

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт энергетики и электротехники

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электроснабжение  
(направленность (профиль))

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Реконструкция систем РЗА ОРУ 110-220 кВ Жигулевской ГЭС с переводом на микропроцессорную технику»

Студент(ка)

Р.С. Павлов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.А. Романов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Вахнина \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

Тольятти 2016

## Аннотация

Выполнена интеграция в Систему автоматизированного управления (САУ) ОРУ-110кВ и ОРУ-220кВ, с учетом замены Щита собственных нужд (ЩСН), Щита постоянного тока (ЩПТ), сборок собственных нужд (СН) на ОРУ.

Выбор и прокладка кабелей цепей вторичной коммутации.

Типы главных схем ОРУ-110кВ и ОРУ-220кВ «Жигулевской ГЭС» сохраняются.

Выбор элементов силового оборудования главных схем в работе не рассматривается.

Расчет токов короткого замыкания в работе не рассматривается, при этом приведены уставки токов короткого замыкания в максимальном режиме для схем релейной защиты (См. Приложение Б, Таблица 1.Б).

В качестве высоковольтного оборудования на ОРУ-110кВ и ОРУ-220 кВ Жигулёвской ГЭС использованы выключатели и разъединители элегазовые, трансформаторы тока типа ТГФ.

## Содержание

Введение.....	6
1 Защита и автоматика линий 220 кВ .....	10
2 Защита и автоматика обходных выключателей 220 кВ .....	19
3 Защита и автоматика вводов 220кВ трансформаторных групп .....	22
4 Защита и автоматика секционного выключателя 220 кВ .....	29
5 Дифференциальная защита шин и УРОВ ОРУ 220 кВ .....	33
6 Противоаварийная автоматика ОРУ 220 кВ .....	36
7 Цепи напряжения и синхронизации присоединений ОРУ 220 кВ.....	39
8 Измерительные приборы.....	40
9 Управление и сигнализация ОРУ 220 кВ .....	41
10 Цепи распределения оперативного постоянного тока (ШОТ) .....	44
11 Защита и автоматика линий 110 кВ .....	47
12 Защита и автоматика обходного выключателя 110 кВ .....	52
13 Защита и автоматика вводов 110кВ трансформаторных групп .....	55
Заключение .....	61
Список использованных источников .....	64
Приложение А .....	66
Приложение Б.....	85

## Введение

На основании проекта будет произведена реконструкция комплекса РЗА, ПА и ВЧ-связи ОРУ-110кВ и ОРУ-220кВ «Жигулевской ГЭС».

Общие сведения об объекте.

Жигулевская ГЭС (бывшая Волжская ГЭС имени В. И. Ленина), одна из крупнейших ГЭС мира, на реке Волге.

Основные характеристики гидростанции:

- установленная мощность - 2300 МВт;
- количество агрегатов - 20;
- номинальная мощность генератора - 115 МВт;
- генераторное напряжение - 13,8 кВ;
- средняя многолетняя выработка - 9,6 млрд. кВтч;
- число часов использования установленной мощности - 4174;
- режим работы - регулирование частоты и мощности в ЕЭС России;
- выдача мощности - через 8 трансформаторных групп мощностью 135000 кВА каждый, на 3-х уровнях напряжения 110, 220, 500 кВ;
- количество отходящих ВЛ: 500 кВ - 4, 220 кВ - 6, 110 кВ – 7.

К настоящему времени достаточно четко обозначилась ориентация на внедрение системы устройств РЗА, выполненных на микропроцессорной технике.

Проект реконструкции Комплекса РЗА ОРУ-110кВ и ОРУ-220 кВ Жигулевской ГЭС выполнен с учетом использования шкафов микропроцессорных основных и резервных защит линий, трансформаторов и шин производства НПП «ЭКРА».

Проект выполнен с учетом интеграции в Систему автоматизированного управления (САУ) ОРУ-110кВ и ОРУ-220кВ, с учетом замены Щита собственных нужд (ЩСН), Щита постоянного тока (ЩПТ), сборок собственных нужд (СН) на ОРУ.

Типы главных схем ОРУ-110кВ и ОРУ-220кВ «Жигулевской ГЭС» сохраняются.

Выбор элементов силового оборудования главных схем в работе не рассматривается. В качестве высоковольтного оборудования на ОРУ-110кВ и ОРУ-220 кВ Жигулёвской ГЭС использованы выключатели и разъединители элегазовые, трансформаторы тока типа ТГФ.

При разработке проекта выполнения релейной защиты и автоматики (РЗА) определяющим является выполнение следующих основных требований:

- селективность действия;
- чувствительность;
- обеспечение ближнего резервирования;
- обеспечение дальнего резервирования;
- достаточное быстродействие;
- надежность функционирования.

К достоинствам релейной защиты с использованием микропроцессорной техники можно так же отнести:

- повышение надежности оборудования РЗА;
- точность уставок по току, напряжению, времени;
- повышение быстродействия;
- возможность задания нескольких групп уставок;
- уменьшение времени на обслуживание.

Терминалы МП защит и автоматики имеют следующие номинальные параметры:

- номинальный ток - 1А;
- номинальное напряжение переменного тока - 100В;
- номинальная частота - 50 Гц.

Комплекты защит и автоматики присоединения 110кВ и 220кВ, выполненных на базе микропроцессорных терминалов, содержат:

- автоматику управления выключателем;
- резервные защиты;
- основные защиты для линий напряжением 110кВ и 220кВ;
- автоматику контроля факта отключения выключателя - ФОВ.

При этом каждый терминал МП защит и автоматики имеет:

- индикацию текущего состояния терминала;
- интерфейс для подключения к САУ ОРУ-110кВ и ОРУ-220кВ по цифровому каналу.

По логике входных/выходных дискретных сигналов терминалы МП защит и автоматики совместимы с существующими традиционными электромеханическими устройствами. Это позволяет проводить поэтапную замену существующих устройств РЗА и работать с устройствами защиты, автоматики, ПА, временно остающимся в рамках присоединения. Это обусловлено, прежде всего, выделением пускового комплекса при проведении реконструкции устройств РЗА, ПА и ВЧ-связи ОРУ-110 и ОРУ-220кВ «Жигулевской ГЭС». Для реализации этого условия в терминалах МП защит и автоматики имеется необходимое число модулей дискретных входов (выходов).

Взаимодействие терминалов МП защит и автоматики между собой (ускорение отдельных видов защит, УРОВ, отключение от ДЗШ, запрет АПВ, опережающее действие и т.д.) выполнено с использованием входных и выходных сигналов, выведенных на ряды клеммных зажимов шкафа.

Выходные цепи реле микропроцессорных устройств обеспечивают коммутацию цепей оперативного тока с номинальным напряжением 220В; 0,2А.

МП устройства защиты и автоматики обеспечивают:

- сигнализацию срабатывания каждой защиты с идентификацией ступени, а так же сигнализацию срабатывания каждого устройства автоматики;
- регистрацию (осциллографирование) аварийных и предаварийных процессов защищаемой электрической сети;
- дистанционный сброс регистров устройств МП защит в диалоговом режиме с рабочих станций САУ ОРУ-110кВ и ОРУ-220кВ;
- полную самодиагностику внутренних цепей с выдачей диагностического сигнала «готовность» или «нет готовности». Отсутствие готовности сопровождается выдачей предупредительного сигнала с одновременной расшифровкой причины неисправности;
- вывод из МП терминала защиты (передачу данных на верхний уровень САУ ОРУ-110кВ и ОРУ-220кВ по запросу) необходимого объема

информации (включая файлы записи цифрового осциллографа) для анализа правильности действия защиты и для создания координированных систем контроля и управления в САУ ОРУ-110кВ и ОРУ-220кВ.

Факт срабатывания каждой из защит формирует аварийный сигнал.

Предупредительный сигнал формируют следующие события:

- факт выявления неисправности защит при проведении самодиагностики;
- факт появления любого сбоя в работе защит;
- факт исчезновения напряжения питания.

Автоматика управления выключателем (АУВ) реализована в терминале МП защит присоединения 110кВ и 220кВ (резервных защит линий и резервных защит для стороны высокого или среднего напряжения трансформаторов трансформаторных групп).

Терминалы основных МП защит линии 110кВ и 220кВ действуют на отключение выключателя соответствующего присоединения через схему управления, входящую в состав МП резервных защит.

Основные защиты трансформаторов трансформаторных групп действуют на отключение выключателя соответствующего присоединения через схему управления, входящую в состав МП резервных защит.

Терминалы с функцией АУВ содержит устройства и защиты, реализующие:

- резервирование отказа выключателя - УРОВ;
- автоматическое повторное включение - АПВ;
- защиту от непереключения фаз - ЗНФ и от неполнофазного режима - ЗНФР;
- функцию включения/отключения выключателя;
- функцию фиксации положения выключателя;
- функцию фиксации несоответствия;
- защиту электромагнитов управления от длительного протекания тока;
- функцию контроля исправности цепей электромагнитов - ЭМ – управления;
- блокировку от многократных включений.

## **1 Защита и автоматика линий 220 кВ**

На линиях 220 кВ предусмотрена установка комплекта основной защиты и двух комплектов резервных защит от всех видов повреждений на линии, которые осуществляют быстрое и надежное отключение всех видов КЗ по всей длине защищаемой линии.

Основной комплект выполнен с использованием устройства микропроцессорной направленной высокочастотной защиты, основанной на сравнении направления мощности по концам защищаемой ВЛ.

Защита содержит релейную и высокочастотную части.

Релейная часть защиты реализована на базе микропроцессорного терминала типа БЭ2704 V031. Терминал предназначен для использования в качестве основной быстродействующей защиты на двухконцевых линиях напряжением 220 кВ. В состав высокочастотной части входят: приемопередатчик (ПВЗ-90М), обеспечивающий передачу блокирующих сигналов по высокочастотному каналу связи (канал направленной высокочастотной защиты линии электропередачи выполняется по одной из фаз защищаемой линии), и аппаратура автоматического контроля канала связи.

Резервные защиты выполнены с использованием двух комплектов микропроцессорных устройств (терминалов).

Надежность функционирования защит обеспечивается взаимным резервированием защит и разделением по цепям переменного тока и по цепям оперативного постоянного тока.

Цепи переменного тока и напряжения подключаются к микропроцессорным терминалам защит через испытательные блоки.

На рисунке 1 приведена схема Открытого распределительного устройства ОРУ-220кВ.

На рисунке 2 приведена схема Цепи переменного тока и напряжения.

Графическая часть представлена отдельным файлом программой AutoCAD (форматом DWG).

Графическая часть представлена отдельным файлом программой AutoCAD (форматом DWG).

## 1.1 Направленная высокочастотная защита линии

Защита действует при всех видах КЗ: при несимметричных КЗ - как направленная защита с ВЧ блокировкой, при трехфазных КЗ - как направленная дистанционная ВЧ защита с блокировкой при качаниях. Защита не срабатывает при внешних КЗ, неполнофазных режимах, реверсе мощности при каскадных отключениях КЗ на параллельной линии, несинхронных включениях и режимах одностороннего включения без КЗ. При нарушении цепей напряжения излишние и ложные срабатывания защиты отсутствуют.

