

Учебное пособие
Полищук В.И., Шувалова А.А.

МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ



2026

Югорский государственный университет

Полищук В.И., Шувалова А.А.

**МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ РЕЛЕЙНАЯ
ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА**
Лабораторный практикум

Учебное пособие

Москва
Альпен-Принт
2026

УДК 621.316.925
ББК 31.27-05
П50

Рекомендована к печати:
Методическим советом Политехнической школы ЮГУ

Авторы:
Полищук В.И. – доктор технических наук, профессор, Югорский государственный университет
Шувалова А.А. – кандидат технических наук, доцент, Югорский государственный университет

Рецензенты:
Лютаревич А.Г. – кандидат технических наук, доцент, Югорский государственный университет

Полищук В. И., Шувалова А. А.
Микропроцессорная релейная защита и автоматика. Лабораторный практикум / В.И. Полищук, А.А. Шувалова –
Москва: ООО «Альпен-Принт», 2026. – 83 с. : рис., табл.

ISBN 978-5-6056910-5-1
DOI: 10.65551/978-5-6056910-5-1.2026
EDN: VBHKSV

Изложены технические характеристики и принципы работы микропроцессорной релейной защиты на примере блоков БМРЗ сотых и сто пятидесятих серий. Представлена схема подключения блоков БМРЗ к защищаемому высоковольтному электрооборудованию и последовательно описан процесс настройки и проверки функционирования блока на стенде комплексной проверки СКП-3М без применения ЭВМ. В курс введены лабораторные работы по настройке блоков БМРЗ, а также по автоматизации управления выключателем, логической защите шин, УРОВ и АВР. Методические указания предназначены для последовательного выполнения лабораторных работ обучающимися по программам бакалавриата и магистратуры дневного, заочного и дистанционного обучения по направлениям 13.03.02 и 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника».

© Полищук В.И., Шувалова А.А., 2026
© ООО «Альпен-Принт», 2026

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Лабораторная работа №1. Настройка и проверка микропроцессорного блока релейной защиты и автоматики БМРЗ-152-2Д-КЛ.....	5
Общие теоретические сведения	5
Порядок выполнения работ	19
Контрольные вопросы по отчету	34
Лабораторная работа №2. Автоматика управления выключателем, токовая ступенчатая защита и цепи сигнализации	35
Общие теоретические сведения	35
Порядок выполнения работы	40
Контрольные вопросы по отчету	47
Лабораторная работа №3 Взаимодействие блоков релейной защиты разных присоединений. Логическая защита шин и УРОВ.....	48
Общие теоретические сведения	48
Порядок выполнения работы	53
Контрольные вопросы.....	58
Лабораторная работа №4. Автоматический ввод резерва. АВР на базе микропроцессорных блоков БМРЗ-1хх-ВВ, БМРЗ-1хх-СВ.....	59
Общие теоретические сведения	59
Порядок проведения работы	65
Контрольные вопросы по отчету	68
Список литературы.....	69
Приложение А Типовая структура и содержание меню дисплея БМРЗ	70
Приложение Б Схема подключения аналоговых сигналов БМРЗ к СКП-3М ...	71
Приложение В. Анализ осциллограмм.....	72

Введение

Курс лабораторного практикума предназначен для изучения и практического закрепления навыков по работе с микропроцессорными устройствами релейной защиты и автоматики (РЗ и А) на примере блоков выпускаемой ООО «НТЦ «Механотроника» (блоки устройств РЗ и А серий БМРЗ-152 и БМРЗ-100) [1-3].

Данные устройства потенциально универсальны и могут выполнять очень широкий круг задач, но их основное назначение - работа в системе РЗ и А энергосистем [2]. Они должны обеспечивать надёжность энергосистемы и безопасности эксплуатации защищаемого объекта. Как в учебном процессе, так и при эксплуатации электротехническому персоналу необходимо правильно понимать функциональные возможности устройства, его особенности, характеристики отдельных аппаратных узлов (дискретные входа/выхода, АЦП, и т.д.).

Так как устройства релейной защиты являются неотъемлемой частью системы автоматики энергосистемы, то важно уметь производить их качественную наладку, которая включает в себя: правильное подключение устройств к измерительным и оперативным цепям, параметрирование блоков с использованием специализированного программного обеспечения, проверку его работоспособности и пр. [2,5].

Для эффективного взаимодействия с человеком каждое микропроцессорное устройство РЗ и А 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. Данный же курс позволяет получить только первичное знакомство с микропроцессорным устройством, изучить принципы его работы и освоить основы наладки блоков микропроцессорной релейной защиты и автоматики [1].

Лабораторная работа №1. Настройка и проверка микропроцессорного блока релейной защиты и автоматики БМРЗ-152-2Д-КЛ

Цель работы: ознакомление с техническими характеристиками и принципами работы микропроцессорной релейной защиты на примере блока БМРЗ-152-2Д-КЛ от компании «Механотроника» [2]. Изучение схемы подключения к защищаемому оборудованию. Отработка настройки блока БМРЗ-152-2Д-КЛ без применения ЭВМ и проверка функционирования блока на стенде комплексной проверки СКП-3М [4].

Общие теоретические сведения

Работа высоковольтных электроустановок во всех случаях происходит с применением релейной защиты и автоматики. В случае применения классической РЗ и А, при аварийном или ненормальном режиме работы, активируются логические алгоритмы устройств защиты электромеханического исполнения, токовые цепи которых непосредственно воздействуют на соленоид отключения выключателя и отключают его в любом случае, в том числе и при отсутствии оперативного тока [3].

Современные разработки в области микропроцессорной техники позволили создать полноценные электронные устройства, которые являются альтернативной заменой устройствам защиты, основанных на электромеханических принципах. Информационный сигнал, при этом, поступает от традиционных источников информации, таких как трансформатор тока (ТТ) и напряжения (ТН). Принятие решения об аварийной ситуации и ненормальном режиме работы, в случае применения микропроцессорной РЗ и А, происходит на основании заложенных в программе алгоритмов [2,3].

Основные преимущества применения устройств РЗ и А на базе микропроцессора:

- не требуется модернизация силовой части электрооборудования (ЭО);
- высокое быстродействие срабатывания и передачи исполнительных сигналов;

- возможность ведения журнала операций и аварий;
- получение осциллограммы события за некоторое время до и после аварии;
- объединение нескольких блоков посредством линий связи в единую автоматизированную систему управления (АСУ) защищаемого объекта;
- высокая селективность;
- дистанционное обслуживание (изменение уставок, просмотр журналов, обновление ПО и т.д.) по линии связи;
- цифровая форма измеряемых электрических величин (тока, напряжения, частоты и прочие);
- компактность и малый вес.

Микропроцессорное устройство РЗ и А можно разделить на две части: аналоговую и цифровую. На упрощенной структурной схеме (рисунок 1) показано, что в состав аналоговой части входят преобразователи «ток – напряжение» (промежуточные трансформаторы тока i/u), «напряжение – напряжение» (промежуточные трансформаторы напряжения u/u) и коммутатор аналоговых сигналов – мультиплексор МПл. Входным элементом цифровой части является аналогово-цифровой преобразователь (АЦП). Выходные сигналы (в цифровой форме) АЦП подаются на входы портов ввода-вывода (ПВВ) микропроцессора. Применение мультиплексора позволяет с помощью одного АЦП осуществлять преобразование нескольких аналоговых сигналов в цифровую форму [3].

Арифметико-логическое устройство (АЛУ) микропроцессора по программе, записанной в постоянное запоминающее устройство (ПЗУ), с участием оперативного запоминающего устройства (ОЗУ) производит обработку информации и выдает команду на отключение защищаемого ЭО.

Если есть такая необходимость, то срабатывают одно или несколько реле из комплекта выходных реле (КВР), через контакты которых подается сигнал на отключение выключателя Q.

Данные о срабатывании выходных реле, параметрах срабатывания устройства защиты и т.д. могут быть выданы для персонала на жидкокристаллический индикатор (ЖКИ). Требуемая информация может быть передана в АСУ с помощью интерфейса RS-232 или RS-485. Коррекция программ, заложенных в ПЗУ, настройка устройства, может производиться с помощью клавиатуры (КЛ). Электропитание устройства осуществляется с помощью блока питания (БП).

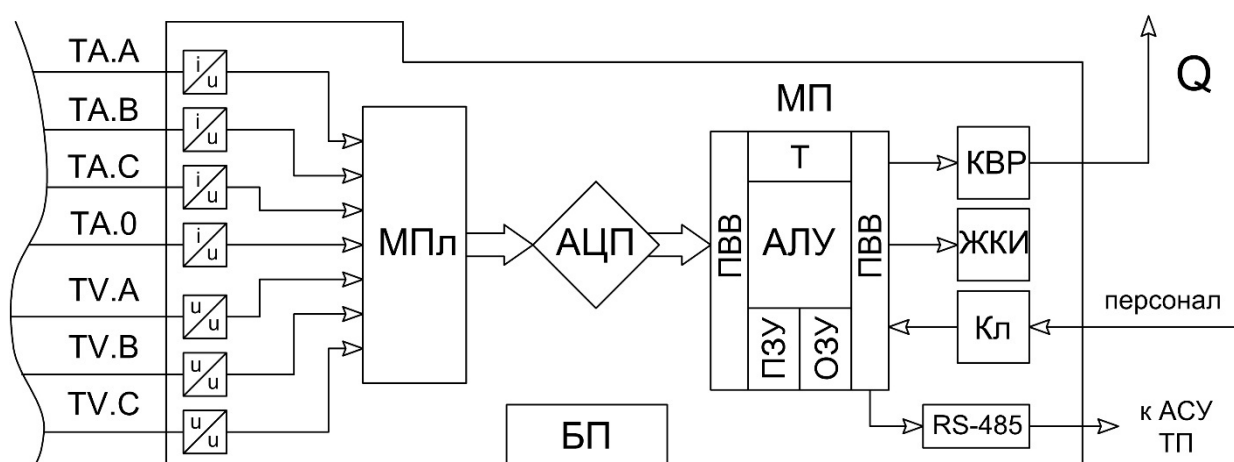


Рисунок 1 – Упрощенная структура блока РЗ и А на основе микропроцессора.

Характеристики микропроцессорных устройств релейной защиты во многом повторяют характеристики аналогичных устройств, выполненных на электромеханической или электронной элементной базе [3,5]. При этом блок РЗ и А является центром управления всей системой электроснабжения того присоединения, которое он защищает. Он собирает и анализирует информацию со всех источников, подключаемых к нему: ТН, ТТ, ключ управления (дистанционный или местный), реле положения «отключено» (РПО), реле положения «включено» (РПВ) и прочие. Основываясь на этой информации, блок РЗ и А фиксирует превышение уставок или, получая сигнал от ключа, отправляет команду на КВР, который в свою очередь, подает команды на исполнительные устройства: соленоиды включения/отключения, указательные реле, блинкеры и прочие [3,5].

На рисунке 2 представлены внешние связи блока как центра сбора информации и управления вакуумным выключателем. Здесь показаны основные элементы, участвующие в процессе непрерывного мониторинга и защиты данного присоединения.

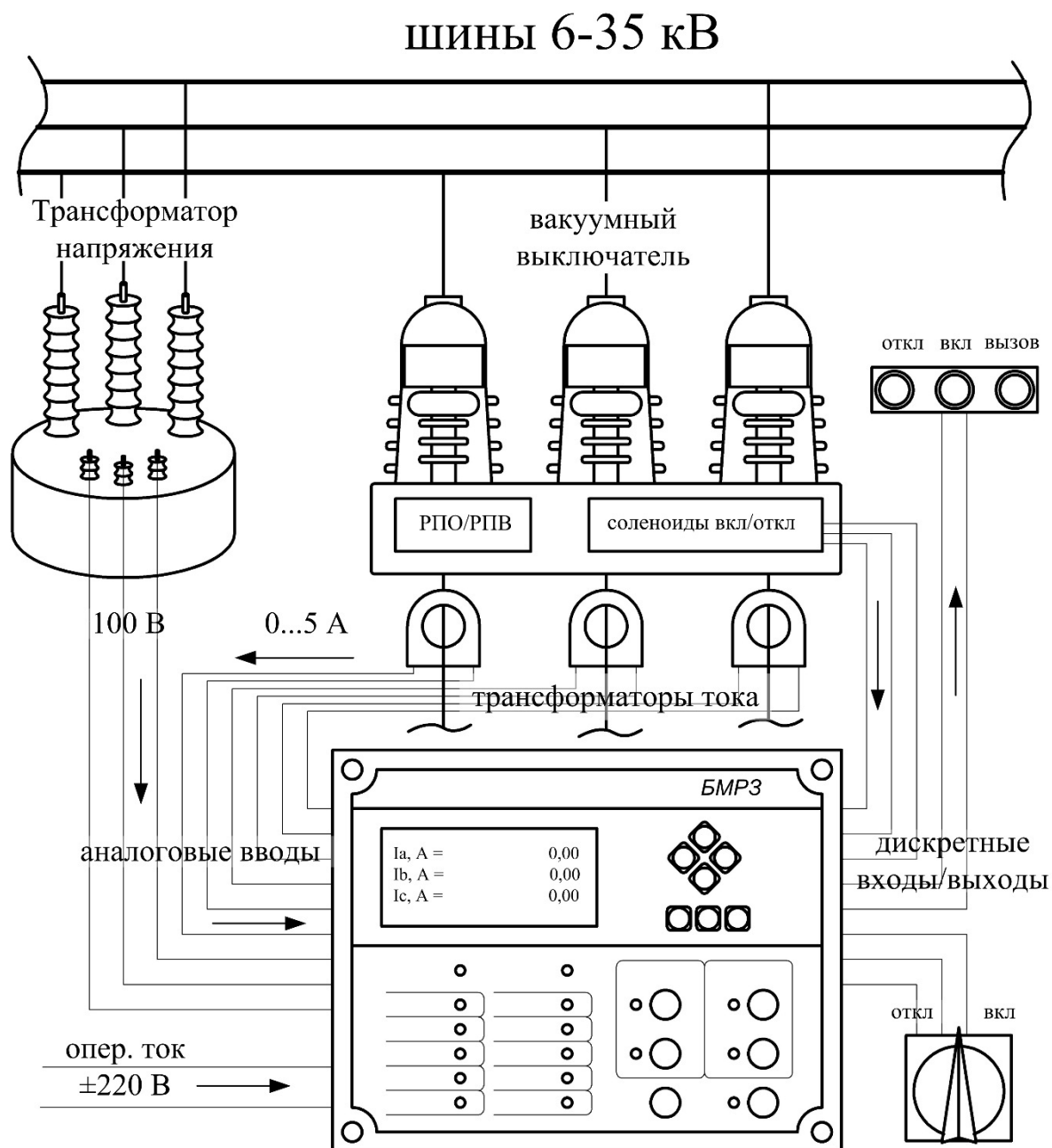


Рисунок 2 – Схематическое представление работы блока РЗ и А

Несмотря на перечисленные преимущества, у микропроцессорных защит есть и некоторые недостатки. Один из существенных недостатков данного типа защит заключается в том, что при потере оперативного тока или при сбое в программном обеспечении, оборудование электроустановки остается без защиты. Также к недостаткам стоит отнести достаточно узкий диапазон рабочих температур [1-5].

