени МТЗ ток превышает уставку второй ступени МТЗ;
4. Подключить кабель связи с компьютером к разъему RS-232 (для БМРЗ-101-КЛ) или разъему USB (для БМРЗ-153-УЗТ-01) на лицевой панели блока, подключиться к блоку помощью ПрО «Монитор-100» (для БМРЗ-101-КЛ) или «Конфигуратор МТ» (для БМРЗ-153-УЗТ-01), вывести вторую ступень МТЗ через ПК;
5. Приведите стенд в исходное положение состояние. Смоделировать ситуацию срабатывания первой ступени МТЗ, убедиться, что вторая ступень не работает. Заполнить описание состояния в таблице №2.4;



6. В ПрО «Монитор-100» или «Конфигуратор МТ» открыть журнал аварий блока и просмотреть детали аварийного события, убедиться, что в момент срабатывания ступени МТЗ ток превышает уставку первой ступени МТЗ;
7. Подключиться к блоку БМРЗ с помощью ПрО «Монитор-100» или «Конфигуратор МТ», скачать аварийную осциллограмму при срабатывании каждой ступени МТЗ;

#### Проверка УМТЗ

1. В ПрО «Монитор-100» или «Конфигуратор МТ» изменить уставку УМТЗ  $T_{УМТЗ}=0,1$  с;
2. Приведите стенд в исходное состояние. Убедитесь, что регулятор тока остался в положении соответствующем току срабатывания первой ступени. Затем включить выключатель с лицевой панели блока;
3. Загорится светодиод «Пуск защиты». С выдержкой времени  $T_{УМТЗ}$  отключится выключатель. Зажгутся светодиоды «Вызов», «Ав. отключение», «Срабатывание защиты» (для БМРЗ-10х). По экрану БМРЗ проверить срабатывание УМТЗ. Заполнить описание состояния в таблице №2.4;
4. В ПрО «Монитор-100» или «Конфигуратор МТ» открыть журнал аварий блока БМРЗ и просмотреть детали аварийного события, убедиться, что в момент срабатывания ступени МТЗ ток превышает уставку.
5. Подключиться к блоку БМРЗ с помощью ПрО «Монитор-100» или «Конфигуратор МТ», скачать аварийную осциллограмму при срабатывании УМТЗ;

#### Проверка МТЗ с контролем напряжения

1. Ввести пуск первой ступени МТЗ по снижению линейного напряжения, изменить уставку по напряжению  $U_{л}$  МТЗ ( $МТЗ U < 70$  В);
2. Приведите стенд в исходное состояние. Включить выключатель кнопкой с лицевой панели блока;

3. Для блока БМРЗ-153-УЗТ-01 подать сигнал на вход «Я9» (РПВ НН) (на СКП-3М включить тумблер «Выход 7»), проконтролировать срабатывание входа «Я9».
4. С СКП-3М подать на блок все фазы напряжения  $U \geq 80$  В,  $I = 1,5$  А. МТЗ срабатывать не должна;
5. Регулятором снижать напряжение до срабатывания 1 ступени МТЗ, должен загореться светодиод «Пуск защиты»;
6. С выдержкой времени  $T_{CЗ}$  отключится выключатель. Зажгутся светодиоды «Вызов», «Ав. отключение», «Срабатывание защиты» (для БМРЗ-10х). По экрану БМРЗ проверить срабатывание 1 ступени МТЗ;
7. После срабатывания МТЗ снизить ток до нуля, сквитировать блок защиты;
8. В ПрО «Монитор-100» или «Конфигуратор МТ» открыть журнал аварий блока и просмотреть детали аварийного события, убедиться, что в момент срабатывания первой ступени МТЗ ток превышает уставку, напряжение ниже уставки;
9. Скачать из блока БМРЗ осциллограммы смоделированных аварий;

Таблица 2.4

Ситуация (N шага)	Светодиоды					Запись в журнале аварий
	Пуск защиты	Авар. откл	Вызов	РПО	РПВ	
1						
2						
....						

## Обработка результатов и требования к содержанию отчета

### Обработка осциллограмм

В отчете должны быть представлены:

- Уставки МТЗ блока;
- Осциллограммы смоделированных аварий;
- Табл.2.2 и табл. 2.4;
- Скриншот журнала событий;

- Рассчитанные величины (см. ниже):
- Выводы.

Показать на осциллограммах:

- Моменты пуска МТЗ, УМТЗ, МТЗ с пуском по напряжению;
- Моменты изменений состояния дискретных входов и выходов;
- Моменты изменения положения РПО и РПВ;
- Момент отключения аварии;
- Время продолжительности аварии, время отключения выключателя, выдержку времени срабатывания защиты;

Обозначить данные моменты времени на осциллограммах. Проверить соответствие с данными, заполненными в таблицах №2.2 и 2.4. Сравните заданные уставки выдержек времени алгоритма МТЗ и УМТЗ с полученными на осциллограммах значениями.

### **Выводы**

В выводах отразить ответы на следующие вопросы:

- В чем отличие сигналов о состоянии блок контактов выключателя и РПО, РПВ?
- Критерии формирования сигналов РПО, РПВ.
- Какая разница во времени между срабатыванием защиты, отключением выключателя.
- В каких состояниях выключателя на включение и отключение исполняются логикой блока, а при каких нет?
- Для чего необходим журнал событий?
- Для чего необходимо записывать аварийные осциллограммы?

### **Контрольные вопросы по отчету**

- Поясните на функционально-логических схемах блока алгоритм формирования сигналов предупредительной и аварийной сигнализации при ситуациях, зафиксированных в табл. 2.2 и 2.4?

### **3 Лабораторная работа №2**

## **Взаимодействие блоков релейной защиты разных присоединений. Логическая защита шин и УРОВ**

#### **Цель работы**

Целью работы является:

- Ознакомление с типовым проектным решением по организации ЛЗШ и УРОВ на секциях 6-10кВ распределительных ПС.
- Формирование навыков сборки схем вторичной коммутации;
- Формирование навыков параметрирования и наладки ЛЗШ и УРОВ;
- Умение обработки осциллограмм аварийных процессов с разных устройств РЗА.

#### **Дополнительные источники информации к лабораторной работе.**

- Д1. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей .-3-е изд. перераб. и доп. – Ленэнергоатомиздат. Ленинградское отд-ние. 1985.-296с. ил.(&1.1);
- Д2. Шнеерсон Э.М. Цифровая релейная защита: - М. Энергоатомиздат, 2007. 549с: ил. (&4.2.6)
- Д3. Чернобровов Н. В., Семенов В. А. Релейная защита энергетических систем: Учеб. пособие для техникумов. М.: Энергоатомиздат, 1998. 800 с. ил.(&21)
- Д4. Интернет ресурс «Проект "РЗА" «Все о защите и автоматике электрических сетей»

<https://pro-rza.ru/logicheskaya-zashhita-shin-lzsh-shemy/>

<https://pro-rza.ru/ustrojstvo-rezervirovaniya-pri-otkaze-vyklyuchatelya-urov/>

## **Теоретические сведения.**

*Логическая защита шин (ЛЗШ)* широко используется на подстанциях распределительных сетей без синхронной нагрузки и синхронных генераторов.

Принцип действия логической защиты шин заключается в следующем. На вводном выключателе секции шин МТЗ выполняют либо с двумя выдержками времени (при применении электромеханических защит) [1.4], либо используют две ступени (два комплекта) МТЗ (при применении ЦРЗА) [1.2]. Первая ступень («быстрый» комплект) имеет выдержку времени 0,15-0,2 с и выполняет функции ЛЗШ. Она вводится в работу, если через защиту протекает ток повреждения и нет блокирующего сигнала от пусковых органов защиты отходящих линий. Этот блокирующий сигнал передается от защит отходящих линий к комплекту ЛЗШ с помощью общей шинки блокировки EBZ, расположенной вдоль всех ячеек секции. Если повреждение возникло на отходящем присоединении, то срабатывают его пусковые органы и ЛЗШ на питающем присоединении (ВВ) блокируется (не работает), при этом вторая ступень МТЗ с обычной селективной выдержкой времени продолжает функционировать, обеспечивая дальнейшее резервирование. Блокировка выполняется с помощью общего выходного реле. Если повреждены шины, то блокирующий сигнал со стороны отходящих присоединений отсутствует и срабатывает ЛЗШ («быстрый» комплект МТЗ), отключая через 0,15-0,2 с выключатель ввода и секционного выключателя [1.3].

На подстанциях с мощными синхронными электродвигателями (СД) или генераторами логическая защита шин не применяется из-за возможности ложных срабатываний при внешних КЗ в питающей сети и в послеаварийных качаниях, когда через ввод проходит ток подпитки от СД или генераторов или ток качаний, достаточный для пуска защиты, а блокирующий сигнал отсутствует, так как защиты СД и генераторов по принципу действия не

работают в этом режиме (например, дифференциальная) или отстроены от него (например, токовая отсечка). Кроме того, ЛЗШ не работает при КЗ в ячейке после трансформаторов тока защиты отходящей линии.

*Устройство резервирования при отказе выключателя (УРОВ)* – разновидность автоматики электрических сетей напряжением выше 1 кВ, предназначенная для отключения вышестоящих выключателей при отказе выключателя в аварийных ситуациях.

При коротком замыкании в сети релейная защита поврежденного участка подаёт сигнал на отключение выключателя, питающего данный участок, при этом пусковые органы УРОВ также вводятся в действие на отключение вышестоящих выключателей с выдержкой времени, достаточной для срабатывания резервируемого выключателя; при успешном срабатывании последнего УРОВ возвращается в исходное состояние и блокируется. В случае, если выключатель по каким-либо причинам (неисправность механической части, его цепей управления и т.п.) не отключился, то по истечении заданной выдержки времени УРОВ произведёт отключение всех вышестоящих выключателей, питающих повреждённую линию и находящихся ближе к источникам питания (по отношению к неотключившемуся выключателю) – вводной, секционный выключатель, выключатель генератора.

Для пуска УРОВ необходимо выполнение двух условий:

- Срабатывание релейной защиты на отключение выключателя, питающего непосредственно повреждённый участок.
- Факт наличия аварийных параметров, свидетельствующих о том, что повреждение по каким-либо причинам не устранено: выключатель не отключился, высокое значение тока и т.д.

## **Подготовка к лабораторной работе**

В лабораторной работе вам предстоит выполнить наладку ЛЗШ 6(10 кВ) и УРОВ в соответствии с альбомом типовых решений (Л5). В лабораторной работе будет задействовано 2 блока (конкретный тип блока задает преподаватель): блок отходящего присоединения (КЛ/Д/Т) и блок питающего присоединения (ВВ).

Для выполнения работы необходимо ознакомиться с описанием функций ЛЗШ, ускоренной МТЗ (УМТЗ), заложенных производителем блоков и проанализировать функциональные схемы алгоритмов ускорения МТЗ и ЛЗШ, резервирования при отказе выключателя (ЛЗ). Обратите внимание на различия в логике блоков 10х и 15х серий, а также на различия в логике блоков защиты отходящего и питающего присоединений.

Наладка функции ЛЗШ и УРОВ будет проводиться для схем, описанных в альбоме типовых решений (Л5). Проведите анализ проекта, обратите внимание, как организуются общесекционные шинки ЛЗШ и УРОВ, где установлен автоматический выключатель, обеспечивающий питание и защиту этих цепей, как провести проверку работы функции УРОВ на блоке отходящего присоединения без «реального» отключения вводного выключателя.

После этого необходимо провести расчеты уставок защиты питающих присоединений по выданному преподавателем заданию [1.1]. Подготовьте и заполните бланки параметрирования блоков по разделам УРОВ и ЛЗШ [ЛЗ].

### **Контрольные вопросы**

- Каким образом исключено блокирование секционного выключателя самого себя?
- Как выбирается время срабатывания УРОВ?
- Почему в цепях отходящего присоединения есть ключ «ввод УРОВ», а в цепях ЛЗШ аналогичного ключа «Ввод ЛЗШ» нет?
- Зачем в блоках предусмотрен нормально замкнутый контакт ЛЗШ?