Функциональный состав направленной ВЧ защиты содержит следующие пусковые органы (ПО) и измерительные органы (ИО):

- ПО, реагирующие на ток обратной последовательности, с выходами  $I_{2\text{бл}}$  для пуска блокирующего ВЧ сигнала и  $I_{2\text{от}}$  для пуска на отключение с отдельной регулировкой уставок;

- ПО, реагирующие на напряжение обратной последовательности, с выходами  $U_{2\text{бл}}$  для пуска блокирующего ВЧ сигнала и  $U_{2\text{от}}$  для пуска на отключение с отдельной регулировкой уставок;

- ИО направления мощности обратной последовательности  $M_{2\text{от}}$  с пуском от  $I_{2\text{бл}}$  и  $U_{2\text{бл}}$ ;

- ИО сопротивления  $Z_{\text{от}}$  (СА), включенный на линейное напряжение СА и соответствующие разности фазных токов, для действия на отключение при трехфазных КЗ с блокировкой при качаниях;

- ИО сопротивления  $Z_{\text{бл}}$  (СА), включенный на линейное напряжение СА и соответствующие разности фазных токов, для пуска блокирующего ВЧ сигнала при трехфазных КЗ;

- ПО, реагирующий на ток обратной последовательности с торможением от модуля первой гармоники тока прямой последовательности  $I_{2\text{от}}^T$ , для действия на отключение. Введен для повышения чувствительности защиты по напряжению при питании длинных воздушных линий электропередачи (ВЛ) от мощных энергоузлов;

- ПО, реагирующий на скорость изменения токов прямой и обратной последовательности  $DI_{\text{бл}}$ , для пуска устройства блокировки при качаниях (БК);
  - ПО, реагирующий на ток обратной последовательности с торможением от модуля первой гармоники тока прямой последовательности  $I_{2\text{пуск}}^T$ , для действия на пуск устройства БК;
  - ПО напряжения с выходами  $U_{\text{БНН}}$ ,  $U_{\text{мин}} (A)$ ,  $U_{\text{мин}} (B)$ ,  $U_{\text{мин}} (C)$  для устройства блокировки при неисправностях в цепях напряжения (БНН);
  - ПО реле тока УРОВ с выходами РТ УРОВ А, РТ УРОВ В, РТ УРОВ С.
- Отключение выключателя производится от собственной защиты.

*Устройство резервирования отказа выключателя.*

При действии защиты и наличии тока через выключатель с выдержкой времени формируется выходной сигнал “пуск УРОВ”, действующий:

- через схему ДЗШ на запрет АПВ выключателей присоединений данной секции шин, останов ВЧ передатчиков направленных защит линий;
- в схему сигнализации.

*Особенность организации основной направленной высокочастотной защиты на ВЛ 220 кВ Сызрань – 1 и Сызрань – 2.*

В связи с тем, что на ВЛ 220 кВ Сызрань – 1 и Сызрань – 2 ранее не существовало основной направленной высокочастотной защиты, а были установлены токовые резервные защиты с возможностью их перевода на ВО-1(2), настоящим проектом предусматривается на ВЛ 220 кВ Сызрань – 1 и Сызрань – 2 замена существующих токовых резервных защит на основные направленные высокочастотные защиты с установкой шкафов типа ШЭ2607 031 (так же с возможностью их перевода на ВО-1(2)).

Высоковольтные линии 220 кВ Сызрань – 1 и Сызрань – 2 уходят с ОРУ – 220 кВ высоковольтным кабелем, который выходит на поверхность и заканчивается территориально около ОРУ – 500 кВ (затем эти ВЛ 220 кВ идут воздушными линиями).

## 1.2 Резервная дистанционная защита

Резервные защиты линий 220 кВ состоят из двух МП комплектов с возможностью независимого обслуживания.

В состав *первого* комплекта резервных защит линии входит:

- три ступени дистанционной защиты - ДЗ - от междуфазных коротких замыканий с блокировками при качаниях и неисправностях в цепях напряжения;

- четыре ступени токовой направленной защиты нулевой последовательности - ТНЗНП - от коротких замыканий на землю;

- междуфазная токовая отсечка – МТО;

- устройство резервирования отказа выключателя - УРОВ.

В состав *второго* комплекта резервных защит линии входит:

- три ступени ДЗ от междуфазных коротких замыканий с блокировками при качаниях и неисправностях в цепях напряжения;

- четыре ступени ТНЗНП от коротких замыканий на землю;

- междуфазная токовая отсечка;

- цепи ускорения действия ДЗ и ТНЗНП от оперативных ключей управления – КУ, сигналов телеотключения или автоматики управления;

- УРОВ.

В первом комплекте реализованы функции автоматики управления выключателем - АУВ и автоматического повторного включения – АПВ.

На рисунке 3 приведена схема Резервная защита и автоматика ВО-1(2) 220 кВ.

Графическая часть представлена отдельным файлом программой AutoCAD (форматом DWG).

*Автоматика управления выключателем* содержит следующие устройства (узлы) и защиты:

- устройство АПВ;
- защиты от непереключения фаз (ЗНФ) и неполнофазного режима (ЗНФР);
- узел включения выключателя;
- узел отключения выключателя;
- узел фиксации положения выключателя;
- узел фиксации несоответствия (для пуска АПВ);
- защиту электромагнитов (ЭМ) управления от длительного протекания тока;
- узел контроля исправности цепей ЭМ управления.

Схема АПВ предусматривает следующие режимы в зависимости от задания РДУ:

- с контролем наличия напряжения на шинах и отсутствия на присоединении;
- с контролем наличия напряжения на присоединении и отсутствия на шинах;
- с контролем синхронизма;
- без контроля напряжений.

*Токовая направленная защита нулевой последовательности.*

Схема ТНЗНП содержит четыре направленных ступени, включающих:

- реле тока нулевой последовательности;
- реле направления мощности нулевой последовательности (РНМНП);
- цепи логики.

Схема ТНЗНП предусматривает возможность автоматического вывода направленности отдельных ступеней защиты с помощью программных ключей, возможность автоматического и оперативного ускорения отдельных ступеней защиты, возможность оперативного вывода из работы ТЗНП.

### *Трехфазная токовая отсечка.*

Схема токовой отсечки содержит:

- три реле максимального тока;
- цепи логики.

Выходные реле защит действуют на оба электромагнита отключения выключателя.

### *Устройство резервирования отказа выключателя.*

При действии устройств защиты и наличии тока через выключатель с выдержкой времени формируется выходной сигнал “пуск УРОВ”, действующий:

- через схему ДЗШ на запрет АПВ выключателей присоединений данной секции шин, останов ВЧ передатчиков направленных защит линий;
- в схему сигнализации.

Разделение по цепям переменного тока выполнено подключением защит к разным вторичным обмоткам трансформаторов тока (см. схему токовых цепей для ВЛ 220кВ).

Питание шкафа оперативным током выполняется через автоматические выключатели с панели оперативного тока. Разделение по питанию оперативным током устройств РЗА осуществляется следующим образом:

- защита 1 комплект;
- защита 2 комплект;
- питание первых электромагнитов отключения (ЭМО1) и электромагнитов включения резервных защит.
- питание вторых электромагнитов отключения (ЭМО2) резервных защит.

## 2 Защита и автоматика обходных выключателей 220 кВ

По согласованию с руководителем работ, на обходных выключателях 220 кВ предусмотрена установка двух комплектов микропроцессорных защит, аналогичных комплектам резервных защит ВЛ с функциями управления выключателем, УРОВ и АПВ.

Схема состоит из двух комплектов с возможностью независимого обслуживания.

Комплект А1 реализует функции АУВ, УРОВ, АПВ и содержит также трехступенчатую дистанционную защиту (ДЗ) от многофазных КЗ (двухфазных, двухфазных на землю, трехфазных), четырехступенчатую токовую направленную защиту нулевой последовательности (ТНЗНП) от КЗ на землю и токовую отсечку (ТО).

Второй комплект (в дальнейшем "комплект А2") реализует функции ДЗ, ТНЗНП с дополнительными возможностями ускорения действия этих защит от оперативных переключателей и сигналов ВЧТО, передачу сигналов ВЧТО на другой конец линии, а также токовую отсечку, УРОВ и автоматику разгрузки при перегрузке по току (АРПТ).

Аппаратно указанные выше функции комплекта А1 реализованы на базе микропроцессорного терминала БЭ2704 014, а комплекта А2 - на базе микропроцессорного терминала БЭ2704 022.

Надёжность функционирования защит обеспечивается взаимным резервированием защит и разделением по цепям переменного тока и по цепям оперативного постоянного тока.

Разделение по цепям переменного тока выполнено подключением защит к разным обмоткам трансформаторов тока (см. схему токовых цепей для ВО 220кВ).

Цепи переменного тока и напряжения подключаются к микропроцессорным терминалам защит через испытательные блоки.

Питание шкафа оперативным током выполняется через автоматические выключатели с панели оперативного тока. Разделение по питанию оперативным током устройств РЗА осуществляется следующим образом:

- защита 1 комплект;
- защита 2 комплект;
- питание первых электромагнитов отключения (ЭМО1) и электромагнитов включения резервных защит.
- питание вторых электромагнитов отключения (ЭМО2) резервных защит.

Терминал МП защит обходного выключателя имеет возможность задания, хранения и оперативного выбора не менее восьми групп уставок.

Функции защит, автоматики и ПА присоединений 220 кВ при переводе их на работу через обходной выключатель обеспечиваются в полном объеме - автоматическое ускорение, автоматическая разгрузка при перегрузке по току - АРПТ, отключающий импульс от защит трансформаторов, отключение и запрет АПВ по каналу АКА-8 (ВЛ КС1), запрет АПВ присоединений 1 - 2 секций (Сызранская-1, Сызранская-2, Волжская-1 и ВО-1) от реле контроля допустимого тока короткого замыкания по стороне 220кВ 6ТГ (действие рассматриваемой автоматики при включении 6ТГ через ВО-2 не предусматривается).

Основные защиты линий 220 кВ имеют возможность перевода всех цепей на обходной выключатель - цепей ТТ, ТН, отключения, пуска УРОВ, действия УРОВ от ДЗШ на останов ВЧ передатчика.

Основные защиты стороны 220 кВ трансформаторных групп имеют возможность перевода на обходной выключатель цепей ТТ, отключения, пуска УРОВ.

Перевод токовых цепей основных защит линий и основных защит стороны 220кВ трансформаторных групп на трансформаторы тока обходного выключателя выполняется с использованием разных кернов ТТ ВО, соединенных в звезду и в треугольник. Для обеспечения наличия необходимого

количества кернов ТТ ячейки обходных выключателей укомплектованы двумя трансформаторами тока.

При переводе на работу через обходной выключатель линии 220 кВ используются защиты обходного выключателя, настроенные на уставки переводимой линии, и основные защиты ВЛ-220кВ. При переводе трансформаторной группы по стороне 220 кВ используются резервные защиты стороны 220 кВ этой группы.

На ОРУ-220кВ обеспечивается перевод любого присоединения на работу через любой обходной выключатель. Схема перевода присоединений 220 кВ на работу через обходной выключатель выполнена с помощью двух специальных кросс-панелей, расположенных на ППУ-220 кВ.

### 3 Защита и автоматика вводов 220кВ трансформаторных групп

На вводах 220 кВ трансформаторных групп 1ТГ, 6ТГ, 7ТГ и 8ТГ предусмотрена установка комплекта резервных микропроцессорных защит стороны 220 кВ трансформаторных групп с возможностью управления выключателем стороны 220 кВ и функциями УРОВ и АПВ.

Указанные функции реализованы на базе микропроцессорного терминала защит. Основная защита трансформаторной группы остается существующей с подключением токовых цепей дифференциальной (основной) защиты со стороны 220 кВ к выносным трансформаторам тока, расположенным на ОРУ 220 кВ. Соответственно, при замене выключателя ввода 220 кВ трансформаторной группы обходным – производится как перевод токовых цепей на трансформаторы тока соответствующего обходного выключателя, так и перевод действия основных защит трансформаторных групп (дифференциальной и газовой) на отключение соответствующего ВО – 220 кВ.

Комплект А1 предназначен для защиты стороны 220 кВ трансформаторной группы, а также содержит автоматику управления выключателем. Подключение комплекта шкафа по цепям тока выполнено к измерительным обмоткам трансформаторов тока (ТТ), встроенным во ввода 220 кВ трансформаторной группы, а подключение комплекта шкафа по цепям напряжения – к трансформаторам напряжения (ТН) соответствующей секции стороны 220 кВ с учетом резервирования от ТН смежной секции. При замене выключателя ввода 220 кВ трансформаторной группы обходным, комплект резервной защиты этого ввода остается в работе с учетом перевода отключающих воздействий на соответствующий обходной выключатель.