На рисунке 3 представлена электрическая схема подключения ТТ и ТН к модулю аналогового ввода в ячейке распределительного устройства [2].

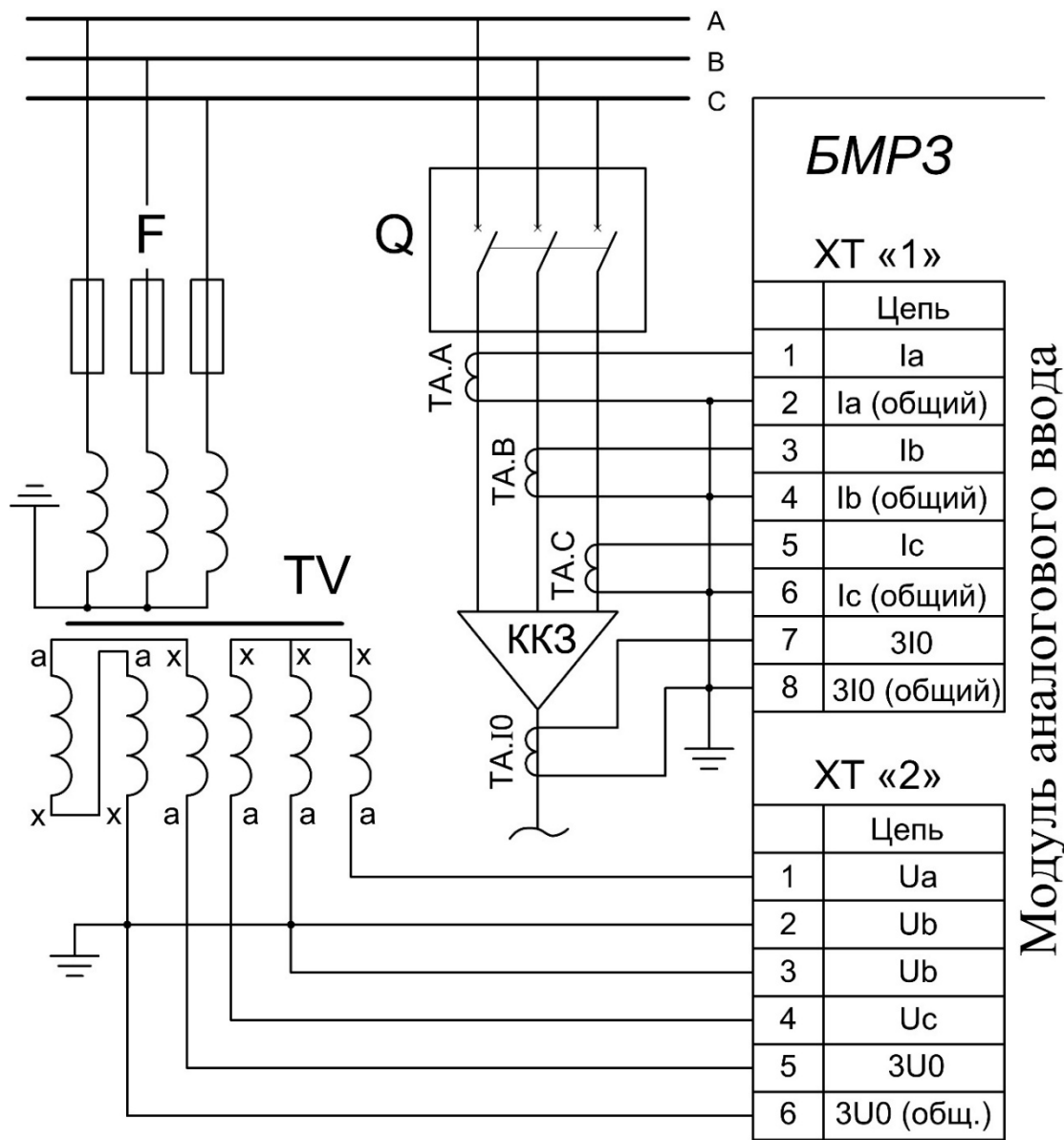


Рисунок 3 – Схема электрическая подключения

Обозначения на рисунке 3:

F – (fuse) плавкие предохранители

Q – выключатель

TV – (transformer voltage) трансформатор напряжения

ТА.А – (transformer amper) трансформатор тока фазный

ККЗ – кабельная концевая заделка

ХТ – соединение разборное (клемма)

ТА.І0 – трансформатор тока нулевой последовательности

Функции пульта БМРЗ.

Большинство основных настроек, производится с помощью пульта без использования ЭВМ, подключаемых к БМРЗ. С пульта блока возможно вносить следующие изменения:

- корректировку уставок и конфигурацию ПО;
- установку времени и даты, установку или отмену автоматического перехода на летнее/зимнее время.

И получать следующую информацию:

- текущее состояние защищаемого электрооборудования;
- параметры сети (напряжение, токи, мощность, частота);
- просмотр журналов событий и аварий.

Описание органов управления и индикации БМРЗ.

В состав органов управления и индикации блока входят три основных элемента: кнопки управления, светодиоды и дисплей. Навигация по пунктам меню, изменение требуемых параметров и управление выключателем осуществляется при помощи кнопок, расположенных на лицевой панели (рисунок 4). Назначение кнопок пульта приведено в таблице 1.

Состояние защищаемого электрооборудования и блока отображается светодиодами, расположенными на лицевой панели и является основной световой индикацией. Светодиоды сообщают оперативному персоналу о текущем состоянии выключателя и об имеющихся неисправностях. Так, например, при включенном положении выключателя Q, возле кнопки «ВКЛ»

загорается красный светодиод, который означает включенное положение выключателя. При отключении выключателя он гаснет и загорается зеленый светодиод, расположенный возле кнопки «ВЫКЛ». При отключении выключателя Q от действия защиты, на панели светодиодов и дисплее будет отображаться причина отключения. Маркировка и состояние светодиодной индикации указаны в таблице 2.

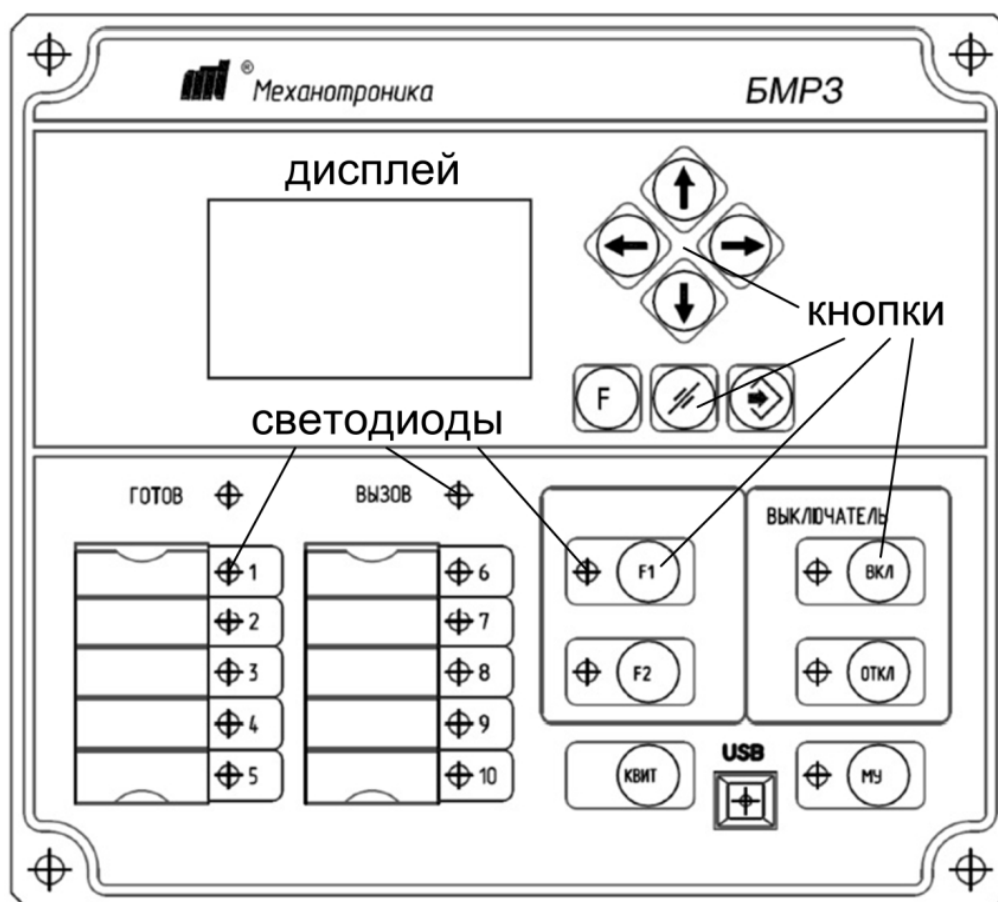
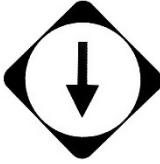


Рисунок 4 – Лицевая панель BMP3-152

Таблица. 1 – Назначение кнопок пульта БМРЗ

обозначение	функции кнопки	выполняемое действие при <u>одновременном нажатии с кнопкой «F»</u>
	функциональная кнопка. Совместное нажатие изменяет действие кнопки навигации	—
	ВВОД переход из главного меню в подменю. Ввод ПАРОЛЯ, УСТАВОК, КОНФИГУРАЦИИ, ДАТЫ, ВРЕМЕНИ и т.п. Устанавливает новые значения даты и времени при корректировке часов/календаря.	<u>запись в память измененных параметров.</u>
	СБРОС переход в предыдущее окно меню. отмена действия.	смена режима ввода уставок. В режиме редактирования уставок осуществляется возврат к предыдущему значению.
 	ВВЕРХ, ВНИЗ перемещение вверх и вниз по пунктам меню и подменю. Увеличение или уменьшение значения, отмеченного курсором, при вводе числовых значений. Переход к следующему или предыдущему пункту при выборе в списке меню и значений.	в режиме просмотра информации об аварии происходит смена отображаемых параметров «Пуск» – «Авария». —

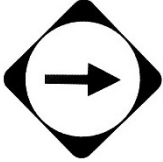
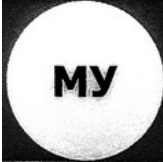
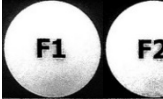
 	ВЛЕВО, ВПРАВО управление движением курсора влево и вправо по меню и подменю. При задании конфигурации, уставок, даты и времени – перемещение курсора внутри кадра. Перемещение окна просмотра информации «ЖУРНАЛ АВАРИЙ» и «ЖУРНАЛ СООБЩЕНИЙ».	смена отображаемой на дисплее программы уставок (программа [1], [2], [3], [4]). режим отображения параметров сети в первичных (6-35 кВ) или во вторичных (100 В) значениях.
 	ВКЛ, ОТКЛ оперативное управление выключателем в режиме «МУ».	—
	МУ ВКЛ./ОТКЛ. возможности местного управления.	—
	КВИТ квитирование (сброс) сигнализации.	—
	F1, F2 назначаемые команды.	—

Таблица 2 – Маркировка, состояние и цвета светодиодов

маркировка	состояние светодиода	цвет
ГОТОВ	светится после подачи опер. пит. на блок; мигает при обнаруж. неисправности блока и не правильной фазировке аналоговых входов; гаснет при отсутств. питания и отказе блока.	зеленый
ВЫЗОВ	включается при срабат. реле «Вызов»; мигает при аварии на шине питания; гаснет после квитирования.	желтый
ВКЛ	светится при наличии сигнала «РПВ»; мигает при неопределенном состоянии.	красный
ОТКЛ	светится при наличии сигнала «РПО»; мигает при неопределенном состоянии.	зеленый
МУ	светится в режиме «местн. управлен.».	красный
F1, F2	назначаемые светодиоды.	красный
светодиод 1-10	назначаемые светодиоды.	красный

Еще одним основным элементом индикации и отображения как текущих, так и аварийных режимов работы является жидкокристаллический дисплей с разрешением 21×8 знакомест (рисунок 5). Ввод и получение информации осуществляется с помощью семи кнопок управления на лицевой панели и дисплея.

Дисплей представляет собой 8-строчный монохромный индикатор, отображение информации на котором происходит в двух областях: области служебной информации (две верхние строки) и области параметров и значений. В области служебной информации отображаются наименование пункта меню, служебные пиктограммы (таблица 3), дата и время. Полный состав пунктов и вкладок, а также типовая структурная схема меню дисплея представлена в приложении А.