- Чем обусловлена выдержка времени ЛЗШ?
- Каким программным ключом ЛЗШ вводится в работу?

### Описание лабораторной работы

Наладка блоков производится на учебных стендах в несколько этапов.

### Подготовка к испытаниям

- Убедитесь, что автоматический выключатель SF1 отключен, отсутствует оперативное напряжение на клеммах XT1 (лампы HLR не горят).
- Собрать цепи ЛЗШ для варианта с параллельным соединением контактов отходящих присоединений на клеммных рядах зажимах XT1-XT2 (XT3) ячеек ПП и ОЛ (Рис.3.1), цепи УРОВ (Рис.3.2). Цепи, которые необходимо собрать в процессе монтажа, выделены утолщенной линией.
- С помощью ПрО «Монитор-100» (БМРЗ-10х) или «Конфигуратор-МТ» (БМРЗ-15х) ввести уставки в соответствии с таблицами 3.1 и 3.2

После проверки преподавателем схемы сборки подайте оперативное питание, включив выключатель SF1, загорятся лампы HLR.

Таблица 3.1 Уставки блока питающего присоединения.

Функция	Ключ		Конфигурация и уставки	Значение*
	БМРЗ-10х	БМРЗ-15х		
МТЗ	S101	S103	МТЗ первая ступень введена	1
			МТЗ РТ1, А	1,00
			МТЗ Т1-1, с	1,30
УМТЗ, ЛЗШ			УМТЗ Т, с	0,10
	S128	S128	ЛЗШп введена	1
	S149	S149	Последовательная/параллельная ЛЗШ	1

	–		ЛЗШ Т, с	0,10
УРОВ	S46	S44	УРОВп введено	0
			УРОВ РТ, А	0,25
			УРОВ Т, с	0,30

\*в таблице указаны значения, которые нужно внести в блок при отсутствии индивидуального расчетного задания

Таблица 3.2 Уставки блока отходящего присоединения.

Функция	Ключ		Конфигурация и уставки	Значение*
	БМРЗ-10х	БМРЗ-15х		Пр. 1
МТЗ	S101	S103	МТЗ первая ступень введена	1
			МТЗ РТ1, А	1,00
			МТЗ Т1-1, с	1,00
ЛЗШ	–	S128	ЛЗШд введена	1
	–	S149	Последовательная/параллельная ЛЗШ	1
УРОВ	S44	S44	УРОВд введено	0
	–		УРОВ РТ, А	0,25
			УРОВ Т, с	0,30

\*в таблице указаны значения, которые нужно внести в блок при отсутствии индивидуального расчетного задания.

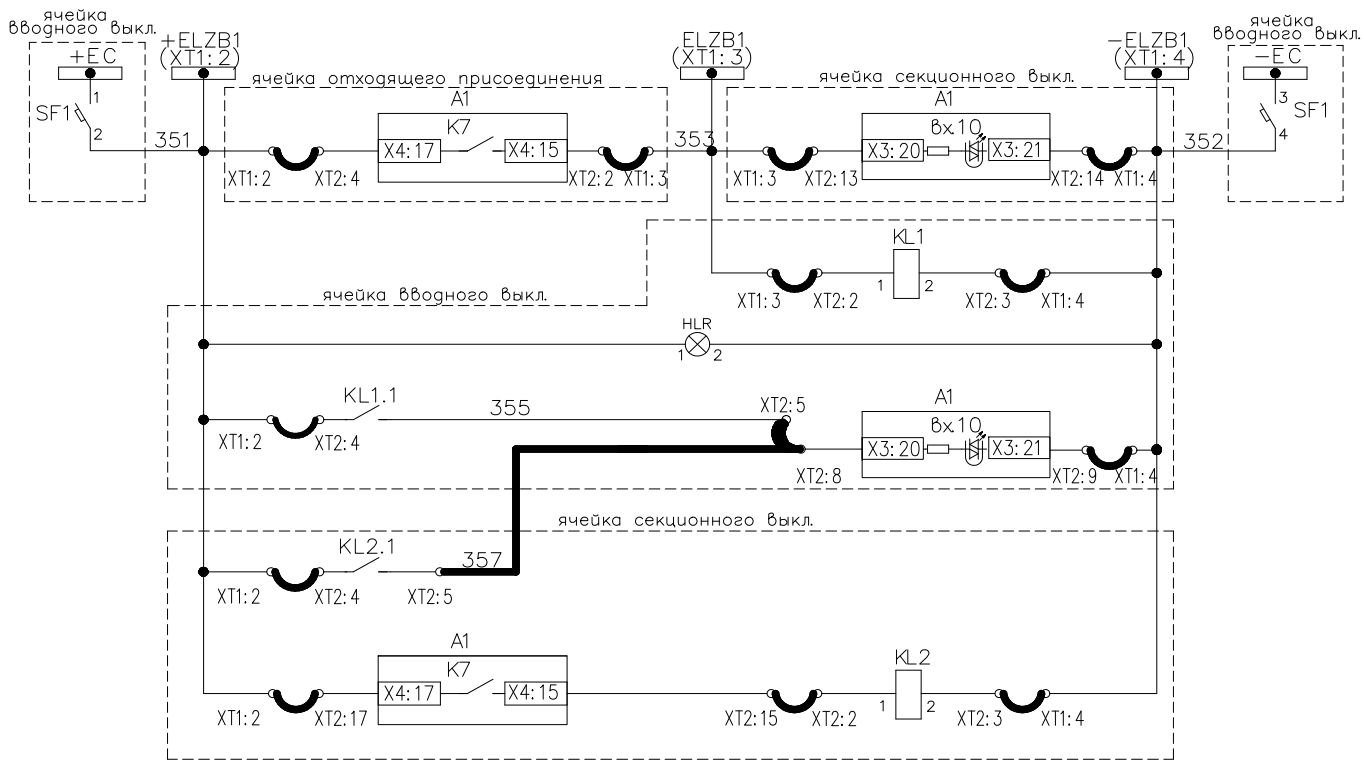
### **Проведение тестовых испытаний**

#### **Исходное состояние схемы:**

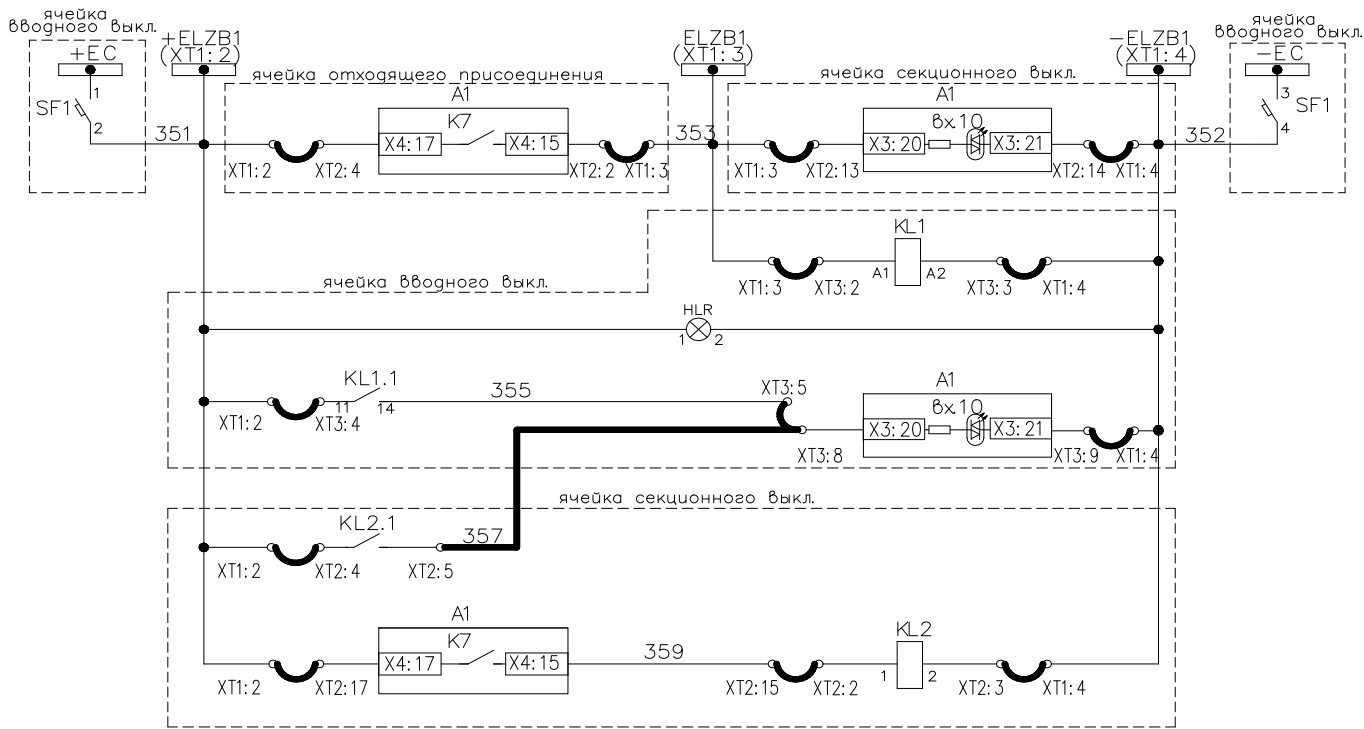
- выключатели питающего (ВВ) и отходящего (КЛ/УЗТ) присоединения включены;
- токи на блоки не подаются;
- аварийная и предупредительная сигнализация отсутствует;

- подается оперативное питание на клеммник вторичной коммутации лабораторного стенда (**автоматический выключатель SF1 включен**).

**Перед каждым опытом приводить схему в исходное состояние!**

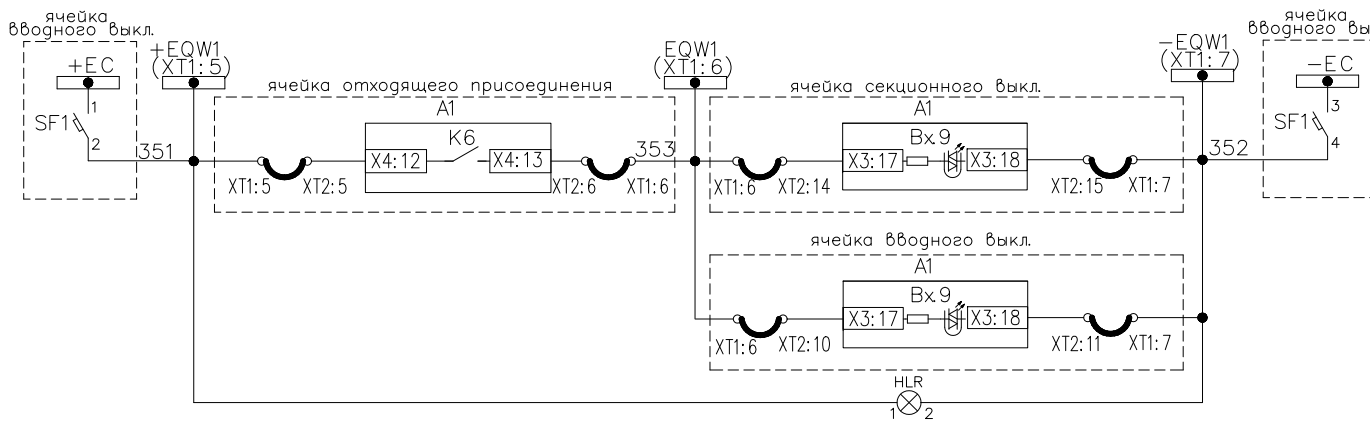


а)

