

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«**СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»
институт
«Электроэнергетика»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ:

Заведующий кафедрой

_____ А. В. Коловский
подпись инициалы, фамилия

«_____» _____ 2022 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код – наименование направления

Реконструкция системы РЗА в ОРУ 220 кВ

ПС «Означенное–500»

тема

Руководитель

подпись, дата

должность, ученая степень

Е.В. Платонова

инициалы, фамилия

Выпускник

подпись, дата

В.А. Бурдуковская

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

подпись, дата

И.А. Кычакова

инициалы, фамилия

Абакан 2022

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»
институт

«Электроэнергетика»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ:

Заведующий кафедрой

_____ А. В. Коловский
подпись инициалы, фамилия

« _____ » _____ 2022 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в виде бакалаврской работ

Студенту Бурдуковской Виктории Александровны

(фамилия, имя, отчество)

Группа ХЭН-18-1 Направление (специальность)

номер

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код, наименование

Тема выпускной квалификационной работы Реконструкция системы РЗА в ОРУ 220 кВ ПС «Означенное-500»

Утверждена приказом по университету № 211 от 15.04.2022

Руководитель ВКР Е.В. Платонова, доцент каф. «Электроэнергетика», к.т.н.

(инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы)

Исходные данные для ВКР: техническая документация ПС «Означенное-500».

Перечень разделов выпускной квалификационной работы:

Введение

1 Характеристика объекта реконструкции

2 Выбор видов и типоразмеров терминалов релейной защиты и автоматики для присоединенных ВЛ 220кВ

3 Расчет токов короткого замыкания для выбора параметров срабатывания устройств РЗА

4. Расчет уставок релейной защиты и автоматики

5 Выбор измерительных трансформаторов тока

6 Система оперативного постоянного тока и собственные нужды

7 Локальные сметы. Стоимость реализации реконструкции объекта.

Заключение

Список используемых источников

Перечень графического материала:

1. Схема электрических соединений ОРУ

2. Схема распределения по трансформатору тока устройств информационно-технологических систем

3. Локальные сметы.

Руководитель ВКР

подпись

Е. В. Платонова
инициалы, фамилия

Задание принял к исполнению

подпись

В. А. Бурдуковская
инициалы, фамилия

« ____ » _____ 2022 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная Квалификационная работа по теме «Реконструкция системы РЗА в ОРУ 220 кВ ПС «Означенное – 500»» содержит 59 страниц текстового документа, 2 приложения, 29 использованных источников, 3 листа графического материала.

РЕКОНСТРУКЦИЯ, ПОДСТАНЦИЯ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ, РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА, АВТОМАТИКА, ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ, ТОК КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ, НАДЕЖНОСТЬ.

Объектом исследования является ПС «Означенное – 500».

Предмет исследования - вопросы реконструкции устройств релейной защиты и автоматики электрической подстанции с учетом современных требований надежности, безопасности и эффективности её работы.

Целью ВКР является реконструкция системы релейной защиты и автоматики в ОРУ 220 кВ ПС «Означенное – 500» с заменой микроэлектронных устройств на микропроцессорные.

Задачи работы, которые необходимы для достижения цели: провести обоснование необходимости реконструкции РЗА; выбрать современные микропроцессорные терминалы РЗА; рассчитать токи короткого замыкания; рассчитать уставки предусмотренных видов защит; составить локальную смету на реконструкцию системы РЗА.

Практическая значимость работы обусловлена необходимостью замены физически и морально устаревшего оборудования ОРУ 220 кВ ПС «Означенное – 500», что обеспечит более надежное электроснабжение питающихся от него потребителей.

THE ABSTRACT

The final qualification work on the topic "Reconstruction of the relay protection and automation system in the ORU 220 kV of the PS «Oznachennoe – 500»" contains 59 pages of a text document, 2 appendix, 29 used sources, 3 sheets of graphic material.

RECONSTRUCTION, SUBSTATION, ELECTRICAL EQUIPMENT, RELAY PROTECTION, AUTOMATION, POWER SUPPLY, SWITCH, SHORT CIRCUIT CURRENT, RELIABILITY.

The object of the study is the PS " Oznachennoe – 500".

The subject of the research is questions about the reconstruction of relay protection and automation devices of an electric substation, taking into account modern requirements of reliability, safety and efficiency of its operation.

The purpose of the work is the reconstruction of the relay protection and automation system in the ORU 220 kV of the PS «Oznachennoe – 500» with the replacement of microelectronic devices with microprocessor ones.

The tasks of the work that are necessary to achieve the goal: to justify the need for reconstruction of the RPA; to select modern microprocessor terminals of the RPA; to calculate short-circuit currents; to calculate the setpoints of the provided types of protections; to make a local estimate for the reconstruction of the RPA system.

The practical significance of the work is due to the need to replace physically and morally obsolete equipment of the ORU 220 kV of the PS «Oznachennoe – 500», which will provide a more reliable power supply to consumers powered by it.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1. Характеристика объекта реконструкции	10
1.1 Схема открытых распределительных устройств	11
1.2 Описание действующей модели оборудования ОРУ 220кВ	13
1.3 Обоснование необходимости реконструкции системы РЗА	13
1.4 Содержание реконструкции системы релейной защиты и автоматики	14
2 Выбор видов и типоразмеров терминалов релейной защиты и автоматики для присоединенных ВЛ 220кВ	17
2.1 Сравнение отечественных и мировых производителей микропроцессорной релейной защиты	17
2.2 Сравнительная характеристика заменяемого и нового оборудования	20
2.3 Используемые защиты	24
3 Расчет токов короткого замыкания для выбора параметров срабатывания устройств РЗА	26
4. Расчет уставок релейной защиты и автоматики	38
4.1 Дистанционная защита	38
4.2 Токовая направленная защита нулевой последовательности	41
4.3 Междуфазная токовая отсечка	44
5 Выбор измерительных трансформаторов тока	45
6. Система оперативного постоянного тока и собственные нужды	52
6.1 Расчет токов короткого замыкания в системе постоянного тока	53
6.2 Проверка кабелей на термическую стойкость	57
6.3 Проверка кабелей на невозгораемость	58
6.4 Проверка автоматических выключателей	60
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	63
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	64
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	65
Приложение А. План главного щита управления	68
Приложение Б. Сметный расчет реконструкции системы РЗА	71

ВВЕДЕНИЕ

Задачи устройств релейной защиты и автоматики — это обнаружить своевременно аварийных (ненормальных) режимов работы, отключить найденный поврежденный участок сети и оповестить об этом управляющий персонал посредством сигнализации.

В связи с выполнением комплексной программы по замене микроэлектронных устройств РЗА, выработавших свой ресурс, на микропроцессорные, выполняется модернизация системы релейной защиты ВЛ 220 кВ.

Функции РЗА исполняются на базе микропроцессорных терминалов защит.

Преимущества использования микропроцессорных устройств:

- постоянный контроль присоединения и самодиагностика;
- улучшенные технические характеристики;
- удобство при наладке и эксплуатации;
- низкие значения потребляемой мощности по цепям переменного тока и напряжения;
- совмещение в одном устройстве функций различных защит, управления, измерения, регистрации событий;
- возможность интеграции в АСУ ТП.

Комплексы РЗА должны выполняться в соответствии с действующими в РФ нормативными материалами и обеспечивать предъявляемые к ним требования по надежности, быстродействию, селективности и чувствительности.

Повышение надежности РЗА защищаемых элементов обеспечивается:

- дублированием и резервированием основных защит (ближнее и дальнее резервирование);
- установкой на каждом защищаемом элементе двух комплектов защит;
- использованием УРОВ;

- разделением комплектов защит по цепям переменного напряжения и оперативного постоянного тока;
- размещением комплектов защит, резервирующих друг друга, в разных шкафах.

Объектом исследования является электрическая часть ПС 500 кВ «Означенное»

Предметом исследования являются вопросы о реконструкции устройств релейной защиты и автоматики электрической подстанции с учетом современных требований надежности, безопасности и эффективности её работы.

Актуальность темы заключается в том, что технологически устаревшие типы РЗА на базе микроэлектронного, электромеханического реле вызывают аварийные ситуации и ложные срабатывания защит. Сейчас всё ещё используют такое оборудование, что влечет за собой повреждения оборудования и других элементов электроэнергетической системы и недоотпуск электроэнергии потребителям.

Цель работы: техническое перевооружение ПС 500 кВ Означенное с заменой микроэлектронных устройств РЗА на микропроцессорные.

Задачи работы:

1. Обосновать реконструкцию системы РЗА (оборудование на ОРУ-220кВ);
2. Рассчитать токи короткого замыкания;
3. Рассчитать уставки предусмотренных видов защит;
4. Составить локальную смету на реконструкцию системы РЗА.

1. Характеристика объекта реконструкции

Объектом реконструкции системы релейной защиты и автоматики является подстанция ПС «Означенное – 500».

Подстанция «Означенное – 500» построена в 1984 г. и расположена в 8 км от города Саяногорска Бейского района Республики Хакассия.

Действующая ПС «Означенное – 500» представляет собой совокупность линий, аппаратов, и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенными для преобразования, распределения и отпуска электрической энергии потребителям. Подстанция «Означенное – 500» является одной из крупнейших в регионе электросетевых объектов, обеспечивающих электроснабжение социальных и промышленных потребителей двух сибирских регионов: Красноярского края и Республики Хакассия; включая Саяногорский и Хакасский алюминиевые заводы. [2]

На ПС 500 кВ Означенное в настоящее время установлено:

- три однофазных автотрансформатора 1АТ типа АОДЦТН-267000/500, мощностью 267 МВА, напряжением 500/220/10 кВ;
- три однофазных автотрансформатора 2АТ типа АОДЦТН-267000/500, мощностью 267 МВА, напряжением 500/220/10 кВ;

ПС 500 кВ Означенное соединена с энергосистемой четырьмя ВЛ 500 кВ и десятью ВЛ 220 кВ:

- ВЛ 500 кВ Означенное – Алюминиевая №1;
- ВЛ 500 кВ Означенное – Алюминиевая №2;
- ВЛ 500 кВ Саяно-Шушенская ГЭС – Означенное №1;
- ВЛ 500 кВ Саяно-Шушенская ГЭС – Означенное №2.
- ВЛ 220 кВ Означенное – Означенное-районная I цепь;
- ВЛ 220 кВ Означенное – Означенное-районная II цепь;
- ВЛ 220 кВ Означенное – ГПП-2 СА3 I цепь;
- ВЛ 220 кВ Означенное – ГПП-2 СА3 II цепь;

- ВЛ 220 кВ Означенное – ГПП-1 САЗ III цепь;
- ВЛ 220 кВ Означенное – ГПП-1 САЗ IV цепь;
- ВЛ 220 кВ Означенное – ГПП-2 САЗ I цепь;
- ВЛ 220 кВ Означенное – ГПП-2 САЗ II цепь;
- ВЛ 220 кВ Означенное – Бея I цепь;
- ВЛ 220 кВ Означенное – Бея II цепь.

1.1 Схема открытых распределительных устройств

ОРУ 500 кВ выполнено по нетиповой схеме «Трансформаторы-шины с присоединением линий через два выключателя».

ОРУ 220 кВ выполнено по схеме «Две рабочие секционированные выключателями и обходная системы шин с двумя обходными и двумя шиносоединительными выключателями».

ЗРУ 10 кВ выполнено по схеме «Одна, секционированная выключателем, система шин». 1 секция питается от автотрансформатора 1АТ. 2 секция питается от автотрансформатора 2АТ соответственно. [25]

К собственным нуждам 2-ой секции 0,4 кВ подключена дизель-генераторная установка SDMO EXEL X1100K мощностью 1 МВА.

Подстанция оснащена двумя свинцово-кислотными батареями Varta Vb-2308, количество элементов 104, емкость 406 Ач. Напряжение оперативного постоянного тока: 220 В.

На подстанции установлено четыре трансформатора собственных нужд: 1ТСН, 2ТСН, 3ТСН, 4ТСН мощностью 1 МВА каждый.

Подстанция обслуживаемая. Организовано постоянное круглосуточное дежурство и работа оперативного персонала.

Резервное питание собственных нужд ПС 500 кВ Означенное от внешней подстанции отсутствует.

На рисунке 1.1 представлена схема электрических соединений.