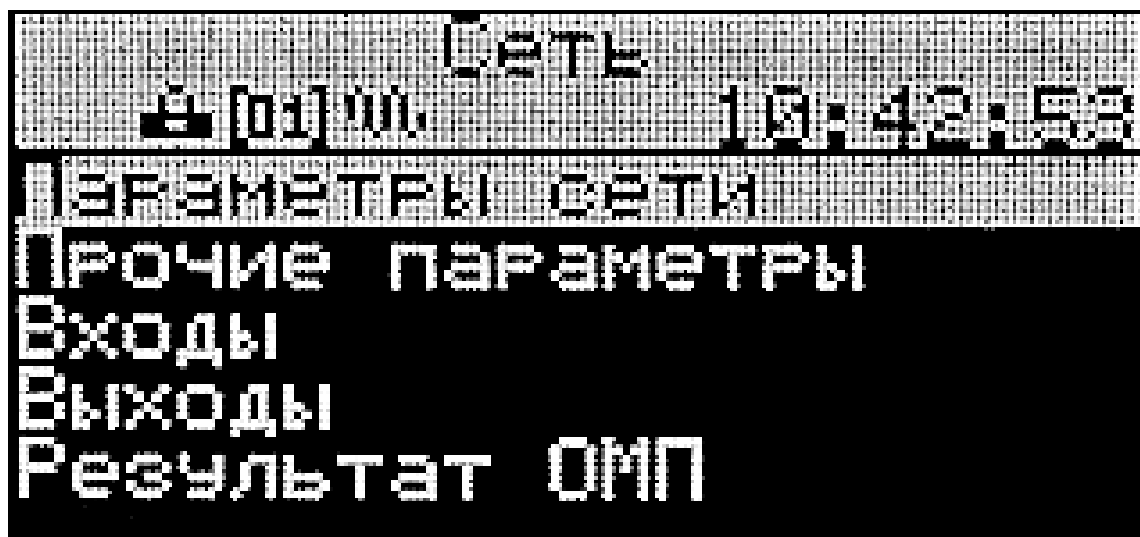


Рисунок 5 – Дисплей БМРЗ-152-КЛ

Таблица 3 – Значения служебных пиктограмм

пиктограмма	значение пиктограммы
	пароль не введен
	пароль введен
	номер программы, уставки которой отображаются на дисплее [01], [02], [03], [04]
	аналоговые сигналы отображаются в первичных значениях (6-35 кВ)
	аналоговые сигналы отображаются во вторичных значениях (100В, 0...5А)
	элемент под паролем
	уставки изменены, но не записаны в память блока

Предлагаемая к работе лабораторная установка представляет собой комплекс из двух устройств: блока микропроцессорной РЗ и А БМРЗ-152-2Д-КЛ

и Стенда Комплексной Проверки СКП-3М, соединенных между собой по определенной схеме (приложение Б). Работа на установке позволяет приобрести навыки эксплуатации блока микропроцессорной РЗ и А, изучить его характеристики и возможности.

Изучение стенда комплексной проверки СКП-3М.

СКП-3М – это стенд для испытаний цифровых терминалов релейной защиты предназначенное для проверки, демонстрации и изучения функций защит и автоматики цифровых защитных устройств [4]. СКП-3М может применяться как в условиях лаборатории, так и на подстанциях сетевых, промышленных, коммунальных предприятий, на объектах нефтегазового комплекса, горнодобывающей промышленности для проверки, настройки и ремонта блоков РЗ и А. СКП-3М моделирует работу как дискретных, так и аналоговых сигналов тока и напряжения для проверки входных аналоговых цепей и функционирования БМРЗ. Также при его помощи проверяется срабатывание защиты при превышении заданных уставок. Проверка дискретных входов БМРЗ осуществляется путем подачи сигналов переключателями «1»-«8», расположенными в области «ВЫХОД» на лицевой панели СКП-3М (рисунок 6). Проверка дискретных выходов БМРЗ проводится подачей дискретного сигнала от блока на СКП-3М и подтверждается светодиодами «1»-«8», расположенными в области «ВХОД» на лицевой панели СКП-3М (рисунок 6).

На лицевой панели СКП-3М (рисунок 6) расположены:

- переключатели «1»-«8» для подачи дискретных сигналов;
- светодиоды «1»-«8», отображающие состояние дискретных входов;
- светодиоды состояния выключателя «ВКЛ» и «ОТКЛ»;
- переключатель «СЕТЬ» для подачи питания на стенд;
- переключатель состояния выключателя «НОРМА-ОТКАЗ»;
- переключатель для изменения состояния выключателя «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° » или « 180° », инвертирующий фазу « $3U_0$ ».

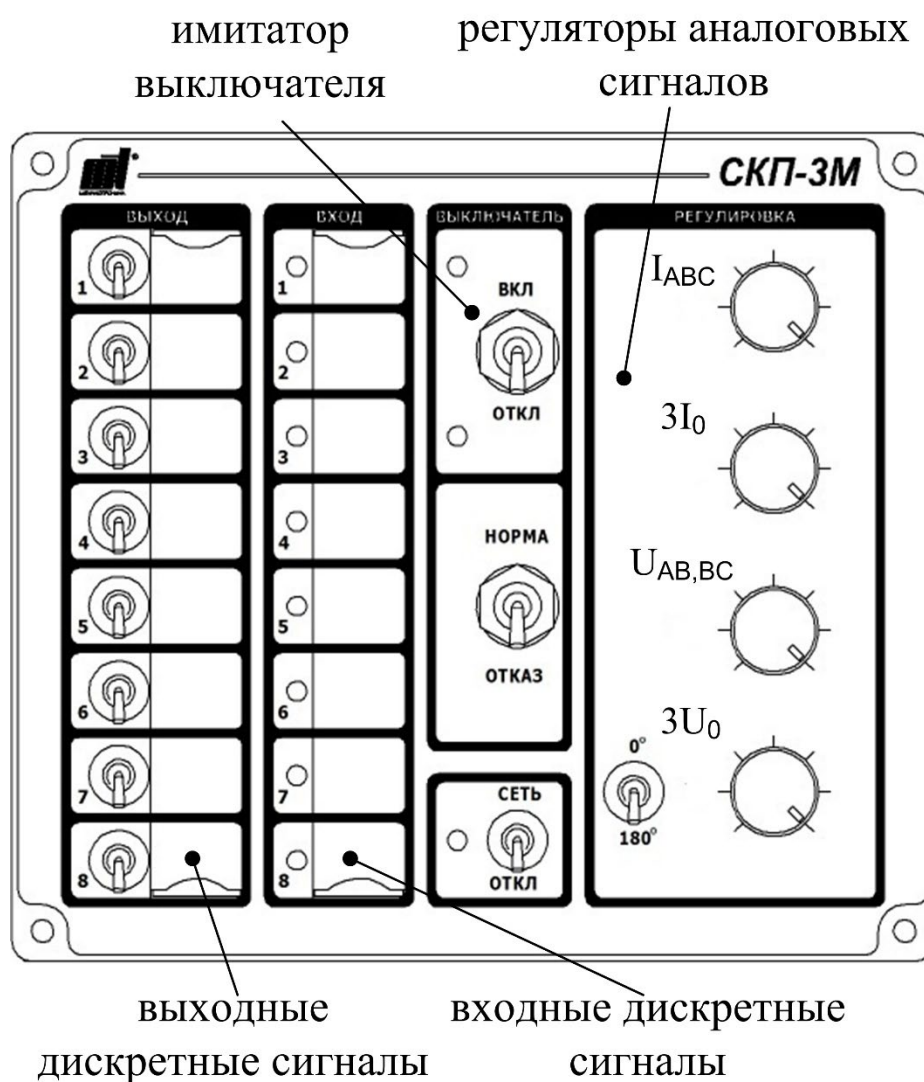


Рисунок 6 – Лицевая панель стенда СКП-3М

На задней панели СКП-3М расположены (рисунок 7):

- соединитель ХТ1 «3» для подключения источников переменного тока « I_{ABC} », « $3I_0$ », « $U_{AB,BC}$ », « $3U_0$ » к БМРЗ;
- соединитель ХТ2 «2» для подключения входных и выходных дискретных сигналов;

– соединитель ХТ3 «1» для подключения сигналов «РПО», «РПВ», «ВКЛ», «ОТКЛ», также на него выведены сигналы «Повтор ВКЛ» и «Повтор ОТКЛ», дублирующие состояние выключателя;

– соединитель ХТ4 «4» «ОБЩ» для подключения общих проводников дискретных сигналов входов и выходов.

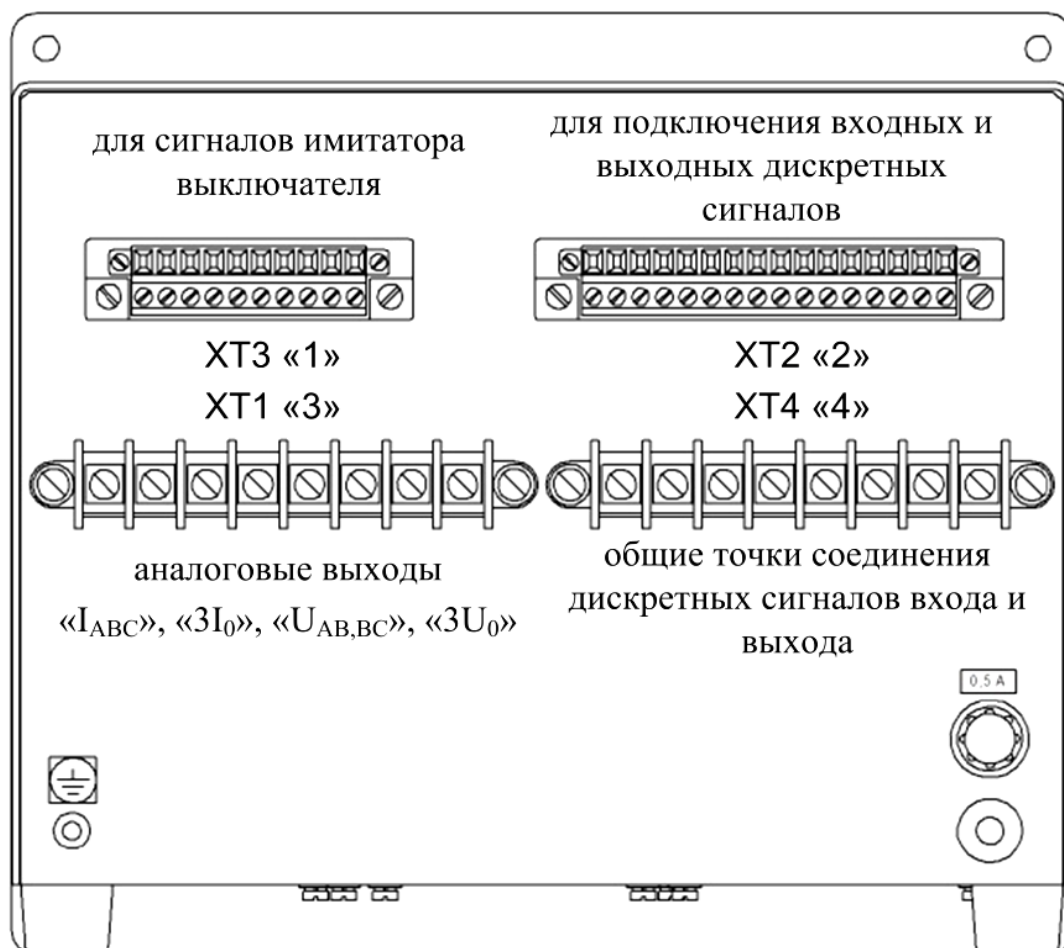


Рисунок 7 – Задняя панель стенда СКП-3М

Таблица 4 – Выходные характеристики аналоговых выходов СКП-3М

наименование	№ зажима	напряжение, В	ток, А
$U_{AB,BC}$	3, 4	$\sim 2 - 110$	0,10
$3U_0$	1, 2	$\sim 2 - 110$	0,10
I_{ABC}	5, 6	1	0,2 – 10
$3I_0$	7, 8	1	0,2 – 10

Схема подключения БМРЗ к испытательному стенду СКП-3М представлена в приложении Б. Из нее видно, что токи трех фаз I_A , I_B , I_C , требуемые для оценки состояния защищаемого оборудования имитируются током одной фазы I_{ABC} , поступающим в СКП-3М из однофазной сети электропитания.

Коннектор аналогового ввода БМРЗ «2» также имеет некоторые изменения в подключении сигналов напряжения, адаптированные под работу блока для анализа одной фазы. Данное обстоятельство накладывает ограничения на функционал работы БМРЗ, тем не менее, это не влияет на наглядность проводимых исследований и экспериментов.

Порядок выполнения работ

1.1 Ознакомиться с лабораторной установкой, состоящей из блока БМРЗ и подключенного к нему СКП-3М. Изучить схему подключения (приложение Б) и принцип работы блока в паре с СКП-3М. Законспектировать основные тезисы и зарисовать схему подключения к реальному электрооборудованию (рисунок 3).

1.2 Включить лабораторную установку и проверить работу управления выключателем. Провести диагностику дисплея, кнопок и светодиодов. Выполнить проверку аналоговых цепей.

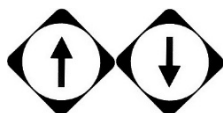
2.1 Подав питание на БМРЗ и СКП-3М включением сетевых вилок в розетки, перевести тумблер СКП-3М в положение «СЕТЬ». Убедиться во включении стенда по светодиодам «ВКЛ» и «ОТКЛ» на лицевой панели в области имитатора выключателя. По этим же светодиодам определить, в каком положении находится выключатель.

Перевести переключатель «НОРМА-ОТКАЗ» в положение «НОРМА». Убедится в возможности управления выключателем с пульта БМРЗ (светится красный светодиод возле кнопки «МУ») и, включая и выключая выключатель с пульта БМРЗ наблюдать изменение его состояния на СКП-3М. Оставить выключатель во включенном положении.

2.2 Произвести диагностику дисплея, кнопок и светодиодов блока.

Для этого, в разделе меню «Настройки», ниже пункта «Время и дата», выбрать вкладку «Диагностика» и нажать кнопку «ВВОД» . В появившемся списке тестируемого элемента блока выбрать «Тест дисплея», после нажатия «ВВОД»  появится запрос на подтверждение действия паролем «Введите пароль!» (рисунок 8).

Далее стрелками



набрать пароль «232».



Рисунок 8 – Ввод пароля

Нажав кнопку «ВВОД»  после ввода пароля убедиться в правильности ввода по изменению служебной пиктограммы  и пропаданием знака . В пункте «Пуск теста» следует также воспользоваться кнопкой «ВВОД» , после чего должно произойти включение всего дисплея для оценки его состояния на предмет неработающих световых элементов матрицы.

2.3 Аналогичным образом произвести тестирование клавиатуры блока и всех светодиодов.

2.4 Произвести проверку аналоговых цепей.