На рисунке 4 приведена схема Релейная защита и автоматика блока 1ТГ.

Графическая часть представлена отдельным файлом программой AutoCAD (форматом DWG).

Цепи переменного тока и напряжения подключаются к микропроцессорному терминалу защит через испытательные блоки.

Терминал содержит четырехступенчатую дистанционную защиту (ДЗ), пятиступенчатую токовую направленную защиту нулевой последовательности (ТНЗНП), максимальную токовую защиту (МТЗ), токовую отсечку (ТО), автоматику разгрузки при перегрузке по току (АРПТ), а также реализует функции автоматики управления выключателем (АУВ) и устройства резервирования отказов выключателя (УРОВ) «своей стороны».

*Автоматика управления выключателем.*

Автоматика управления выключателем содержит следующие устройства (узлы) и защиты:

- устройство АПВ;
- защиты от непереключения фаз (ЗНФ) и неполнофазного режима (ЗНФР);
- узел включения выключателя;
- узел отключения выключателя;
- узел фиксации положения выключателя;
- узел фиксации несоответствия (для пуска АПВ);
- защиту электромагнитов (ЭМ) управления от длительного протекания тока;
- узел контроля исправности цепей ЭМ управления.

Схема АПВ предусматривает следующие режимы в зависимости от задания РДУ:

- с контролем напряжения на шинах 220 кВ и стороне низкого напряжения трансформаторной группы;
- с контролем отсутствия напряжения на шинах;
- с контролем синхронизма напряжений на шинах и ТГ;
- без контроля этих напряжений.

Отключение выключателя производится при появлении любого из сигналов:

- действие внешних устройств РЗА (внешний сигнал);
- действие ДЗШ (внешний сигнал);
- действие защит терминала (внутренний сигнал);
- действие ЗНФ и ЗНФР (внутренний сигнал).

*Устройство резервирования отказа выключателя.*

При наличии тока через выключатель и одновременном появлении любого из сигналов на отключение, логические цепи УРОВ с выдержкой времени, регулируемой в диапазоне от 0,1 до 0,6 с., формируют сигналы на отключение смежных выключателей с запретом АПВ, в частности:

- сигнал в ДЗШ на отключение системы шин своей стороны, отключение выключателей смежной стороны и стороны НН, запрет АПВ шин, запрет АПВ выключателя.

- в схему сигнализации.

*Дистанционная защита.*

Схема дистанционной защиты содержит:

- четыре основных направленных и дополнительную ненаправленную ступени;
- блокировку при качаниях (БК);
- блокировку при неисправностях в цепях переменного напряжения (БНН);

Первая направленная в сторону трансформатора ступень ДЗ предназначена для резервирования основных защит АТ, вторая ступень - для резервирования основных защит АТ и частичного резервирования защит смежной стороны, а третья и четвертая направленные в сторону шин 220 кВ для дальнейшего резервирования в сетях высшего и среднего напряжения и облегчения условий согласования защит удаленных концов линий с защитами линий смежного напряжения.

Каждая из ступеней ДЗ содержит по три реле сопротивления (РС), включенные на разности фазных токов ( $I_A - I_B$ ,  $I_B - I_C$ ,  $I_C - I_A$ ) и соответствующие междуфазные ( $U_{AB}$ ,  $U_{BC}$ ,  $U_{CA}$ ) напряжения.

Блокировка при качаниях.

Пуск БК выполняется от чувствительного и грубого реле, контролирующего скорость изменения во времени векторов токов обратной  $DI_2$  и прямой  $DI_1$  последовательностей с подхватом от реле максимального тока обратной последовательности  $I_2$ .

Блокировка при неисправностях в цепях напряжения.

Устройство блокировки при неисправностях в цепях напряжения (БНН) реагирует на обрыв одной, двух и трех фаз напряжений "звезды" и "разомкнутого треугольника".

*Токовая направленная защита нулевой последовательности.*

Схема токовой направленной защиты нулевой последовательности содержит пять направленных ступеней, включающих:

- пять реле тока нулевой последовательности;
- два реле направления мощности нулевой последовательности (РНМНП);
- цепи логики.

Первые две ступени, направленные в сторону АТ, ТНЗНП предназначены для резервирования основных защит АТ, а три другие, направленные в сторону шин, для дальнего резервирования в сетях высшего и среднего напряжения и согласования защит смежных линий с защитами АТ.

*Максимальная токовая защита.*

Схема максимальной токовой защиты содержит:

- три реле максимального тока;
- комбинированный пусковой орган по напряжению;
- цепи логики.

Максимальная токовая защита предназначена для резервирования работы основных защит АТ и действия на отключение при внешних многофазных КЗ.

*Токовая отсечка.*

Схема токовой отсечки содержит:

- три реле максимального тока;
- цепи логики.

Токовая отсечка предназначена для резервирования работы основных защит АТ и отключения при внешних многофазных КЗ.

*Автоматика разгрузки при перегрузке по току.*

Схема автоматики разгрузки при перегрузке по току содержит одну ступень для 6ТГ и две ступени для 1, 7, и 8ТГ. Устройство содержит:

- реле максимального тока;
- реле направления мощности прямой последовательности;
- цепи логики.

АРПТ предназначена для выдачи сигналов во внешние цепи при перегрузке АТ по току с учетом направления мощности прямой последовательности. Защиты стороны 220 кВ трансформаторной группы действуют с первой выдержкой времени на отключение секционного выключателя, со второй - своего выключателя, с третьей – на отключение ТГ со всех сторон.

Действие выходных реле защит предусмотрено на оба электромагнита отключения.

Подробную информацию о состоянии терминала или сработавших узлов защиты можно получить по светодиодам, расположенным на лицевой панели терминала или из САУ ОРУ 220 кВ.

Питание шкафа оперативным током выполняется через автоматические выключатели с панели оперативного тока. Разделение по питанию оперативным током устройств РЗА осуществляется следующим образом:

- комплект защиты;

- питание первых электромагнитов отключения (ЭМО1) и электромагнитов включения резервных защит.
- питание вторых электромагнитов отключения (ЭМО2) резервных защит.

#### 4 Защита и автоматика секционного выключателя 220 кВ

В соответствии с «Техническим заданием на выполнение рабочего проекта по техническому перевооружению Комплекса РЗА, ПА и ВЧ-связи ОРУ 110 и 220 кВ Жигулёвской ГЭС», на секционном выключателе 220 кВ предусмотрена установка комплекта микропроцессорных защит секционного выключателя 220 кВ с возможностью управления этим выключателем, выполнения УРОВ и АПВ.

Указанные функции реализованы на базе микропроцессорного терминала защит.

Комплект (в дальнейшем "комплект А1") выполняет функции АУВ, УРОВ, АПВ и содержит также двухступенчатую максимальную токовую защиту (МТЗ) от многофазных КЗ (двухфазных, двухфазных на землю, трехфазных), трехступенчатую токовую ненаправленную защиту нулевой последовательности (ТЗНП) от КЗ на землю.

##### *Автоматика управления выключателем.*

Автоматика управления выключателем содержит следующие устройства (узлы) и защиты:

- устройство АПВ;
- защиты от непереключения фаз (ЗНФ) и неполнофазного режима (ЗНФР);
- узел включения выключателя;
- узел отключения выключателя;
- узел фиксации положения выключателя;
- узел фиксации несоответствия (для пуска АПВ);

На рисунке 5 приведена схема Релейная защита и автоматика секционного выключателя 220 кВ.

Графическая часть представлена отдельным файлом программой AutoCAD (форматом DWG).

### *Двухступенчатая МТЗ от многофазных КЗ.*

МТЗ содержит по три реле максимального тока для каждой из ступеней. Реле максимального тока ступени объединены по схеме ИЛИ и включены на фазные токи.

### *Трехступенчатая токовая ненаправленная защита нулевой последовательности.*

Схема ТЗНП содержит три ненаправленные ступени, включающие:

- реле тока нулевой последовательности;
- цепи логики.

### *Устройство резервирования отказа выключателя.*

При наличии тока через выключатель и одновременном появлении любого из сигналов на отключение, логические цепи УРОВ с выдержкой времени, регулируемой в диапазоне от 0,1 до 0,6 с., формируют сигналы на отключение смежных выключателей с запретом АПВ, в частности:

- в ДЗШ на отключение первой и второй системы шин;
- на запрет АПВ шин;
- запрет АПВ выключателя;
- «УРОВ» в местную сигнализацию;
- «Срабатывание» в центральную сигнализацию.

В связи с заменой маслонаполненного секционного реактора на реактор “сухого” типа – реле газовой защиты, датчики контроля уровня масла, температуры и т.д. к установке не предусматриваются.

Соответственно и не предусматривается завод сигналов с них в МП терминал.

Место установки трансформаторов тока секционного реактора принято между секционным выключателем и секционным реактором 220кВ (показано на принципиальной схеме токовых цепей защит секционного выключателя 220 кВ).

Цепи переменного тока и напряжения подключаются к микропроцессорному терминалу защит через испытательные блоки.

Подробную информацию о состоянии терминала или сработавших узлов защиты можно получить по светодиодам, расположенным на лицевой панели терминала или из САУ ОРУ 220 кВ.

Питание шкафа оперативным током выполняется через автоматические выключатели с панели оперативного тока. Разделение по питанию оперативным током устройств РЗА осуществляется следующим образом:

- комплект защиты;
- питание первых электромагнитов отключения (ЭМО1) и электромагнитов включения защит секционного выключателя 220 кВ;
- питание вторых электромагнитов отключения (ЭМО2) защит секционного выключателя 220 кВ.

## 5 Дифференциальная защита шин и УРОВ ОРУ 220 кВ

На ОРУ-220кВ предусмотрена установка двух микропроцессорных комплектов дифференциальной защиты шин - ДЗШ и УРОВ:

- ДЗШ и УРОВ 1 - 2 секций 220кВ;
- ДЗШ и УРОВ 3 - 4 секций 220кВ.

Терминал ДЗШ содержит реле дифференциальной защиты шин с торможением, реле максимального и минимального напряжения, реагирующих на междуфазные напряжения шин, реле максимального и минимального напряжения, реагирующих на напряжение обратной последовательности шин, реле контроля исправности токовых цепей, логику «очувствления» ДЗШ, логику опробования, логику запрета АПВ, цепи отключения, пуска УРОВ и запрета АПВ.

Цепи переменного тока шкафа подключаются ко вторичным обмоткам трансформаторов тока каждого присоединения защищаемых секций ОРУ-220.

Цепи переменного тока и напряжения подключаются к микропроцессорному терминалу защит через испытательные блоки.

Комплекты дифференциальной защиты шин 220кВ выполнены с фиксированным присоединением элементов.

Цепи пуска УРОВ выключателей 220 кВ выполняются для каждого выключателя с использованием терминалов защит присоединений.

Пусковые цепи УРОВ выполнены от выходных реле защит, действующих на отключение данного выключателя, с повторением соответствующего действия на отключение выключателя, а затем с выдержкой времени при наличии тока через выключатель - на отключение через ДЗШ смежных элементов и запрет АПВ.

На рисунке 6 приведена схема Дифференциальная защита шин - 220 кВ. Схема подключения к трансформаторам тока.

Графическая часть представлена отдельным файлом программой AutoCAD (форматом DWG).

Предусмотрено действие выходных реле схемы ДЗШ и УРОВ на оба электромагнита отключения каждого выключателя.

При срабатывании УРОВ в комплектах дифференциальной защиты шин, от ДЗШ секций 220 кВ производится останов ВЧ передатчиков направленных защит линий, подключенных к этим секциям.

После работы защиты шин есть возможность опробования системы одним из присоединений с контролем отсутствия напряжения на системе шин. При этом терминалом защиты шин обеспечивается необходимая чувствительность защиты.