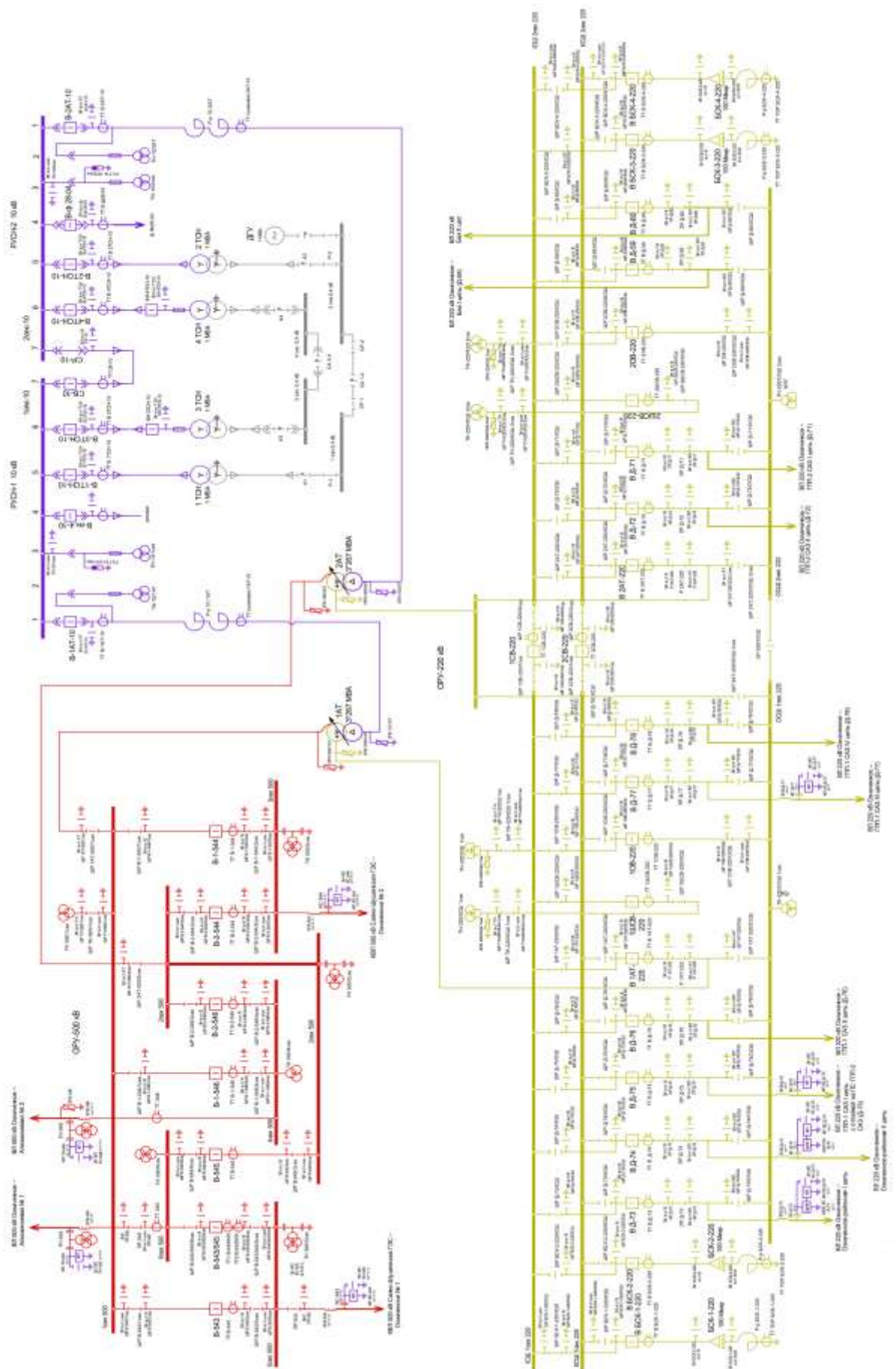


Рисунок 1.1 – Схема электрических соединений

1.2 Описание действующей модели оборудования ОРУ 220кВ

В настоящее время широко используются последние модели микропроцессорных реле. Но до сих пор встречаются защиты предыдущих поколений. Например, микроэлектронная защита типа ШДЭ 2802.

Шкаф дистанционной и токовой защиты ШДЭ 2802 предназначен для основной или резервной защиты на воздушных линиях электропередачи напряжение от 100 до 330 кВ.

Шкаф состоит из двух комплектов. Кроме основного комплекта ШДЭ 2802 включает себя такие релейные защиты, как:

- трехступенчатая дистанционная защита от всех видов многофазных КЗ;
- токовая защита;
- реле тока УРОВ.

В свою очередь токовая защита состоит из четырехступенчатой токовой защиты нулевой последовательности от КЗ на землю (ТЗНП) и токовой отсечки от многофазных КЗ (МТО).

Комплект 2 обеспечивает прием сигналов от отключающих ступеней газовых защит трансформатора, РПН и действует на отключение через две группы отключающих реле и выполнен на электромеханических реле. [10]

1.3 Обоснование необходимости реконструкции системы РЗА

Согласно РД 34.35.310-97: нормативный срок службы микроэлектронного оборудования РЗА составляет 12 лет; монтажных проводов в соответствии с ГОСТ 17515-72, ГОСТ 6323-79 составляет 15 лет; испытательных блоков в соответствии с ТУ 16-526.115-75 составляет 15 лет; ключей и переключателей в соответствии с ТУ 16-526.128-78, ИГУЛ.642 313.010 ТУ составляет 8 и 10 лет, рубильников в соответствии с ТУ 16-525.018-74 составляет 15 лет. [4,5]

Оборудование релейной защиты в ОРУ 220 кВ на ПС Означенное основано на микроэлектронной базе, которое в данный момент морально и

физически устарело. Необходима установка нового оборудования по причине опасного уровня износа. Отказы элементов РЗА могут создать опасность выхода из строя дорогого оборудования, привести к недоотпуску продукции у потребителей и другим ущербам.

План реконструкции РЗА предполагает замену устаревшего оборудования на новое.

По сравнению с устройствами релейной защиты на электромеханической и микроэлектронной элементной базе, устройства на микропроцессорной базе наиболее совершенны и практичны. Для защиты объектов подстанции «Означенное – 500» используем их.

Для обеспечения защиты всех присоединений подстанции примем к установке шкафы научно-производственного предприятия «ЭКРА». Так как заказчик ранее сталкивался с данной фирмой и остался доволен результатом работы оборудования. Главным критерием выбора было отечественное производство. Компания зарекомендовала себя на рынке как хороший производитель отличного качества исполнения устройств РЗА. В устройствах РЗА данной фирмы заложена логика механической релейной защиты, она проста для понимания ее работы оперативным персоналом, также ее можно согласовать со всеми устаревшими защитами, расположенными на других концах ЛЭП.

1.4 Содержание реконструкции системы релейной защиты и автоматики

В работе предполагается необходимость реконструкции системы РЗА в части замены устаревшего оборудования РЗА. Проектируемые шкафы РЗА ВЛ 220 кВ устанавливаются взамен существующих панелей, подлежащих демонтажу.

В работе будет произведен выбор релейной защиты и автоматики на отходящих линиях 220 кВ. Схема электрических соединений надежна, оставляем её без изменений.

В таблице 1.1 приведен перечень заменяемого оборудования на устанавливаемое.

Таблица 1.1 – Список заменяемого оборудования

Заменяемое оборудование		Присоединение (объект)
Заменяемое оборудование	Устанавливаемое оборудование	
КСЗ ВЛ 220 кВ Означенное – ГПП-2 САЗ I цепь (Д-71) (ДЗ, ЗЗ, МФО – ШДЭ-2802)	ШЭТ 220.08-0 КСЗ ШЭТ 221.09-0 КСЗ, УРОВ, АУВ ВЛ 220 кВ	ВЛ 220 кВ Означенное – ГПП-2 САЗ I цепь (Д-71)
КСЗ ВЛ 220 кВ Означенное – ГПП-2 САЗ II цепь (Д-72) (ДЗ, ЗЗ, МФО – ШДЭ-2802)	ШЭТ 220.08-0 КСЗ ШЭТ 221.09-0 КСЗ, УРОВ, АУВ ВЛ 220 кВ	ВЛ 220 кВ Означенное – ГПП-2 САЗ II цепь (Д-72)
КСЗ ВЛ 220 кВ Означенное – ГПП-1 САЗ IV цепь (Д-78) (ДЗ, ЗЗ, МФО – ШДЭ-2802/2)	ШЭТ 220.08-0 КСЗ ШЭТ 221.09-0 КСЗ, УРОВ, АУВ ВЛ 220 кВ	ВЛ 220 кВ Означенное – ГПП-1 САЗ IV цепь (Д-78)

В соответствии с данными решениями из таблицы 1.1 необходимо:

- установить шкаф ШЭТ 220.08-0 с функцией КСЗ ВЛ 220 кВ Означенное – ГПП-2 САЗ I цепь взамен существующей панели ШДЭ-2802;

- установить шкаф ШЭТ 221.09-0 с функцией КСЗ, УРОВ, АУВ ВЛ 220 кВ Означенное – ГПП-2 САЗ I цепь взамен существующей панели на эл. механической базе;

- установить шкаф ШЭТ 220.08-0 с функцией КСЗ ВЛ 220 кВ Означенное – ГПП-2 САЗ II цепь взамен существующей панели ШДЭ-2802;

- установить шкаф ШЭТ 221.09-0 с функцией КСЗ, УРОВ, АУВ ВЛ 220 кВ Означенное – ГПП-2 САЗ II цепь взамен существующей панели на эл. механической базе;

- установить шкаф ШЭТ 220.08-0 с функцией КСЗ ВЛ 220 кВ Означенное – ГПП-1 САЗ IV цепь взамен существующей панели ШДЭ-2802;

- установить шкаф ШЭТ 221.09-0 с функцией КСЗ, УРОВ, АУВ ВЛ 220 кВ Означенное – ГПП-1 САЗ IV цепь взамен существующей панели на эл. механической базе.

Предполагаемое место установки вновь проектируемых шкафов РЗА ВЛ 220 кВ:

- КСЗ ВЛ 220 кВ Означенное – ГПП-2 САЗ I цепь на место №89Р;
- КСЗ, УРОВ, АУВ ВЛ 220 кВ Означенное – ГПП-2 САЗ I цепь на место №90Р;
- КСЗ ВЛ 220 кВ Означенное – ГПП-2 САЗ II цепь на место №91Р;
- КСЗ, УРОВ, АУВ ВЛ 220 кВ Означенное – ГПП-2 САЗ II цепь на место №92Р;
- КСЗ ВЛ 220 кВ Означенное – ГПП-1 САЗ IV цепь на место №93Р;
- КСЗ, УРОВ, АУВ ВЛ 220 кВ Означенное – ГПП-1 САЗ IV цепь на место №94Р.

План главного щита управления (ГЩУ) с указанными местами представлен в Приложении А.

На ПС 500 кВ Означенное было обследовано состояние панелей и шкафов релейной защиты и автоматики в части присоединений ВЛ 220 кВ Означенное – ГПП-1 САЗ I, II, IV цепь и общеподстанционных элементов.

По тексту приняты следующие обозначения:

ВЛ 220 кВ Означенное – ГПП-2 САЗ I цепь – Д-71;

ВЛ 220 кВ Означенное – ГПП-2 САЗ II цепь – Д-72;

ВЛ 220 кВ Означенное – ГПП-1 САЗ IV цепь – Д-78.

Выводы по первой главе.

Приведена общая характеристика объекта исследования с описанием схемы электрических соединений. Определены места установки вновь проектируемых шкафов. Дано обоснование необходимости реконструкции системы РЗА.

2 Выбор видов и типоразмеров терминалов релейной защиты и автоматики для присоединенных ВЛ 220кВ

С каждым годом тенденция применения микропроцессорной релейной защиты в энергетических системах растёт, в отличие от электромеханической релейной защиты. Это обуславливается тем, что устаревание узлов, кабелей и блоков защиты ведут к частым авариям.

По статистике в период времени с 2010 по 2018 использование РЗА на основе микропроцессорных реле возросло на 20%, в то время как на базе микроэлектронных реле снизилось на 35%.

Согласно СТО 34.01-4.1-011-2020 [3], в рекомендациях по реконструкции длительно эксплуатирующихся устройств системы РЗА говорится следующее:

– При модернизации (реконструкции) электросетевых объектов ДЗО необходимо применять устройства РЗА, выполненные, как правило, на микропроцессорной элементной базе.