Для этого, при включенном выключателе, с помощью регуляторов токов и напряжений « I_{ABC} », « $3I_0$ », « $U_{AB,BC}$ » и « $3U_0$ » на лицевой панели СКП-3М в области «РЕГУЛИРОВКА» изменить значения токов и напряжений, отображаемых в разделе меню «Параметры сети» на дисплее БМРЗ. Для отображения данного раздела необходимо на дисплее:

1) в списке меню (рисунок 9) выбрать раздел «БМРЗ-152-КЛ-01» и нажать кнопку «ВВОД» ;



Рисунок 9 – Стартовый раздел «Список меню»

2) в разделе «БМРЗ-152-КЛ-01» выбрать вкладку «Сеть» и перейдя в нее, пользуясь кнопкой «ВВОД»  войти во вкладку «Параметры сети» (рисунок 10).

3) медленно вращая по часовой стрелке регуляторы « I_{ABC} », « $3I_0$ », « $U_{AB,BC}$ » и « $3U_0$ », наблюдать изменения тока и напряжения на дисплее БМРЗ.

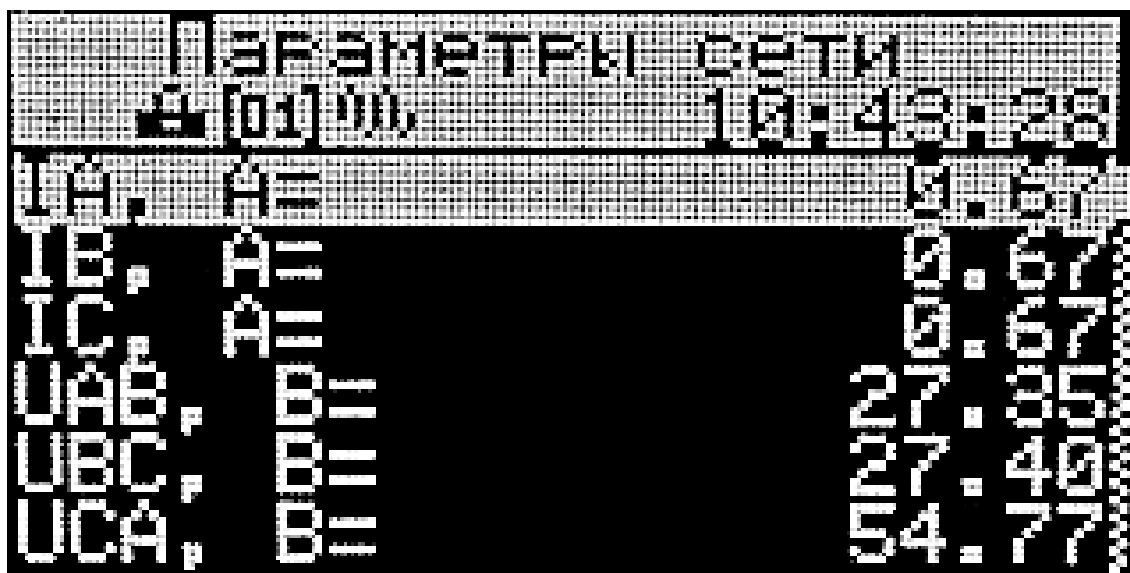
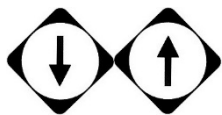


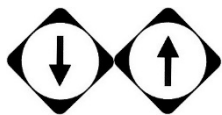
Рисунок 10 – Вкладка «Параметры сети»

После срабатывания защиты и отключения имитатора выключателя, вернуть все регуляторы в начальное положение, нажать кнопку «КВИТ» и произвести повторное включение выключателя кнопкой «ВКЛ».

3.1 Установить текущие время и дату, пользуясь следующими указаниями:

Войти в раздел меню «Настройки» и из списка выбрать вкладку «Дата и время», в появившемся окне (рисунок 11) кнопкой «ВВОД»  выбрать строку



«Время» и стрелками  настроить текущее время. Аналогично установить текущую дату в строке «Дата», сохраняя при этом выставленные значения кнопкой «ВВОД» . По завершении установки записать настройки в



память блока одновременным нажатием кнопок



Рисунок 11 – Настройка времени и даты

Возвращаться назад в требуемый пункт меню во всех случаях необходимо



нажатием кнопки

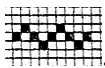
3.2 Определить коэффициент трансформации источников аналогового сигнала ТН и ТТ, записанных в память блока.

При работе блока во вкладке «Параметры сети» показаны первичные значения токов и напряжений. Это подтверждает наличие служебной пиктограммы . Для определения коэффициента трансформации $K_{тр}$ необходимо узнать, получаемые блоком вторичные значения. Для этого, в

разделе «Параметры сети», одновременным нажатием кнопок



переключить значения на вторичные, при этом в области служебных пиктограмм

вместо  отобразится значок .

С помощью регуляторов « I_{ABC} » и « $U_{AB,BC}$ » установить вторичные значения токов и напряжений как показано на рисунке 12.

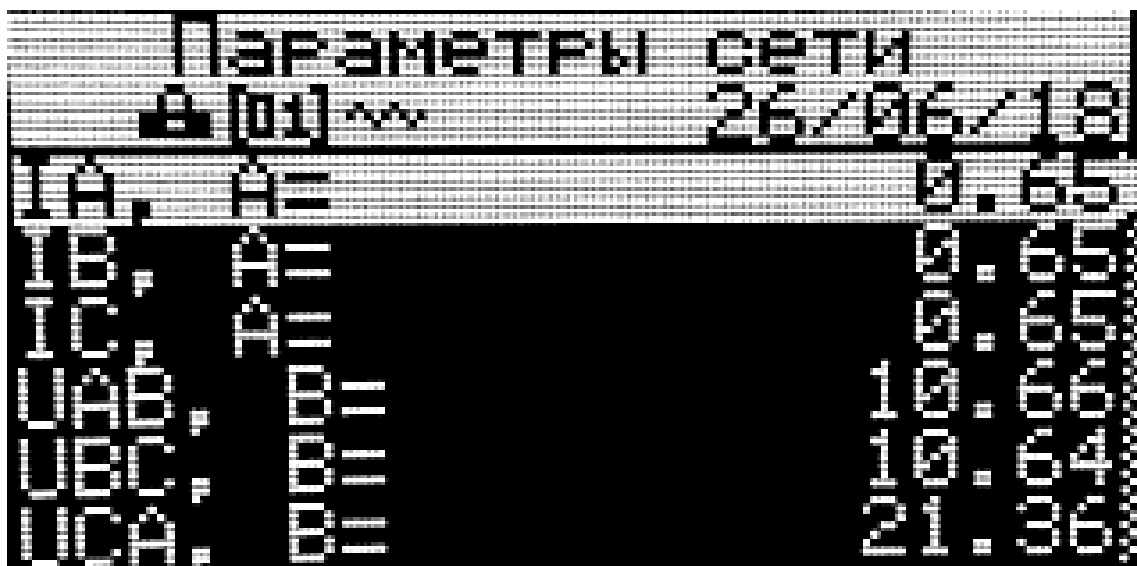


Рисунок 12 – Выставленные вторичные значения

Перейти снова на первичные значения и записать полученные результаты в таблицу.

Таблица 5 – Результаты расчетов $K_{ТР}$

значение	первичное знач. ($E_{первич}$)	вторичное знач. ($E_{вторич}$)	$K_{ТР}$
I_A	9,1	0,65	14
I_B	5,2	0,65	8
I_C	6,5	0,65	10
U_{AB}	1066	10,66	100
U_{BC}	3000,59	10,64	282

Коэффициент трансформации при этом определяется следующим образом:

$$K_{ТР} = \frac{E_{первич}}{E_{вторич}}$$

3.2.1 Проверить полученные значения $K_{ТР}$.

Для этого в главном разделе меню «БМРЗ-152-КЛ-01» выбрать вкладку «Уставки, конфигурация» в котором нажатием кнопки «ВВОД»  активировать пункт меню «Ввод Ктр», где в появившемся окне справа будут отображены коэффициенты трансформации измеряемых величин (рисунок 13).



Рисунок 13 – Коэффициенты трансформации

3.3 Согласно выбранному варианту, изменить уставки ТО и АПВ, провести проверку совместного функционирования блока защиты со стендом комплексной проверки. Варианты задания указаны в таблице 6.

Таблица 6 – Варианты заданий для ТО и АПВ

	I	II	III	IV	V
ТО, А	7,0	5,5	7,5	8,0	6,0
АПВ, сек	T1 - 1,0	T1 - 2,0	T1 - 1,0	T1 - 2,0	T1 - 1,0
	T2 - 3,0	T2 - 3,0	T2 - 2,0	T2 - 3,0	T2 - 3,0

Аналогично предыдущему заданию войти во вкладку меню «Уставки, конфигурация» и найти интересующие пункты ТО и АПВ. Выбрав нужный

пункт и нажав кнопку «ВВОД» , появится запрос пароля (232), затем окно конфигурации уставок выбранного вида защиты. Чтобы изменить значения уставок ТО (рисунок 14) необходимо пролистать вниз строки программных ключей S101-S144 остановившись на «ТО PT1, A=», выставить стрелками требуемое значение и нажать кнопку «ВВОД» . Также следует обратить внимание на задержку по времени «ТО T1, c=...0,3», здесь по умолчанию стоит значение 0,3 секунды и изменяться не будет. Запись измененных данных в память БМРЗ производится одновременным нажатием кнопок «F» и «ВВОД» .



Рисунок 14 – Изменение уставок ТО

Изменение уставок АПВ необходимо проводить в пунктах «АПВ T1, c=...» и «АПВ T2, c=...» (рисунок 15).



Рисунок 15 – Изменение уставок АПВ для ТО

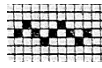
При этом следует помнить, что все изменения параметров в блоке сопровождаются вводом пароля «232» и записью в память блока.

Внесение изменений в память блока БМРЗ-152-2Д-КЛ осуществляется только после одновременного нажатия кнопок «F» и «ВВОД».



Изменив уставки и записав их в память блока, вернуться назад во вкладку



«Параметры сети» и одновременным нажатием кнопок переключить значения на вторичные (при этом отобразится пиктограмма ). Используя регулятор «I_{АВС}» на СКП-3М кратковременно подать ток, действующим значением превышающий величину уставки «ТО РТ1». Наблюдать отключение имитатора выключателя стенда в результате срабатывания ТО (на лицевой панели БМРЗ и панели имитатора выключателя начнут светиться зеленые светодиоды «ОТКЛ»). А также его повторное включение от функции «АПВ 1» через время «АПВ Т1». При этом, если не поворачивать регулятор «I_{АВС}» в обратном направлении, выключатель снова

отключится от ТО и включится от «АПВ 2» спустя время, записанное в «АПВ Т2» и опять отключится уже без новых попыток АПВ.

4.1 Зафиксировать в отчет хронологию событий из «Списка аварий» (рисунок 16). Составить временной график, демонстрирующий последовательность и продолжительность происходящих событий как показано на рисунке 17.

Время срабатывания ТО и АПВ следует просматривать в «Журнале аварий» (рисунок 16), находящемся в главном разделе меню «БМРЗ-152-КЛ-01» в пункте «События». События в «Списке аварий» отображаются в порядке их регистрации, первое в списке – последнее по хронологии.

Для удобства просмотра сообщений необходимо кнопкой «ВПРАВО» ⇨ сдвинуть область отображения вправо и оценить разницу по времени между «Пуск ТО» и «Срабатывание АПВ» в секундах, отображаемых в левой части дисплея. Время прошедшее между этими событиями и есть уставка «АПВ Т1». Аналогичным же образом оценивается разница между «Пуск ТО» и «Срабатывание АПВ 2», что является уставкой «АПВ Т2».



Рисунок 16 – «Список аварий» при срабатывании ТО

Краткий анализ работы ТО и АПВ. Из «Списка аварий» (рисунок 16) видно, что выключатель отключен действием ТО на :54 секунде («Срабатывание ТО»). Одновременно с этим произошел запуск АПВ («Пуск АПВ 1») и через заданное в уставках время «АПВ Т1» (1 секунда) выключатель был включен на :55 секунде («Срабатывание АПВ»). Так как значение тока, поданного регулятором, не уменьшилось, выключатель снова отключился от ТО также на :55 секунде. Повторное отключение выключателя запустило АПВ («Пуск АПВ 2») и через заданное в уставках время «АПВ Т2» (4 секунды) произошло повторное включение выключателя уже на :59 секунде («Срабатывание АПВ»). Поскольку возможности дисплея не позволяют просматривать одновременно более шести строк в поле отображения информации, следует отметить, что после «Срабатывание АПВ» произошло повторное и окончательное отключение выключателя от ТО («Срабатывание ТО») также на :59 секунде.



Рисунок 17 – Временной график работы ТО и АПВ

4.2 Ввести в работу функцию МТЗ, произвести конфигурацию уставок согласно варианта и провести проверку функционирования функции МТЗ совместно с АПВ. Варианты задания указаны в таблице 7.

Согласно изложенному в пункте 3.3 принципу включить в работу функцию защиты МТЗ и произвести изменения уставок тока и времени. Для этого необходимо войти в меню МТЗ вкладки «Уставки, конфигурация» и

активировать программный ключ S103, нажав кнопку «ВВОД» и установив значение «1», вместо «0». Таким образом, произойдет включение данной функции защиты. Далее, в меню «МТЗ» следует пролистать программные ключи S104-S150 и остановиться на уставках «МТЗ РТ1» и «МТЗ Т1-1» также нажать кнопку «ВВОД» для активации возможности изменения значения стрелками (рисунок 18). Произведя необходимые изменения и нажав кнопку «ВВОД» после выставления значения согласно таблице 7, внести изменения в память блока.

Внесение изменений в память блока БМРЗ-152-2Д-КЛ осуществляется только после одновременного нажатия кнопок «F» и «ВВОД».