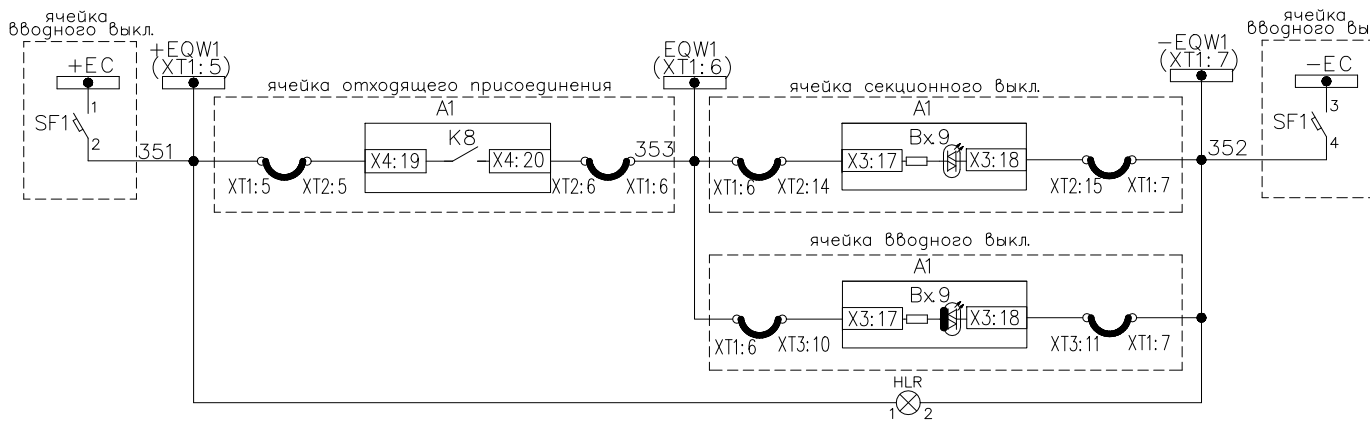


б)

Рисунок 3.1 – Вторичные цепи ЛЗШ для блоков БМР3-10х (а), БМР3-15х (б)



а)



б)

Рисунок 3.2 – Вторичные цепи УРОВ для блоков БМР3-10х (а), БМР3-15х (б)

### Проверка ЛЗШ и УРОВ

1. Собрать вторичные цепи ЛЗШ на стенде ПП и ОП в соответствии с рисунком 3.1.
2. **Проверка работы МТЗ питающего присоединения при КЗ на шинах**
  - 2.1 Регулятором «I<sub>ВВ</sub>» на СКП-3М ячейки ПП повышать ток до срабатывания вводной ступени МТЗ;
  - 2.2 Должно произойти отключение выключателя ПП с выдержкой времени T<sub>УСК</sub> (БМР3-10х) или ЛЗШ Т (БМР3-15х). На экране блока ПП должна появиться надпись «Ав. УМТЗ» (БМР3-10х) или «Сраб.

ЛЗШ» (БМРЗ-15х), зажгутся светодиоды «Вызов», «Ав. отключение»;

2.3 Зафиксировать срабатывание дискретных сигналов и световой сигнализации, записи журнала событий на блоке ПП;

2.4 Выписать в отчет запись из журнала «Аварии и События»;

2.5 Снять осциллограммы с блока управления питающего присоединения. В программе Fastview убедиться, что зафиксировано действие УМТЗ (БМРЗ-10х)/ЛЗШ (БМРЗ-15х);

2.6 Вернуть схему в исходное состояние.

### **3. Проверка работы ЛЗШ при КЗ на отходящем присоединении**

3.1 Регулятором «I<sub>СЕКЦИИ</sub>» на СКП-3М ячейки ОП повышать ток до срабатывания введенной ступени МТЗ. Регулятор оставить в положении, соответствующем току срабатывания. Должно произойти отключение выключателя ОП, выключатель ПП отключаться не должен;

3.2 Зафиксировать срабатывание дискретных сигналов и световой сигнализации, записи журнала событий на двух блоках (ПП и ОП);

3.3 Выписать в отчет запись из журнала «Аварии и События»;

3.4 Снять осциллограммы с блока управления питающего и отходящего присоединения. В программе Fastview убедиться, что зафиксировано действие правильное действие ЛЗШ;

3.5 Вернуть схему в исходное состояние.

### **4. Фиксация неселективного действия защит при отсутствии ЛЗШ**

4.1 Отсоединить перемычки отходящего присоединения от шинки ELZB;

4.2 Регулятором «I<sub>СЕКЦИИ</sub>» на СКП-3М ячейки ОП повышать ток до срабатывания введенной ступени МТЗ. Должно произойти неселективное (с выдержкой времени  $T_{УСК}$  (БМРЗ-10х) или ЛЗШ Т (БМРЗ-15х)) отключение выключателя ПП по УМТЗ/ЛЗШ;

- 4.3 Зафиксировать срабатывание дискретных сигналов и световой сигнализации на двух блоках (ПП и ОП);
- 4.4 Выписать в отчет запись из журнала «Аварии и События» обоих блоков;
- 4.5 Снять осциллограммы с блока управления питающего и отходящего присоединения. В программе Fastview убедиться, что зафиксировано неселективное отключение;
- 4.6 Вернуть схему в исходное состояние, вернуть переключку на шинку ELZB
- 5. Проверка действия защит питающего присоединения при не устранённом КЗ после пуска ЛЗШ (отказ выключателя)**
- 5.1 Перевести тумблер/переключатель «Отказ Q» (не на СКП-3М) в положение «Вкл.» (вверх)/«0» (по центру);
- 5.2 Регулятором «I<sub>СЕКЦИИ</sub>» на СКП-3М ячейки ОП повышать ток до срабатывания введенной ступени МТЗ. Происходит отказ выключателя ОП и отключение выключателя ПП с селективной выдержкой времени (с выдержкой времени  $T_{МТЗ\ T1-1}$ ).
- 5.3 Зафиксировать срабатывание дискретных сигналов и световой сигнализации на двух блоках (ПП и ОП);
- 5.4 Выписать в отчет запись из журнала «Аварии и События» обоих блоков;
- 5.5 Снять осциллограммы с блока управления питающего и отходящего присоединения. В программе Fastview убедиться, что зафиксирован отказ выключателя ОП при действии МТЗ и селективное действие МТЗ ПП;
- 5.6 Перевести тумблер «Отказ Q» на стенде ОП в положение «Выкл.» (вниз)/ «норма» (вправо). Выключатель ОП должен отключиться;
- 5.7 Вернуть схему в исходное состояние.
- 5.8 В блоках ПП и ОП вывести ЛЗШ из работы.

## 6. Проверка действия УРОВ отходящего присоединения

- 6.1 Собрать вторичные цепи УРОВ на стенде ПП и ОП в соответствии с рисунком 3.2.
- 6.2 В блоке ПП вывести 1 ступень МТЗ, ввести УРОВп;
- 6.3 В блоке ОП ввести УРОВд;
- 6.4 Перевести тумблер/переключатель «Отказ Q» (не на СКП-3М) в положение «Вкл.» (вверх)/«0» (по центру);
- 6.5 Регулятором «Iсекции» на СКП-3М ячейки ОП повышать ток до срабатывания введенной ступени МТЗ. Происходит отказ выключателя ОП и отключение выключателя ПП по УРОВ;
- 6.6 Зафиксировать срабатывание дискретных сигналов и световой сигнализации на двух блоках (ПП и ОП);
- 6.7 Выписать в отчет запись из журнала «Аварии и События» обоих блоков
- 6.8 Снять осциллограммы с блоков управления питающего и отходящего присоединений. В программе Fastview убедиться, что зафиксировано действие УРОВ;
- 6.9 Вернуть схему в исходное состояние.

Во время выполнения проверок заполнять таблицу по следующей форме (Название и время срабатывания выходного дискретного сигнала заполняется позднее по осциллограммам).

Таблица 3.3 Выходные данные

		Запись в журнале		Светодиоды	Выход блока	
		текст	время		Название сигнала	Время сраб.
1	ПП					
	ОП					
2	ПП					
	ОП					
...	ПП					
	ОП					



## **Обработка результатов и требования к содержанию отчета**

### *Обработка осциллограмм*

В отчет занести осциллограммы с блоков отходящего и питающего присоединений .

По осциллограммам определить:

- Момент возникновения КЗ;
- Моменты пуска МТЗ, УМТЗ, ЛЗШ, УРОВ;
- Моменты появления дискретных сигналов при действии ЛЗШ, УРОВ;
- Моменты приема дискретных сигналов ЛЗШ, УРОВ;
- Моменты изменения положения выключателей;
- Момент отключения КЗ;
- Время продолжительности КЗ;

Обозначить данные моменты времени на осциллограммах. Выявить соответствие с данными, заполненными в таблице №3.3, заполнить столбец времени срабатывания дискретных сигналов.

Сравните уставки выдержек времени алгоритмов МТЗ, ЛЗШ и УРОВ с полученными значениями на осциллограммах.

### **Выводы**

В выводах отразить ответы на следующие вопросы:

- Какой объем проверок необходимо производить, чтобы убедиться в правильном функционировании УРОВ секции?
- Какой объем проверок необходимо производить, чтобы убедиться в правильном функционировании ЛЗШ секции?
- Какие особенности тестирования ЛЗШ по сравнению с проверкой МТЗ?
- Как можно классифицировать виды ошибок, которые могут быть выявлены при наладке функций ЛЗШ и УРОВ?
- На что нужно обратить особое внимание при проверке ЛЗШ и УРОВ?

## 4 Лабораторная работа №3

### Автоматический ввод резерва. АВР на базе микропроцессорных блоков БМРЗ-1хх-ВВ, БМРЗ-1хх-СВ

#### Цель работы

Целью работы является:

- Знание типовых проектных решений по организации АВР на секциях 6-10кВ распределительных ПС.
- формирование навыков сборки схем вторичной коммутации;
- формирование навыков параметрирования и наладки АВР;
- умение обработки осциллограмм аварийных процессов с разных устройств РЗА.

#### Дополнительные источники информации к лабораторной работе.

- Д1. Автоматика энергосистем: Учеб. для техникумов/ М.А. Беркович, В.А. Гладышев, В.А. Семенов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1991. 240 С.: ил.
- Д2. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей. -3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние. 1985.- 296с.. ил.
- Д3. ПУЭ г3.1 «Автоматическое включение резервного питания и оборудования»
- Д4. Интернет-ресурс «Проект "РЗА" «Все о защите и автоматике электрических сетей»

<https://www.youtube.com/watch?v=cLAtLpDbo3M>

#### Теоретические сведения.

**Автоматический ввод резерва (Автоматическое включение резерва, АВР)** – способ обеспечения резервным электроснабжением нагрузок,

подключенных к системе электроснабжения, имеющей не менее двух питающих вводов и направленный на повышение надежности системы электроснабжения. Заключается в автоматическом подключении к нагрузкам резервного источника питания в случае потери основного. Схемы питания потребителей достаточно разнообразны и обуславливают различные особенности организации АВР. Наиболее распространённые и типовые схемы, в которых применяются АВР описаны в (Л4.1 и Л.4.2). Для понимания функционирования автоматики необходимо изучить и нормы технологического проектирования (Л4.3) и общие требования, предъявляемые к АВР. Отметим основные из них.

АВР должен срабатывать за минимально возможное время после отключения рабочего источника энергии. АВР должен срабатывать всегда, в случае исчезновения напряжения на шинах потребителей, независимо от причины. В некоторых случаях требуется задержка переключения АВР. К примеру, при запуске мощных двигателей на стороне потребителя, схема АВР должна игнорировать просадку напряжения.

В качестве пускового органа в АВР используется реле минимального напряжения, дополнительно может быть использовано реле частоты и реле напряжения обратной последовательности, контролирующие соответствующие параметры напряжения на секции (п3.3.36 Л3.2).

Однако условие пуска не является достаточным для того, чтобы устройство АВР начало свою работу, так как необходимо исключить неуспешный АВР, который может быть обусловлен различными причинами. Во-первых, необходимо исключить действие АВР при наличии повреждения на секции или сети электроснабжения, чтобы избежать увеличения повреждения от короткого замыкания. Для этого предусматривается блокировка АВР при работе защит секции. Во-вторых, необходимо проверить готовность резервного источника питания. Для этого формируется сигнал разрешения АВР с устройства контролирующего ввод резервного

питания. Если на обоих питающих линиях напряжение отсутствует, то работа АВР не имеет смысла.