– При замене вышедших из строя (или выработавших установленный срок службы) электромеханических устройств, когда применение МП устройств РЗА не оправдано по экономическим или техническим причинам, допускается применение аналогичных устройств, выполненных на электромеханической элементной базе.

В устройствах релейной защиты и автоматики фирмы «ЭКРА» предусматривается возможность согласования со всеми использованными ранее защитами, расположенными в других частях линий электропередач.

2.1 Сравнение отечественных и мировых производителей микропроцессорной релейной защиты

На сегодняшний день существует сотни производителей моделей микропроцессорных устройств релейной защиты.

Лидеры мировых изготовителей микроэлектронных систем РЗА: Siemens (Германия), ABB, Schneider Electric (Франция). На территории РФ ведущие

производители: ЭКРА, ИЦ Бреслер, ЭНЕРГОСОЮЗ, НТЦ Механотроника, РАДИУС Автоматика.

На рисунке 2.1 показана диаграмма применения микропроцессорных устройств релейной защиты разных производителей на производствах в России в 2020 году.



Рисунок 2.1 – МУРЗ разных производителей на производствах в России в 2020 году

Использование микропроцессорных установок российского производителя «ЭКРА» возрастает каждый год. Это благодаря тому, что компания имеет большой набор продукции, предназначенной на разные виды напряжения, относительно низкую цену релейных защит и автоматики в сравнении с зарубежными фирмами.

На некоторых подстанциях (например, ПС Абаканская – 500), распределительных пунктах уже установлены МУРЗ фирмы «ИЦ Бреслер». Эта организация также отлично себя показывает. Продукция этого производителя редко выходит из строя. Удобна в использовании.

Проведем небольшой анализ с помощью оценочной карты конкурентных технических решений (таблица 2.1). Сравним 3 фирмы производителей шкафов РЗА: ЭКРА, SIEMENS и механотроника (БМРЗ). Оценка происходит будет по 5-ти бальной шкале.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле 2.1:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (2.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Таблица 2.1 – Карта оценки для сравнения разных производителей шкафов РЗА

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкуренто-способность		
		ЭКРА	СИЕМ	БМРЗ	Кф ШЭТ220	Кк1 ШЭМТ054	Кк2 ШЗЛ
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии эффективности							
Помехоустойчивость	0,015	5	5	4	0,75	0,75	0,6
Надежность	0,20	5	4	3	1	0,8	0,6
Предоставляемые функции защит и автоматики	0,20	5	4	4	1	0,8	0,8
Качество интеллектуального интерфейса	0,1	4	5	2	0,4	0,5	0,2
Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,15	5	5	3	0,75	0,75	0,45
Экономические критерии оценки эффективности							
Конкурентоспособность продукта	0,07	5	4	4	0,35	0,28	0,28
Уровень проникновения на рынок	0,02	5	3	3	0,1	0,06	0,06
Финансирование научной разработки	0,01	4	5	4	0,04	0,05	0,04
Срок выхода на рынок	0,01	4	4	4	0,04	0,04	0,04
Наличие сертификации разработки	0,09	5	5	5	0,45	0,45	0,45
Итого	1	47	44	36	4,88	4,48	3,52

По результатам таблицы 2.1, можно сделать вывод, что шкаф типа ШЭТ220 производителя «ЭКРА» является более практичным. Надежность и качество этих шкафов дало широкое распространение на отечественном рынке и превосходство над оппонентами.

В устройствах релейной защиты и автоматики фирмы «ЭКРА» предусматривается возможность согласования со всеми использованными ранее

защитами, расположенными в других частях линий электропередач. С целью обезопасить все электрические присоединения подстанции примем шкафы этой фирмы.

2.2 Сравнительная характеристика заменяемого и нового оборудования

Была проведена замена выключателей В Д-71 и В Д-72 на 2ОВ-220, а В Д-78 на 1ОВ-220.

Защиты ВЛ Д-71 (Д-72, Д-78) выполнены на базе панели типа ШДЭ-2802, которая состоит из двух комплектов – основного и резервного. Каждый комплект имеет независимые цепи переменного тока и напряжения, оперативного тока, отдельные группы реле для выходных цепей и цепей сигнализации.

В состав основного комплекта входят:

- 3-х ступенчатая направленная ДЗ, для защиты от МФКЗ;
- 4-х ступенчатая направленная ЗЗ, для защиты от ОФКЗ;
- автоматическое и оперативное ускорение (АУ, ОУ) II ст. ДЗ;
- АУ и ОУ III ст. ЗЗ;
- МФО, для защиты от МФКЗ;
- реле контроля тока УРОВ;
- блокировка при неисправности цепей напряжения (БНН)
- блокировка при качаниях (БК)

В состав резервного комплекта входят:

- 2-х ступенчатая направленная ДЗ, для защиты от МФКЗ;
- 2-х ступенчатая направленная ЗЗ, для защиты от ОФКЗ;

В составе основного комплекта предусмотрены устройства, которых нет в резервном комплекте:

- БНН – предназначена для блокировки ДЗ при неисправностях в цепях напряжения.
- БК – предназначена для блокировки ДЗ при возникновении качаний

Таким образом если с основного комплекта снимается оперативный ток, то оставшейся в работе резервный комплект работает без указанных блокировок.

В нормальном режиме основной и резервный комплект работают совместно, и в случае возникновения повреждения действуют на отключение выключателя с пуском УРОВ-220 с последующим АПВ. Запрет АПВ от КСЗ В Д-71 (Д-72, Д-78) не предусмотрен.

Все ступени 33 (2,3,4) кроме 1 ст. выполнены направленными. Но направленность автоматически выводится в следующих случаях:

- при включении выключателя;
- при неисправности цепей напряжения;
- при срабатывании любой из ступеней 33.

В проекте реконструкции вместо панели типа ШДЭ-2802 планируется установка современного шкафа типа ШЭТ 220.08-0 и ШЭТ 221.09-0.

Шкаф типа ШЭТ 220.08-0 предназначен для дистанционной и токовой защит (КСЗ) ЛЭП 110-220 кВ.

В таблице 2.2 представлены технические данные шкафа [26].

Таблица 2.2 – Основные технические данные шкафа

Параметры	Значение
Номинальный переменный ток, А	1 или 5
Номинальное междуфазное напряжение переменного тока, В	100
Номинальное напряжение оперативного постоянного тока, В	220
Номинальная частота, Гц	50

Шкаф типа ШЭТ 221.09-0 ступенчатых защит ЛЭП 110-220 кВ с обменом разрешающими сигналами, включающий функции УРОВ и АУВ, применяется для ЛЭП, подключенных через один выключатель без возможности перевода на ОСШ.

Основными функциями микропроцессорных интеллектуальных электронных устройств (МП ИЭУ) являются:

- СЗ (ДЗ, ТНЗНП, МТЗ, МФТО, ОУ, АУ, БК);
- ЗНР (защита от неполнофазного режима);

- ОМП (определение места повреждения);
- РАС (регистратор аварийных событий);

Для ШЭТ 221.09-0 предусмотрены дополнительные функции: - УРОВ, АПВ, КСН, ЗНФ, АУВ.

На рисунках 2.2, 2.3 представлены схемы подключения шкафов для схемы РУ №13Н. №13Н – схема с двумя рабочими и обходной системами шин.

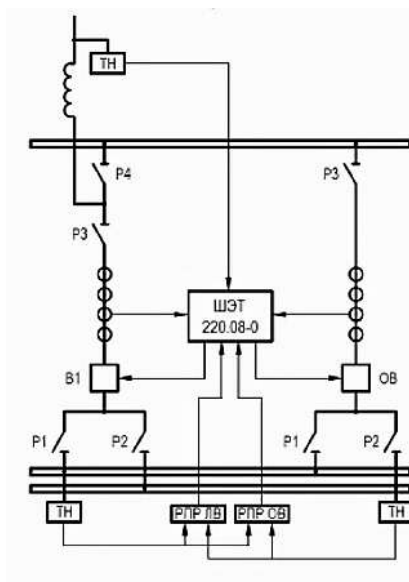


Рисунок 2.2 – Поясняющая схема подключения ШЭТ 220.08-0 для схемы РУ №13Н

Контролирование параметров сети происходит за счет подключения измерительных трансформаторов тока и напряжения к шкафу защит трансформатора. Сам шкаф подает команды на включение и отключение выключателей.

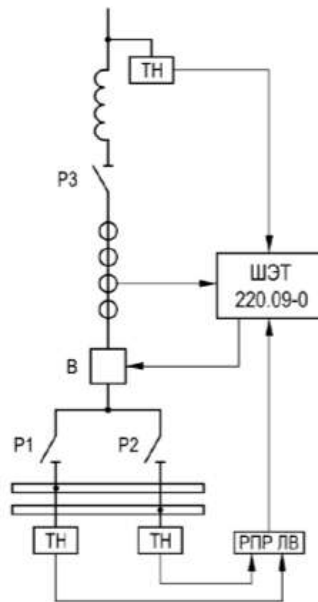


Рисунок 2.3 – Поясняющая схема подключения ШЭТ 221.09-0 для схемы РУ №13Н

2.3 Используемые защиты

В состав основного комплекта шкафа типа ШЭТ входят:

1) Дистанционная защита (ДЗ). Защита выполнена в трехступенчатом исполнении с независимыми измерительными органами в каждой ступени. Каждая ступень содержит по три реле сопротивления, включенные на междуфазные напряжения и разность фазных токов.

I ступень выполнена без выдержки времени и охватывает до 85% защищаемой ВЛ.

II ступень охватывает всю защищаемую линию и часть линий, отходящих от шин противоположной подстанции. Для отстройки от быстродействующих защит линий и трансформаторов противоположной подстанции вторая ступень имеет выдержку времени. В данном случае вторая ступень защиты выполнена с двумя выдержками времени: II ступень с быстрым действием (блокируется устройством блокировки при качаниях) и II ступень с медленным действием (не блокируется устройством блокировки при качаниях). Предусмотрено оперативное и автоматическое ускорение второй ступени.

III ступень защиты отстраивается по сопротивлению от нагрузочного режима и может охватывать несколько последовательно включенных ВЛ. Выдержка времени выбирается больше выдержки времени вторых ступеней охватываемых ВЛ.

2) Токовая направленная защита нулевой последовательности (ЗЗ).

3) Токовая отсечка защищает от междуфазных коротких замыканий, также работает и при близких однофазных КЗ.

4) Устройство блокировки при качаниях. Предназначена для исключения излишнего срабатывания быстродействующих ступеней (I ступень и II ступень с быстрым действием) дистанционной защиты при возникновении электрических качаний в системе.

5) Устройство блокировки при неисправностях в цепях напряжения предо-твращает ложные действия дистанционной защиты в указанных случаях.

6) Реле тока УРОВ.

7) Устройство функционального контроля. ДЗ и ЗЗ снабжены устройством (каждая своим) функционального контроля, которое позволяет обнаруживать дефекты, приводящие к ложным срабатываниям всех измерительных органов и ступеней защиты.

8) Блок питания и блок приемных реле.

Вывод по второй главе.

Дано обоснование выбора фирмы нового устройства РЗА. Приведена характеристика нового оборудования. Перечислен основной состав комплекта защиты.

3 Расчет токов короткого замыкания для выбора параметров срабатывания устройств РЗА

Оборудование должно выдерживать аварийные режимы работы. Чтобы подобрать такое оборудование необходимо произвести расчет токов КЗ.

Для расчетов токов короткого замыкания составляем схему замещения (рисунок 3.2) исходя из схемы и рассчитываем её параметры. Расчет проводим в относительных единицах.

Базисная мощность $S_6 = 1000 \text{ МВ} \cdot \text{А}$.

Базисное напряжение принимаем в соответствии со ступенью трансформации $U_{61} = 515 \text{ кВ}$, $U_{62} = 230 \text{ кВ}$.

Рассчитаем базисный ток, который будет соответствовать напряжению той ступени, где произошло короткое замыкание:

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{62}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 230} = 2,51 \text{ кВ.}$$

Для энергосистемы задаем значение ЭДС: $E_{GS} = 1 \text{ о. е.}$

Значение ЭДС принимаем по справочным данным [26]. Согласно данным ЭДС гидрогенератора с демпферными обмотками равен 1,13.