Таблица 7 – Варианты заданий для МТЗ и АПВ

	I	II	III	IV	V
МТЗ 1ст., А	3,5	2,5	4,5	3,0	4,0
сек.	2,0	1,0	1,0	2,0	1,0
АПВ, сек	T1 - 1,0	T1 - 2,0	T1 - 3,0	T1 - 1,0	T1 - 2,0
	T2 - 3,0	T2 - 1,0	T2 - 1,0	T2 - 2,0	T2 - 2,0



Рисунок 18 – Изменение уставок МТЗ



Рисунок 19 – Изменение уставок АПВ

Изменив уставки и записав их в память блока, вернуться назад во вкладку

«Параметры сети» и одновременным нажатием кнопок

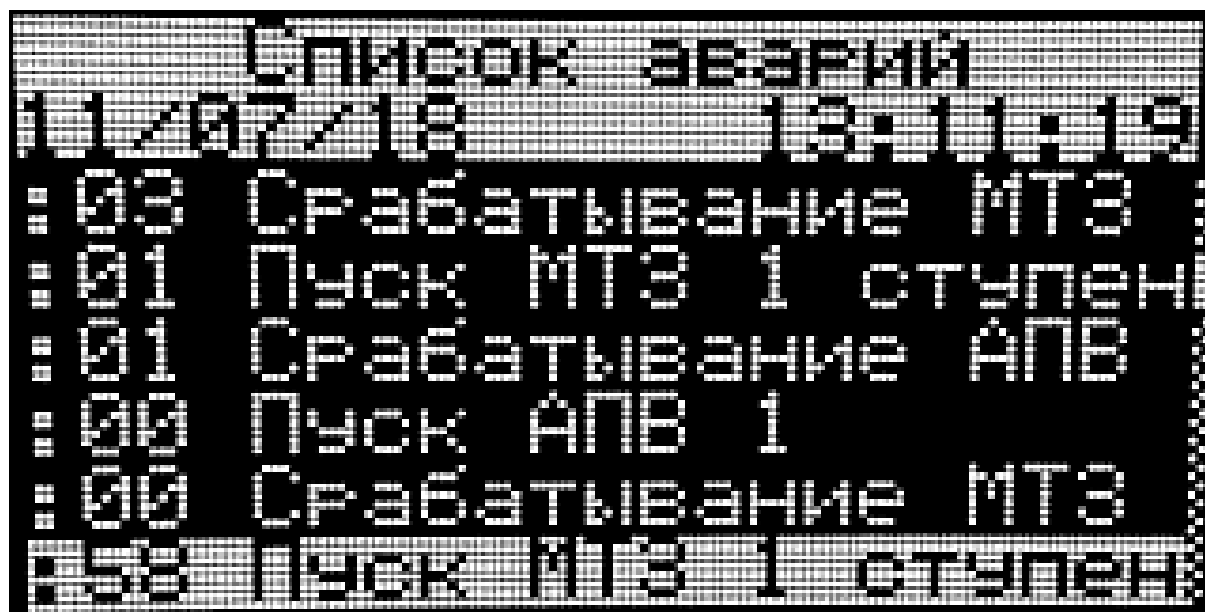


переключить значения на вторичные (при этом отобразится пиктограмма ,

значения токов станут одинаковыми и будут в пределах единиц). Медленно и плавно поворачивать по часовой стрелке ручку регулятора « I_{ABC} » на СКП-3М до слабого щелчка реле – это сигнализирует о начале отсчета «МТЗ 1 ступени» и через заданное время «МТЗ Т1-1» сработает защита, отключив выключатель. Далее последует его повторное включение от действия АПВ, подобно тому, как это происходило при работе ТО. При этом следует постоянно следить за значениями токов, отображаемых на дисплее блока и сравнивать их с записанными в память (согласно вариантам).

4.3 Записать хронологию событий из «Списка аварий» (рисунок 20) начиная от первого события (:58 Пуск МТЗ 1 ступени). Провести анализ события и составить временной график, как показано на рисунке 21.

Результаты времени запуска и срабатывания МТЗ и АПВ следует просматривать также в «Журнале аварий» (рисунок 20).



Список аварий	
1/07/18	13:11:19
:03	Срабатывание МТЗ
:01	Пуск МТЗ 1 ступени
:01	Срабатывание АПВ
:00	Пуск АПВ 1
:00	Срабатывание МТЗ
:58	Пуск МТЗ 1 ступени

Рисунок 20 – «Журнал аварий» при срабатывании МТЗ

Краткий анализ работы МТЗ и АПВ. В «Списке аварий» (рисунок 20) можно наблюдать разницу по времени в 2 секунды между «Пуск МТЗ 1 ступени» (:58 секунда) и «Срабатывание МТЗ 1 ступени» (:00 секунда). Это уставка «МТЗ

Т1-1» (рисунок 18), т.е. время, которое функция МТЗ отсчитывает от момента превышения уставки по току «МТЗ РТ1» до отключения выключателя. После отключения выключателя на :00 секунде, соответственно, происходит запуск «АПВ 1» и через время «АПВ Т1» равное 1 секунде его срабатывание и включение на :01 секунде. Ток остался прежним и, следовательно, снова запущен отсчет времени «МТЗ Т1-1» (2 секунды) через которое выключатель будет отключен действием МТЗ на :03 секунде и «АПВ 2» уже сработает через уставку «АПВ Т2» (2 секунды). Выключатель будет отключен, уже окончательно, действием МТЗ через время «МТЗ Т1-1» на :07 секунде.



Рисунок 21 – Временной график работы МТЗ АПВ

2. Содержание отчета.

2.1 Цель работы.

2.2 Основные теоретические аспекты применения микропроцессорной РЗ и А.

2.3 Схема подключения БМРЗ к защищаемому электрооборудованию (рисунок 3) и схема подключения к лабораторному стенду (приложение Б).

2.4 Таблица с результатами определения $K_{ТР}$ и методика расчетов.

2.5 Хронология «Журнала аварий» и временные графики ТО и МТЗ с кратким письменным анализом произошедших событий.

2.6 Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы по отчету

1. Каковы основные преимущества применения микропроцессорной РЗ и А по сравнению с электромеханической?
2. Какие защиты предусмотрены БМРЗ 152-2Д-КЛ-01?
3. Что такое первичные и вторичные аналоговые сигналы? Что такое коэффициент трансформации ТТ и ТН?
4. Какие сигналы, подводимые к микропроцессорному блоку РЗ и А, являются аналоговыми, а какие дискретными?
5. Какие нормальные режимы работы для ТТ и ТН?
6. Расшифровка и назначение ТО, МТЗ и АПВ?
7. Расшифровка и назначение РПО и РПВ?
8. Перечислить основные требования, предъявляемые к РЗ и А.

Лабораторная работа №2. Автоматика управления выключателем, токовая ступенчатая защита и цепи сигнализации

Цель: Изучение автоматики управления выключателем, приобретение навыков анализа функционально-логических схем, отработка навыка наладки и параметрирования функций защит в микропроцессорных блоках в соответствии с проектными решениями.

Общие теоретические сведения

Ввод в работу устройств РЗ и А допускается при исправной и поверенной работе устройств автоматики управления выключателем (АУВ), исправности самого выключателя и при обеспечении требований по сигнализации действия всей системы РЗ и А [6]. Как правило, блоки микропроцессорных защит позволяют совмещать функции РЗ и А и функции АУВ 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 [6] и обеспечивается отдельными устройствами, цепями управления самого выключателя и соответствующими вторичными цепями управления ячейкой РУ.

АУВ в блоке микропроцессорной РЗ и А включает следующие функции [6]:

- 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) [3]. 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. рисунок 22) входят следующие элементы [6]:

- 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 [3.6].

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

Максимальная токовая защита (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 [3]. 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. [3,5,6].

Подготовка к лабораторной работе

В лабораторной работе вам предстоит выполнить настройку блоков серий БМРЗ 100 и/или 152 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 152) и ТИ-022-2018 (для серии 100).

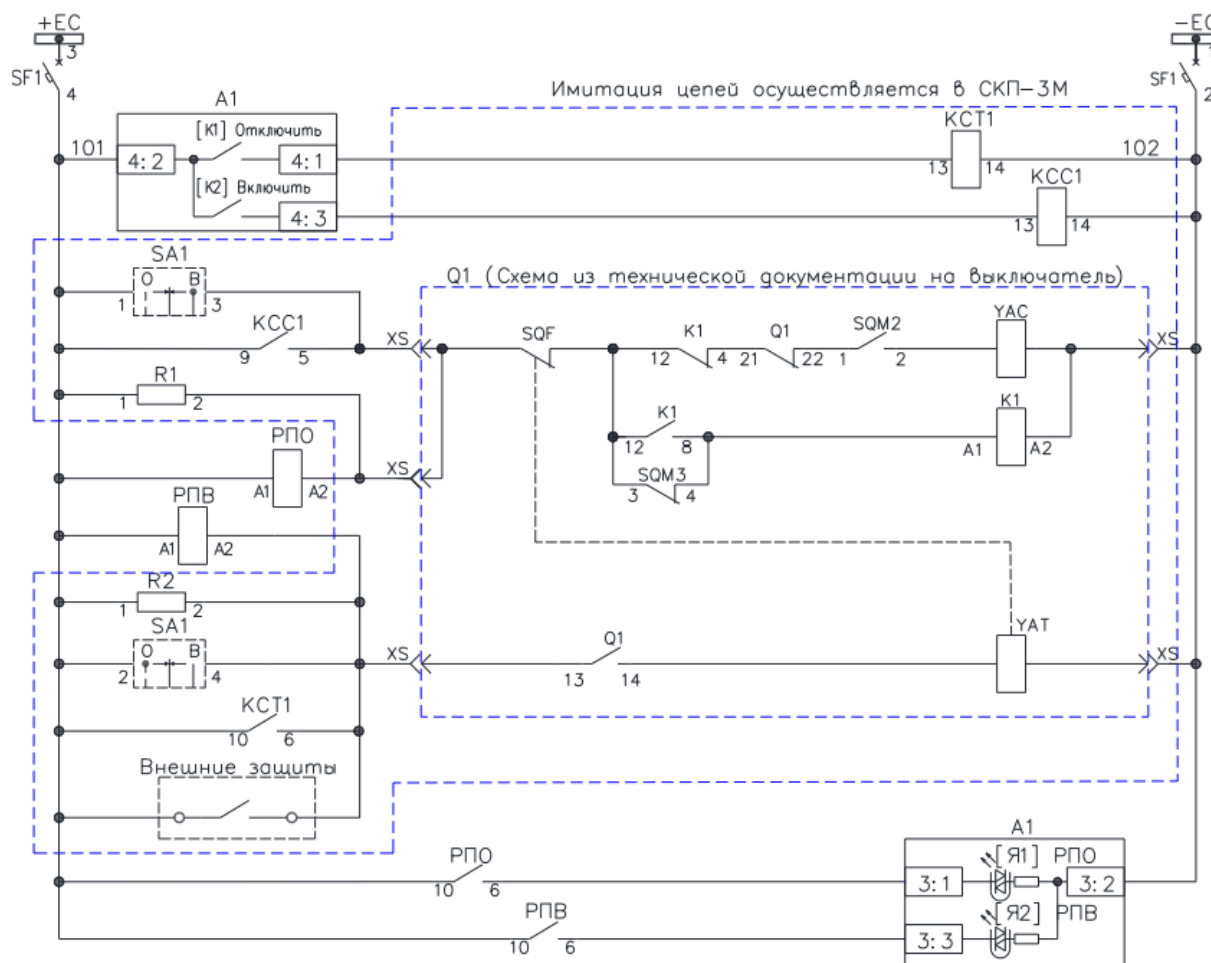


Рисунок 22 – Схема управления выключателем на устройстве БМРЗ-100

Предварительно необходимо ознакомиться с расчетом уставок присоединения, которые необходимо будет задать в блоке. Проанализируйте, соблюдены ли при расчете рекомендации производителя изложенные в [3,6].

Рассмотрите схемы соответствующей ячейки РУ (КЛ, Т, ЭД) [3]. Последовательно проанализируйте измерительные цепи, оперативные цепи, выходные цепи и цепи сигнализации. Изучите список вторичной аппаратуры и определите назначение каждого элемента схемы. Проанализируйте электрические принципиальные схемы выключателя (тип выключателя указывается преподавателем). Определите соответствие цепей выключателя и оперативных цепей ячейки РУ.

В лабораторной работе вам необходимо будет ознакомиться с автоматикой управления выключателем представленной на рисунке 22. На данном рисунке предполагается управление воздушным выключателем ВВУ-СЭЩ-П-10. Полные электрические цепи управления выключателем представлены в его техническом описании. На рисунке 22 представлены цепи электромагнитов отключения YAT и включения YAC. Для прохождения команды управления необходимо чтобы соответствующие цепи были «собраны», 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 РЗ и А [6].

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 [3,6]. Проведите анализ функционально логических схем блока серий БМРЗ-100 или 152 [2], выполняются ли все требования.

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 [6].

В ходе работы вам потребуется отслеживать активное состояние различных узлов схемы управления для этого на лабораторном стенде предусмотрена следующая световая сигнализация таблица 8.

Таблица 8 – Световая сигнализация

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

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

Порядок выполнения 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 9. 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 9 с указанием времени изменения состояния сигнализации (0, Твыд.) 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 9. 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-10х) или разъему USB (для БМРЗ-15х), подключиться к блоку с помощью ПрО «Монитор-100» (для БМРЗ-10х) или «Конфигуратор МТ» (для БМРЗ-15х). Сохраните журнал событий (сделать скриншот). Проведите его анализ и соотнесите записи в журнале с выполненными шагами.

Таблица 9 – Описание состояний

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 ступени МТЗ, ввести уставки МТЗ, приведенные в таблице 10 .

Таблица 10 – Уставки МТЗ блоков БМРЗ-10х и БМРЗ-15х

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	
	S120	S120	МТЗ первая ступень с контролем Ул	0
	S121	S121	МТЗ первая ступень с комбинированным пуском	
			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 «ИКЛ» 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 11;

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-10х) или разъему USB (для БМРЗ-15х) на лицевой панели блока, подключиться к блоку помощью ПрО «Монитор-100» (для БМРЗ-10х) или «Конфигуратор МТ» (для БМРЗ-15х), 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 11;

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 УЛ МТЗ ($MTZ\ U < 70\ В$);

2. Приведите стенд в исходное состояние. Включить выключатель кнопкой с лицевой панели блока;

3. Для блока БМРЗ-15х 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 ТСЗ 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 11 – Описание состояний

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;
- Таблицы 9 и 11;
- Скриншот журнала событий;
- Рассчитанные величины (см. ниже):

Обозначить моменты 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. Проверить соответствие с данными, заполненными в таблицах 9 и 11. 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

1. Поясните на функционально-логических схемах блока алгоритм формирования сигналов предупредительной и аварийной сигнализации при ситуациях, зафиксированных в таблицах 9 и 11?