После пуска и проверки указанных условий и истечения выдержки времени АВР формируются команда на отключение выключателя основного питания и, после успешного ее выполнения, команда на включения резервного источника. Такая последовательность необходима для исключения включения на повреждение на основном питании (см. рис. ).

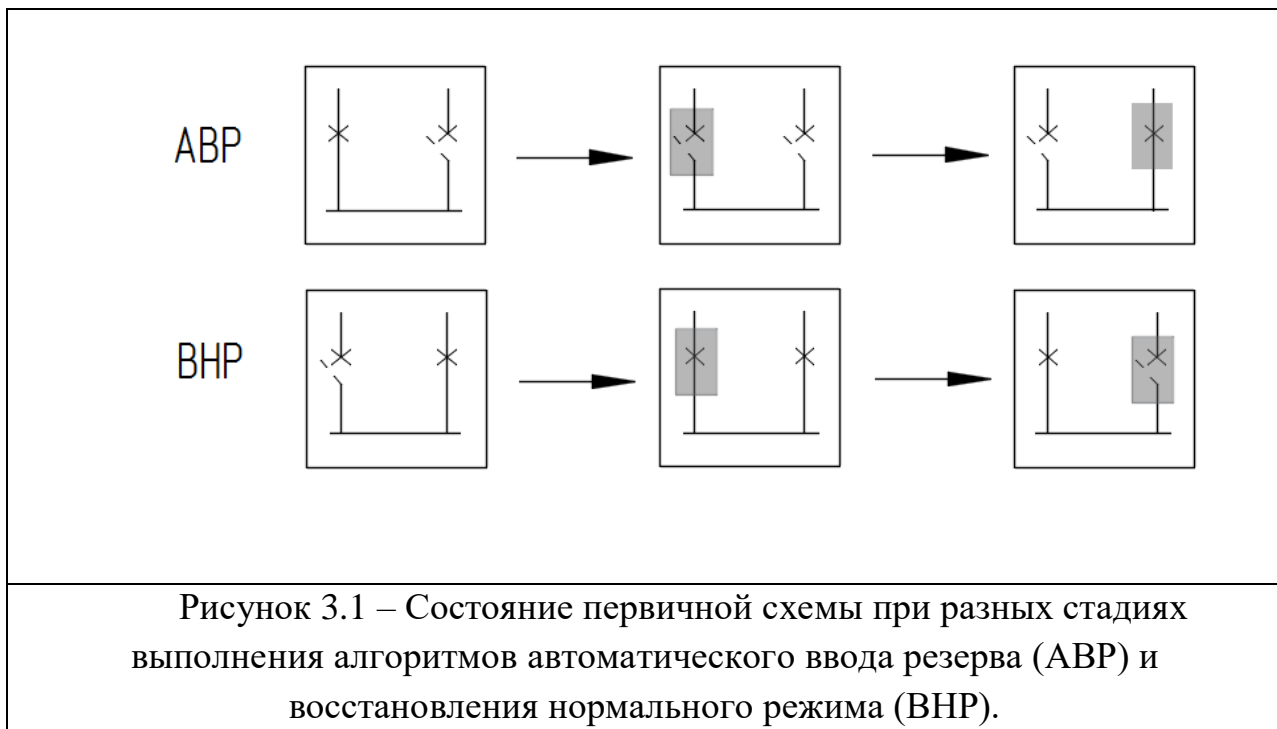


Рисунок 3.1 – Состояние первичной схемы при разных стадиях выполнения алгоритмов автоматического ввода резерва (ABP) и восстановления нормального режима (VNR).

При срабатывании АВР рекомендуется обеспечить ускорение защит ввода резервного питания (см. п.3.3.40 ЛЗ.2)

ABP должен срабатывать однократно (п.3.3.32 ЛЗ.2). Это требование обусловлено недопустимостью многократного включения резервных источников в систему с не устранённым повреждением.

ABP также подразделяется на системы без восстановления и с восстановлением нормального режима (VNR): при работе с восстановлением при возврате напряжения на основном вводе с установленной выдержкой схема восстанавливает исходную конфигурацию. При восстановлении нормального режима допускается кратковременная работа питающих

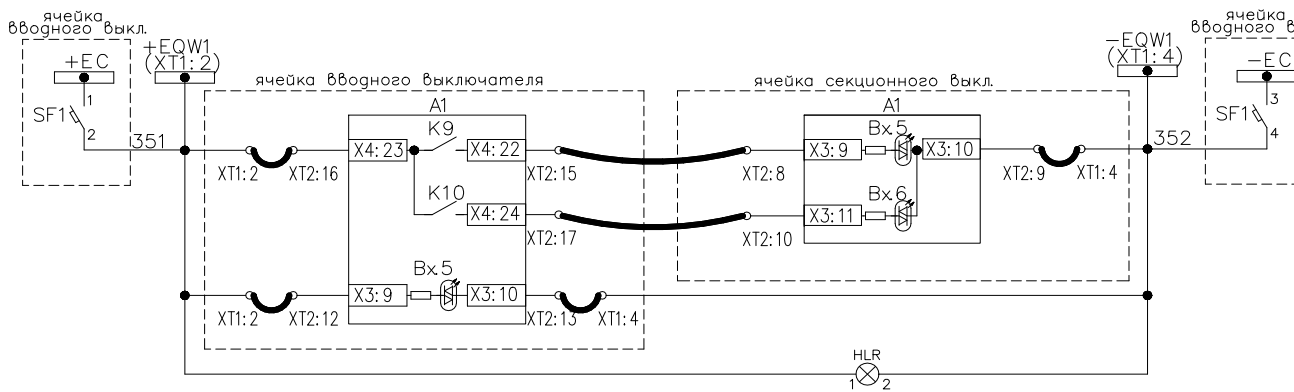
трансформаторов «в параллель» для обеспечения бесперебойности электроснабжения. (см. рис. )

Особенности схем питания нагрузки, которые могут обуславливать особенности функционирования АВР являются, во-первых, наличие источника малой мощности. Как следствие, при отключении основного источника питания напряжение не пропадает, но может наблюдаться снижение частоты вследствие дефицита мощности на секции. Во-вторых, наличие двигательной нагрузки и соответствующие режимы выбега и самозапуска.

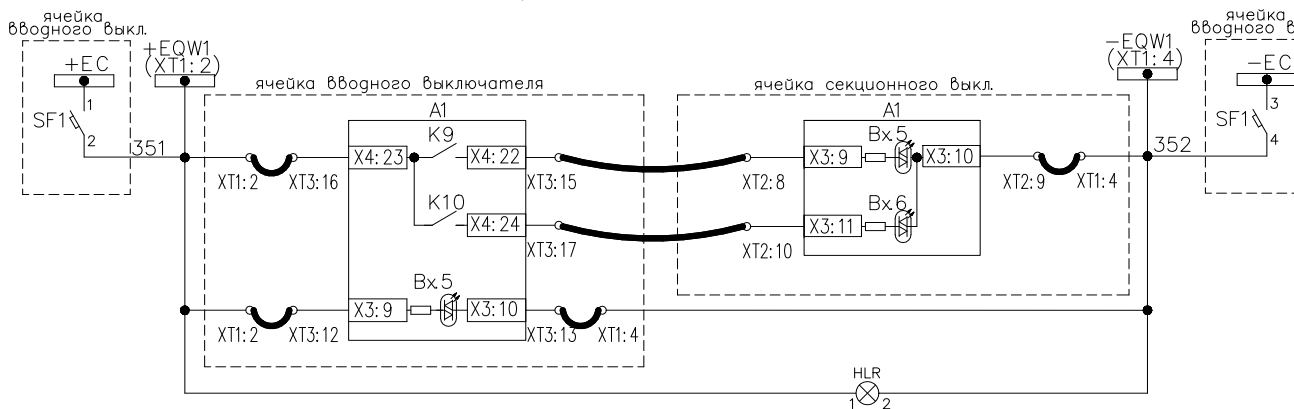
### **Подготовка к лабораторной работе.**

В лабораторной работе вам предстоит выполнить настройку АВР с использованием блоков серий БМРЗ 10х и/или 15х для вводного (ВВ) и секционного (СВ) выключателей.

Для этого необходимо ознакомиться с описанием возможностей функции АВР, заложенных производителем блоков и проанализировать функциональные схемы алгоритмов автоматического ввода резерва (рис. 3.1), восстановления схемы нормального режима после АВР (ВНР), разрешения АВР, защиты от потери питания. Обратите внимание на различия в логике блоков 10х и 15х серий.



а)



б)

Рисунок 3.2 – Схема оперативных цепей блоков ячейки СВ и ВВ, обеспечивающих работу АВР и ВНР для стенда с блоками БМР3-10х (а) и БМР3-15х (б)

Наладка функции АВР будет проводиться для схемы, описанной в альбоме типовых решений (Л5). Проведите анализ проекта, обратите внимание, как сигнализируется работа АВР, какими устройствами вторичной аппаратуры вы можете управлять для функционирования АВР.

После этого необходимо провести расчеты уставок АВР по выданному преподавателем заданию Л4.1 и Л4.2. Подготовьте и заполните бланки параметрирования блоков управления ВВ и СВ для настройки АВР.

Таблица 3.1. Уставки АВР и ВНР блока БМР3-103-ВВ и БМР3-152-ВВ

Функция	Ключ		Конфигурация и уставки	Значение*
	БМР3-10х	БМР3-15х		
АВР	S50	S50	АВР введен	1
	S57	S57	Контроль $U_{ВНР}$ для АВР введен	1
	S58	S58	АВР по СО введено	1
	S505	S505	Контроль F для АВР введен	0
	S506	S506	Контроль $U_2$ для АВР введен	0
	S504	S504	Контроль ЗПП для АВР введен	0
	–	S110	Контроль неисправности ТН введен	0
			АВР РН1 Ул, В (Уставка АВР по линейному напряжению)	90
			АВР РН2 Ул, В (Уставка АВР по линейному напряжению $U_{ВНР}$ )	200
			АВР РН $U_2$ , В	–
			АВР РЧ, Гц	–
		АВР T1, с	0,5	
		АВР T2, с	–	
		АВР T3, с	–	
ВНР	S51	S51	ВНР введен	1
	S43	S43	Блокировка ВНР при ЗПП введена	0
	–	S511	Запрет параллельной работы при ВНР введен	0
			ВНР РН1 Ул, В (Уставка ВНР по линейному напряжению)	60
			ВНР РН2 Ул, В (Уставка ВНР по допустимому напряжению включения вводного выключателя)	–
			ВНР T1, с	3
		ВНР T2, с	–	

\*в таблице указаны значения, которые нужно внести в блок при отсутствии индивидуального расчетного задания

### Контрольные вопросы

- Чем определяется выдержка времени АВР?

- Какие причины могут обуславливать неуспешный АВР и какие существуют технические решения для исключения неуспешного АВР?
- Объясните термин СО (самопроизвольное отключение), используемый в руководстве по эксплуатации на блоки БМРЗ?
- Какие дискретные сигналы необходимо фиксировать для полноценного анализа действий АВР в различных аварийных ситуациях?
- Какие основные требования предъявляются к АВР в сетях среднего класса напряжения в ПУЭ?
- Опишите основные технические решения, реализованные в проекте, по которому будет проводиться настройка блоков.
- Обеспечены ли требования к АВР (см. ГЗ.2 ЛЗ.1)?
- Можно ли использовать блоки БМРЗ во всех схемах, представленных на рис.3.1 ЛЗ.1?

### **Описание лабораторной работы**

Наладка блоков производится на учебных стендах в несколько этапов.

### **Подготовка к испытаниям**

С помощью монтажных проводов на лабораторном стенде собрать схему, соответствующую принципиальной монтажной схеме на рисунке 3.1 для соответствующего исполнения блоков БМРЗ. Цепи, которые необходимо собрать в процессе монтажа, выделены утолщенной линией.