Для генератора Саяно-Шушенской ГЭС задаем значение ЭДС:

$$E_{GCSHGЭС} = 1,13 \text{ о. е.};$$

Для генератора Майнской ГЭС задаем значение ЭДС:

$$E_{GMГЭС} = 1,13 \text{ о. е.}$$

На рисунке 3.1 представлена принципиальная схема. Точка КЗ находится на шинах ОРУ 220 кВ. По этой схеме составляем схему замещения (рисунок 3.2).

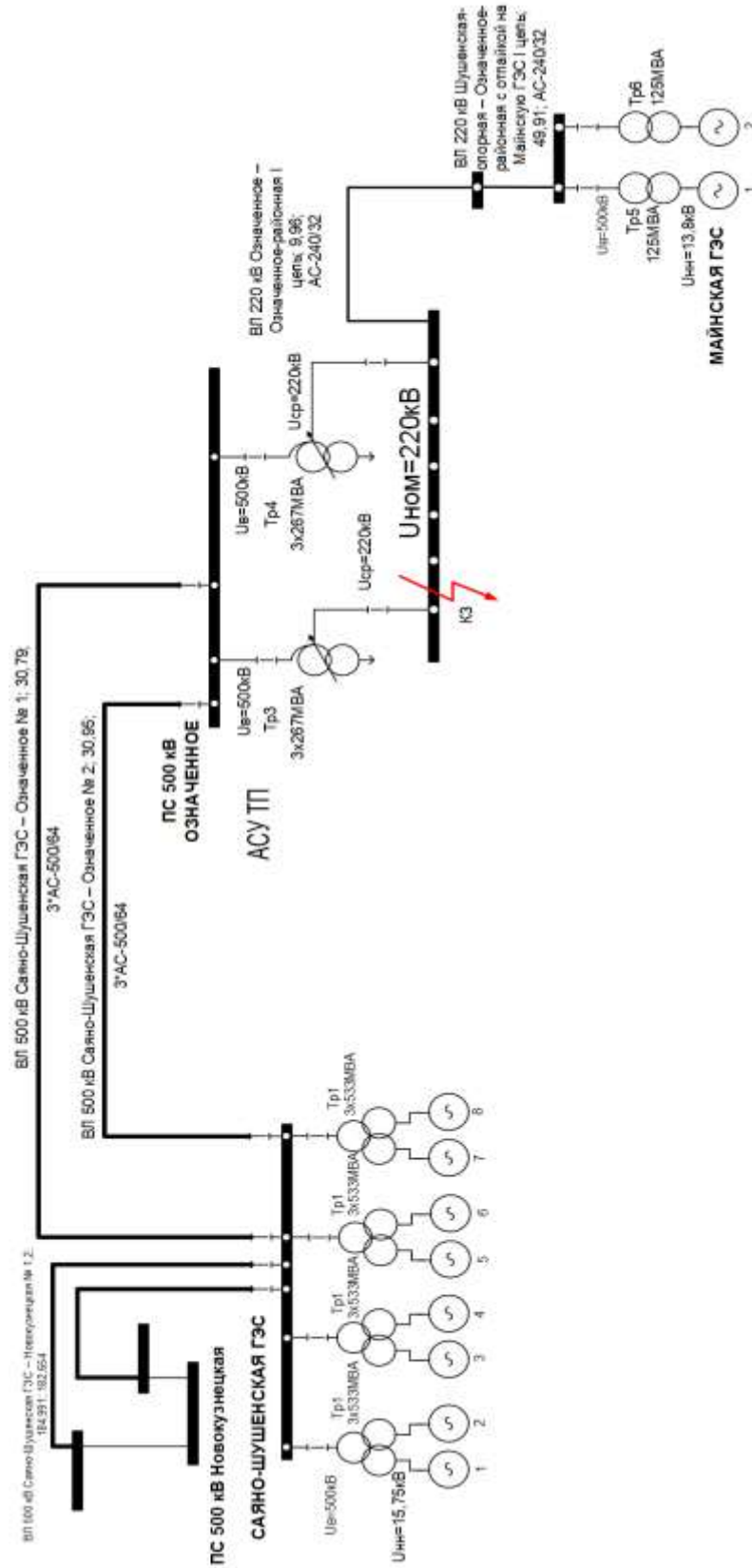


Рисунок 3.1 – Принципиальная схема

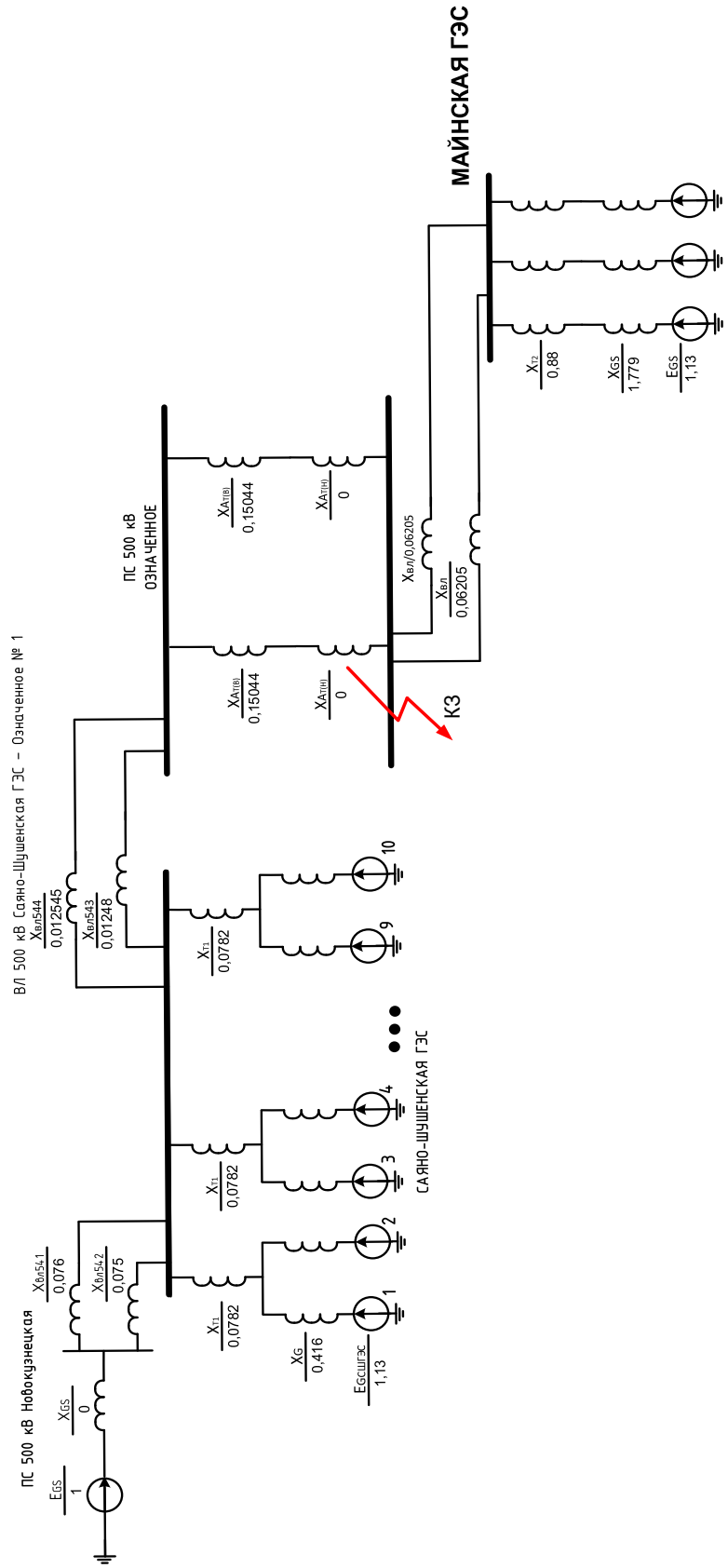


Рисунок 3.2 – Схема замещения

Находим параметры схемы замещения прямой последовательности.

Сопrotивление генераторов определяется по формуле 3.1:

$$X_G = \frac{X_{d_{\text{НОМ}}}'' \cdot S_6 \cdot \cos \varphi}{P}, (\text{о. е.}) \quad (3.1)$$

где $X_{d_{\text{НОМ}}}''$ – сверхпереходное индуктивное сопротивление генератора, о.е.;

S_6 – базисная мощность, в этом вычислении взято значение 1000 МВ · А;

P – номинальная активная мощность генератора, МВт;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности.

Получаем сопротивление генераторов Саяно-Шушенской ГЭС и Майнской ГЭС:

$$X_{G\text{СШГЭС}} = \frac{0,296 \cdot 1000 \cdot 0,9}{640} = 0,416 \text{ о. е.},$$

$$X_{G\text{МГЭС}} = \frac{0,224 \cdot 1000 \cdot 0,85}{107} = 1,779 \text{ о. е.}$$

Сопrotивление трансформаторов определяется по формуле 3.2:

$$X_T = u_k \cdot \frac{S_6}{100 \cdot S_{\text{НОМ}}}, (\text{о. е.}) \quad (3.2)$$

где u_k – напряжение короткого замыкания, %;

$S_{\text{НОМ}}$ – номинальная мощность трансформатора, МВА.

Тогда для трансформаторов Саяно-Шушенской ГЭС и Майнской ГЭС получаем:

$$X_{T\text{СШГЭС}} = 12,5 \cdot \frac{1000}{100 \cdot 533 \cdot 3} = 0,0782 \text{ о. е.},$$

$$X_{T\text{МГЭС}} = 11 \cdot \frac{1000}{100 \cdot 125} = 0,88 \text{ о. е.}$$

По паспортным данным установленных на ПС «Означенное – 500» автотрансформаторов определяем напряжение короткого замыкания для каждой обмотки по формуле 3.3:

$$u_{\text{кВ}} = 0,5 \cdot (u_{\text{кВН}} + u_{\text{кВС}} - u_{\text{кСН}}), (\%) \quad (3.3)$$

где $u_{кВН}$, $u_{кВС}$, $u_{кСН}$ – напряжение короткого замыкания для обмоток высшего, среднего и низшего напряжения автотрансформатора, %.

$$u_{кВ} = 0,5 \cdot (36,5 + 11,1 - 23,5) = 12,05 \text{ \%}.$$

$$u_{кН} = 0,5 \cdot (36,5 - 11,1 + 23,5) = 24,45 \text{ \%}.$$

$$u_{кС} = 0,5 \cdot (-36,5 + 11,1 + 23,5) = 0 \text{ \%}.$$

Сопrotивление обмоток автотрансформаторов рассчитываем по формуле 3.4:

$$X_{AT} = u_{кВ} \cdot \frac{S_6}{100 \cdot S_{ном}}, \text{ (о. е.)} \quad (3.4)$$

где $u_{кВ}$ – напряжение короткого замыкания для каждой обмотки, %;

S_6 – базисная мощность, МВА;

$S_{ном}$ – номинальная мощность автотрансформатора, МВА.

Исходя из формулы выше получаем сопротивление обмоток автотрансформаторов:

$$X_{ATB} = 12,05 \cdot \frac{1000}{100 \cdot 267 \cdot 3} = 0,1504 \text{ о. е.},$$

$$X_{ATC} = 0 \text{ о. е.}$$

Сопrotивление воздушных линий определяется по формуле 3.5:

$$X_{ВЛ} = \frac{X_{уд} \cdot S_6 \cdot L}{U_6^2}, \text{ (о. е.)} \quad (3.5)$$

где $X_{уд}$ – удельное индуктивное сопротивление линии, Ом/км;

L – длина воздушной линии, км;

U_6 – базисное напряжение в соответствии со степенью трансформации ($U_{61} = 515$ кВ, $U_{62} = 230$ кВ).

Воздушные линии от ПС Новокузнецкая до Саяно-Шушенской ГЭС, напряжение 500 кВ. В соответствии с этим берём базисное $U_{61} = 515$ кВ.

$$X_{ВЛ541} = \frac{0,308 \cdot 184,991 \cdot 1000}{515^2 \cdot 3} = 0,0716 \text{ о. е.},$$

$$X_{ВЛ542} = \frac{0,308 \cdot 182,654 \cdot 1000}{515^2 \cdot 3} = 0,0707 \text{ о. е.}$$

Воздушные линии от Саяно-Шушенской ГЭС до Означенное №1, напряжение 500 кВ. Также берём базисное $U_{б1} = 515$ кВ.

$$X_{ВЛ543} = \frac{0,304 \cdot 30,79 \cdot 1000}{515^2 \cdot 3} = 0,01176 \text{ о. е.,}$$

$$X_{ВЛ544} = \frac{0,304 \cdot 30,95 \cdot 1000}{515^2 \cdot 3} = 0,01182 \text{ о. е.}$$

Воздушные линии от Майнской ГЭС до ПС Означенное-районная, напряжение 220 кВ. В соответствии с этим берём базисное $U_{б1} = 230$ кВ.

$$X_{ВЛ73,74} = \frac{0,435 \cdot 13,81 \cdot 1000}{230^2} = 0,1136 \text{ о. е.}$$

Выполним эквивалентное преобразование схемы замещения (прямой последовательности), представленной на рисунке 3.2.