Контрольные вопросы

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

3. Опишите действие схем РЗ и А по проекту при превышении уставки 2 ступени МТЗ?

4. Покажите на стенде светодиоды, отображающие фактическое положение выключателя?

Лабораторная работа №3 Взаимодействие блоков релейной защиты разных присоединений. Логическая защита шин и УРОВ

Цель: Изучение организации логической защиты шин и УРОВ на секциях 6-10кВ ПС. Закрепление навыков сборки схем вторичной коммутации и параметрирования и наладки ЛЗШ и УРОВ.

Общие 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) [3,5], либо используют две ступени (два комплекта) МТЗ (при применении ЦРЗ И А) [3,5]. 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 [3,5].

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 [3,5,6].

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. 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 [3,5]. Обратите внимание на различия в логике блоков 10х и 15х серий, а также на различия в логике блоков защиты отходящего и питающего присоединений [6].

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. Подготовьте и заполните бланки параметрирования блоков по разделам УРОВ и ЛЗШ [6].

Подготовка к испытаниям

– Убедитесь, что автоматический выключатель SF1 отключен, отсутствует оперативное напряжение на клеммах ХТ1 (лампы HLR не горят).

– Собрать цепи ЛЗШ для варианта с параллельным соединением контактов отходящих присоединений на клеммных рядах зажимах ХТ1-ХТ2 (ХТ3) ячеек ПП и ОЛ (Рисунок 23), цепи УРОВ (Рисунок 24). 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 12 и 13. После проверки

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

Таблица 12 – Уставки блока питающего присоединения.

Функция	Ключ		Конфигурация и уставки	Значение
	БМРЗ-10х	БМРЗ-15х		
МТЗ	S101	S103	МТЗ первая ступень	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

Таблица 13 – Уставки блока отходящего присоединения.

Функция	Ключ		Конфигурация и уставки	Значение
	БМРЗ-10х	БМРЗ-15х		Пр. 1
МТЗ	S101	S103	МТЗ первая ступень	
			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

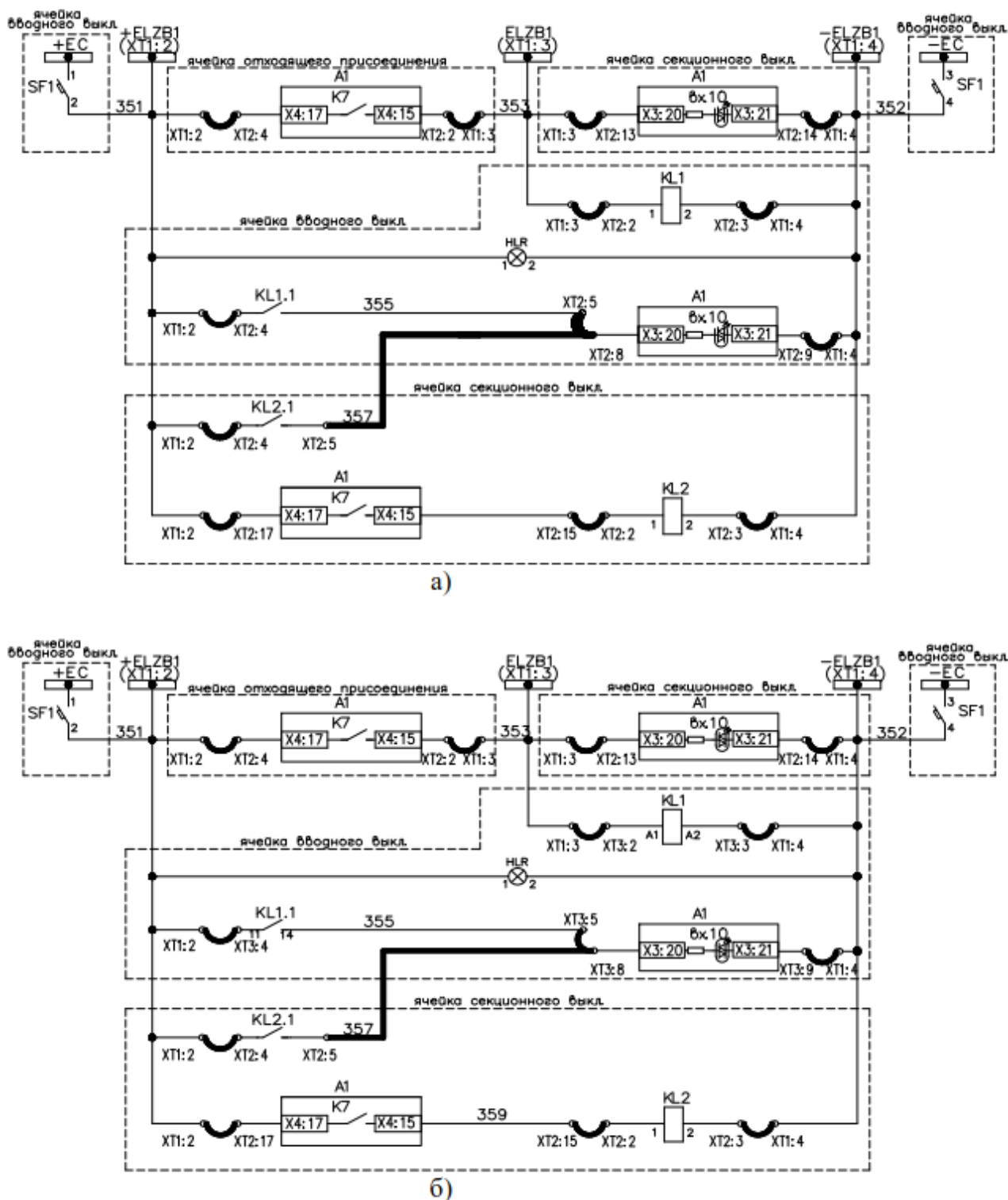


Рисунок 23 – Вторичные цепи ЛЗШ для блоков БМР3-10х (а), БМР3-15х (б)

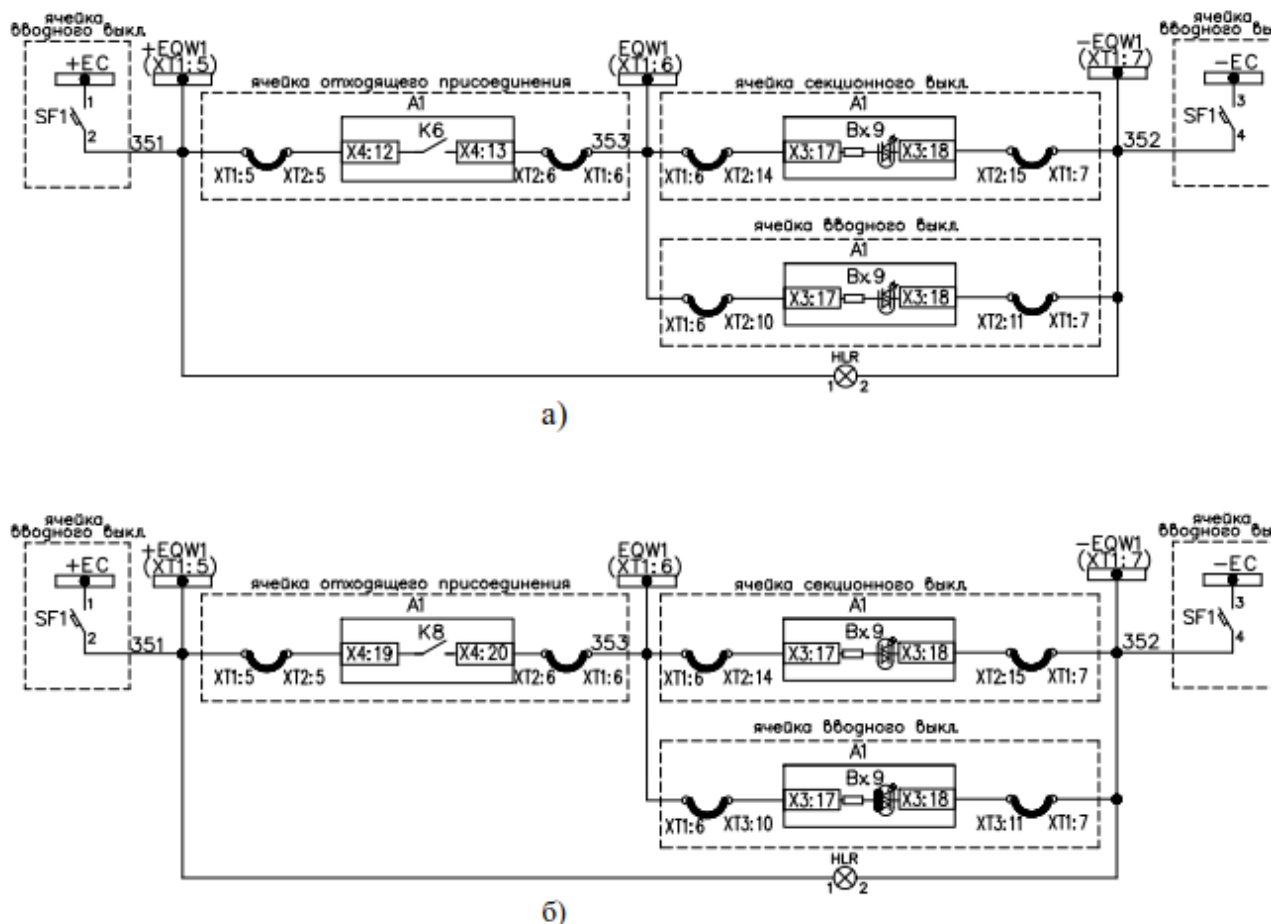


Рисунок 24 – Вторичные цепи УРОВ для блоков БМРЗ-10х (а), БМРЗ-15х (б)

Порядок выполнения работы

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!

Проверка ЛЗШ и УРОВ

1. Собрать вторичные цепи ЛЗШ на стенде ПП и ОП в соответствии с рисунком 23.

2. Проверка работы МТЗ питающего присоединения при КЗ на шинах

2.1 Регулятором «IBV» на СКП-3М ячейки ПП повышать ток до срабатывания введенной ступени МТЗ;

2.2 Должно произойти отключение выключателя ПП с выдержкой времени ТУСК (БМРЗ-10х) или ЛЗШ Т (БМРЗ-15х). На экране блока ПП должна появиться надпись «Ав. УМТЗ» (БМРЗ-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 «ISEКЦИИ» 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 «ISEКЦИИ» на СКП-3М ячейки ОП повышать ток до срабатывания введенной ступени МТЗ. Должно произойти неселективное (с

выдержкой времени ТУСК (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 перемычку 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 «ІСЕКЦИИ» 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 ТМТЗ Т1-1).

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 24.

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 «ИСКЛЮЧИИ» 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 14 – 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 14, 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?

Контрольные вопросы

1. Каким образом исключено блокирование секционного выключателя самого себя?
2. Как выбирается время срабатывания УРОВ?
3. Почему в цепях отходящего присоединения есть ключ «ввод УРОВ», а в цепях ЛЗШ аналогичного ключа «Ввод ЛЗШ» нет?
4. Зачем в блоках предусмотрен нормально замкнутый контакт ЛЗШ?
5. Чем обусловлена выдержка времени ЛЗШ?
6. Каким программным ключом ЛЗШ вводится в работу?

Лабораторная работа №4. Автоматический ввод резерва. АВР на базе микропроцессорных блоков БМРЗ-1хх-ВВ, БМРЗ-1хх-СВ

Цель: Закрепление знание по организации АВР на секциях 6-10кВ распределительных ПС. Закрепление навыков по сборке схем вторичной коммутации и параметрирования и наладки АВР.

Общие теоретические сведения

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 [5]. 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 [3,5]). Для понимания функционирования автоматики необходимо изучить и нормы технологического проектирования 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 [3,5].

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.

АВР также подразделяется на системы без восстановления и с восстановлением нормального режима (ВНР): 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. рисунок 25)

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 (рисунок 26), восстановления схемы нормального режима после АВР (ВНР), разрешения АВР, защиты от потери питания. Обратите внимание на различия в логике блоков 10х и 15х серий [6].

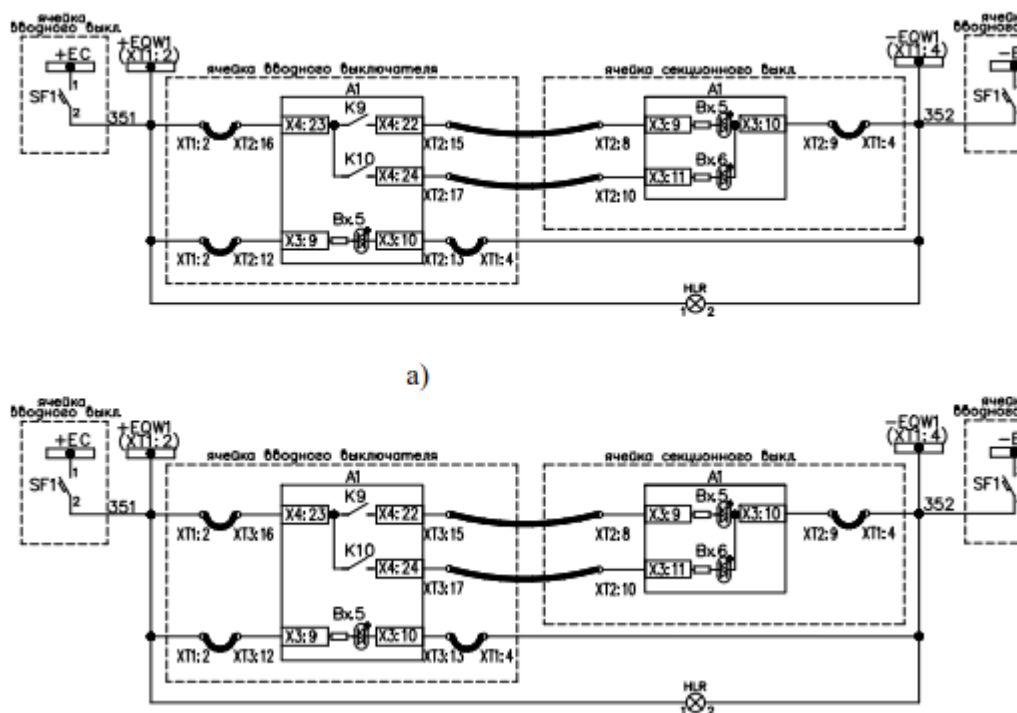


Рисунок 26 – Схема оперативных цепей блоков ячейки СВ и ВВ, обеспечивающих работу АВР и ВНР для стенда с блоками BMP3-10x (а) и BMP3-15x (б)

Наладка функции АВР будет проводиться для схемы, описанной в альбоме типовых решений. 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. Подготовьте и заполните бланки параметрирования блоков управления ВВ и СВ для настройки АВР.