Запрет АПВ выключателей присоединений системы шин производится в случае:

- неуспешном АПВ шин при опробовании от одного из выключателей;
- при отказе выключателя одного из присоединений.

## 6 Противоаварийная автоматика ОРУ 220 кВ

При выполнении работы предусмотрена:

- замена аппаратуры АНКА-АВПА ВЛ КС-1 на аппаратуру с использованием современной элементной базы – типа АКА-8;
- совмещение автоматики разгрузки при перегрузке по току – АРПТ - 6ТГ÷ 8ТГ с резервными защитами стороны 220кВ соответствующей трансформаторной группы в МП терминале, при этом предусматривается возможность изменения выдержки времени АРПТ при срабатывании АРПТ стороны 220кВ смежных ТГ.

*Автоматика передачи отключающего импульса на ВЛ КС-1.*

АКА – 8 (ПРМ) предназначен для приема сигналов команд противоаварийной автоматики (ПА) энергосистемы, получаемых ВЛ КС-1 по ВЧ каналу, образованному проводами высоковольтных линий (ВЛ). На противоположном конце ВЛ КС-1, соответственно, необходима установка устройств АКА – 8 (ПРД) на замену существующих устройств АНКА-АВПА для обеспечения правильной работы автоматики.

Рабочие частоты ВЧ канала для АКА – 8 ВЛ КС-1 выставляется по существующим значениям частоты, определенным для аппаратуры АНКА-АВПА (согласно карте уставок).

Число используемых команд для АКА – 8 ВЛ КС-1 – три, а именно: отключение выключателя ВЛ КС-1, блокировка пуска АПВ выключателя ВЛ КС-1 и запрет АПВ выключателя ВЛ КС-1.

Функционально, автоматика передачи отключающего импульса на ВЛ КС-1 разбита на два комплекта (основной и резервный), каждый из которых содержит полный набор требуемых функций.

На рисунке 7 приведена схема Противоаварийная автоматика ВЛ 220 кВ.

Графическая часть представлена отдельным файлом программой AutoCAD (форматом DWG).

Как уже было отмечено ранее, при замене выключателя ВЛ КС-1 обходным действие указанной автоматики переводится на соответствующий обходной выключатель.

*Автоматика разгрузки при перегрузке по току – АРПТ - 6ТГ ÷ 8ТГ.*

Для реализации существующего алгоритма функционирования АРПТ 6ТГ, 7ТГ и 8ТГ в шкафах ШЭ2607 071 устанавливается реле-повторитель типа R4 на выход K1-X10 и задействуется, неиспользуемый по прямому назначению, вход 37 для получения информации о срабатывании АРПТ других ТГ из числа 6ТГ...8ТГ.

Изменения схемы внутренней логики и внутренней электрической принципиальной схемы шкафа представлены на чертеже 1396РД-05-ПС-РЗ.04, при этом предполагается, что реле 6РП, 7РП, 8РП, расположенные на ЩТ-7 (ЦПУ), сохраняются в работе.

## **7 Цепи напряжения и синхронизации присоединений ОРУ 220 кВ**

### **7.1 Цепи напряжения**

В нормальном режиме цепи напряжения всех устройств РЗА присоединений 220 кВ присоединены к трансформаторам напряжения «своей» секции (системе шин). При этом выполнено разделение по питанию от разных обмоток ТН:

- цепей устройств защит, автоматики и ПА - МП терминалы защит, автоматики, ПА;

- цепей измерений – счетчики электроэнергии (существующие), универсальные преобразователи, датчики телеизмерения (существующие), а так же регистраторы аварийных ситуаций (существующие) и ИМФ.

Цепи напряжения каждого присоединения ОРУ-220 кВ имеют возможность подключения к резервному источнику напряжения по питанию цепей защит, синхронизации, автоматики, ПА и измерения:

- для присоединений 1 (2) секции 220кВ – ТН 2 (1) секции 220кВ;
- для присоединений 3 (4) секции 220кВ – ТН 4 (3) секции 220кВ.

Подвод цепей напряжения к отдельным устройствам вторичной коммутации присоединений 220 кВ выполняется посредством испытательных блоков, установленных на панелях устройств, переключение источников напряжения - ключами, размещенными на панелях ТН-220.

Для основных защит линий 220кВ и резервных защит стороны 220 кВ ТГ, при переводе соответствующего присоединения на обходной выключатель противоположной пары секций, предусмотрена возможность перевода цепей напряжения этих защит на один из трансформаторов напряжения другой пары секций, к которой относится этот обходной выключатель.

## 8 Измерительные приборы

Измерительные приборы делятся на щитовые приборы (используются приборы прямого включения) и на измерительные преобразователи для САУ ОРУ 220 кВ.

В качестве щитовых приборов использованы:

- для измерения тока по присоединениям – амперметры прямого включения, установленные на панелях управления (для каждого присоединения соответственно) и подключенные к трансформаторам тока класса точности 0.2;

- для измерения напряжения и частоты по секциям ОРУ 220 кВ – вольтметры и частотомеры, установленные на панелях трансформаторов напряжения и подключенные к цепям напряжения 100В.

В качестве измерительных приборов для САУ ОРУ 220 кВ используется универсальные измерительные преобразователи типа ДМК-40. Измерительные преобразователи подключается к трансформаторам тока класса точности 0.2, цепям напряжения 100В. Измерительные преобразователи устанавливаются на всех присоединениях ОРУ 220 кВ (включая оба обходных и секционный выключатели). С помощью измерительных преобразователей производятся следующие измерения:

- действующих значений линейных и фазных напряжений;
- действующих значений фазных токов;
- активной и реактивной мощности;
- частоты;
- общих гармонических искажений тока и напряжения;
- коэффициент мощности.
- подсчет потребляемой и генерируемой активной энергии;
- подсчет вносимой и отдаваемой реактивной энергии.

Данные измерения выводятся на экран прибора и передаются в систему САУ ОРУ 220 кВ по цифровому каналу связи.

## 9 Управление и сигнализация ОРУ 220 кВ

Для управления и сигнализации на ППУ ОРУ 220 кВ выполняется система автоматизированного управления САУ ОРУ 220 кВ.

САУ ОРУ 220 кВ обеспечивает следующие функции контроля, управления, сигнализации и регистрации нормальных и аварийных режимов работы главной схемы ОРУ 220 кВ:

- дистанционное управление выключателей главной схемы с контролем действий дежурного (оперативного) персонала;
- измерение, контроль, отображение и регистрация параметров нормального и аварийного режима, предупреждающая сигнализация об отклонении режимных параметров;
- отображение текущего состояния оборудования главной схемы в виде мнемосхемы;
- обработка и вывод информации о состоянии главной схемы и оборудования в текстовой (табличной) и графической форме;
- обработка данных для различных эксплуатационных целей;
- дистанционное изменение уставок микропроцессорных терминалов РЗА;
- проверка достоверности входной информации о положении коммутационных аппаратов (напрямую сбором дискретных сигналов об их положении, через сбор параметров по цифровым каналам связи от терминалов микропроцессорных защит, отслеживание одновременно как нормально открытого, так и нормально закрытого блок-контактов положения соответствующего коммутационного аппарата и т.д.);
- диагностика и контроль оборудования (ресурсов выключателей, разъединителей и др.);
- формирование базы данных, хранение и документирование информации (ведение суточной ведомости, ведомости событий, архива данных и т.п.);
- выполнение логики оперативной блокировки коммутационных аппаратов распределительного устройства 220 кВ.

Оперативное управление выключателями присоединений выполняется от ключей управления, расположенных на панелях управления ППУ ОРУ-220 кВ, оснащенных мнемосхемой, а также через схему САУ ОРУ-220 кВ с ЦПУ и ППУ путем воздействия на мнемосимвол объекта управления и выбора команды управления из диалогового окна; управление разъединителями, в том числе и заземляющими - кнопками с агрегатного шкафа присоединения или через схему САУ ОРУ-220 кВ с ЦПУ и щита управления ППУ аналогично управлению выключателем.

При управлении электротехническим оборудованием (местное, дистанционное) предусмотрена программная и аппаратная блокировка, исключающая одновременное управление с нескольких рабочих мест.

Местное и ручное дистанционное управление объектом сохраняет работоспособность вне зависимости от состояния САУ ОРУ-220 кВ.

Сигнализация обеспечивает извещение оперативного персонала о возникновении нарушений в работе электротехнического оборудования, о срабатывании автоматических устройств, срабатывании защит, автоматики и т.п.

Сигнализация САУ ОРУ-220 делится на предупредительную и аварийную по характеру неисправности, центральную и локальную по месту действия; звуковую и световую по способу действия.

Центральная сигнализация реализуется в пределах щита управления ОРУ-220. Звуковая центральная сигнализация обеспечивает оповещение оперативного персонала также в местах его периодического пребывания (ОРУ и ППУ). Световая центральная сигнализация обеспечивает привлечение внимания оперативного персонала к факту неисправности. Расшифровка неисправности производится на экране автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора или по дисплею на МП терминале защиты присоединения.

Локальная сигнализация реализуется на АРМ оператора и МП терминалах защиты.

Действие аварийной и предупредительной сигнализации сопровождается специальными звуковыми сигналами, различающимися между собой (сирена – для аварийной, звонок – для предупредительной сигнализации), а на

дисплеях - разным цветом (для предупредительной и аварийной сигнализации).

Дополнительно к сигнализации САУ ОРУ-220 на ППУ-220 выполнена упрощенная схема световой и звуковой сигнализации объекта, выполненная на базе микропроцессорного терминала “Сириус – ЦС”. Эта же сигнализация обеспечивает отображение положения коммутационных аппаратов (выключателей, разъединителей и заземляющих ножей) на панелях управления.

## 10 Цепи распределения оперативного постоянного тока (ШОТ)

Для питания устройств защиты, устройств сигнализации, устройств автоматики и т.д. постоянным оперативным током на ППУ ОРУ 220 кВ установлены два шкафа оперативного тока (ШОТ).

В шкафах оперативного тока расположены шинки оперативного постоянного тока, которые питаются отдельными кабелями соответственно от 1 и 2 секции щита постоянного тока.

В шкафах оперативного тока установлена следующая аппаратура:

- автоматические выключатели (питание потребителей);
- устройство контроля изоляции (с отысканием поврежденного присоединения);
- рубильники секционирования шкафов оперативного тока при выводе одной из секций в ремонт.

На рисунке 8 приведена схема Цепи распределения оперативного постоянного тока РЗА ОРУ-220 кВ. (1 секция).

На рисунке 9 приведена схема Цепи распределения оперативного постоянного тока РЗА ОРУ-220 кВ. (2 секция).

Графическая часть представлена отдельным файлом программой AutoCAD (форматом DWG).

Графическая часть представлена отдельным файлом программой AutoCAD (форматом DWG).

## **11 Защита и автоматика линий 110 кВ**

На линиях 110 кВ предусмотрена установка защит от всех видов повреждений на линии, которые осуществляют быстрое и надежное отключение всех видов КЗ по всей длине защищаемой линии.

Защиты выполнены с использованием двух комплектов микропроцессорных устройств (терминалов).

Надежность функционирования защиты линии 110 кВ обеспечивается взаимным резервированием комплектов защит и разделением по цепям переменного тока и по цепям оперативного постоянного тока.

На рисунке 10 приведена схема Открытого распределительного устройства ОРУ-110 кВ.

Графическая часть представлена отдельным файлом программой AutoCAD (форматом DWG).

В состав *первого* комплекта защиты линии входит:

- три ступени дистанционной защиты - ДЗ - от междуфазных коротких замыканий с блокировками при качаниях и неисправностях в цепях напряжения;
- четыре ступени токовой направленной защиты нулевой последовательности - ТНЗНП - от коротких замыканий на землю;
- междуфазная токовая отсечка – МТО;
- устройство резервирования отказа выключателя - УРОВ.