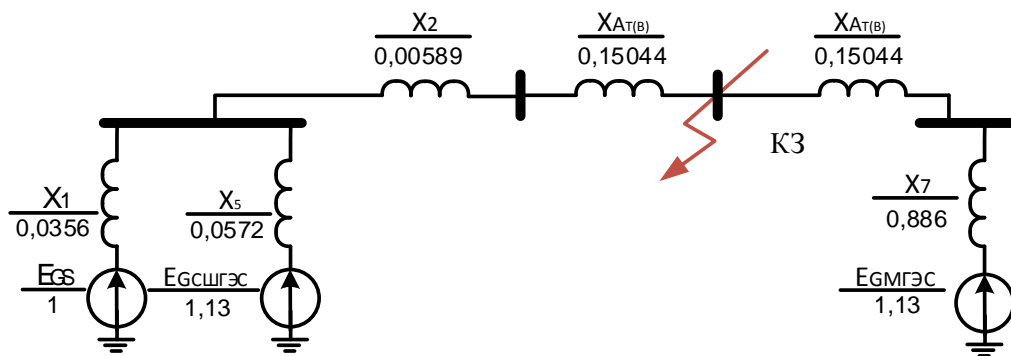


Рисунок 3.3 – Преобразование прямой последовательности №1

Первым пунктом преобразуем все параллельные ветви линий, генераторов, трансформаторов:

$$X_1 = \frac{X_{ВЛ541} \cdot X_{ВЛ542}}{X_{ВЛ541} + X_{ВЛ542}} = \frac{0,0716 \cdot 0,0707}{0,0716 + 0,0707} = 0,0356 \text{ о. е.,}$$

$$X_2 = \frac{X_{ВЛ543} \cdot X_{ВЛ544}}{X_{ВЛ543} + X_{ВЛ544}} = \frac{0,01176 \cdot 0,01182}{0,01176 + 0,01182} = 0,0059 \text{ о. е.,}$$

$$X_3 = \frac{X_{ВЛ73} \cdot X_{ВЛ74}}{X_{ВЛ73} + X_{ВЛ74}} = \frac{0,1136}{2} = 0,0568 \text{ о. е.}$$

На Саяно-Шушенской ГЭС преобразование сопротивлений показано ниже.

$$X_{GCSHГЭС2} = \frac{X_{GCSHГЭС}}{2} = \frac{0,416}{2} = 0,208 \text{ о. е.},$$

$$X_4 = X_{GCSHГЭС2} + X_{TCSHГЭС} = 0,208 + 0,0782 = 0,2862 \text{ о. е.},$$

Так как сопротивления между собой равны, то получаем:

$$X_5 = \frac{X_4}{5} = \frac{0,2862}{5} = 0,0572 \text{ о. е.}$$

На Майнской ГЭС эквивалентное преобразование показано ниже.

$$X_6 = X_{GMГЭС} + X_{TMГЭС} = 1,779 + 0,88 = 2,659 \text{ о. е.},$$

$$X_7 = \frac{X_6}{3} = \frac{2,659}{3} = 0,886 \text{ о. е.}$$

$$X_8 = \frac{X_{ATB}}{2} = \frac{0,1504}{2} = 0,0752 \text{ о. е.}$$

Далее выполним преобразование параллельно расположенных генераторов и последовательных элементов. Получим схему, которая представлена на рисунке 3.4:

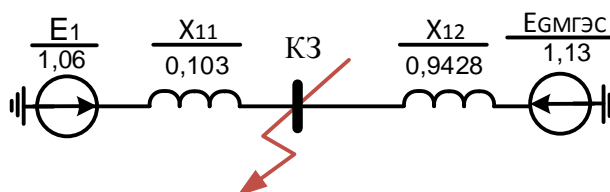


Рисунок 3.4 – Преобразование прямой последовательности №2

$$E_1 = \frac{E_{GS} \cdot X_5 + E_{GCSHГЭС} \cdot X_1}{X_1 + X_5} = \frac{1 \cdot 0,0572 + 1,13 \cdot 0,0356}{0,0572 + 0,0356} = 1,06 \text{ о. е.},$$

$$X_9 = \frac{X_1 \cdot X_5}{X_1 + X_5} = \frac{0,0356 \cdot 0,0572}{0,0356 + 0,0572} = 0,0219 \text{ о. е.},$$

$$X_{10} = X_9 + X_2 = 0,0219 + 0,00589 = 0,0278 \text{ о. е.},$$

$$X_{11} = X_{10} + X_8 = 0,0278 + 0,0752 = 0,103 \text{ о. е.},$$

$$X_{12} = X_3 + X_7 = 0,0568 + 0,886 = 0,943 \text{ о. е.}$$

Преобразуем оставшиеся параллельные ветви:

$$E_{рез} = \frac{E_1 \cdot X_{12} + E_{GMШГЭС} \cdot X_{11}}{X_{11} + X_{12}} = \frac{1,06 \cdot 0,943 + 1,13 \cdot 0,103}{0,943 + 0,103} = 1,067 \text{ о. е.},$$

$$X_{\text{pez1}} = \frac{X_1 \cdot X_5}{X_1 + X_5} = \frac{0,943 \cdot 0,103}{0,943 + 0,103} = 0,0929 \text{ o. e.}$$

Рассчитаем значение тока трехфазного короткого замыкания в именованных единицах (кА) по формуле:

$$I_n^{(3)} = \frac{E_{*рез}'' \cdot I_{\delta}}{X_{*рез}}, \text{ кА.} \quad (3.6)$$

где $E_{*рез}''$ - результирующая ЭДС в относительных единицах, определяемая путем эквивалентного преобразования схемы относительно точки короткого замыкания;

$X_{*рез}$ - результирующее сопротивление цепи относительно точки короткого замыкания;

$$I_n^{(3)} = \frac{E_{*рез}'' \cdot I_{\delta}}{X_{*рез}} = \frac{1,067 \cdot 2,51}{0,093} \approx 27,59 \text{ кА.}$$

Результирующее сопротивление обратной последовательности равно результирующему сопротивлению прямой последовательности, поэтому расчёт проходит аналогично (формула 3.7)

$$X_{рез1} = X_{рез2} = 0,0929 \quad (3.7)$$

Определяя параметры нулевой последовательности схемы замещения, принимаем во внимание, что есть взаимоиндукция между фазами элементов электрической сети.

На рисунке 3.5 представлена схема замещения нулевой последовательности:

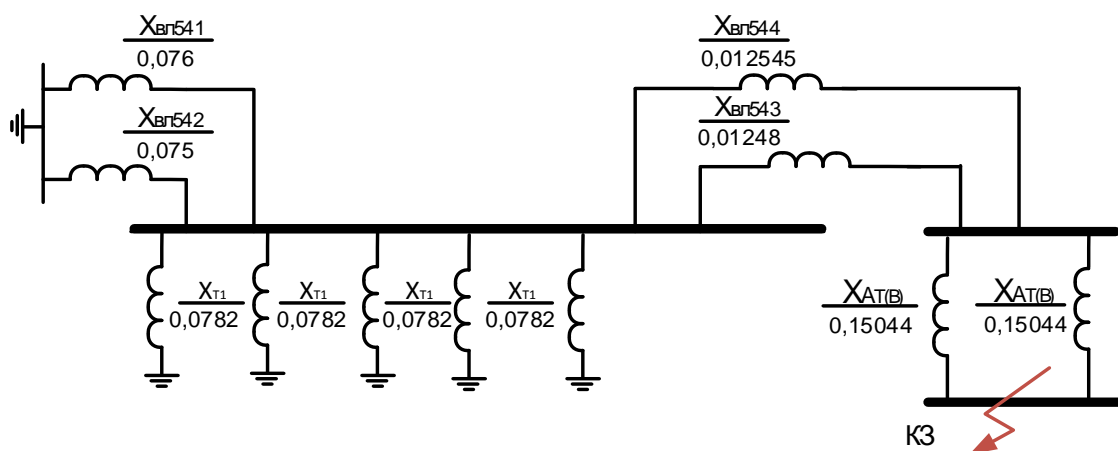


Рисунок 3.5 – Схема замещения нулевой последовательности

Значение сопротивлений воздушных линий прямой и нулевой последовательности различаются. В практических расчетах используют приближенные значения сопротивлений нулевой последовательности, считая, что: для двухцепных линий с грозозащитными тросами $X_0 = 4,7 X_1$.

$$X_{0.ВЛ541} = 4,7 \cdot X_{ВЛ541} = 4,7 \cdot 0,0716 = 0,3365 \text{ о. е.},$$

$$X_{0.ВЛ542} = 4,7 \cdot X_{ВЛ542} = 4,7 \cdot 0,0707 = 0,3323 \text{ о. е.},$$

$$X_{0.ВЛ543} = 4,7 \cdot X_{ВЛ543} = 4,7 \cdot 0,01176 = 0,0552 \text{ о. е.},$$

$$X_{0.ВЛ544} = 4,7 \cdot X_{ВЛ544} = 4,7 \cdot 0,01182 = 0,0555 \text{ о. е.},$$

Преобразуем все параллельные ветви линий, трансформаторов, автотрансформаторов:

$$X_1 = \frac{X_{0.ВЛ541} \cdot X_{0.ВЛ542}}{X_{0.ВЛ541} + X_{0.ВЛ542}} = \frac{0,3365 \cdot 0,3323}{0,3365 + 0,3323} = 0,1671 \text{ о. е.},$$

$$X_2 = \frac{X_{0.ВЛ543} \cdot X_{0.ВЛ544}}{X_{0.ВЛ543} + X_{0.ВЛ544}} = \frac{0,0552 \cdot 0,0555}{0,0552 + 0,0555} = 0,0276 \text{ о. е.},$$

$$X_3 = \frac{X_{ТЭСШГЭС}}{5} = \frac{0,0782}{5} = 0,01564 \text{ о. е.},$$

$$X_4 = \frac{X_{АТВ}}{2} = \frac{0,1504}{2} = 0,0752 \text{ о. е.}$$

Получаем схему как на рисунке 3.6:

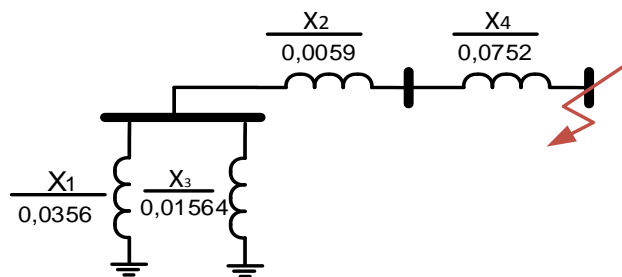


Рисунок 3.6 – Преобразование нулевой последовательности №1

$$X_5 = \frac{X_1 \cdot X_3}{X_1 + X_3} = \frac{0,1671 \cdot 0,0276}{0,1671 + 0,0276} = 0,013 \text{ о. е.}$$

$$X_{рез.0} = X_5 + X_2 + X_4 = 0,013 + 0,059 + 0,0752 = 0,147 \text{ о. е.}$$

Дополнительное сопротивление $X^{(1)}$ для однофазного короткого замыкания определяется по формуле 3.8:

$$X_{\Delta}^{(1)} = X_{2\text{рез}} + X_{0\text{рез}}, (\text{о. е.}) \quad (3.8)$$

$$X_{\Delta}^{(1)} = 0,0929 + 0,147 = 0,249 \text{ о. е.}$$

Ток прямой последовательности при однофазном коротком замыкании в относительных единицах определяется через параметры цепи по формуле 3.9:

$$I_{A1}^{(1)} = \frac{E_{1\text{рез}}}{X_{1\text{рез}} + X_{\Delta}^{(1)}}, (\text{о. е.}) \quad (3.9)$$

$$I_{A1}^{(1)} = \frac{1,067}{0,0929 + 0,249} = 4,27 \text{ о. е.}$$

Ток прямой последовательности при однофазном коротком замыкании в именованных единицах:

$$I_{A1}^{(1)} = I_{A.2}^{(1)} = I_{A.0}^{(1)} = 4,27 \cdot I_{\phi} = 4,27 \cdot 2,51 = 10,72 \text{ кА.}$$

Вычислим ударный коэффициент (формула 3.10):

$$k_y = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_a}}, \quad (3.1)$$

где T_a – постоянная времени затухания (для сети 220 кВ $T_a = 0,05$ с).

$$k_y = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,05}} = 1,8.$$

По формуле 3.11 можно определить ударный ток КЗ:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot k_y \cdot I_{\text{п}}, \text{ кА} \quad (3.1)$$

$$i_y = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 27 = 68,73 \text{ кА.}$$

В настоящее время расчеты токов КЗ ведутся в программе «Автоматизированное рабочее место СРЗА» («АРМ СРЗА»). В данной программе составляется актуальная электрическая схема со всеми необходимыми параметрами. И работник службы расчетов может рассчитать необходимые токи автоматически, задав необходимый режим (например, отключены какие-то линии или трансформатор/автотрансформатор) и точку короткого замыкания.