#### Для стенда на блоках БМРЗ-10х

Через ПрО «Монитор-100» в блоке БМРЗ-103-ВВ ввести АВР по линейному напряжению, АВР по самопроизвольному отключению (СО) и контроль ВНР в соответствии с таблицей 3.1. Не разрешать отключение выключателя ввода при отсутствии входа «Разреш. АВР» (ключ S507=0). Также ввести 1 ступень МТЗ, и уставки МТЗ из лабораторной работы №1.



Через программу-конфигуратор ПрО «Монитор-100» ввести функцию записи осциллограмм с записью дискретных сигналов АВР в блоке БМРЗ-103-ВВ (если запись не включена).

#### Для стенда на блоках БМРЗ-15х

Через ПрО «Конфигуратор-МТ» в блоке БМРЗ-152-ВВ ввести АВР по линейному напряжению, АВР по самопроизвольному отключению (СО), ВНР в соответствии с таблицей 3.1. Ввести 1 ступень МТЗ и уставки МТЗ из лабораторной работы №2.

#### **Исходное состояние схемы:**

- подается оперативное питание на клеммники вторичной коммутации СВ и ВВ (автомат SF1 включен);
- вводной выключатель (ВВ) включен (включать кнопками Вкл./Откл. на лицевой панели блока вводного выключателя);
- секционный выключатель (СВ) отключен;
- на ВВ подано напряжение  $U_{AB,BC}$  с СКП-3М ( $U_{AB}=U_{BC}>100$  В);
- напряжение  $U_{ВНР}$  на ВВ не подается (автомат SF2 отключен);
- блоки квитированы, сигнализация отсутствует.

**Перед каждым опытом, кроме проверки работы ВНР, приводить схему в исходное состояние!**

После сборки схемы и включения автомата SF1 убедиться, что вход 5 «Разрешение АВР» блока БМРЗ-1хх-ВВ сработал.

#### **Проведение тестовых испытаний**

**Проверка АВР и ВНР по снижению напряжения, СО и отсутствию АВР при срабатывании МТЗ.**

Только для БМРЗ-103-ВВ: подключиться с помощью ПрО «Монитор-100» к блоку БМРЗ-103-ВВ. Убедиться, что во вкладке «Логические выходы» не активен сигнал «Контроль ВНР». Иначе подождать до 120 сек.

Провести проверку по следующей программе

Таблица 3.2. Проведение тестовых испытаний

	Действие	Ожидаемая реакция схемы
<b>Проверка работы АВР при снижении питающего напряжения</b>		
1	Снизить напряжение $U_{AB,BC}$ на ВВ ниже уставки $U_{ABP}$	Отключение ВВ и включение СВ.
2	Открыть журнал аварий блока БМРЗ-1хх-ВВ и БМРЗ-1хх-СВ, просмотреть детали аварийного события; С помощью ПрО «Монитор-100» или «Конфигуратор-МТ» скачать аварийные осциллограммы АВР с обоих блоков;	-----
3	Сквитировать оба блока;	Снятие световой сигнализации
<b>Проверка возврата нормального режима (ВНР)</b>		
4	Выкрутить регулятор напряжения ВВ « $U_{AB,BC}$ » в положение номинального напряжения ( $\geq 100$ В). Подать напряжение ВНР (включить автомат SF2)	Включение ВВ и отключение СВ.
5	Открыть журнал аварий блока БМРЗ-1хх-ВВ и БМРЗ-1хх-СВ, просмотреть детали аварийного события; С помощью ПрО «Монитор-100» или «Конфигуратор-МТ» скачать аварийные осциллограммы ВНР с обоих блоков;	-----
6	Снять напряжение ВНР;	-----
7	Сквитировать оба блока;	Снятие световой сигнализации
<b>Проверка работы АВР при СО</b>		
8	Сымитировать СО ВВ	Отключение ВВ и включение СВ.

9	Открыть журнал аварий блока БМРЗ-1хх-ВВ и БМРЗ-1хх-СВ, просмотреть детали аварийного события; С помощью ПрО «Монитор-100» или «Конфигуратор-МТ» скачать аварийные осциллограммы АВР с обоих блоков;	-----
10	Сквитировать оба блока;	Снятие световой сигнализации
11	Привести схему в исходное состояние	-----
<b>Проверка не действия АВР при срабатывании МТЗ основного питающего присоединения</b>		
12	На стенде БМРЗ-1хх-ВВ с помощью СКП-3М повысить ток до срабатывания 1 ступени МТЗ	По МТЗ отключится ВВ и по АВР не должен включиться СВ
13	Снять ток, сквитировать блок ВВ	Снятие световой сигнализации

Во время выполнения проверок заполнять таблицу по следующей форме.

Табл. 3.3 Выходные данные

		Запись в журнале аварий		Свето диоды	Выходные контакты	
		текст	время		Номер	Время сраб.
1	ВВ					
	СВ					
2	ВВ					
	СВ					
...	ВВ					
	СВ					

### Обработка результатов и требования к содержанию отчета

#### Обработка осциллограмм

В отчет занести осциллограммы с БМРЗ-1хх-ВВ и БМРЗ-1хх-СВ.

По осциллограмме определить:

- Момент пропадания/снижения напряжения;
- Момент пуска АВР и событие его вызывающее;

- Моменты выдачи команд на выключатели;
- Моменты изменения положения выключателей;
- Время отсутствия питания на секции;
- Время срабатывания АВР;
- Время срабатывания ВНР;

Обозначить данные моменты времени на осциллограммах.

Сравните уставки выдержек времени алгоритма АВР и ВНР с полученными значениями на осциллограммах.

На осциллограммах с БМРЗ-1хх-ВВ и БМРЗ-1хх-СВ показать работу АВР и ВНР.

### **Выводы**

В выводах отразить ответы на следующие вопросы:

- Какой объем проверок необходимо производить, чтобы убедиться в правильном функционировании АВР секции?
- Классифицировать виды ошибок, которые могут быть выявлены при наладке функции АВР?
- На что нужно обратить особое внимание при проверке АВР?

## Приложение 1. Анализ осциллограмм

### Общие данные об осциллограммах

Для анализа работы средств релейной защиты и автоматики при авариях, а также для определения и анализа аварийного повреждения электрического оборудования, одной из обязательных функций системы РЗА является запись осциллограмм аварийных процессов. Продолжительность и объем записанных данных определяется решением указанных выше задач. В общем случае должны быть зафиксированы следующие режимы: предаварийный режим (от 0,01 до 0,5с), аварийный режим (0,5 до 3-4с): момент аварий и работы РЗА, и послеаварийный режим, в который происходит работа АПВ, АВР и другой послеаварийной автоматики (до 5-7 с).

Для фиксации до аварийного режима, в оперативной памяти устройства реализуется запись данных в кольцевой буфер по принципу FIFO (first in – first out), то есть новые данные затирают самые старые. С момента появления команды на начало записи осциллограммы стирание останавливается и данные пишутся в оперативной памяти до заполнения выделенной области или в соответствии с заданной длительностью записи. Таким образом, в составе осциллограммы есть так называемый «предрежим», то есть до момента пуска записи. Благодаря этому набору данных, мы можем проанализировать состояние защищаемого оборудования до аварии.

Аварийный процесс, возникающий при повреждении электрооборудования, сопровождается изменением тока и напряжения. По характерным признакам повреждения, то есть по тем или иным параметрам токов и напряжений, на осциллограмме можно отследить момент начала аварии. Одна или несколько функций релейной защиты, анализируя доступные им измерения, пускается и формирует команду на запись осциллограммы, этот момент немного запаздывает (обычно не более 20 мс) от момента возникновения аварии.

В современных устройствах ЦРЗА длительность записи каждого из вышеуказанных режимов и общую длительность осциллограммы можно настраивать. Рекомендуется сохранять запись, по которой можно отследить моменты срабатывания защиты и формирования других внутренних сигналов РЗА, срабатывания выходных реле, действие выключателей и другой аппаратуры, на которую действует защита. Продолжительность записи ограничиваются размером выделенной области оперативной памяти, скоростью и размером постоянной памяти устройства ЦРЗА. На осциллограмме можно отследить выдержки времени защит, время действия коммутационных аппаратов, действие автоматики после аварии и т.д.

После того как повреждение в сети локализовано, может предусматриваться действие автоматики, которая восстанавливает питание всех или хотя бы части потребителей электроэнергии (АВР, АПВ, АЧР/ЧАПВ и т.д.). В этом случае требуется продолжение записи осциллограммы.

Стоит отметить, что на крупных электроэнергетических объектах для обеспечения записи аварийных процессов предусматривают специализированные системы регистрации аварийных процессов, а осциллограммы, записанные ЦРЗА, являются дополнительным источником информации о повреждении.

В настоящее время стандартом записи осциллограмм аварийных процессов для всех производителей ЦРЗА является формат записи аварийной электротехнической информации – «COMTRADE». Название образовано из четырех английских слов:

- **COM** mon (общепринятый);
- **TRA** nsient (переходный);
- **D** ata (данные);
- **E** xchange (обмен).

Использование единого формата записи осциллограмм дает возможность любой программе отображения и анализа осциллограмм использовать данные, зарегистрированными на устройстве ЦРЗА любого стороннего производителя и обработанными программой от какой-либо сторонней группы разработчиков и предоставлять программам других разработчиков пользоваться теми данными осциллограмм, которые она использует. Для этого было введено правило, в соответствии с которым, любая программа, отображающая и анализирующая данные аварийных осциллограмм, и использующая в своей работе собственный формат обработки этих данных, должна уметь конвертировать эти данные и результаты своей работы с ними как из собственного формата в формат COMTRADE, так и из формата COMTRADE в свой собственный формат.

По стандарту COMTRADE осциллограмма представляет собой два обязательных файла:

1. файл данных (.dat файл), который содержит выборки аналоговых и дискретных каналов. Представляет собой бинарный или ASCII файл, с нормализованными значениями параметров каждого канала в каждый момент времени измерения.
2. файл конфигурации (.cfg файл), содержащий параметры устройства и условия при которых была сформирована осциллограмма:
  - название и обозначение присоединения или устройства ЦРЗА;
  - количество и тип каналов данных;
  - имена каналов, модулей и коэффициенты преобразования;
  - частота сети;
  - частота дискретизации и число выборок при этой частоте;
  - две отметки дата/время: для первого значения в файле данных и для момента пуска защиты;
  - тип файла: ASCII или BINARY.

Также в составе осциллограммы могут присутствовать необязательные файлы:

3. файл информации (.inf), предусмотрен для обмена информацией о событии, записанном в файле COMTRADE, с целью улучшения обработки или анализа данных;
4. файл заголовка (.hdr). Файл содержит обобщенную информацию, доступную в основных файлах – .cfg, .dat. Это текстовый файл для хранения вспомогательной информации описательного характера, предназначенной для того, чтобы пользователь лучше понимал условия записи переходного процесса. Файл заголовка не предназначен для обработки прикладными программами.

Вне зависимости от количества файлов в составе осциллограммы, все файлы имеют одинаковое название и отличаются только расширением, например:

- 24.04.2020,14.09.05.637,0t,БМРЗ-155-ТН-01.cfg
- 24.04.2020,14.09.05.637,0t,БМРЗ-155-ТН-01.dat
- 24.04.2020,14.09.05.637,0t,БМРЗ-155-ТН-01.hdr

Каждый производитель ЦРЗА или регистратора аварийных событий (РАС) выпускает собственную программу для просмотра и анализа осциллограмм, предназначенную в первую очередь для работы с устройствами собственного производства, но также способных работать с файлами COMTRADE устройств сторонних производителей с некоторыми ограничениями. Примерами таких программ являются:

- «FastView» (ООО «НТЦ «Механотроника»);
- «BSCOPE» (ООО «Релематика»);
- «Waves», «Просмотрщик осциллограмм» (ООО НПП «ЭКРА»);
- «Просмотрщик осциллограмм» (АО «ЧЭАЗ»);
- «SFT 2826» и «WaveWin» (Шнейдер Электрик);
- «Sigra» (Siemens);



- «Transcop» (Парма);
- «Осциллограф» (ЗАО «НПФ «ЭНЕРГОСОЮЗ») и др.