В состав *второго* комплекта защиты линии входит:

- три ступени ДЗ от междуфазных коротких замыканий с блокировками при качаниях и неисправностях в цепях напряжения;
- четыре ступени ТНЗНП от коротких замыканий на землю;
- междуфазная токовая отсечка;
- цепи ускорения действия ДЗ и ТНЗНП от оперативных ключей управления – КУ, сигналов телеотключения или автоматики управления;
- УРОВ.

В первом комплекте реализованы функции автоматики управления выключателем - АУВ и автоматического повторного включения – АПВ.

*Автоматика управления выключателем* содержит следующие устройства (узлы) и защиты:

- устройство АПВ;
- узел включения выключателя;
- узел отключения выключателя;
- узел фиксации положения выключателя;
- узел фиксации несоответствия (для пуска АПВ);
- защиту электромагнитов (ЭМ) управления от длительного протекания тока;
- узел контроля исправности цепей ЭМ управления.

Схема АПВ предусматривает следующие режимы в зависимости от задания РДУ:

- с контролем наличия напряжения на шинах и отсутствия на присоединении;
- с контролем наличия напряжения на присоединении и отсутствия на шинах;
- с контролем синхронизма;
- без контроля напряжений.

#### *Дистанционная защита.*

Схема дистанционной защиты содержит:

- три основных направленных и дополнительную ненаправленную ступени;
- блокировку при качаниях;
- блокировку при неисправностях в цепях переменного напряжения;
- цепи логики.

Каждая из ступеней ДЗ содержит по три реле сопротивления (РС), включенные на разности фазных токов ( $I_A - I_B$ ,  $I_B - I_C$ ,  $I_C - I_A$ ) и соответствующие междуфазные ( $U_{AB}$ ,  $U_{BC}$ ,  $U_{CA}$ ) напряжения.

#### *Токовая направленная защита нулевой последовательности.*

Схема ТЗНП содержит четыре направленных ступени, включающих:

- реле тока нулевой последовательности;
- реле направления мощности нулевой последовательности (РНМНП);
- цепи логики.

Схема ТЗНП предусматривает возможность автоматического вывода направленности отдельных ступеней защиты с помощью программных ключей, возможность автоматического и оперативного ускорения отдельных ступеней защиты, возможность оперативного вывода из работы ТЗНП.

### *Трехфазная токовая отсечка.*

Схема токовой отсечки содержит:

- три реле максимального тока;
- цепи логики.

Выходные реле защит действуют на оба электромагнита отключения выключателя.

Отключение выключателя производится от:

- внешних устройств РЗА (АЧР);
- дифференциальной защиты шин - ДЗШ;
- защит своих комплектов - ДЗ, ТНЗНП, МТО.

### *Устройство резервирования отказа выключателя.*

При действии устройств защиты и наличии тока через выключатель с выдержкой времени формируется выходной сигнал “пуск УРОВ”, действующий:

- через схему ДЗШ на отключение и запрет АПВ выключателей при соединений данной системы шин;
- в схему сигнализации.

Разделение по цепям переменного тока выполнено подключением комплектов защиты к разным вторичным обмоткам трансформатора тока (см. схему организации токовых цепей для линии 110кВ).

Питание шкафа оперативным током выполняется через автоматические выключатели с панели оперативного тока. Разделение по питанию оперативным током устройств РЗА осуществляется следующим образом:

- защита 1 комплект;
- защита 2 комплект;
- питание первых электромагнитов отключения (ЭМО1) и электромагнитов включения (ЭМВ) защит;
- питание вторых электромагнитов отключения (ЭМО2) защит.

## 12 Защита и автоматика обходного выключателя 110 кВ

На обходном выключателе 110 кВ предусмотрена установка двух комплектов микропроцессорных защит, аналогичных комплектам защит линий 110 кВ с функциями управления выключателем, УРОВ и АПВ.

Подробную информацию о состоянии терминала или сработавших узлов защиты можно получить по светодиодам, расположенным на лицевой панели терминала или из САУ ОРУ 110 кВ.

Надежность функционирования защит обеспечивается взаимным резервированием защит и разделением по цепям переменного тока и по цепям оперативного постоянного тока.

Разделение по цепям переменного тока выполнено подключением комплектов защиты к разным обмоткам трансформатора тока (см. схему организации токовых цепей для обходного выключателя 110кВ).

Цепи переменного тока и напряжения подключаются к микропроцессорным терминалам комплектов защиты через испытательные блоки.

Питание шкафа оперативным током выполняется через автоматические выключатели с панели оперативного тока. Разделение по питанию оперативным током устройств РЗА осуществляется следующим образом:

- защита 1 комплект;
- защита 2 комплект;
- питание первых электромагнитов отключения (ЭМО1) и электромагнитов включения (ЭМВ) защит;
- питание вторых электромагнитов отключения (ЭМО2) защит.

На рисунке 11 приведена схема Релейная защита и автоматика обходного выключателя ВО-110 кВ.

Графическая часть представлена отдельным файлом программой AutoCAD (форматом DWG).

Терминал МП защит обходного выключателя имеет возможность задания, хранения и оперативного выбора не менее восьми групп уставок.

Функции защит, автоматики и ПА присоединений 110 кВ при переводе их на работу через обходной выключатель обеспечиваются в полном объеме - автоматическое ускорение, автоматическая разгрузка при перегрузке по току - АРПТ, АЧР, отключающий импульс от защит трансформаторных групп.

При замене выключателя 110 кВ трансформаторной группы обходным, так же производится перевод воздействия на включение ВО от схемы АВР.

Основные защиты стороны 110 кВ трансформаторных групп имеют возможность перевода на обходной выключатель цепей ТТ, отключения, пуска УРОВ.

Перевод токовых цепей основных защит стороны 110кВ трансформаторных групп на трансформаторы тока обходного выключателя выполняется с использованием кернов ТТ ВО, соединенных в треугольник. Для обеспечения наличия необходимого количества кернов ТТ ячейка обходного выключателя укомплектована двумя трансформаторами тока.

При переводе на работу через обходной выключатель линии 110 кВ используются защиты обходного выключателя, настроенные на уставки переводимой линии. При переводе трансформаторной группы по стороне 110 кВ используются резервные защиты стороны 110 кВ этой группы.

На ОРУ-110кВ обеспечивается перевод любого присоединения (за исключением трансформаторов собственных нужд – ТСН) на работу через обходной выключатель. Схема перевода присоединений 110 кВ на работу через обходной выключатель выполнена с помощью специальной кросс-панели, расположенных на ППУ-110 кВ.

### 13 Защита и автоматика вводов 110кВ трансформаторных групп

На вводах 110 кВ трансформаторных групп 1ТГ и 4ТГ предусмотрена установка комплекта резервных микропроцессорных защит стороны 110 кВ трансформаторных групп с возможностью управления выключателем стороны 110 кВ и функциями УРОВ и АПВ.

Указанные функции реализованы на базе микропроцессорного терминала защит.

Основная защита трансформаторной группы остается существующей с подключением токовых цепей дифференциальной (основной) защиты со стороны 110 кВ к выносным трансформаторам тока, расположенным на ОРУ 110 кВ. Соответственно, при замене выключателя ввода 110 кВ трансформаторной группы обходным – производится как перевод токовых цепей на трансформаторы тока обходного выключателя, так и перевод действия основных защит трансформаторных групп (дифференциальной и газовой) на отключение ВО – 110 кВ.

Цепи переменного тока и напряжения подключаются к микропроцессорному терминалу защит через испытательные блоки.

Терминал содержит четырехступенчатую дистанционную защиту (ДЗ), пятиступенчатую токовую направленную защиту нулевой последовательности (ТНЗНП), максимальную токовую защиту (МТЗ), токовую отсечку (ТО), автоматику разгрузки при перегрузке по току (АРПТ), а также реализует функции автоматики управления выключателем (АУВ) и устройства резервирования отказов выключателя (УРОВ) «своей стороны».

На рисунке 12 приведена схема Распределения устройств РЗА по сторонам автотрансформатора блока 4ТГ.

Графическая часть представлена отдельным файлом программой AutoCAD (форматом DWG).

### *Автоматика управления выключателем.*

Автоматика управления выключателем содержит следующие устройства (узлы) и защиты:

- устройство АПВ (указанная функция присутствует, но ввод её в работу должен быть определён решением РДУ);
- узел включения выключателя;
- узел отключения выключателя;
- узел фиксации положения выключателя;
- защиту электромагнитов (ЭМ) управления от длительного протекания тока;
- узел контроля исправности цепей ЭМ управления.

Схема АПВ предусматривает следующие режимы в зависимости от задания РДУ:

- с контролем напряжения на шинах 110 кВ и стороне низкого напряжения трансформаторной группы;
- с контролем отсутствия напряжения на шинах;
- с контролем синхронизма напряжений на шинах и НН ТГ;
- без контроля этих напряжений.

Отключение выключателя производится при появлении любого из сигналов:

- действие внешних устройств РЗА (ДЗШ, ДЗТ, АВР);
- действие ДЗШ (внешний сигнал);
- действие защит терминала (внутренний сигнал).

### *Устройство резервирования отказа выключателя.*

При наличии тока через выключатель (используются реле тока на выносных трансформаторах тока – на ОРУ 110 кВ) и одновременном появлении любого из сигналов на отключение, логические цепи УРОВ с выдержкой времени, регулируемой в диапазоне от 0,1 до 0,6 с., формируют сигналы на отключение смежных выключателей с запретом АПВ, в частности:

- сигнал в ДЗШ на отключение системы шин своей стороны, отключение выключателей смежной стороны и стороны НН, запрет АПВ шин, запрет АПВ выключателя.

- в схему сигнализации.

#### *Дистанционная защита.*

Схема дистанционной защиты содержит:

- четыре основных направленных и дополнительную ненаправленную ступени;
- блокировку при качаниях (БК);
- блокировку при неисправностях в цепях переменного напряжения (БНН);
- цепи логики.

Первая направленная в сторону трансформатора ступень ДЗ предназначена для резервирования основных защит АТ, вторая ступень - для резервирования основных защит АТ и частичного резервирования защит смежной стороны, а третья и четвертая направленные в сторону шин 110 кВ для дальнейшего резервирования в сетях высшего и низкого напряжения и облегчения условий согласования защит удаленных концов линий с защитами линий смежного напряжения.

Каждая из ступеней ДЗ содержит по три реле сопротивления (РС), включенные на разности фазных токов ( $I_A - I_B$ ,  $I_B - I_C$ ,  $I_C - I_A$ ) и соответствующие междуфазные ( $U_{AB}$ ,  $U_{BC}$ ,  $U_{CA}$ ) напряжения.

#### *Токовая направленная защита нулевой последовательности.*

Схема токовой направленной защиты нулевой последовательности содержит пять направленных ступеней, включающих:

- пять реле тока нулевой последовательности;
- два реле направления мощности нулевой последовательности (РНМНП);

Первые две ступени ТНЗНП, направленные в сторону АТ, предназначены для резервирования основных защит АТ, а три другие, направленные в сторону шин, для дальнего резервирования в сетях высшего и низкого напряжения и согласования защит смежных линий с защитами автотрансформаторов.

*Максимальная токовая защита.*

Схема максимальной токовой защиты содержит:

- три реле максимального тока;
- комбинированный пусковой орган по напряжению;
- цепи логики.

Максимальная токовая защита предназначена для резервирования работы основных защит АТ и действия на отключение при внешних многофазных КЗ.

*Токовая отсечка.*

Схема токовой отсечки содержит:

- три реле максимального тока;
- цепи логики.

Токовая отсечка предназначена для резервирования работы основных защит АТ и отключения при внешних многофазных КЗ.

Защиты стороны 110 кВ трансформаторной группы действуют с первой выдержкой времени на отключение шиносоединительного выключателя, со второй - своего выключателя, с третьей – на отключение ТГ со всех сторон.

Действие выходных реле защит предусмотрено на оба электромагнита отключения.