4. Расчет уставок релейной защиты и автоматики

В данном разделе произведем расчет параметров срабатывания резервных защит воздушных линий.

Цель выполнения расчёта – подтверждение принципов выполнения и уточнение состава защит; формирование технических требований к устройствам РЗА; обоснование выбора характеристик и параметров срабатывания измерительных органов устройств релейной защиты.

Расчет уставок устройств защиты линий 220 кВ произведем на примере ВЛ 220 кВ Означенное – ГПП-2 САЗ I цепь (Д-71), ВЛ 220 кВ Означенное – ГПП-2 САЗ II цепь (Д-72), ВЛ 220 кВ Означенное – ГПП-1 САЗ IV цепь (Д-78). Результаты расчетов защит всех линий на стороне 220 кВ сведем в бланк уставок.

Расчет индуктивного сопротивления защищаемой ЛЭП прямой последовательности представлен в формуле 4.1:

$$X_{ВЛ} = x_0 \cdot L_{ВЛ} \cdot \left(\frac{U_{ср}}{U_{ср\ вл}}\right)^2, \text{ Ом} \quad (4.1)$$

где x_0 – удельное индуктивное сопротивление линии, Ом/км;

$L_{ВЛ}$ – длина воздушной линии, км;

$U_{ср}$ – среднее напряжение в соответствии со ступенью трансформации ($U_{ср} = 220$ кВ).

$$X_{ВЛ71,72} = 0,42 \cdot 27,26 \cdot \left(\frac{220}{220}\right)^2 = 11,45 \text{ Ом},$$

$$X_{ВЛ78} = 0,42 \cdot 27,96 \cdot \left(\frac{220}{220}\right)^2 = 11,74 \text{ Ом}.$$

4.1 Дистанционная защита

Дистанционная защита используется для защиты первичных объектов от междуфазных замыканий и замыканий на землю [7].

Дистанционная защита состоит из 6 ступеней, но для защиты данной линии применяются только 3 ступени.

Сопротивление срабатывания первой ступени выбирается по условию отстройки от короткого замыкания на шинах подстанции и определяется по формуле 4.2:

$$Z_{СЗ}^I \leq \frac{1}{k_{отс}} \cdot X_L, \text{ Ом} \quad (4.2)$$

где $k_{отс}$ – коэффициент отстройки от КЗ в конце защищаемой зоны ($k_{отс} = 1,15$;

X_L – сопротивление прямой последовательности защищаемой линии, Ом.

Тогда

$$Z_{СЗ}^I \leq \frac{1}{1,15} \cdot 11,6 = 10,1 \text{ Ом.}$$

Угол наклона характеристики РС для первой ступени для терминала ЭКРА ШЭТ220 равен 79° .

Угол между током и напряжением (угол максимальной чувствительности) для всех трёх ступеней будет одинаковым. Для терминала ЭКРА ШЭТ220 угол составляет 79° . То есть $\varphi_I = \varphi_{мч} = 79^\circ$.

Сопротивление срабатывания ступеней защиты по реактивной оси для первой ступени рассчитывается по формуле 4.3:

$$X'_{СЗ} = Z_{СЗ}^I \cdot \sin \varphi_{мч}, \text{ Ом} \quad (4.3)$$

где $\varphi_{мч}$ – угол максимальной чувствительности.

$$X'_{СЗ} = 10,12 \cdot \sin 79 = 9,34 \text{ Ом.}$$

Рассчитаем сопротивления дуги по формуле 4.4:

$$R_d = \frac{U_{ууд} \cdot 1,5 \cdot l_d}{I_{min}^{(2)}}, \text{ Ом} \quad (4.4)$$

где $U_{ууд}$ – удельное падение напряжения на дуге, ($U_{ууд} = 1050 \text{ В/м}$);

l_d – длина дуги, ($l_d = 9 \text{ м}$);

$$R_d = \frac{1050 \cdot 1,5 \cdot 9}{5671} = 1,66 \text{ Ом.}$$

Сопротивление срабатывания первой ступени по активной оси учитывает сопротивление дуги в месте короткого замыкания и определяется по условию:

$$R'_{C3} \geq Z'_{C3} \cdot \cos \varphi_{мч} + R_{дуги}, \text{ Ом} \quad (4.5)$$

Получается:

$$R'_{C3} \geq 10,1 \cdot \cos 79 + 1,66 = 3,59 \text{ Ом.}$$

Углы наклона нижней(φ_2) и верхней(φ_4) правых граней характеристики срабатывания $\varphi_2 = -10^\circ$, $\varphi_4 = -15^\circ$. Угол наклона нижней левой части характеристики срабатывания φ_3 принимаем равным 115° . [9]

Далее определим выдержку времени: для первой ступени $t_{cp}^I = 0$ с.

Затем рассчитываем уставки второй и третьей ступени дистанционной защиты.

Сопротивление срабатывания второй ступени выбирается по условию согласования с первой ступенью защиты противоположного конца параллельной линии и определяется по формуле 4.6.

$$Z''_{C3} \leq \frac{1}{k_{отс}} \cdot (X_L + X_T), \text{ Ом} \quad (4.6)$$

где X_T – сопротивление трансформатора, Ом.

Тогда

$$Z''_{C3} \leq \frac{1}{1,15} \cdot (11,6 + 23,42) = 30,48 \text{ Ом.}$$

Рассчитаем сопротивление срабатывания ступеней защиты по реактивной оси для второй ступени:

$$X''_{C3} = 30,48 \cdot \sin 79 = 29,92 \text{ Ом.}$$

Определим выдержку времени:

$$t_{cp}^{II} = t_{cp \text{ пред}} + \Delta t = 0,3 + 0,5 = 0,8 \text{ с,}$$

где $t_{cp \text{ пред}}$ – выдержка времени предыдущей защиты.

Сопротивление срабатывания второй ступени по активной оси учитывает результирующее увеличения сопротивления дуги под действием силы ветра и определяется по условию:

$$R''_{C3} \geq Z''_{C3} \cdot \cos \varphi_{мч} + R_{дуги \text{ рез}} \cdot k_{ток}, \quad (4.7)$$

Тогда

$$R_{СЗ}^{II} \geq 30,48 \cdot \cos 79 + 8 = 13,82 \text{ Ом.}$$

Сопротивление срабатывания 3 ступени выбирается по условию отстройки от минимально возможного значения сопротивления нагрузки и определяется по формуле 4.8.

$$Z_{СЗ}^{III} \leq \frac{U_{\text{мин}}}{\sqrt{3} \cdot K_{\text{н}} \cdot K_{\text{в}} \cdot I_{\text{раб.макс}}}, \text{ Ом} \quad (4.8)$$

где $U_{\text{мин}}$ – минимальное напряжение сети, В (принято считать, что минимальное напряжение это 90% от $U_{\text{ном}}$, т.е. $U_{\text{мин}} = 0,9 \cdot U_{\text{ном}}$);

$K_{\text{н}} = 1,2$ – коэффициент надёжности, о.е.;

$K_{\text{в}} = 1,1$ – коэффициент возврата реле, о.е.;

$I_{\text{раб.макс}}$ – максимальный ток нагрузки, протекающий по защищаемой линии, А.

Тогда

$$Z_{СЗ}^{III} \leq \frac{0,9 \cdot 220}{\sqrt{3} \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot 825} = 104,9 \text{ Ом.}$$

Сопротивление срабатывания ступеней защиты по реактивной оси для третьей ступени:

$$X_{СЗ}^{III} = 104,9 \cdot \sin 79 = 102,63 \text{ Ом.}$$

Определим выдержку времени для третьей ступени:

$$t_{\text{ср}}^{III} = t_{\text{ср пред}} + \Delta t = 3,5 + 0,5 = 4 \text{ с,}$$

где $t_{\text{ср пред}}$ – выдержка времени предыдущей защиты третьей ступени.

Переходим к расчету токовой защиты нулевой последовательности.

4.2 Токовая направленная защита нулевой последовательности

Токовая защита нулевой последовательности применяется для защиты от однофазных замыканий [28].

Данная защита включает в себя 4 ступени.

Первая ступень применяется ненаправленной.

Рассчитаем первую ступень ТНЗНП.

Уставка по току срабатывания первой ступени находится по отстройке от $3I_{0\max}$ через защиту при коротких замыканиях на землю в конце воздушной линии при отключенных параллельных воздушных линиях Д-71 и Д-72 и определяется по формуле 4.9.

$$I_{\text{ср}}^I = k_{\text{отс}} \cdot 3I_0^I, \text{ А} \quad (4.9)$$

где $k_{\text{отс}} = 1,3$ – коэффициент отстройки, о.е.;

I_0^I – ток нулевой последовательности, протекающий через защиту в максимальном режиме работы сети, при однофазном (двухфазном) КЗ на землю на шинах, А.

По условию отстройки от $3I_{0\max}$ через защиту при КЗ на землю в конце ВЛ (при отключенной второй параллельной ВЛ):

$$I_{\text{ср}}^I = 1,3 \cdot 4680 = 6084 \text{ А.}$$

Время срабатывания первой ступени: $t_{\text{ср}} = 0$ с.

Проведем проверку чувствительности.

$$K_{\text{ч}} = k_{\text{сх}} \cdot \frac{I_{0\min}}{I_{\text{уст}}}, \quad (4.10)$$

$$K_{\text{ч}} = 3 \cdot \frac{I_{0\min}}{I_{\text{уст}}} = \frac{13026}{6084} = 2,14 \geq 2$$

Теперь рассчитаем вторую ступень ТНЗНП.

Вторая ступень применяется направленной.

Уставка по току срабатывания по условию отстройки от $3I_{0\max}$ через защиту при коротких замыканиях на землю в конце ВЛ при включенной второй параллельной ВЛ Д-71, Д-72, Д-73 определяется аналогично первой ступени:

$$I_{\text{ср}}^{II} = 1,3 \cdot 1530 = 1990 \text{ А.}$$

Время срабатывания второй ступени определяется по условию согласования с временем срабатывания защит смежных линий

$$t_{\text{ср}}^{\text{II}} = t_{\text{сз смежн}} + \Delta t, \quad (4.11)$$

где $t_{\text{сз смежн}}$ – время срабатывания защит смежной линии.

Тогда $t_{\text{ср}}^{\text{I}} = 0,5$ с.

Третья ступень применяется направленной.

Уставка по току срабатывания третьей ступени находится по отстройке от тока небаланса при трехфазном КЗ за трансформатором и определяется по формуле 4.12:

$$I_{\text{ср}}^{\text{III}} = k_{\text{отс}} \cdot k_{\text{пер}} \cdot I_{\text{0неб}}, \quad (4.12)$$

где $k_{\text{пер}}$ – переходный коэффициент, принимается равным 0,05;

$k_{\text{отс}}$ – коэффициент отстройки, о.е. ($k_{\text{отс}} = 1,25$).

Получаем:

$$I_{\text{ср}}^{\text{III}} = 1,25 \cdot 2 \cdot 0,05 \cdot 2000 = 250 \text{ А.}$$

Время срабатывания считаем аналогично и получаем:

$$t_{\text{ср}}^{\text{III}} = t_{\text{сз смежн}} + \Delta t = 0,5 + 0,5 = 1 \text{ с.}$$

Проведем проверку чувствительности.

$$K_{\text{ч}} = 3 \cdot \frac{I_{\text{0min}}}{I_{\text{уст}}} = \frac{1290}{250} = 5,16 \geq 1,2.$$

Рассчитаем последнюю – четвертую ступень защиты.