## Пример использование ПО «FastView».

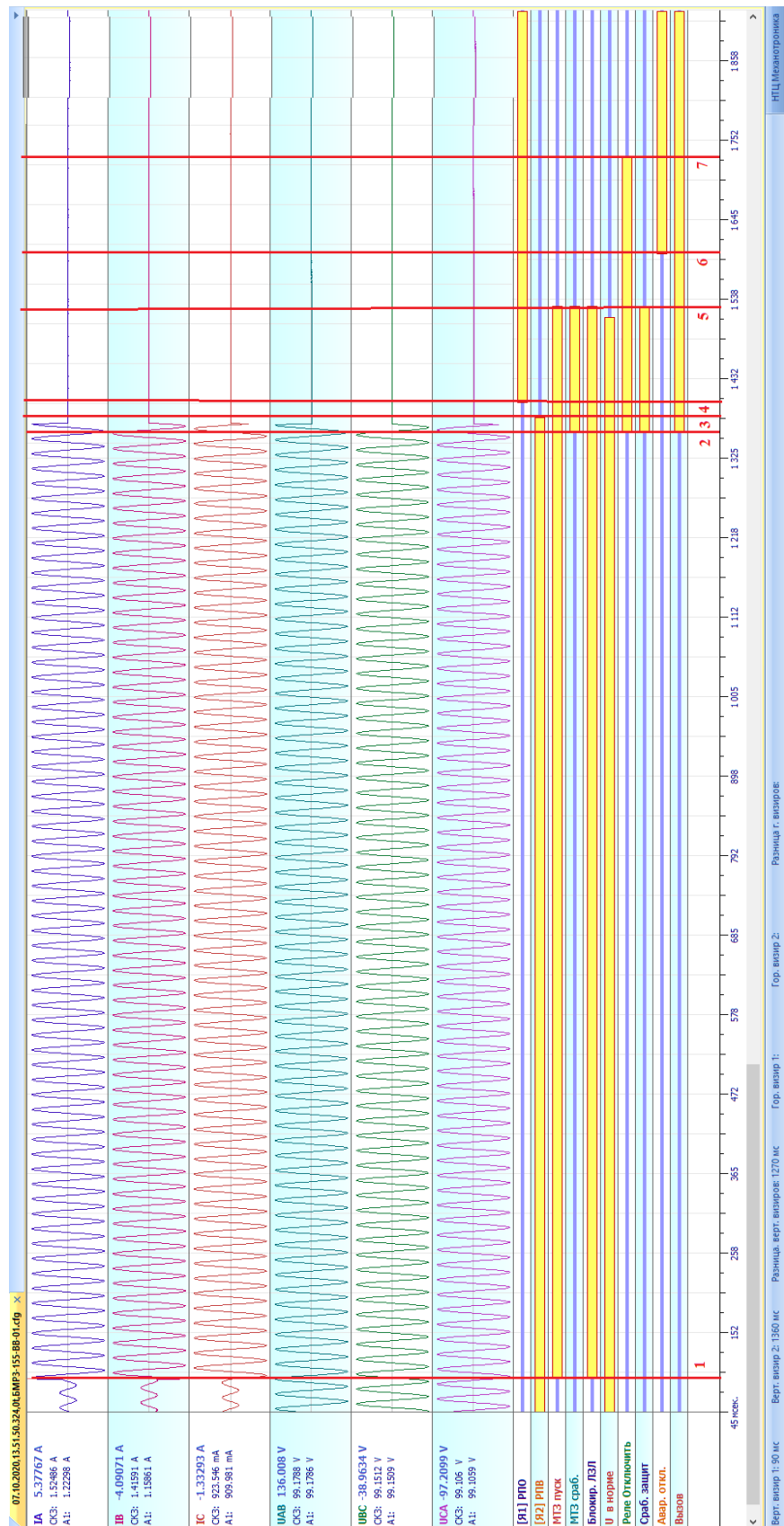


Рисунок П1.1 – Пример осциллограммы срабатывания МТЗ

№ маркера	Время, мс	Событие
1.	91	Появление «Пуск МТЗ» Появление «Блокировка ЛЗЛ»
2.	1360	Появление «Срабатывание МТЗ» Появление «Срабатывание защит» Появление «Вызов» Появление «Команда отключить»
3.	1380	Снятие «РПВ»
4.	1400	Появление «РПО»
5.	1530	Снятие «Пуск МТЗ» Снятие «Срабатывание МТЗ» Снятие «Блокировка ЛЗЛ» Снятие «Срабатывание защит»
6.	1600	Появление «Авар. отключение»
7.	1732	Снятие «Команда отключить»

### Открытие и анализ осциллограмм

При открытии осциллограммы в любой из вышеперечисленных программ в рабочем поле отображаются все каналы записанных данных, которые подразделяются на два типа (см.рис.2.) (Далее для примера приведены скриншоты программы FastView. В других программах анализа осциллограмм отображение и расположение полей данных, измерений и показаний, функции могут отличаться):

1. каналы аналоговых измерений. Сюда могут входить, в зависимости от типа устройства ЦРЗА, фазные или линейные напряжения, фазные токи, токи и напряжения при замыканиях на землю ( $3U_0$ ,  $3I_0$ ), частота, мощность, дифференциальный ток диф.защиты, значения векторов сопротивления дистанционной защиты и ОМП и др.
2. каналы дискретных значений. Здесь показывается состояние дискретных входов (РПО/РПВ, тележка вкачена, УРОВ, АВР введен и пр.) и выходов (РКО/РКВ, УРОВ, пуск МТЗ, вызов и пр.),

внутренних логически переменных блока (пуски, срабатывания защит, квитирование и пр.).

Для определения значений аналоговых параметров в определенный момент времени используются вертикальные визеры, которые выглядят как вертикальные линии различных цветов, проходящие через все рабочее поле программы анализа осциллограмм и пересекающее области аналоговых и дискретных переменных (см. рис.3). Визеры могут свободно перемещаться по полю. Выставив визир в необходимый момент времени, например, совмести с моментом появления или исчезновения какого-либо дискретного сигнала, можно измерить мгновенное значение аналоговых параметров в данный момент времени и значение времени этого события. В нашем примере, на рисунке 2 в момент срабатывания защит, значение  $U_{BC} = -12,9437$  В и это произошло на 90 мс.

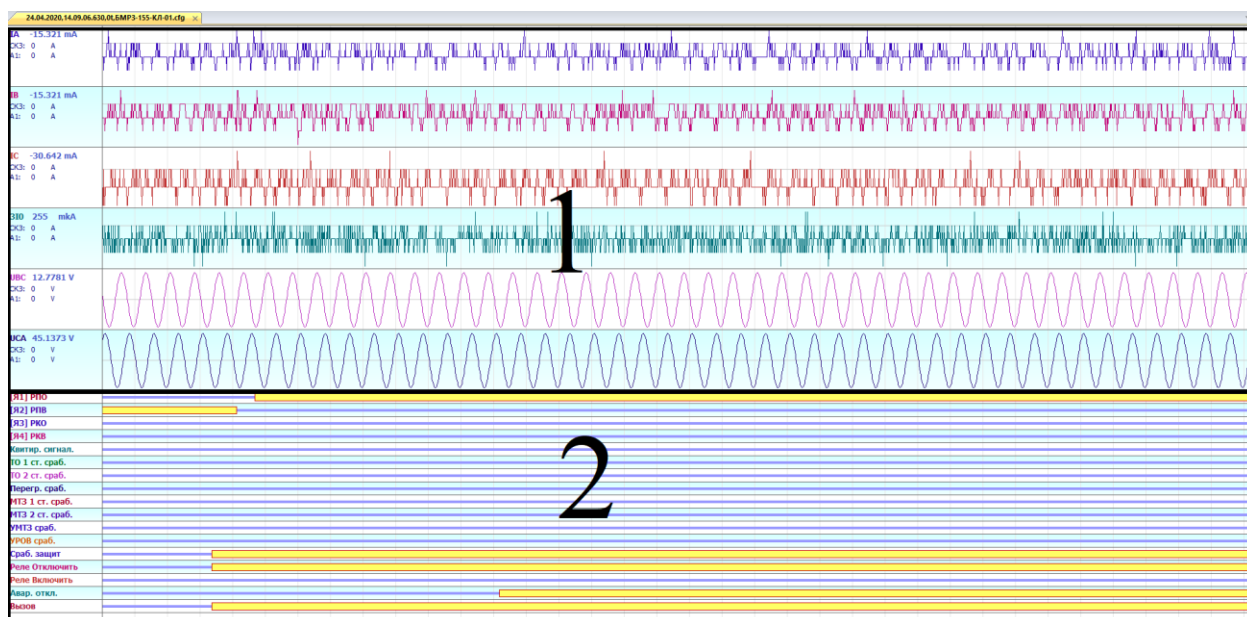


Рисунок П1.2 – Каналы данных осциллограммы

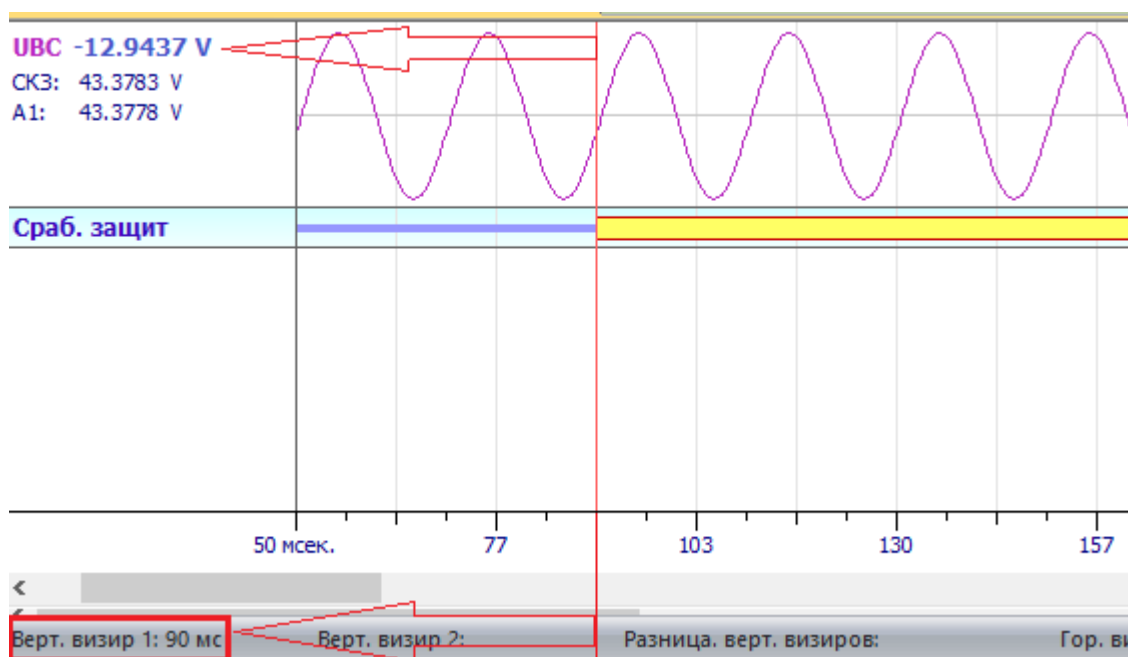


Рисунок П1.3 – Визир

Обратите внимание, что значение времени обычно дается относительно начала момента записи осциллограммы. Для некоторых устройств ЦРЗА и программ анализа осциллограмм возможно переключение между относительным и абсолютным астрономическим временем, что облегчает синхронизацию и объединением осциллограмм от нескольких источников на одном рабочем поле.

В ряде случаев необходимо определить разницу по времени между двумя событиями, характеризующими работу РЗА, силового выключателя, время передачи сигналов блокировок и т.п. Для этих целей можно вызвать второй визир и выставив их по необходимым событиям, определить разницу во времени. В примере, на рисунке 3 в момент появления события «Срабатывание защиты» формируется команда на отключение выключателя (РКО) на 90 мс. На 125 мс на вход блока [Я1] приходит событие «РПО», это означает, что выключатель перешел в отключенное состояние и готов к операции включения. Таким образом, собственное время отключения выключателя составляет 35 мс.