Питание шкафа оперативным током выполняется через автоматические выключатели с панели оперативного тока. Разделение по питанию оперативным током устройств РЗА осуществляется следующим образом:

- комплект защиты;
- питание первых электромагнитов отключения (ЭМО1) и электромагнитов включения (ЭМВ) защит.
- питание вторых электромагнитов отключения (ЭМО2) защит.

*Автоматический ввод резерва (АВР – 110кВ).*

Для обеспечения режима работы АВР 110 кВ в проекте предусмотрена стыковка проектируемой автоматики управления выключателями стороны 110 кВ 1-ой и 4-ой трансформаторных групп с существующей схемой АВР 110 кВ.

При этом выполняются следующие режимы работы АВР – 110 кВ:

- при отключении выключателя стороны 110 кВ 1ТГ от АВР включается выключатель стороны 110 кВ 4ТГ;
- при отключении выключателя стороны 110 кВ 4ТГ от АВР включается выключатель стороны 110 кВ 1ТГ;
- при исчезновении напряжения на трансформаторе 1ТГ, от АВР отключается выключатель 110 кВ 1 ТГ и включается выключатель 110 кВ 4ТГ.

(в режиме, когда 1 ТГ работает на шины 110 кВ и 220 кВ, 4ТГ работает на шины 500 кВ, ШСВ – 110 кВ включен и на выключателе 110 кВ 4ТГ введено АВР – 110 кВ);

- при исчезновении напряжения на трансформаторе 4ТГ, от АВР отключается выключатель 110 кВ 4ТГ и включается выключатель 110 кВ 1ТГ.

(в режиме, когда 4 ТГ работает на шины 110 кВ и 500 кВ, 1ТГ работает на шины 220 кВ, ШСВ – 110 кВ включен и на выключателе 110 кВ 1ТГ введено АВР – 110 кВ).

Дальнейший план по реконструкции Жигулевской ГЭС ОРУ-110кВ представлен в Приложении А.

## Заключение

В выпускной квалификационной работе предложена схема реконструкции комплексов РЗА, ПА и ВЧ-связи ОРУ-110кВ и ОРУ-220кВ «Жигулевской ГЭС».

При разработке проекта выполнения релейной защиты и автоматики (РЗА) определяющим является выполнение следующих основных требований:

- селективность действия;
- чувствительность;
- обеспечение ближнего резервирования;
- обеспечение дальнего резервирования;
- достаточное быстродействие;
- надежность функционирования.

Микропроцессорные (МП) устройства соответствуют "Общим техническим требованиям к микропроцессорным устройствам защиты и автоматики энергосистем" (РД 34.35.310-97).

Выбор и прокладка кабелей цепей вторичной коммутации выполнены в соответствии с "Методическими указаниями по защите вторичных цепей электрических станций и подстанций от импульсных помех" (РД 34.20.116-93).

Проект выполнен с учетом интеграции в Систему автоматизированного управления (САУ) ОРУ-110кВ и ОРУ-220кВ, с учетом замены Щита собственных нужд (ЩСН), Щита постоянного тока (ЩПТ), сборок собственных нужд (СН) на ОРУ.

Типы главных схем ОРУ-110кВ и ОРУ-220кВ «Жигулевской ГЭС» сохраняются.

Выбор элементов силового оборудования главных схем в работе не рассматривается.

Расчет токов короткого замыкания в работе не рассматривается, при этом приведены уставки токов короткого замыкания в максимальном режиме для схем релейной защиты (См. Приложение Б, Таблица 1.Б).

В качестве высоковольтного оборудования на ОРУ-110кВ и ОРУ-220 кВ Жигулёвской ГЭС использованы выключатели и разъединители элегазовые, трансформаторы тока типа ТГФ.

К достоинствам релейной защиты с использованием микропроцессорной техники можно так же отнести:

- повышение надежности оборудования РЗА;
- точность уставок по току, напряжению, времени;
- повышение быстродействия;
- возможность задания нескольких групп уставок;
- уменьшение времени на обслуживание.

Терминалы МП защит и автоматики имеют следующие номинальные параметры:

- номинальный ток - 1А;
- номинальное напряжение переменного тока - 100В;
- номинальная частота - 50 Гц.

Комплекты защит и автоматики присоединения 110кВ и 220кВ, выполненных на базе микропроцессорных терминалов, содержат:

- автоматику управления выключателем;
- резервные защиты;
- основные защиты для линий напряжением 110кВ и 220кВ;
- автоматику контроля факта отключения выключателя - ФОВ.

При этом каждый терминал МП защит и автоматики имеет:

- оперативные элементы местного контроля, управления и сигнализации со встроенным интерфейсом общения "человек-машина";
- индикацию текущего состояния терминала;
- интерфейс, обеспечивающий подключение и связь с внешним ПК (последовательный порт) с целью ввода и вывода информации для дистанционного контроля и управления;
- интерфейс для подключения к САУ ОРУ-110кВ и ОРУ-220кВ по цифровому каналу.

Резервные защиты выполнены с использованием двух комплектов микропроцессорных устройств (терминалов).

Надежность функционирования защит обеспечивается взаимным резервированием защит и разделением по цепям переменного тока и по цепям оперативного постоянного тока.

На линиях 110 кВ и 220 кВ предусмотрена установка защит от всех видов повреждений на линии, которые осуществляют быстрое и надежное отключение всех видов КЗ по всей длине защищаемой линии.

## Список использованных источников

- 1 Акимов, Н.А. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования/ Н.А. Акимов – М.: «АСА-ДЕМИА», 2009. - 296 с.
- 2 Девисилов, В.А. Охрана труда/ В.А. Девисилов - М.: «Форум», 2012. - 510 с.
- 3 Конюхова, Е.А. Электроснабжение объектов/ Е.А. Конюхова - М.: «Мастерство», 2009. - 320 с.
- 4 Сибикин, Ю.Д. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования/ Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин; «Высшая школа», 2003. – 462с.
- 5 Шеховцов, В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения/ В.П. Шеховцов - М.: «Форум-Инфра- М», 2009. - 120 с.
- 6 Правила устройства электроустановок - М.: (издатель Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору РФ - приказ №384 от 20.04.2006 г.).
- 7 Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы шестого и седьмого изданий с изменениями и дополнениями по состоянию на 1 января 2013 г. – М.: КноРус, 2013. – 488 с.
- 8 Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (введены в действие с 01.07.2003 г., утв. Минэнерго РФ от 13.01.2003 г., зарегистрировано Минюстом РФ №1445 от 22.01.2003 г.).
- 9 Требования к выпускной квалификационной работе студентов-магистрантов: учеб.-метод пособие по выполнения магистер. дис./ ТГУ ; Электротехн. фак.; каф. “Электроснабжение и электротехника”:[авт.-сост. В. Вахнина и др.]. – ТГУ.-Тольятти : 2011. -25 с.
- 10 Шаповалов, В.А. Энергосбережение и энергосберегающие технологии : практикум / В.А. Шаповалов, В. В. Вахнина, А. Н. Черненко; ТГУ; Электротехн. фак.; каф. “Электроснабжение и электротехника”.- 2-е изд. ; ТГУ. – Тольятти: ТГУ, 2011. – 58 с.
- 11 Романов, А. А. Жигулевская ГЭС. Эксплуатация средств релейной защиты и автоматизированного управления. Книга 4 : техническое издание / А. А. Романов . – Самара : Гидроэнергетика России, 2013 . – 448 с.
- 12 Романов, А.А. Жигулевская ГЭС : Эксплуатация электротехнического оборудования : техн. Изд. Кн. 2 / А. А. Романов . – Самара : Агни, 2011. -439 с.
- 13 Герасимов, В.Г. Электротехнический справочник. В 4 т. Т.3. Производство, передача и распределение электрической энергии / Общ. ред. В. Г. Герасимов, и др. ; Гл. ред. А. И. Попов . – 10-е изд., МЭИ, 2003. - 440 с.
- 14 Филипова, Т.А. Гидроэнергетика : [учебник] / Т.А. Филипова, и др. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2011. – 640 с.

- 15 Гуревич, В.И. Уязвимости микропроцессорных реле защиты: проблемы и решения/ В.И. Гуревич – М.: Инфра-Инженерия, 2014. – 248 с.
- 16 Illingworth, V.P. Explanatory dictionary in computing systems / V.P. Illingworth Publisher: - М.: Mashinostroenie Binding: hardcover; 568 p; 1989 ISBN: 5-217-00617-X; Format: standard
- 17 Bulychev, V. A. relay protection of electric power systems: textbook / V. A. Bulychev, V. K. Vanin, A. A. Nawrocky, M. G. Popov. — SPb.: Publishing house of the Polytechnical Institute. University press, 2008. — 211 p.
- 18 Pavlov, G. M., "automation of energy systems" : Proc.a manual / G. M. Pavlov .— Leningrad : Izd-vo leningr. University press, 1977 .— 237 p.— Bibliogr.: 233-234 p.
- 19 Chernobrov N. Vrelay protection of power systems" / N.V. Chernobrov, Semenov V. A.: Proc. a manual for technical schools. — М.: Energoatomizdat, 1998. –800 p.
- 20 Shneerson E. M. Digital relay protection" / E. M. Shneerson, М.: Energoatomizdat, 2007. –549 p.

## Приложение А

### **1 Защита и автоматика трансформаторов собственных нужд 110/10 кВ 1ТС (2ТС)**

#### **1.1 Защита и автоматика стороны 110 кВ ТСН 110/10 кВ 1ТС (2ТС)**

На выключателе 110 кВ трансформаторов собственных нужд 110/10 кВ 1ТС (2ТС) предусмотрена установка комплекта микропроцессорных защит с возможностью управления этим выключателем, выполнения УРОВ и АПВ.

Указанные функции реализованы на базе микропроцессорного терминала защит в шкафу типа ШЭ2607 015.

Комплект выполняет функции АУВ, УРОВ, АПВ и содержит также двухступенчатую максимальную токовую защиту (МТЗ) от многофазных КЗ (двухфазных, двухфазных на землю, трехфазных), трехступенчатую токовую ненаправленную защиту нулевой последовательности (ТЗНП) от КЗ на землю. Указанный набор защит и автоматики обеспечивает требования к защитам выключателя 110 кВ трансформаторов собственных нужд 110/10 кВ 1ТС (2ТС).

*Автоматика управления выключателем.*

Автоматика управления выключателем содержит следующие устройства (узлы) и защиты:

- устройство АПВ;
- узел включения выключателя;
- узел отключения выключателя;
- узел фиксации положения выключателя;
- узел фиксации несоответствия (для пуска АПВ);
- защиту электромагнитов (ЭМ) управления от длительного протекания тока;
- узел контроля исправности цепей ЭМ управления.

Схема АПВ шкафа предусматривает следующие режимы в зависимости от задания РДУ:

- с контролем напряжения на шинах 110 кВ и стороне низкого напряжения трансформатора ТСН;
- с контролем отсутствия напряжения на шинах;
- с контролем синхронизма напряжений на шинах и НН ТСН;
- без контроля этих напряжений.

*Двухступенчатая МТЗ от многофазных КЗ.*

МТЗ содержит по три реле максимального тока для каждой из ступеней. Реле максимального тока ступени объединены по схеме ИЛИ и включены на фазные токи.

*Трехступенчатая токовая ненаправленная защита нулевой последовательности.*

Схема ТЗНП содержит три ненаправленные ступени, включающие:

- реле тока нулевой последовательности;
- цепи логики.

Отключение выключателя производится при появлении любого из сигналов:

- действие внешних устройств РЗА (ДЗШ, ДЗТ);
- действие ДЗШ (внешний сигнал);
- действие собственных защит (внутренний сигнал).

*Устройство резервирования отказа выключателя.*

При наличии тока через выключатель и одновременном появлении любого из сигналов на отключение, логические цепи УРОВ с выдержкой времени, регулируемой в диапазоне от 0,1 до 0,6 с., формируют сигналы на отключение смежных выключателей с запретом АПВ, в частности:

- в ДЗШ на отключение первой (второй) системы шин;
- на запрет АПВ шин;
- запрет АПВ выключателя;
- «УРОВ» в местную сигнализацию;

На рисунке 1 приведена схема Трансформатор 110/10 кВ. 2ТС(1ТС).