Четвертая ступень применяется направленной.

Уставка по току срабатывания по условию отстройки от суммарного тока небаланса в нулевом проводе ТТ, протекающего в максимальном нагрузочном режиме рассчитывается по формуле 4.13.

$$I_{\text{ср}}^{\text{IV}} = \frac{k_{\text{отс}}}{k_{\text{в}}} \cdot (I_{\text{0нб}} + 3I_{\text{0несим}}), \quad (4.13)$$

где $k_{\text{отс}} = 1,25$ – коэффициент отстройки, о.е.;

$k_{\text{в}} = 0,9$ – коэффициент возврата реле, о.е.;

$3I_{\text{0несим}}$ – ток нулевой последовательности, обусловленный несимметрией в системе, А;

$I_{0нб}$ – ток небаланса защищаемой линии в максимальном нагрузочном режиме, А.

Ток небаланса защищаемой линии находим по формуле 4.14.

$$I_{0нб} = k_{нб} \cdot I_{РАБmax}, \quad (4.14)$$

где $k_{нб}$ – коэффициент небаланса ($k_{нб} = 0,05$ при $K=2 \div 3$, $k_{нб} = 0,05 \div 0,1$ при $K > 2$), о.е.;

$I_{РАБmax}$ – рабочий максимальный ток нагрузки линии, А.

Тогда:

$$I_{0нб} = 0,05 \cdot 825 = 41,25 \text{ А.}$$

$$I_{0несим} = 0,03 \cdot I_{РАБmax} = 0,03 \cdot 825 = 24,75 \text{ А.}$$

Получаем:

$$I_{ср}^{IV} = \frac{1,25}{0,9} \cdot (41,25 + 24,75) = 91,7 \text{ А.}$$

Время срабатывания считаем аналогично предыдущим ступеням и получаем:

$$t_{ср}^{IV} = t_{сз смежн} + \Delta t = 3,5 + 0,5 = 4 \text{ с.}$$

Переходим к расчету междуфазной токовой отсечки.

4.3 Междуфазная токовая отсечка

Уставка по току срабатывания междуфазной токовой отсечки выбирается по условию отстройки от максимального тока при КЗ на противоположном конце линии.

$$I_{сз} \geq k_{отс} \cdot I_{кзmax}, \quad (4.15)$$

где $k_{отс} = 1,3$ – коэффициент отстройки, о.е..

Тогда

$$I_{сз} \geq 1,3 \cdot 3675 = 4780 \text{ А.}$$

Время срабатывания междуфазной токовой отсечки принимается равным

$$t_{ср}^I = 0 \text{ с.}$$

5 Выбор измерительных трансформаторов тока

Трансформаторы тока необходимы чтобы облегчить процесс измерения в линии тока. Трансформаторы тока выбираются по номинальным значениям токов и напряжений обмоток [14].

В ходе выбора ТТ используем два документа ГОСТ-7746-2015 [27] и ПУЭ[1].

Для начала найдем наибольший рабочий ток нормального режима отходящей линии 220 кВ и наибольший рабочий ток утяжеленного режима – при отключении одного из присоединений.

Номинальный ток линии определяется по формуле 5.1:

$$I_{\text{ном СН}} = \frac{S_{\text{СН}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном СН}} \cdot n}, \quad (5.1)$$

где $S_{\text{СН}}$ – мощность нагрузки на стороне среднего напряжения (СН) – 220 кВ;

$U_{\text{ном СН}}$ – номинальное напряжение на стороне СН;

n – количество отходящих присоединений.

Тогда

$$I_{\text{ном СН}} = \frac{801 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 10^3 \cdot 7} = 300 \text{ А.}$$

Ток в утяжеленном режиме определяется по формуле 5.2:

$$I_{\text{ном СН}} = \frac{S_{\text{СН}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном СН}} \cdot (n - 1)} \quad (5.2)$$

Тогда ток при утяжеленном режиме (УР) равен

$$I_{\text{УР СН}} = \frac{801 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 10^3 \cdot (7 - 1)} = 350 \text{ А.}$$

Также следует определить токи на стороне СН автотрансформатора (АТ).

На данной подстанции установлено два (АТ), поэтому ток нормального режима определяется по формуле 5.3:

$$I_{\text{ном СН}} = \frac{S_{\text{нагр СН}}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном СН}}}, \quad (5.3)$$

где $S_{\text{нагр СН}}$ – мощность нагрузки на стороне СН АТ;

$U_{\text{ном СН}}$ – номинальное напряжение на стороне СН.

Ток равен

$$I_{\text{АТ}} = \frac{801 \cdot 10^6}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 220 \cdot 10^3} = 1005 \text{ А.}$$

Утяжеленном режимом для автотрансформатора является режим, при котором второй АТ будет выведен из работы. Тогда ток утяжеленного режима определен по формуле 5.4.

$$I_{\text{ном СН}} = \frac{S_{\text{нагр СН}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном СН}}}, \quad (5.4)$$

И равен

$$I_{\text{ном СН}} = \frac{801 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 10^3} = 2010 \text{ А.}$$

Далее переходим к выбору трансформатора тока. Сперва выбираем номинальные параметры ТТ.

1. Номинальное рабочее напряжение ТТ.

Номинальное напряжение электроустановки, где будет установлен ТТ должно быть меньше или равно номинальному напряжению ТТ, то есть

$$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}.$$

В соответствии с ПУЭ для подключения контрольно-измерительных приборов выбирают трансформатор тока с классом точности 0,5 и для релейной защиты 10Р [2].

2. Первичный ток ТТ

Величина первичного тока ТТ должна быть больше значения номинального тока оборудования, где будет установлен ТТ, но с учетом перегрузочной способности, то есть:

$$I_{\text{норм}} \leq I_{1\text{номТТ}};$$

$$I_{\text{max}} \leq I_{1\text{номТТ}},$$

где I_{max} – ток с учетом перегрузочной способности.

Необходимо выбрать оборудование таким образом, чтобы рабочий ток был ближе к номинальному. Увеличение погрешности происходит из-за недостаточной нагрузки, это приводит к некорректной работе устройства.

Выбираем трансформатор тока ТФЗМ-220Б-IV по каталожным данным [14]. Номинальная предельная кратность – 25, номинальная вторичная нагрузка – 50 ВА для обмоток РЗА.

В таблице 5.1 приведены параметры выбранного трансформатора.

Таблица 5.1 – Параметры трансформатора тока

Тип	Напряжение $U_{ном}$, кВ	Номинальный ток, кА		Варианты исполнения по вторичным обмоткам	Ток стойкости, кА		Номинальная вторичная нагрузка, класс точности 10р
		Перв. $I_{1ном}$	Втор. $I_{2ном}$		Эл.дин. $i_{дин}$	Тер м. Итер	
1	2	3	4	5	6	7	8
ТФЗМ- 220Б-IV	220	1000	1	10Р	100	19,6	50

После выбора номинальных параметров идет проверка на электродинамическую стойкость и термическую стойкость при КЗ.

3. Проверка первичного тока на электродинамическую стойкость происходит по формуле 5.5.

$$i_y \leq \sqrt{2} \cdot k_{эд} \cdot I_{1ном}, \quad (5.5)$$

где i_y – ударный ток короткого замыкания по расчету;

$k_{эд}$ – кратность электродинамической стойкости по каталогу ($k_{эд} = 0,05$);

$I_{1ном}$ – номинальный первичный ток трансформатора тока.

Ударный ток короткого замыкания рассчитывали в разделе 3.

$$i_y = 68,73 \text{ кА.}$$

Для ТФЗМ-220Б-IV параметр будет равен:

$$i_{дин} = \sqrt{2} \cdot 0,05 \cdot 1000 = 70,7 \text{ кА.}$$

4. Проверка первичного тока на термическую стойкость происходит по формуле 5.6 и 5.7.

$$B_k \leq (k_m \cdot I_{1\text{ном}})^2 \cdot t_{\text{тер}}; \quad (5.6)$$

$$B_k \leq I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}}, \quad (5.7)$$

где B_k – тепловой импульс по расчету;

k_m – кратность термической стойкости по каталогу;

$I_{\text{тер}}$ – ток термической стойкости;

$t_{\text{тер}}$ – время термической стойкости.

Рассчитаем тепловой импульс на стороне СН ПС «Означенное–500». Он определяется по формуле и равен:

$$B_k = I_{\text{пз}}^2 \cdot (t_{\text{откл}} + T_{\Delta}) = 27^2 \cdot (0,04 + 0,05) = 65,61 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

В соответствии с таблицей 5.1 для трансформаторов тока ТФЗМ-220Б-IV ток термической стойкости равен $I_T = 19,6$ кА, а время $t_T = 3$ с.

Тогда

$$I_T^2 \cdot t_T = 19,6^2 \cdot 3 = 1152,5 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

5. Проверка ТТ по мощности вторичной нагрузки.

Все трансформаторы тока следует проверить по условию вторичной нагрузки.

Главное условие проверки является:

$$Z_{2\text{ном}} \geq r_2,$$

где r_2 – расчетная нагрузка трансформатора тока, Ом;

$Z_{2\text{ном}}$ – вторичная номинальная нагрузка трансформатора тока, Ом.

Всего для каждой линии устанавливают 4 трансформатора тока.

К первому трансформатору тока подключены: устройство резервирования при отказе выключателя; комплект ступенчатых защит; устройство определение места повреждения.

Ко второму подключены: комплект ступенчатых защит и дифференциальная защита шин.

К третьему трансформатору тока подключена дифференциальная защита шин.

К четвертому подключены устройство регистрации аварийных событий,

устройства измерения, учета и телеизмерения.

В таблице 5.2 приведена нагрузка по фазам вторичной нагрузки, составленная на основе исходных данных.

Таблица 5.2 – Вторичная нагрузка трансформаторов тока

Трансформаторы тока	Прибор	Нагрузка фазы, ВА		
		А	В	С
ТТ1	УРОВ, КСЗ	0,5	0,5	0,5
	ОМП	0,5	0,5	0,5
Итого		1,0	1,0	1,0
ТТ2	КСЗ	0,5	0,5	0,5
	ДЗШ	0,5	0,5	0,5
Итого		1,0	1,0	1,0
ТТ3	ДЗШ	0,5	0,5	0,5
Итого		0,5	0,5	0,5
ТТ4	Регистратор аварийных событий	0,5	0,5	0,5
	Измерение	3,0	3,0	3,0
	Учет	3,0	3,0	3,0
	Телеизмерения	5,0	5,0	5,0
Итого		11,5	11,5	11,5

Вторичная нагрузка трансформаторов тока определяется по формуле 5.8.

$$r_2 = r_{\text{приб}} + r_{\text{к}} + r_{\text{пр}}, \quad (5.8)$$

где $r_{\text{к}}$ – сопротивление контактов, Ом. В соответствии с ПУЭ [6] сопротивление контактов должно быть равно 0,1 Ом в том случае, если число подключенных приборов больше 3, в противном случае сопротивление контактов равно 0,05 Ом. В данной работе в соответствии с таблицей 5.3 число подключенных устройств равно, для ТТ1 – ТТ3 равно 1-2 соответственно, тогда $r_{\text{к ТТ1}} = r_{\text{к ТТ2}} = r_{\text{к ТТ3}} = 0,05$ Ом, для ТТ4 равно 4, тогда $r_{\text{к ТТ4}} = 0,1$ Ом;

$r_{\text{приб}}$ – сопротивление приборов во вторичной цепи трансформаторов тока, Ом, определяемое по формуле 5.9.

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_{2\text{н}}^2}, \quad (5.9)$$

где $S_{\text{приб}}$ – суммарная мощность, потребляемая приборами, подключенными к трансформатору тока, ВА;

$I_{2\text{н}}$ – номинальный ток вторичной обмотки трансформаторов тока, А.