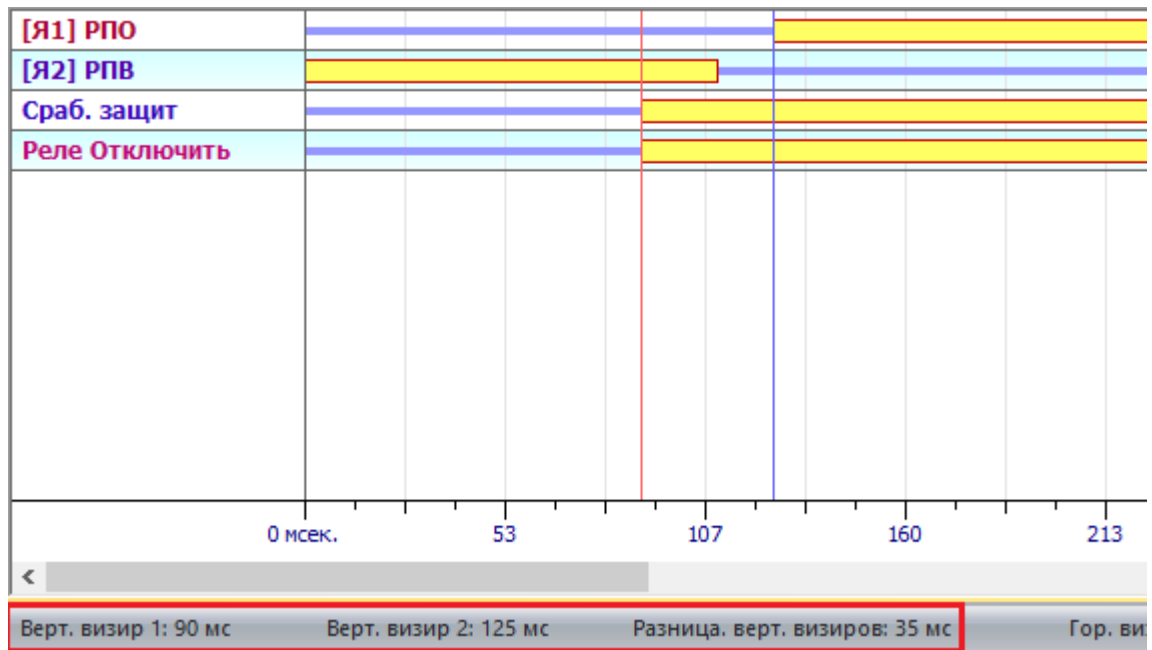


Рисунок П1.4 – Измерение времени между событиями по визирам

Для правильного анализа осциллограмм его необходимо производить совместно с логическими схемами соответствующих защит и автоматики, чтобы правильно выставлять визеры по событиям.

На рисунке 5 отображена часть осциллограммы работы защиты минимального напряжения (ЗМН) в блоке шинного трансформатора напряжения (ШТН). Необходимо определить реальную уставку времени работы ЗМН. Поскольку событие «Пуск ЗМН» на осциллограмме отсутствует, то необходимо оперировать косвенными данными. Если известно, что уставка по напряжению ЗМН составляет 40 В, то выставляем первый визор на момент времени, когда действующее или среднеквадратичное значение (СКЗ) одного из линейных напряжений становится меньше 40 В. Второй визор на появление события «Сигнал ЗМН» (Срабатывание ЗМН). Разница времени между визорами составляет 985 мс. Таким образом, можно сделать вывод, что уставка по времени ЗМН равна 1 с.

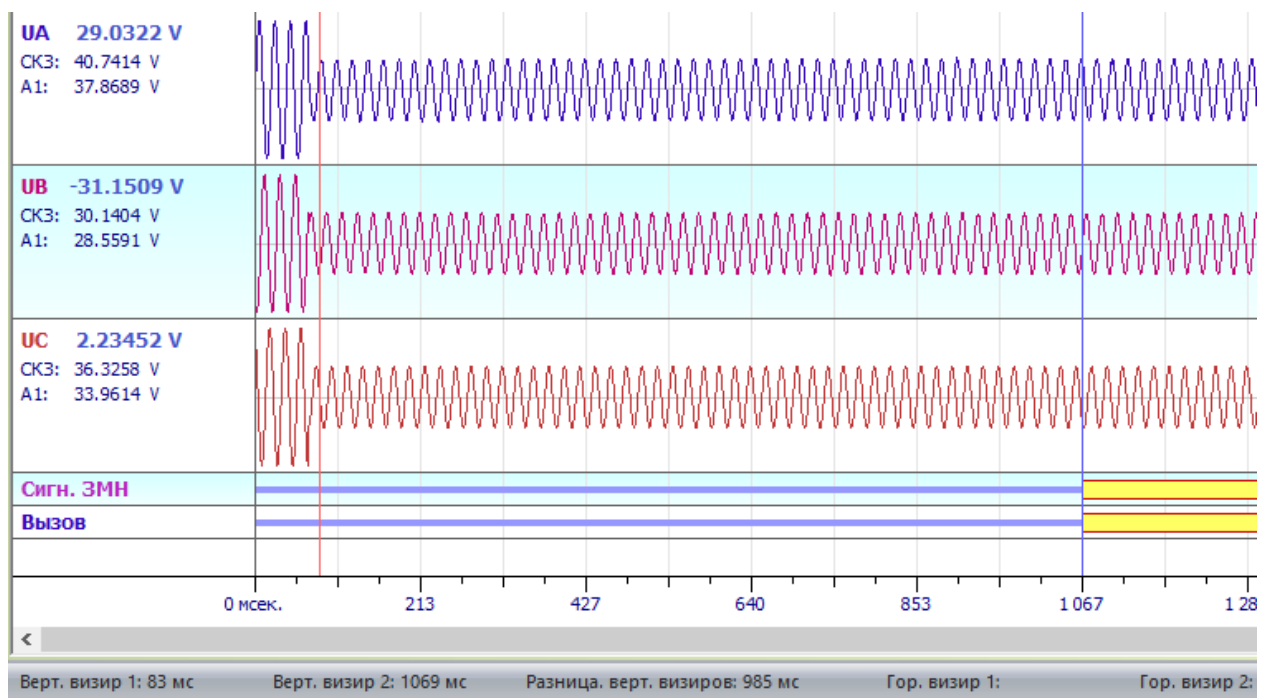


Рисунок П1.5 – Работа ЗМН

## Приложение 2. Определение параметров срабатывания

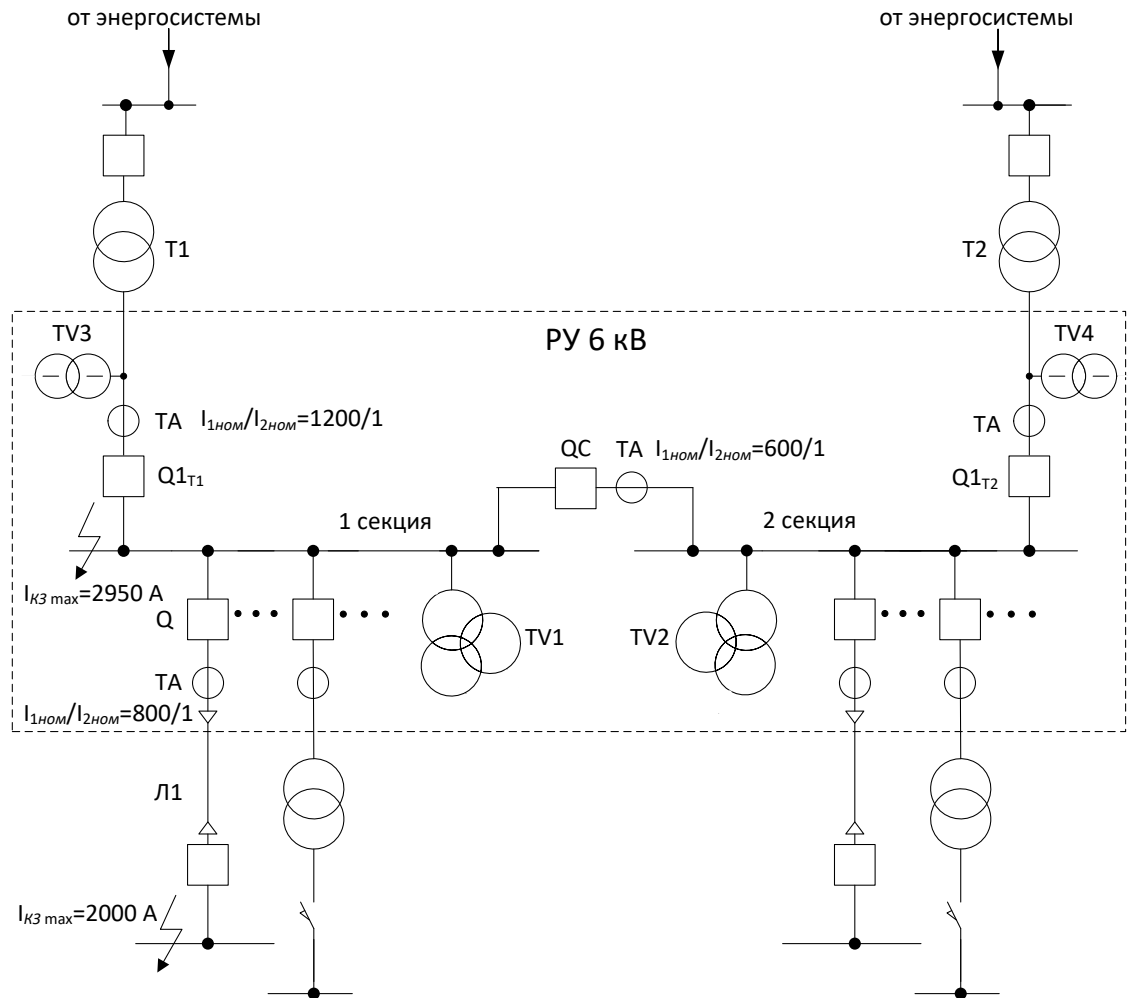


Рисунок П2.1 – Расчетная схема электрической сети

### Выбор уставок релейной защиты кабельной линии 6 кВ Л1

В блоках, установленных в релейных отсеках ячеек, реализована функция двухступенчатой токовой защиты с независимой от тока характеристикой срабатывания и с ускорением срабатывания при включении выключателя. Исходные данные представлены на рисунке П2.1 и в таблице 1.



Таблица 1 – Исходные данные для выбора параметров срабатывания защиты кабельной линии Л1

Максимальный ток нагрузки линии Л1	Ток трехфазного короткого замыкания в конце линии Л1	Коэффициент, учитывающий кратность тока самозапуска обобщенной нагрузки	Номинальный первичный ток трансформатора тока	Номинальный вторичный ток трансформатора тока
$I_{\text{раб max}}, \text{ А}$	$I_{\text{КЗ max}}, \text{ А}$	$k_{\text{сзн}}$	$I_{1\text{ном}}, \text{ А}$	$I_{2\text{ном}}, \text{ А}$
360	2000	1,32	800	1

Выбор тока срабатывания первой ступени по условию отстройки от тока трехфазного короткого замыкания в конце линии:

$$I_{\text{ТО с.з.}} = k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{КЗ max}} \cdot \frac{I_{2\text{ном}}}{I_{1\text{ном}}},$$

где  $k_{\text{отс}}$  – коэффициент надежности отстройки, принят равным 1,3.

Ток срабатывания первой ступени, приведенный ко вторичным величинам.<sup>1</sup>:

$$I_{\text{ТО с.з.}} = 1,3 \cdot 2000 \cdot \frac{1}{800} = 3,25 \text{ А.}$$

Первая ступень действует без выдержки времени.<sup>2</sup> После расчета тока срабатывания первой ступени по заданию преподавателя может быть определена зона ее действия.