Графическая часть представлена отдельным файлом программой AutoCAD (форматом DWG).

Цепи переменного тока (от выносных трансформаторов тока на ОРУ 110 кВ) и напряжения подключаются к микропроцессорному терминалу защит через испытательные блоки.

Подробную информацию о состоянии терминала или сработавших узлов защиты можно получить по светодиодам, расположенным на лицевой панели терминала или из САУ ОРУ 110 кВ.

Питание шкафа оперативным током выполняется через автоматические выключатели с панели оперативного тока. Разделение по питанию оперативным током устройств РЗА осуществляется следующим образом:

- комплект защиты;
- питание первых электромагнитов отключения (ЭМО1) и электромагнитов включения (ЭМВ) выключателя 110 кВ 1ТС (2ТС);
- питание вторых электромагнитов отключения (ЭМО2) выключателя 110 кВ 1ТС (2ТС).

## **2 Защита и автоматика шиносоединительного выключателя 110 кВ**

На шиносоединительном выключателе 110 кВ предусмотрена установка комплекта микропроцессорных защит шиносоединительного выключателя 110 кВ с возможностью управления этим выключателем, выполнения УРОВ и АПВ.

Указанные функции реализованы на базе микропроцессорного терминала защит.

Комплект выполняет функции АУВ, УРОВ, АПВ и содержит также двухступенчатую максимальную токовую защиту (МТЗ) от многофазных КЗ (двухфазных, двухфазных на землю, трехфазных), трехступенчатую токовую ненаправленную защиту нулевой последовательности (ТЗНП) от КЗ на землю.

Аппаратно, указанный выше набор функций комплекта, выполнен на базе микропроцессорного терминала.

*Автоматика управления выключателем.*

Автоматика управления выключателем содержит следующие устройства (узлы) и защиты:

- устройство АПВ;
- узел включения выключателя;
- узел отключения выключателя;
- узел фиксации положения выключателя;
- узел фиксации несоответствия (для пуска АПВ);
- защиту электромагнитов (ЭМ) управления от длительного протекания тока;
- узел контроля исправности цепей ЭМ управления.

*Двухступенчатая МТЗ от многофазных КЗ.*

МТЗ содержит по три реле максимального тока для каждой из ступеней. Реле максимального тока ступени объединены по схеме ИЛИ и включены на фазные токи.

*Трехступенчатая токовая ненаправленная защита нулевой последовательности.*

Схема ТЗНП содержит три ненаправленные ступени, включающие:

- реле тока нулевой последовательности;
- цепи логики.

Отключение выключателя производится при появлении любого из сигналов:

- действие внешних устройств РЗА (ДЗШ);
- действие ДЗШ (внешний сигнал);
- действие собственных защит (внутренний сигнал).

*Устройство резервирования отказа выключателя.*

При наличии тока через выключатель и одновременном появлении любого из сигналов на отключение, логические цепи УРОВ с выдержкой времени, регулируемой в диапазоне от 0,1 до 0,6 с., формируют сигналы на отключение смежных выключателей с запретом АПВ, в частности:

- в ДЗШ на отключение первой и второй системы шин;
- на запрет АПВ шин;
- запрет АПВ выключателя;
- «УРОВ» в местную сигнализацию;
- «Срабатывание» в центральную сигнализацию.

Питание шкафа оперативным током выполняется через автоматические выключатели с панели оперативного тока. Разделение по питанию оперативным током устройств РЗА осуществляется следующим образом:

- комплект защиты;
- питание первых электромагнитов отключения (ЭМО1) и электромагнитов включения (ЭМВ) шиносоединительного выключателя 110 кВ;
- питание вторых электромагнитов отключения (ЭМО2) шиносоединительного выключателя 110 кВ.

### 3 Дифференциальная защита шин и УРОВ ОРУ 110 кВ

На ОРУ-110кВ предусмотрена установка микропроцессорного комплекта дифференциальной защиты шин - ДЗШ и УРОВ:

- ДЗШ и УРОВ 1 - 2 систем шин 110кВ.

Терминал ДЗШ содержит реле дифференциальной защиты шин с торможением, состоящее из пускового органа (ПО) и избирательных органов первой (ИО1) и второй (ИО2) систем шин, реле чувствительного токового органа (ЧТО), реле минимального напряжения, реагирующих на междуфазные напряжения первой и второй систем шин, реле максимального напряжения, реагирующих на напряжение обратной последовательности первой и второй систем шин, реле контроля исправности токовых цепей, логику «очувствления» ДЗШ, логику опробования, логику запрета АПВ, цепи отключения, пуска УРОВ от защит присоединений и запрета АПВ.

Цепи переменного тока шкафа подключаются к вторичным обмоткам трансформаторов тока каждого присоединения защищаемых секций ОРУ – 110 кВ.

Цепи пуска УРОВ выключателей 110 кВ выполняются для каждого выключателя с использованием терминалов защит присоединений.

Пусковые цепи УРОВ выполнены от выходных реле защит, действующих на отключение данного выключателя, с повторением соответствующего действия на отключение выключателя, а затем с выдержкой времени при наличии тока через выключатель - на отключение через ДЗШ смежных элементов и запрет АПВ.

Предусмотрено действие выходных реле схемы ДЗШ и УРОВ на оба электромагнита отключения каждого выключателя.

На рисунке 2 приведена схема Дифференциальная защита шин 110 кВ.

Графическая часть представлена отдельным файлом программой AutoCAD (форматом DWG).

После работы защиты шин есть возможность опробования системы одним из присоединений с контролем отсутствия напряжения на системе шин. При этом терминалом защиты шин обеспечивается необходимая чувствительность защиты.

Запрет АПВ выключателей присоединений системы шин производится в случае:

- неуспешном АПВ шин при опробовании от одного из выключателей;
- при отказе выключателя одного из присоединений.

Подробную информацию о состоянии терминала или сработавших узлов защиты можно получить по светодиодам, расположенным на лицевой панели терминала или из САУ ОРУ 110 кВ.

#### 4 Противоаварийная автоматика ОРУ 110 кВ

В работе предусмотрена:

- реконструкция цепей автоматической частотной разгрузки (АЧР) линии 110 кВ Жигулевск-Зольное с учетом использования аппаратуры на современной элементной базе – типа “Сириус – АЧР”;

- совмещение пусковых органов автоматики разгрузки при перегрузке по току – АРПТ линий 110кВ Жигулевская – 1, Жигулевская – 2 (с учетом перевода на обходной выключатель 110кВ) с резервными защитами данных линий и ВО – 110 кВ;

- выполнение стыковки существующей схемы АВР – 110 кВ с автоматикой управления выключателей 110 кВ трансформаторных групп 1ТГ и 4ТГ, а так же с автоматикой управления обходного выключателя 110 кВ.

-

*Автоматическая частотная разгрузка на ВЛ 110 кВ Жигулевск-Зольное.*

Реконструкция автоматической частотной разгрузки на линии 110 кВ Жигулевск-Зольное выполнена с использованием микропроцессорного терминала типа “Сириус – АЧР”.

Функционально, это МП устройство содержит три одинаковые очереди, каждая из которых имеет по две ступени АЧР – АЧР I и АЧР II, а так же ЧАПВ. Каждая очередь АЧР – ЧАПВ имеет три уставки по частоте и три уставки по времени – для двух ступеней очередей и ступени ЧАПВ соответственно. Уставка по частоте ступеней АЧР II имеет два значения – частота срабатывания и частота возврата.

МП устройство АЧР имеет второй, дополнительный, контрольный канал измерения напряжения и частоты, разрешающий работу основных очередей АЧР, для предотвращения ложных отключений в случае сбоев. Данный канал измеряет частоту от второго трансформатора напряжения (второй системы шин 110 кВ). Работа АЧР разрешается только в случае снижения частоты контрольного канала ниже значения уставки контрольного канала,

частота которого выбирается выше высшей частоты включенных ступеней АЧР рабочих каналов.

Для предотвращения неправильного измерения частоты в случае понижения входного напряжения имеется канал измерения напряжения и сравнения его с уставками. В случае понижения напряжения ниже значения уставок блокируется работа АЧР или ЧАПВ соответственно. Уставки по напряжению для работы АЧР и ЧАПВ являются так же и аналогичными уставками для контрольного канала.

При замене выключателя линии 110 кВ Жигулевск-Зольное обходным, действие указанной автоматики переводится на обходной выключатель 110 кВ.

*Автоматика разгрузки при перегрузке по току – АРПТ линий 110 кВ Жигулевская – 1, Жигулевская – 2.*

Для реализации существующего алгоритма функционирования АРПТ линий 110 кВ Жигулевская – 1, Жигулевская – 2 в качестве пусковых органов используются соответствующие цепи АРПТ терминалов этих линий 110 кВ. Соответственно, при замене любого из выключателей линий 110 кВ Жигулевская – 1 (или Жигулевская – 2), в обходном выключателе 110 кВ так же вводятся в работу соответствующие пусковые органы АРПТ (в терминале защиты и автоматики обходного выключателя).

При этом предполагается, что реле выходные реле автоматики АРПТ (ЗРП, 4РП, 5РП), расположенные на панели ВЦУ-8 (ЦПУ), сохраняются в работе. Соответственно действие указанной автоматики АРПТ (от этих выходных реле) на отключение В-9Г, В-10Г, В-11Г – стороны 13,8 кВ; В1-4ТГ, В2-4ТГ – стороны 500 кВ; В-1ТГ – стороны 220 кВ (в соответствии с картой уставок) – сохраняется.

*Автоматический ввод резерва (АВР – 110кВ).*

Для обеспечения режима работы АВР 110 кВ в проекте предусмотрена стыковка проектируемой автоматики управления выключателями стороны 110 кВ 1-ой и 4-ой трансформаторных групп с существующей схемой АВР 110 кВ.

При этом функции АВР – 110 кВ сохраняются в полном объеме при замене выключателя стороны 110 кВ 1-ой или 4-ой трансформаторных групп обходным.

## **5 Цепи напряжения и синхронизации присоединений ОРУ 110 кВ**

### **5.1 Цепи напряжения**

В нормальном режиме цепи напряжения всех устройств РЗА присоединений 110 кВ присоединены к трансформаторам напряжения «своей» системе шин. При этом выполнено разделение по питанию от разных обмоток ТН:

- цепей устройств защит, автоматики и ПА - МП терминалы защит, автоматики, ПА и ИМФ;
- цепей измерений – счетчики электроэнергии (существующие), универсальные преобразователи, датчики телеизмерения (существующие), а также регистраторы аварийных ситуаций (существующие).

Цепи напряжения каждого присоединения ОРУ-110 кВ имеют возможность подключения к резервному источнику напряжения по питанию цепей защит, синхронизации, автоматики, ПА, учета и измерения:

- для присоединений 1 с. ш. 110 кВ – ТН 2 с. ш. 110 кВ;
- для присоединений 2 с. ш. 110 кВ – ТН 1 с. ш. 110 кВ.

Подвод цепей напряжения к отдельным устройствам вторичной коммутации присоединений 110 кВ выполняется посредством испытательных блоков, установленных на панелях устройств.

Переключение источников напряжения производится ключами, размещенными на панели ТН-110.

## 6 Измерительные приборы

Измерительные приборы делятся на щитовые приборы (используются приборы прямого включения) и на измерительные преобразователи для САУ ОРУ 110 кВ.

В качестве щитовых приборов использованы:

- для измерения тока по присоединениям – амперметры прямого включения, установленные на панелях управления (для каждого присоединения соответственно) и подключенные к трансформаторам тока класса точности 0.2;
- для измерения напряжения и частоты по секциям ОРУ 110 кВ – вольтметры и частотомеры, установленные на панелях трансформаторов напряжения и подключенные к цепям напряжения 100В.