Таблица 15 – Уставки АВР и ВНР блока БМРЗ-103-ВВ и БМРЗ-152-ВВ

Функция	Ключ		Конфигурация и уставки	Значение*
	БМРЗ-10х	БМРЗ-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	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	—

Подготовка к испытаниям

С помощью монтажных проводов на лабораторном стенде собрать схему, соответствующую принципиальной монтажной схеме на рисунке 26 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-BB ввести АВР по линейному напряжению, АВР по самопроизвольному отключению (СО) и контроль ВНР в соответствии с таблицей 15. Не разрешать отключение выключателя ввода при отсутствии входа «Разреш. АВР» (ключ S507=0). Так же 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-BB (если запись не включена).

Для стенда на блоках БМРЗ-15х

Через ПрО «Конфигуратор-МТ» в блоке БМРЗ-152-BB ввести АВР по линейному напряжению, АВР по самопроизвольному отключению (СО), ВНР в соответствии с таблицей 15. 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 ($U_{AB}=U_{BC}>100\text{ В}$);
- 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.

Порядок проведения работы

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 16 – Проведение тестовых испытаний

	Действие	Ожидаемая реакция схемы
Проверка работы АВР при снижении питающего напряжения		
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 «Монитор100» или «Конфигуратор-МТ» скачать аварийные осциллограммы АВР с обоих блоков;	-----
3	Сквитировать оба блока;	Снятие световой сигнализации
Проверка возврата нормального режима (ВНР)		
4	Выкрутить регулятор напряжения ВВ « $U_{AB.BC}$ » в положение номинального напряжения (≥ 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
Проверка работы АВР при СО		
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	
Проверка не действия АВР при срабатывании МТЗ основного питающего присоединения		
12	На стенде БМРЗ-1хх-ВВ с помощью СКП-3М повысить ток до срабатывания 1 ступени МТЗ	
13	Снять ток, сквитировать блок ВВ	Снятие световой сигнализации

Во время выполнения проверок заполнять таблицу по следующей форме.

Таблица 17 – Выходные данные

		Запись в журнале аварий		Светодиоды	Выходные контакты	
		текст	время		Название сигнала	Время сраб.
1	ВВ					
	СВ					
2	ВВ					
	СВ					
...	ВВ					
	СВ					

Обработка результатов и требования к содержанию отчета

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?

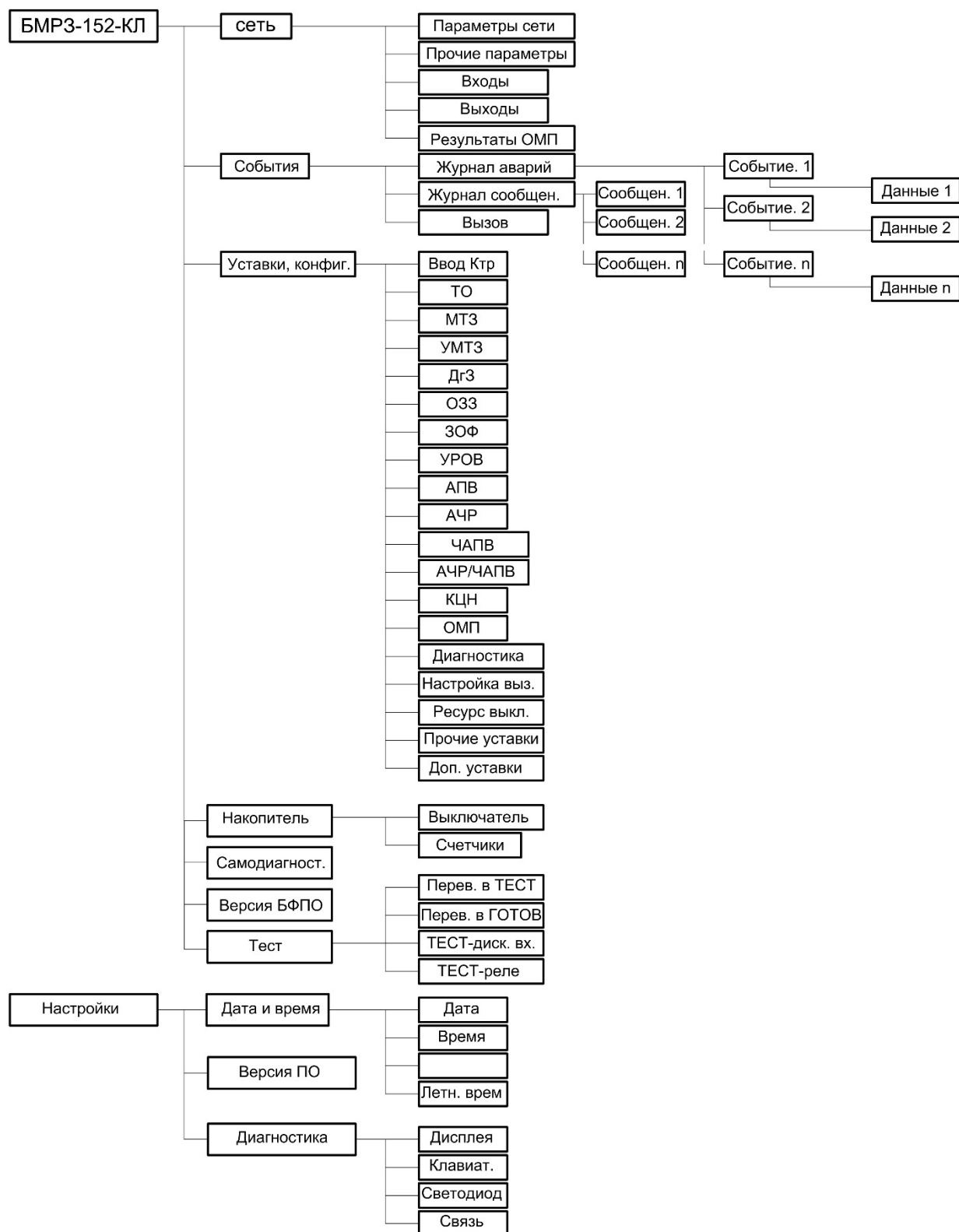
Контрольные вопросы по отчету

1. Чем определяется выдержка времени АВР? Какие причины могут обуславливать неуспешный АВР и какие существуют технические решения для исключения неуспешного АВР?
2. Объясните термин СО (самопроизвольное отключение), используемый в руководстве по эксплуатации на блоки БМРЗ?
3. Какие дискретные сигналы необходимо фиксировать для полноценного анализа действий АВР в различных аварийных ситуациях?
4. Какие основные требования предъявляются к АВР в сетях среднего класса напряжения в ПУЭ?
5. Опишите основные технические решения, реализованные в проекте, по которому будет проводиться настройка блоков.
6. Обеспечены ли требования к АВР (см. ГЗ.2 ЛЗ.1)?
7. Можно ли использовать блоки БМРЗ во всех схемах, представленных на рисунке 26?

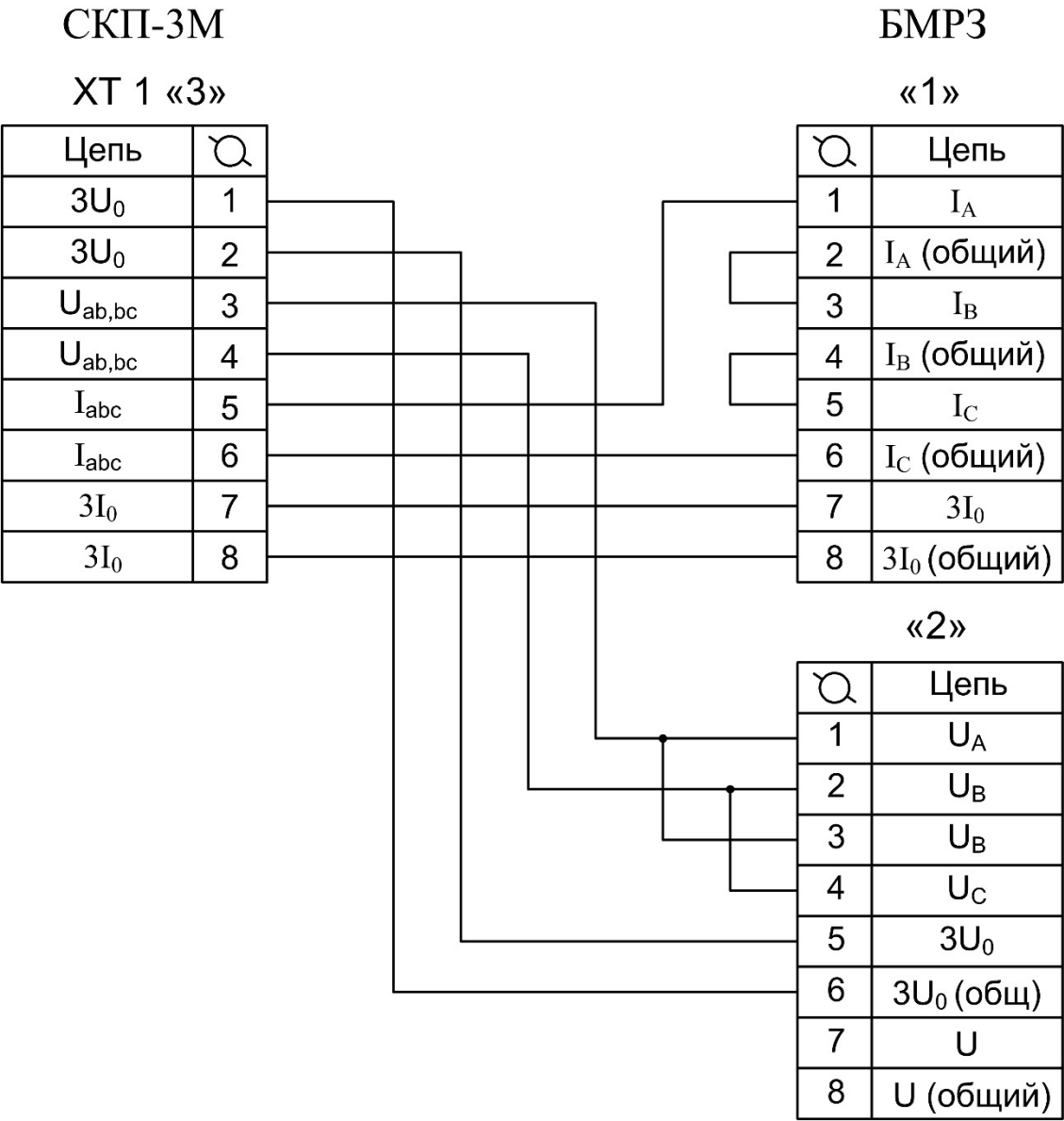
Список литературы

1. Настройка и проверка микропроцессорного блока релейной защиты и автоматики: метод. указания / Сост. Д.М. Баннов, А.С. Ведерников., Гофман А.В. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, – 2018. – 36 с.: ил.
2. Блок микропроцессорный релейной защиты БМРЗ-152-КЛ-01. Руководство по эксплуатации ДИВГ.648228.039-02.03. НТЦ «Механотроника», – 2017. – 71 с.
3. Дьяков А.Ф., Овчаренко Н.И. Микропроцессорная автоматика и релейная защита электроэнергетических систем. – М.: Издательский дом МЭИ, – 2010. – 336 с.
4. Стенд комплексной проверки СКП-3М. Паспорт. ДИВГ.442232.011 ПС. НТЦ «Механотроника». – 11 с.
5. Копьев В.Н. Релейная защита. Принципы выполнения и применения: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, – 2009. – 153 с.
6. Методические указания по выполнению лабораторных работ по курсу «Микропроцессорные устройства РЗА. Устройства серии БМРЗ, производства ООО «НТЦ «Механотроника» / Сост. Попов С.О., Леньшин А.И., Захарова Е.В., Гущин М.В. – Санкт-Петербург: СПб. Политех. ун-т Петра Великого, – 2021, – 88 с.
7. СТО ДИВГ-059-2017 Релейная защита распределительных сетей 6-10 кВ. Расчёт уставок. Методические указания. ООО "НТЦ "Механотроника" – 2017 г.

Приложение А Типовая структура и содержание меню дисплея БМРЗ



Приложение Б Схема подключения аналоговых сигналов БМРЗ к СКП-3М



Приложение В. Анализ осциллограмм

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);
- «Sigr» (Siemens);
- «Transcor» (Парма);
- «Осциллограф» (ЗАО «НПФ «ЭНЕРГОСОЮЗ») и др.

Пример использования ПО «FastView».