Выбор тока срабатывания второй ступени по условию отсутствия срабатывания при послеаварийных перегрузках:

$$I_{\text{с.з.}} = \frac{k_{\text{отс}} \cdot k_{\text{сзн}} \cdot I_{\text{раб max}}}{k_{\text{в}}} \cdot \frac{I_{2\text{ном}}}{I_{1\text{ном}}},$$

где  $k_{\text{отс}}$  – коэффициент надежности отстройки, принят равным 1,2,

$k_{\text{в}}$  – коэффициент возврата, принят равным 0,95.

Ток срабатывания второй ступени, приведенный ко вторичным величинам:

$$I_{\text{с.з.}} = \frac{1,2 \cdot 1,32 \cdot 360}{0,95} \cdot \frac{1}{800} = 0,75031 \text{ А.}$$

Определение коэффициента чувствительности в основной зоне:

$$k_u = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{КЗ \max}}{I_{с.з.} \cdot \frac{I_{1 \text{ ном}}}{I_{2 \text{ ном}}}};$$

$$k_u = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 2000}{0,75031 \cdot \frac{800}{1}} = 2,9.$$

По условию согласования по времени с предыдущими защитами <sup>3</sup>:

$$t_{с.з.} = t_{с.з. \text{ пред}} + \Delta t,$$

$$t_{с.з.} = 0,6 + 0,3 = 0,9 \text{ с.}$$

После расчета параметров срабатывания должна быть выполнена проверка кабельных линий на термическую стойкость.

Дополнительно для сокращения времени протекания тока к.з. при включении персоналом линии в работу на неустранимое короткое замыкание и для обеспечения термической стойкости по всей длине кабеля применяется ускорение МТЗ при включении выключателя.

$$T = 0,1 \text{ с.}$$

Выдержка времени ускоренной защиты не согласуется с выдержками времени других присоединений. Отстройка от броска тока намагничивания силовых трансформаторов 10/0,4 кВ и блокировка защиты по второй гармонике в лабораторной работе не выполняются.

#### Выбор уставок релейной защиты шин 6 кВ

Для защиты секции шин РУ 6 кВ применяются токовые защиты, действующие на отключение секционного и вводного выключателя. Исходные данные представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Исходные данные для выбора параметров срабатывания защиты шин 6 кВ

Максимальный ток нагрузки, протекающий через секционный выключатель	Ток трехфазного короткого замыкания на секции шин 6 кВ	Коэффициент, учитывающий кратность тока самозапуска обобщенной нагрузки	Номинальный первичный ток трансформатора тока	Номинальный вторичный ток трансформатора тока
$I_{\text{раб макс СВ}}, \text{ А}$	$I_{\text{КЗ макс}}, \text{ А}$	$k_{\text{сзн}}$	$I_{1\text{ном}}, \text{ А}$	$I_{2\text{ном}}, \text{ А}$
580	2300	1,32	600	1

Максимальный рабочий ток, протекающий через секционный выключатель, составляет 580 А. Ток срабатывания защиты, установленной в ячейке секционного выключателя, по условию отсутствия срабатывания при послеаварийных перегрузках:

$$I_{\text{с.з. СВ}} = k_{\text{отс}} \cdot k_{\text{сзн}} \cdot I_{\text{раб макс}} \cdot \frac{I_{2\text{ном}}}{I_{1\text{ном}}},$$

где  $k_{\text{отс}}$  – коэффициент надежности отстройки, принят равным 1,2.

Ток срабатывания, приведенный ко вторичным величинам:

$$I_{\text{с.з. СВ}} = 1,2 \cdot 1,32 \cdot 580 \cdot \frac{1}{600} = 1,5312 \text{ А.}$$

Сумма рабочих токов предыдущих по отношению к секционному выключателю элементов, за исключением Л1 составляет:

$$I_{\text{раб макс СВ}} - I_{\text{раб макс}} = 580 - 360 = 220 \text{ А.}$$

Ток срабатывания по условию согласования чувствительности с защитой кабельной линии Л1 при удаленном к.з.:

$$I_{\text{с.з. СВ}} \geq k_{\text{н.с.}} \cdot \left[ I_{\text{с.з. пред макс}} \cdot \frac{I_{1\text{ном}}}{I_{2\text{ном}}} + I_{\text{раб макс}} \right] \cdot \frac{I_{2\text{ном}}}{I_{1\text{ном}}},$$

где  $k_{\text{н.с.}}$  – коэффициент надежности согласования, принят равным 1,2,

$I_{\text{с.з. пред макс}}$  – наибольший из токов срабатывания защит предыдущих по отношению к секционному выключателю элементов, в условиях рассматриваемой задачи ток срабатывания защиты кабельной линии Л1.

Ток срабатывания, приведенный ко вторичным величинам:

$$I_{c.з. CB} \geq 1,2 \cdot \left[ 0,75031 \cdot \frac{800}{1} + 220 \right] \cdot \frac{1}{600} = 1,6405 \text{ А.}$$

По условию согласования по времени с защитами отходящих линий:

$$t_{c.з.} = t_{c.з.пред} + \Delta t ,$$

$$t_{c.з.} = 0,9 + 0,3 = 1,2 \text{ с.}$$

Определение коэффициента чувствительности при к.з. на шинах:

$$k_{\psi} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{КЗ \max}}{I_{c.з. CB} \cdot \frac{I_{1ном}}{I_{2ном}}};$$

$$k_{\psi} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 2950}{1,6405 \cdot \frac{600}{1}} = 2,59 .$$

Рабочий ток, протекающий через секционный выключатель при отключенном положении выключателя ввода на секцию 2 (Q1<sub>T2</sub>), составляет 500 А. Тогда сумма рабочих токов предыдущих по отношению к вводному выключателю элементов, за исключением Л1 составляет:

$$I_{\text{раб CB}} + I_{\text{раб секции 1}} = 500 + 220 = 720 \text{ А.}$$

Ток срабатывания защиты ввода по условию согласования чувствительности с защитой кабельной линии Л1 при удаленном к.з.:

$$I_{c.з. BB} \geq k_{н.с.} \cdot \left[ I_{c.з. пред \max} \cdot \frac{I_{1ном}}{I_{2ном}} + I_{\text{раб max}} \right] \cdot \frac{I_{2ном}}{I_{1ном}} ,$$

Ток срабатывания защиты ввода, приведенный ко вторичным величинам:

$$I_{c.з. BB} \geq 1,2 \cdot \left[ 0,75031 \cdot \frac{800}{1} + 220 + 500 \right] \cdot \frac{1}{1200} = 1,3202 \text{ А.}$$

По условию согласования по времени с защитой секционного выключателя:

$$t_{c.з.} = t_{c.з.пред} + \Delta t ,$$

$$t_{c.з.} = 1,2 + 0,3 = 1,5 \text{ с.}$$

Определение коэффициента чувствительности при к.з. на шинах:

$$k_{\text{ч}} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{\text{кз max}}}{I_{\text{с.з. ВВ}} \cdot \frac{I_{1\text{НОМ}}}{I_{2\text{НОМ}}}};$$

$$k_{\text{ч}} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 2950}{1,3202 \cdot \frac{1200}{1}} = 1,61.$$

### Выбор параметров срабатывания логической защиты шин 6 кВ

Ток срабатывания логической защиты шин по условию согласования чувствительности с защитой кабельной линии Л1 при удаленном к.з.:

$$I_{\text{с.з. ВВ ЛЗШ}} \geq k_{\text{н.с.}} \cdot \left[ \frac{k_{\text{омс}} \cdot k_{\text{сзн}} \cdot I_{\text{раб max}}}{k_{\text{г}}} \cdot \frac{I_{1\text{НОМ}}}{I_{2\text{НОМ}}} + I_{\text{раб max}} \right] \cdot \frac{I_{2\text{НОМ}}}{I_{1\text{НОМ}}},$$

где  $k_{\text{сзн}}$  – коэффициент, учитывающий кратность тока самозапуска обобщенной нагрузки, для логической защиты шин, действующей с меньшей выдержкой времени принимается равным 1,5.

Ток срабатывания защиты ввода, приведенный ко вторичным величинам:

$$I_{\text{с.з. ВВ ЛЗШ}} \geq 1,2 \cdot \left[ \frac{1,2 \cdot 1,5 \cdot 360}{0,95} + 220 + 500 \right] \cdot \frac{1}{1200} = 1,4021 \text{ А.}$$

Определение коэффициента чувствительности при к.з. на шинах:

$$k_{\text{ч}} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 2950}{1,4021 \cdot \frac{1200}{1}} = 1,52.$$

Отключение выключателя ввода при срабатывании логической защиты шин в рассматриваемой задаче выполняется с выдержкой времени 0,15 с.

### Выбор параметров срабатывания УРОВ

В рассматриваемой задаче ток срабатывания пускового органа функции УРОВ принимается равным 0,25 А. Отключение выполняется с выдержкой времени 0,3 с.

### Выбор параметров срабатывания АВР 6 кВ

Напряжение срабатывания пускового органа минимального напряжения, контролирующего снижение напряжения на секции 6 кВ (вторичные цепи трансформаторов напряжения TV1 или TV2) в рассматриваемой задаче принимается во вторичных величинах равным 40 В.

Напряжение срабатывания пускового органа максимального напряжения, контролирующего наличие напряжения на резервном источнике (вторичные цепи трансформаторов напряжения TV3 или TV4) в рассматриваемой задаче принимается во вторичных величинах равным 90 В.

Пуск функции АВР в рассматриваемой задаче выполняется с выдержкой времени 2,5 с.

Параметры срабатывания, рассчитанные по условию задачи, согласно руководству по эксплуатации блоков БМРЗ, заданы с шагом 0,01 о.е. и представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Параметры срабатывания

<b><i>Блок ячейки кабельной линии Л1</i></b>	
Токовая ступенчатая защита	
$I_{>>>}$	3,25 А
$T_{I_{>>>}}$	0,00 с
$I_{>>}$	0,75 А
$T_{I_{>>}}$	0,90 с
Ускорение при включении выключателя	
$T_{умтз}$	0,10 с
Устройство резервирования при отказе выключателя	
$I_{уров<}$	0,25 А
$T_{уров}$	0,30 с
<b><i>Блок ячейки секционного выключателя QC</i></b>	
Токовая ступенчатая защита	

$I_{>>}$	1,64 А
$T_{I_{>>}}$	1,20 с
Ускорение при включении выключателя	
$T_{УМТЗ}$	0,10 с
Устройство резервирования при отказе выключателя	
$I_{УРОВ<}$	0,25 А
$T_{УРОВ}$	0,30 с
<b>Блок ячейки вводного выключателя Q1Т1</b>	
Токовая ступенчатая защита	
$I_{>>}$	1,32 А
$T_{I_{>>}}$	1,50 с
Ускорение при включении выключателя	
$T_{УМТЗ}$	0,10 с
Логическая защита шин	
$I_{>>}$	1,40 А
$T_{I_{>>}}$	0,15 с
Устройство резервирования при отказе выключателя	
$I_{УРОВ<}$	0,25 А
$T_{УРОВ}$	0,30 с
Автоматическое включение резервного питания	
$U_{АВР}$	40,00 В
$T_{АВР}$	2,5 с

Примечание:

<sup>1</sup> Параметры трансформаторов тока выбраны исходя из допустимых диапазонов по току лабораторного оборудования, используемого в данной работе.

<sup>2</sup> При выполнении лабораторной работы по заданию преподавателя может быть задана выдержка времени первой ступени, равная 1,0 с.

<sup>3</sup> По заданию преподавателя может быть введена третья ступень токовой защиты с выдержкой времени 10 с. Данная ступень предназначена для обеспечения допустимых режимов эксплуатации оборудования, используемого при проведении лабораторных работ.

Дополнительная литература:

СТО ДИВГ-059-2017 Релейная защита распределительных сетей 6-10 кВ. Расчёт уставок. Методические указания. ООО "НТЦ "Механотроника" 2017 г.

Шабад М.А. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей / М.А. Шабад. — Л. : Энергоатомиздат : Ленингр. отд-ние, 1985. — 296 с.