В качестве измерительных приборов для САУ ОРУ 110 кВ используется универсальные измерительные преобразователи типа ДМК-40. Измерительные преобразователи подключается к трансформаторам тока класса точности 0.2, цепям напряжения 100В. Измерительные преобразователи устанавливаются на всех присоединениях ОРУ 110 кВ (включая обходной и шиносоединительный выключатели). С помощью измерительных преобразователей производятся следующие измерения:

- действующих значений линейных и фазных напряжений;
- действующих значений фазных токов;
- активной и реактивной мощности;
- частоты;
- общих гармонических искажений тока и напряжения;
- коэффициент мощности.
- подсчет потребляемой и генерируемой активной энергии;
- подсчет вносимой и отдаваемой реактивной энергии.

Данные измерения выводятся на экран прибора и передаются в систему САУ ОРУ 110 кВ по цифровому каналу связи.

## 7 Управление и сигнализация ОРУ 110 кВ

САУ ОРУ 110 кВ обеспечивает следующие функции контроля, управления, сигнализации и регистрации нормальных и аварийных режимов работы главной схемы ОРУ 110 кВ:

- дистанционное управление выключателями главной схемы с контролем действий дежурного (оперативного) персонала;
- измерение, контроль, отображение и регистрация параметров нормального и аварийного режима, предупреждающая сигнализация об отклонении режимных параметров;
- отображение текущего состояния оборудования главной схемы в виде мнемосхемы;
- обработка и вывод информации о состоянии главной схемы и оборудования в текстовой (табличной) и графической форме;
- обработка данных для различных эксплуатационных целей;
- дистанционное изменение уставок микропроцессорных терминалов РЗА;
- проверка достоверности входной информации о положении коммутационных аппаратов (напрямую сбором дискретных сигналов об их положении, через сбор параметров по цифровым каналам связи от терминалов микропроцессорных защит, отслеживание одновременно как нормально открытого, так и нормально закрытого блок-контактов положения соответствующего коммутационного аппарата и т.д.);
- диагностика и контроль оборудования (ресурсов выключателей, разъединителей и др.);
- формирование базы данных, хранение и документирование информации (ведение суточной ведомости, ведомости событий, архива данных и т.п.);
- выполнение логики оперативной блокировки коммутационных аппаратов распределительного устройства 110 кВ.

Оперативное управление выключателями присоединений выполняется от ключей управления, расположенных на панелях управления ППУ ОРУ-

110 кВ, оснащенных мнемосхемой, а также через схему САУ ОРУ-110 кВ с ЦПУ и ППУ (с выдачей контакта в схему управления) путем воздействия на мнемосимвол объекта управления и выбора команды управления из диалогового окна; управление разъединителями, в том числе и заземляющими - кнопками с агрегатного шкафа присоединения или через схему САУ ОРУ-110 кВ с ЦПУ и щита управления ППУ аналогично управлению выключателем.

При управлении электротехническим оборудованием (местное, дистанционное) предусмотрена программная и аппаратная блокировка, исключающая одновременное управление с нескольких рабочих мест.

Местное и ручное дистанционное управление объектом сохраняет работоспособность вне зависимости от состояния САУ ОРУ-110 кВ.

Сигнализация обеспечивает извещение оперативного персонала о возникновении нарушений в работе электротехнического оборудования, о срабатывании автоматических устройств, срабатывании защит, автоматики и т.п.

Сигнализация САУ ОРУ-110 делится на предупредительную и аварийную по характеру неисправности, центральную и локальную по месту действия; звуковую и световую по способу действия.

Центральная сигнализация реализуется в пределах щита управления ОРУ-110. Звуковая центральная сигнализация обеспечивает оповещение оперативного персонала также в местах его периодического пребывания (ОРУ и ППУ). Световая центральная сигнализация обеспечивает привлечение внимания оперативного персонала к факту неисправности. Расшифровка неисправности производится на экране автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора или по дисплею на МП терминале защиты присоединения.

Локальная сигнализация реализуется на АРМ оператора и МП терминалах защиты.

Действие аварийной и предупредительной сигнализации сопровождается специальными звуковыми сигналами, различающимися между собой (сирена – для аварийной, звонок – для предупредительной сигнализации), а на

дисплеях - разным цветом (для предупредительной и аварийной сигнализации).

Сигналы, сформированные в САУ ОРУ-110, при необходимости могут передаваться в другие системы или подсистемы автоматизации.

Квитирование сигнала выполняется оператором (через автоматизированное рабочее место – воздействием манипулятора “мыши”).

Дополнительно к сигнализации САУ ОРУ-110 на ППУ-110 выполнена упрощенная схема световой и звуковой сигнализации объекта, выполненная на базе микропроцессорного терминала “Сириус – ЦС”. Эта же сигнализация обеспечивает отображение положения коммутационных аппаратов (выключателей, разъединителей и заземляющих ножей) на панелях управления.

## **8 Цепи распределения оперативного постоянного тока (ШОТ)**

Для питания устройств защиты, устройств сигнализации, устройств автоматики и т.д. постоянным оперативным током на ППУ ОРУ 110 кВ установлены два шкафа оперативного тока (ШОТ).

В шкафах оперативного тока расположены шинки оперативного постоянного тока, которые питаются отдельными кабелями соответственно от 1 и 2 секции щита постоянного тока.

В шкафах оперативного тока установлена следующая аппаратура:

- автоматические выключатели (питание потребителей);
- устройство контроля изоляции (с отысканием поврежденного присоединения);
- рубильники секционирования шкафов оперативного тока при выводе одной из секций Щита постоянного тока на ППУ ОРУ 110 кВ в ремонт.

На рисунке 3 приведена схема Цепи распределения оперативного постоянного тока РЗА ОРУ-110кВ (1 секция).

Графическая часть представлена отдельным файлом программой AutoCAD (форматом DWG).

## Приложение Б

Таблица 1.Б – Токи короткого замыкания в максимальном режиме

**Токи короткого замыкания в максимальном режиме для проверки оборудования.**

1-Пояс Узла	Наименование Узла	Трехфазное КЗ IА(кА)		Однофазное КЗ IА(кА)	
		на шинах	за выкл.	на шинах	за выкл.
U=230.4/0      Z1=0.290+j4.191      Z2=0.290-j4.191      Z0=0.006-j4.118					
103-	ЖГЭС 1С, 2С 220	31.67	94	31.90	93
105	ЖГЭС 3С, 4С 220	1.67	88	1.72	89
117	ЖГЭС 6ГТ	10.63	90	11.87	90
121	ЖГЭС 1ТГ	2.69	95	3.58	93
1768	ЖГЭС-ЛЕВОВАЕР-1	13.06	97	11.83	95
1916	ЖГЭС-СЫЗРАНЬ 1Ц	1.84	97	1.47	95
1921	ЖГЭС-СЫЗРАНЬ 2Ц	1.84	97	1.47	95
U=230.0/0      Z1=0.203+j3.545      Z2=0.203+j3.545      Z0=0.008-j3.442					
105-	ЖГЭС 3С, 4С 220	37.39	93	37.79	92
103	ЖГЭС 1С, 2С 220	1.47	89	1.52	89
109	ЖГЭС 7ТГ	9.31	90	10.55	90
113	ЖГЭС 8ГТ	9.32	90	10.55	90
448	ВЛ ЖГЭС-СОЛНЕЧ	2.14	98	1.67	97
1769	ЖГЭС-ЛЕВОВАЕР-2	11.43	97	10.45	95
1791	ВЛ ЖГЭС-КС-22	3.79	97	3.07	95
U=115.3/0      Z1=0.124+j2.366      Z2=0.124+j2.366      Z0=0.001+j1.720					
107-	ЖГЭС 1СШ 110	28.09	93	30.92	92
108	ЖГЭС 2СШ 110	26.96	92	29.52	92
1757	ЖИГУЛЕВСК-ЗОЛЬНО	0.00	0	0.00	0
1933	ВЛ ЖИГ-1	1.23	116	1.00	113
1968	ЖИГУЛЕВСКАЯ 2С	0.00	0	0.46	92
2878	ЖЭТЭ 2С 110 КВ	0.00	0	0.00	0
U=115.3/0      Z1=0.124+j2.366      Z2=0.124-j2.366      Z0=0.001+j1.720					
108-	ЖГЭС 2СШ 110	28.09	93	30.92	92
107	ЖГЭС 1СШ 110	1.23	116	1.45	106
121	ЖГЭС 1ТГ	25.75	91	28.05	91
1938	ВЛ ЖИГ-2	1.33	116	1.10	112
1944	АЛЕКСАНДРОВКА 2С	0.00	0	0.00	0
1967	ЖИГУЛЕВСКАЯ 1С	0.00	0	0.45	92
U=230.7/-0      Z1=0.462+j4.743      Z2=0.462+j4.743      Z0=0.006+j4.500					
171-	ТЭЦ ВАЗ 1СШ-220	27.95	96	28.50	94
172	ТЭЦ ВАЗ 2СШ-220	14.97	97	15.11	94
183	ТЭЦ ВАЗ 5ГТ	2.66	90	4.12	91
184	ТЭЦ ВАЗ 9ГТ Н.Н	1.41	90	2.48	93
189	ТЭЦ ВАЗ 11ГТ Н.Н	1.41	90	0.97	88
1885	ТЭЦ ВАЗ-ЛЕВОВАЕР 1Ц	5.65	97	4.37	96
2476	ВЛ ВАЗ-ЧЕРЕМШАН	1.88	99	1.47	97
U=230.7/-0      Z1=0.462+j4.743      Z2=0.462-j4.743      Z0=0.006+j4.500					
172-	ТЭЦ ВАЗ 2СШ-220	27.95	96	28.50	94
171	ТЭЦ ВАЗ 1СШ-220	14.97	94	13.39	93

Продолжение таблицы 1.Б

186	ТЭЦ ВАЗ БРТ	2.66	90	25.30	-84	4.13	91	24.37	-86
187	ТЭЦ ВАЗ 10ГТ Н.Н	1.41	90	26.55	-84	2.46	93	26.04	-86
1814	ВЛ ТЭЦ ВАЗА-АЗОТ	5.19	101	22.78	-86	4.19	98	24.32	-87
1888	ТЭЦ ВАЗ-ЛЕВОВ 2Ц	5.75	98	22.20	-85	4.34	96	24.16	-86
U=230.2/0 Z1=0.292+j3.480 Z2=0.292+j3.480 Z0=0.011+j5.665									
1770-	ЛЕВОВЕР 1СШ 220	38.05	95			31.54	93		
1768	ЖГЭС-ЛЕВОВЕР-1	9.81	95	28.24	-85	7.29	92	24.25	-87
1771	ЛЕВОВЕР 2СШ 220	17.15	94	20.90	-85	14.02	92	17.52	-87
1772	ЛЕВВЕР АТ-1	2.08	93	35.98	-85	2.50	92	29.04	-87
1842	ВЛ ЛЕВОВЕР-ВАСИЛ	5.14	97	32.92	-86	4.60	94	26.94	-88
1887	ТЭЦ ВАЗ-ЛЕВОВ 1Ц	3.88	95	34.18	-85	3.13	93	28.42	-87
U=230.2/0 Z1=0.292+j3.480 Z2=0.292+j3.480 Z0=0.011+j5.665									
1771-	ЛЕВОВЕР 2СШ 220	38.05	95			31.54	93		
1769	ЖГЭС-ЛЕВОВЕР-2	11.13	94	26.92	-85	8.28	92	23.27	-87
1770	ЛЕВОВЕР 1СШ 220	20.90	95	17.15	-86	17.52	93	14.02	-88
1774	ЛЕВВЕР АТ-2	2.08	93	35.97	-85	2.52	92	29.03	-87
1890	ТЭЦ ВАЗ-ЛЕВОВ 2Ц	3.94	95	34.11	-85	3.23	93	28.31	-87