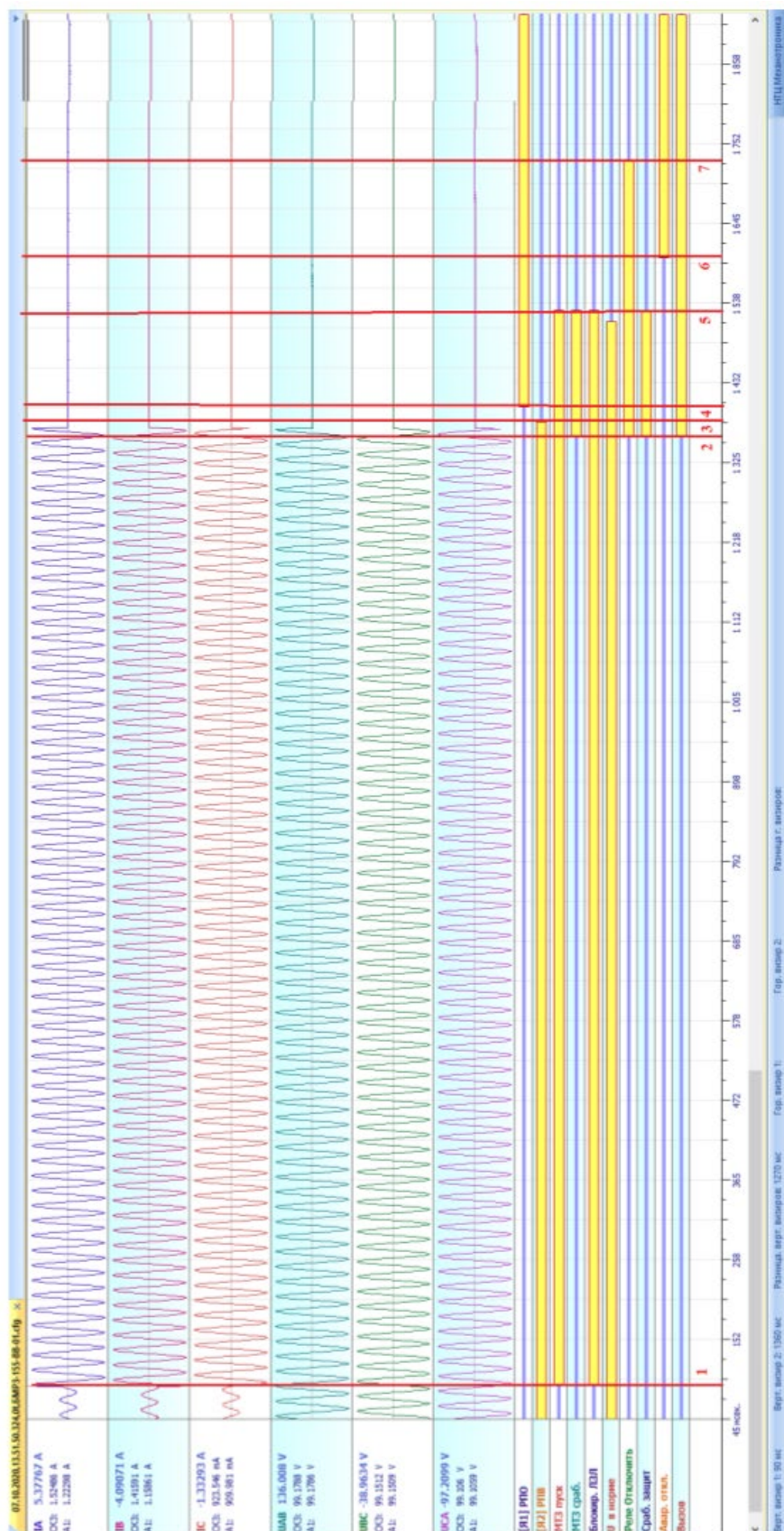


Рисунок В1 – Пример осциллограммы срабатывания МТЗ

Таблица В1 – Таблица событий

№ 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. рисунок В2.) (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 визоры, которые выглядят как вертикальные линии различных цветов, проходящие через все рабочее поле программы анализа осциллограмм и пересекающие области аналоговых и дискретных переменных (см. рисунок В3). 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 В3 в момент срабатывания защит, значение $U_{BC} = -12,9437$ В и это произошло на 90 мс.

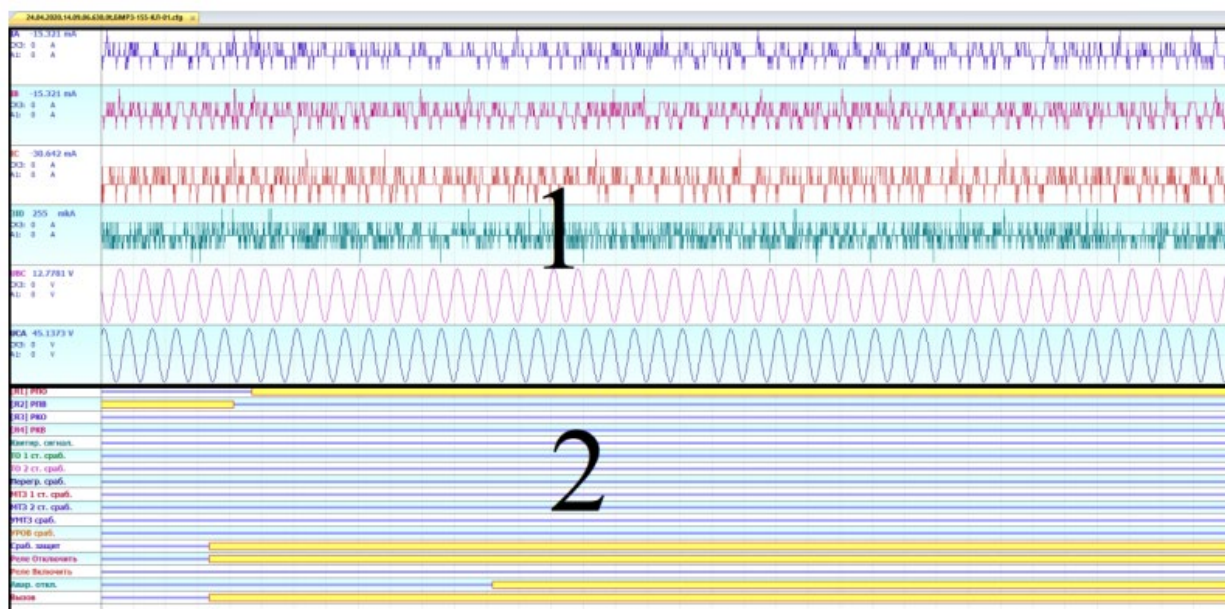


Рисунок В2 – Каналы данных осциллограммы

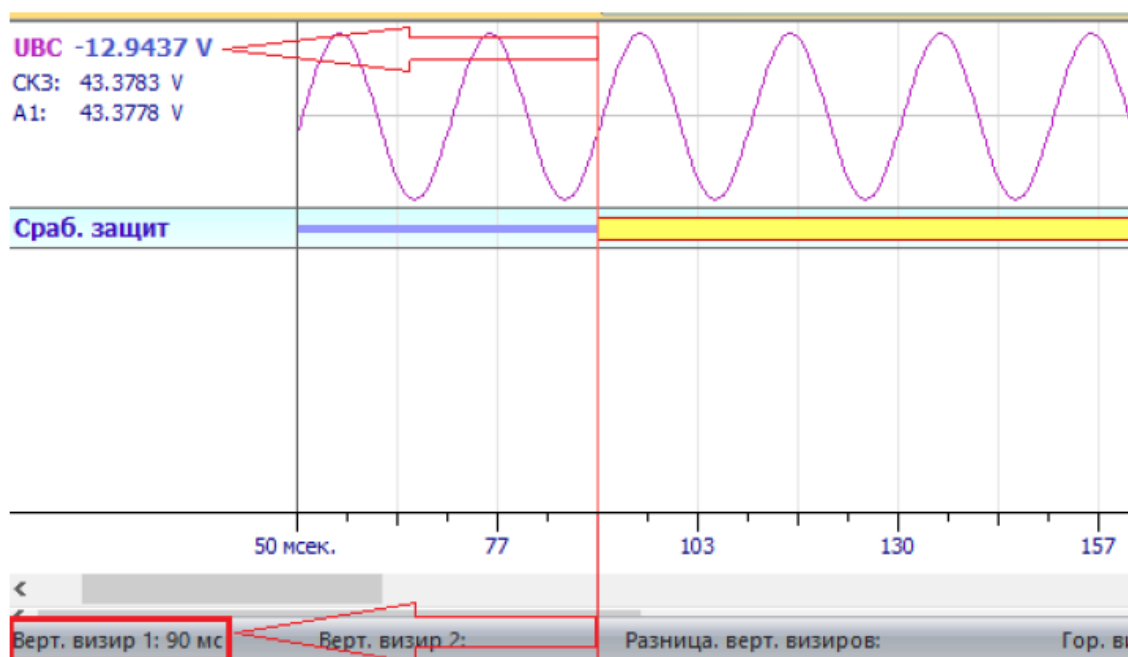


Рисунок В3 – Визир

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 РЗ и А, 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 В4 в момент появления события «Срабатывание защиты» формируется команда на отключение выключателя (РКО) на 90 мс. На 125 мс на вход блока [6] 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.

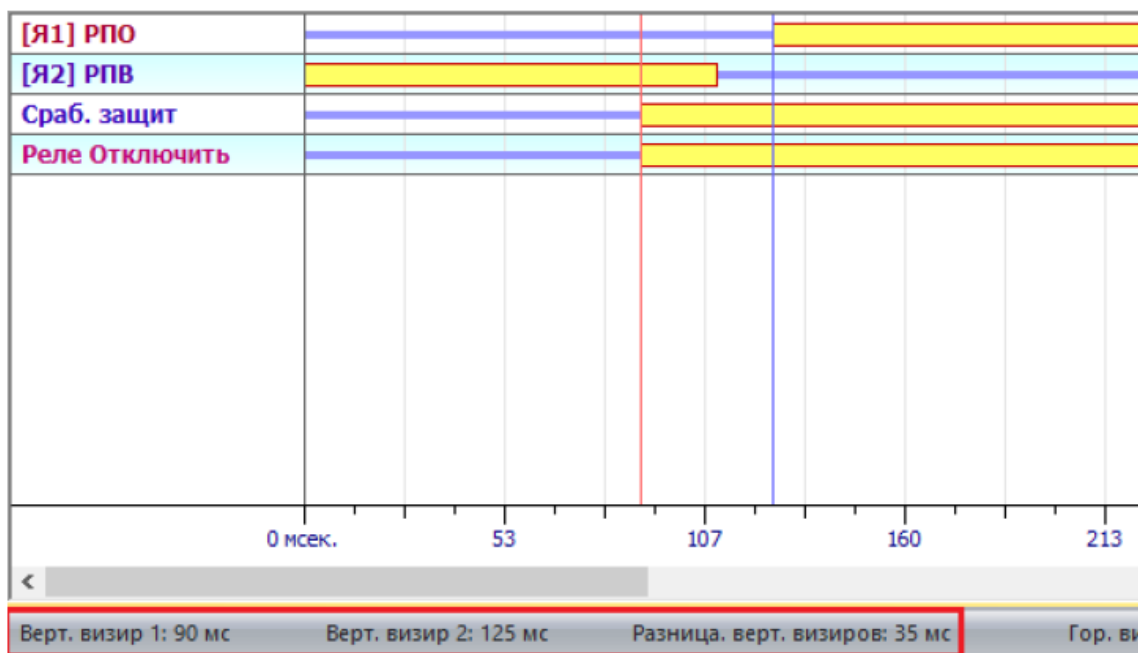


Рисунок В4 – Измерение времени между событиями по визирам

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

На рисунке В5 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.

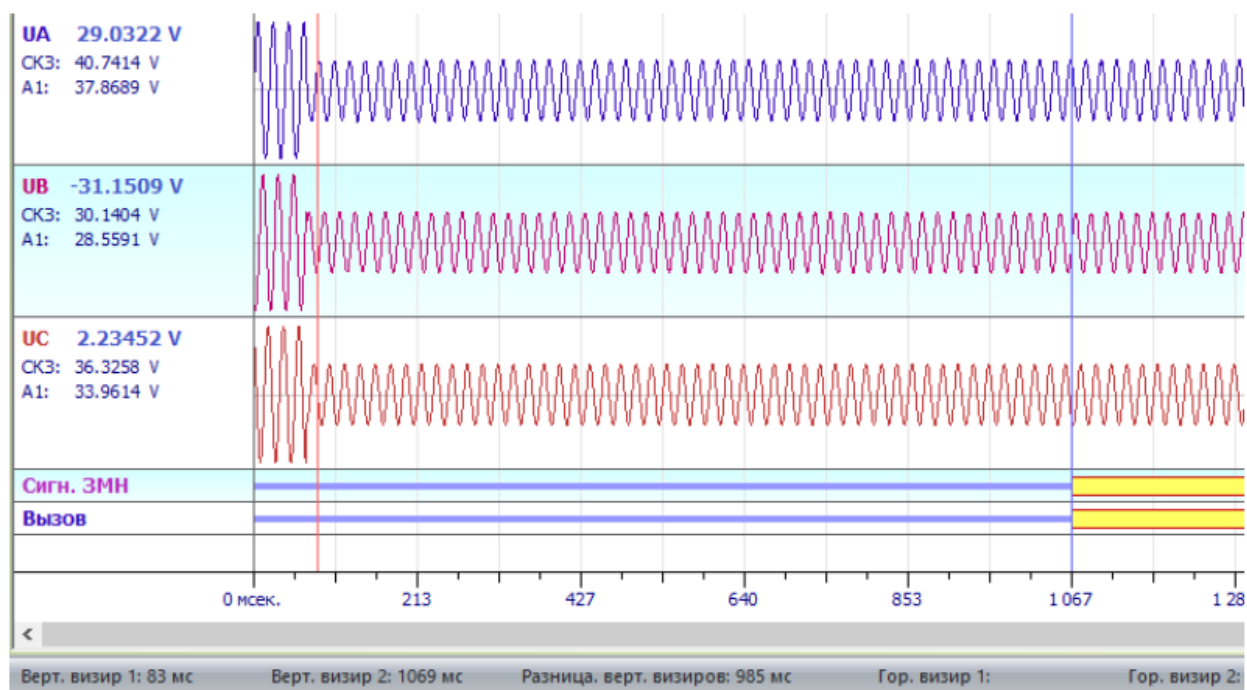


Рисунок В5 – Работа ЗМН

Список сокращений и условных обозначений

АЦП – аналого-цифровой преобразователь;

ВВ – вводной выключатель;

Д – двигатель;

МПУ – микропроцессорное устройство;

ОП – отходящее присоединение;

ПП – питающее присоединение;

РЗ и А – релейная защита и автоматика;

СВ – секционный выключатель;

Т – трансформатор;

ТН – трансформатор напряжения.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

Учебное пособие

**МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И
АВТОМАТИКА**
Лабораторный практикум

Авторы:

Полищук В.И., Шувалова А.А.

Формат 60×84/16.

Усл. печ. л. 4,8.

Тираж 500 экз.

Заказ № ии02-2026.

Издано в авторской редакции.

ООО «Альпен-Принт»

115230, г. Москва, Электролитный проезд, 3А, с2

Подписано в печать 20.08.2026.

© Полищук В. И., Шувалова А. А., 2026

© ООО «Альпен-Принт», 2026



РИНЦ



DOI

ISBN 978-5-6056910-5-1



9 785605 691051 >