Согласно таблице 5.1 [14] для трансформаторов тока ТФЗМ-220Б-IV номинальный ток вторичной обмотки ТТ $I_{2н} = 1 \text{ А}$;

Тогда:

$$r_{\text{приб ТТ1}} = \frac{1,0}{1^2} = 1 \text{ Ом};$$

$$r_{\text{приб ТТ2}} = \frac{1,0}{1^2} = 1 \text{ Ом};$$

$$r_{\text{приб ТТ3}} = \frac{0,5}{1^2} = 0,5 \text{ Ом};$$

$$r_{\text{приб ТТ4}} = \frac{11,5}{1^2} = 11,5 \text{ Ом};$$

$r_{\text{пр}}$ – сопротивление соединительных проводов, Ом, определяемое по формуле 5.10.

$$r_{\text{пр}} = \frac{\rho * l_p}{q}, \quad (5.10)$$

где ρ – удельное сопротивление соединительных проводов, Ом·мм²/м. В соответствии со справочными данными удельное сопротивление медных соединительных проводов принимается равным $\rho = 0,0057 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$;

l_p – расчетная длина соединительных проводов, м, принимается равным 3375 м в соответствии с исходными данными;

q – сечение соединительных проводов. Для соединительных проводов с медными жилами принимается равным 2,5 мм².

Тогда

$$r_{\text{пр}} = \frac{0,0057 * \sqrt{3} * 3375}{2,5} = 13,3 \text{ Ом}.$$

Вторичная нагрузка трансформаторов тока равна

$$r_{2 \text{ ТТ1}} = 0,05 + 1 + 13,3 = 14,35 \text{ Ом};$$

$$r_{2 \text{ ТТ2}} = 0,05 + 1 + 13,3 = 14,35 \text{ Ом};$$

$$r_{2 \text{ ТТ3}} = 0,05 + 0,5 + 13,3 = 13,85 \text{ Ом};$$

$$r_{2 \text{ ТТ4}} = 0,1 + 11,5 + 13,3 = 24,9 \text{ Ом}.$$

Результаты выбора и проверки сведены в таблицу 5.3.

Таблица 5.3 – Сводная таблица выбора трансформатора тока

Условие подбора	Расчетная величина	Данные трансформатора
1	2	3
$U_{уст} \leq U_{ном}$	220 кВ	220 кВ
$I_{max} \leq I_{1номТТ}$	350 А	1000 А
$W_k \leq I_{тер}^2 \cdot t_{тер}$	65,61 кА ² с	1152,5 кА ² с
$i_y \leq \sqrt{2} \cdot k_{эд} \cdot I_{1ном}$	68,73 кА	70,7 кА
$r_2 \leq Z_{2ном}$	14,35 Ом	50 Ом
	14,35 Ом	
	13,85 Ом	
	24,9 Ом	

Все условия выполнены, из этого следует, что на ПС «Означенное–500» устанавливаются трансформаторы тока типа ТФЗМ-220Б-IV.

6. Система оперативного постоянного тока и собственные нужды

Источником оперативного тока цепей управления, защиты, сигнализации, охлаждения служат аккумуляторные батареи и выпрямительные устройства зарядно-выпрямительного устройства (ЗВУ), питающиеся от щита СН - 0,4 кВ. Питание указанных цепей, кроме цепей сигнализации, осуществляется от 1 или 2 секции щита постоянного тока (ЩПТ).

Выбор секции от которой осуществляется питание осуществляется переключателем на панели 13У. С панели управления, через соответствующие автоматические выключатели, осуществляется питание устройств РЗА Д-71 (Д-72, Д-78).

Питание схемы РПР оперативным током осуществляется с панели 2У через отдельные автоматические выключатели.

При неисправности на одной из секций ЩПТ, шинки питания переводятся на другую секцию ЩПТ.

На ПС «Означенное – 500» предусматривается питание шкафов релейной защиты и автоматики от существующих систем постоянного тока напряжением 220 В. Необходимо установить отдельные автоматические выключатели для питания терминалов защит и электромагнитов отключения.

Для установленных на подстанции шкафов РЗА применяют кабель типа КВВГЭнг (А)-LS.

Для потребителей собственных нужд обеспечивается резервирование путем обеспечения электроснабжения от разных секций щита собственных нужд (ЩСН), то есть они получают питание от разных ТСН.

Питание цепей внутришкафного освещения в проектируемых шкафах предусмотрено от существующего ЩСН 0,4 кВ с установкой новых автоматических выключателей в распределительном шкафу щита.

Электропитание шкафов предусматривается выполнить кабелем типа ВВГнг(А)-LS.

6.1 Расчет токов короткого замыкания в системе постоянного тока

Начальный ток КЗ в цепи аккумуляторной батареи ($I_{к0}$) в амперах вычисляем по формуле 6.1 (ГОСТ 29176-91). [15]

$$I_{к0} = \frac{n \cdot E_{\text{ВТО}}}{R_{\text{ВТО}} + R''_{\text{ВШ}}}, \quad (6.1)$$

где $E_{\text{ВТО}}$ – внутренняя ЭДС аккумулятора, В;

$R_{\text{ВТО}}$ – внутреннее сопротивление аккумулятора, Ом;

$R''_{\text{ВШ}}$ – внешнее сопротивление до точки КЗ, с учетом переходного сопротивления щеточных контактов элементного коммутатора ($R''_{\text{ЭК}}$), рассчитывается по формуле 6.2.

$$R''_{\text{ВШ}} = R_{\text{ВШ}} + R_{\text{ЭК}}, \quad (6.2)$$

где $R_{\text{ВШ}}$ – активное сопротивление внешней цепи, Ом.

Внутренняя ЭДС аккумулятора определяется из условия:

- при $R''_{\text{ВШ}} \geq R_{\text{ГР}}$ – $E_{\text{ВТО}} = 1,93 \text{ В}$,

- при $R''_{\text{ВШ}} < R_{\text{ГР}}$ – $E_{\text{ВТО}} = 1,7 \text{ В}$,

где $R_{\text{ГР}} = \left(\frac{n}{m}\right) \cdot 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ Ом}$ – граничное сопротивление;

n – число последовательно соединенных элементов (равно числу элементов, находящихся в подзаряде);

m – число параллельно соединенных элементов (равно номеру аккумуляторной батареи типа СК).

При определении минимального значения тока КЗ необходимо учитывать влияние на ток КЗ активного сопротивления электрической дуги, возникающей в месте КЗ. Это значение рекомендуется определять по формуле 6.3:

$$I_{\text{КД}} = K_{\text{д}} + I_{\text{КМ}}, \quad (6.3)$$

где $K_{\text{д}}$ – поправочный коэффициент;

$I_{\text{КМ}}$ – ток металлического КЗ.

Значения коэффициента K_d для электроустановок с аккумуляторными батареями являются функцией результирующего сопротивления цепи КЗ и их следует определять по кривой 1 на рисунке 6.1.

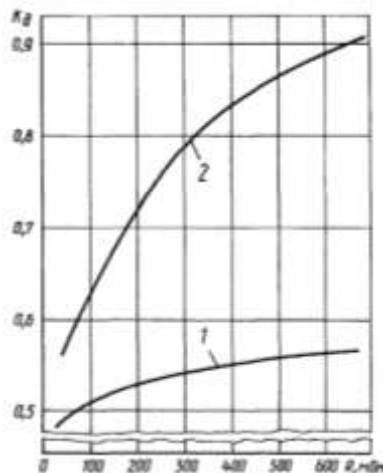


Рисунок 6.1 – K_d от сопротивления цепи КЗ

Исходные данные для расчета токов короткого замыкания сведены в таблицу 6.1. Схема питания оперативным током представлена в Приложении Б.

Таблица 6.1 – Исходные данные для расчета токов короткого замыкания

Обозначение на схеме	Тип кабеля	Сечение кабеля, мм ²	Длина, м	Удельное сопротивление, мОм/м	Полное сопротивление кабеля, Ом (увеличенное в 2 раза для постоянного тока)
1	2	3	4	5	6
КЛ1	ВВГнг(А)-LS	2(1x150)	70	0,1167	0,016338
КЛ2	ВВГнг(А)-LS	2(1x150)	70	0,1167	0,016338
КЛ3	СГТ-2	3x50+1x30	60	0,35	0,042
КЛ4	СГТ-2	3x50+1x30	60	0,35	0,042
КЛ5.1	ПуГВ	2(1x10)	1	1,757	0,003514
КЛ5.2	ПуГВ	2(1x10)	1	1,757	0,003514
КЛ5.3	ПуГВ	2(1x10)	1	1,757	0,003514
КЛ5.4	ПуГВ	2(1x10)	1	1,757	0,003514
КЛ5.5	ПуГВ	2(1x10)	1	1,757	0,003514
КЛ5.6	ПуГВ	2(1x10)	1	1,757	0,003514
КЛ5.7	ПуГВ	2(1x10)	1	1,757	0,003514
КЛ5.8	ПуГВ	2(1x10)	1	1,757	0,003514
КЛ5.9	ПуГВ	2(1x10)	1	1,757	0,003514
КЛ5	КВВГЭнг-LS	4x2,5	40	7,05	0,564

Окончание таблицы 6.1

1	2	3	4	5	6
КЛ6	КВВГЭНГ-LS	4x2,5	42	7,05	0,5922
КЛ7	КВВГЭНГ-LS	6	42	2,93	0,24612
КЛ8	КВВГЭНГ-LS	4x2,5	44	7,05	0,6204
КЛ9	КВВГЭНГ-LS	4x2,5	46	7,05	0,6486
КЛ10	КВВГЭНГ-LS	6	46	2,93	0,26956
КЛ11	КВВГЭНГ-LS	4x2,5	48	7,05	0,6768
КЛ12	КВВГЭНГ-LS	4x2,5	50	7,05	0,705
КЛ13	КВВГЭНГ-LS	6	50	2,93	0,293
КЛ14	КВВГЭНГ-LS	4x6	500	2,93	2,93
КЛ15	КВВГЭНГ-LS	4x6	515	2,93	3,0179
КЛ16	КВВГЭНГ-LS	4x6	530	2,93	3,1058
ПР4	ФН1-3 S I _H =250A	-	-	0,3мОм	0,0006
4Р	РШ-34 I _H =400A	-	-	0,4 мОм	0,0008
8ПВ	ПВ2-60 I _H =60A	-	-	0,7 мОм	0,0014
8ПР	НПН2-60 I _H =63A	-	-	4,5 мОм	0,009
SF1.1 –SF6.1	I _H =16A	-	-	8 мОм	0,016
SF2.2, SF4.2, SF6.2	I _H =6A	-	-	51 мОм	0,102
SF1.2, SF3.2, SF5.2	I _H =2A	-	-	411 мОм	0,822

Внутреннее сопротивление аккумулятора (для Vb2308)

$$R_{\text{вто}(1\text{ак})} = 0,31 \text{ мОм.}$$

Число последовательно соединенных элементов $n = 104$.

Находим внутреннее сопротивление аккумуляторной батареи:

$$R_{\text{вто}} = 0,00031 \cdot 104 = 0,032 \text{ Ом.}$$

Результаты расчета токов металлического короткого замыкания сведены в таблицу 6.2.

Таблица 6.2. Расчет токов короткого замыкания

Место КЗ	Rкл.сум, Ом	Rав.сум, мОм	Rконт.сум, мОм	Rвщ, Ом	Rэк, Ом	R"вщ, Ом	Rгр, Ом	Евто, В	Ik0, А
К1	0,058	11,3	1,2	0,0701	1,2	0,071	0,78	1,7	1711,52
К2	0,058	27,8	1,6	0,0861	1,6	0,088	0,78	1,7	1477,03
К2.1	0,062	27,8	1,6	0,0896	1,6	0,091	0,78	1,7	1435,06
К3	0,062	849,8	2	0,9116	2	0,914	0,78	1,93	212,27
К4	0,062	129,8	2	0,1916	2	0,194	0,78	1,7	783,69
К5	0,626	849,8	2	1,4756	2	1,478	0,78	1,93	132,96
К6	0,654	849,8	2	1,5038	2	1,506	0,78	1,93	130,52
К7	0,308	129,8	2	0,4377	2	0,44	0,78	1,7	374,81
К8	0,682	849,8	2	1,532	2	1,534	0,78	1,93	128,17
К9	0,71	849,8	2	1,5602	2	1,562	0,78	1,93	125,91
К10	0,331	129,8	2	0,4612	2	0,463	0,78	1,7	357,03
К11	0,739	849,8	2	1,5884	2	1,59	0,78	1,93	123,72
К12	0,767	849,8	2	1,6166	2	1,619	0,78	1,93	121,6
К13	0,358	129,8	2	0,4846	2	0,487	1,78	1,7	340,92
К14	3,238	129,8	2	3,3677	2	3,37	0,78	1,93	59,01
К15	3,348	129,8	2	3,4782	2	3,48	0,78	1,93	57,15
К16	3,461	129,8	2	3,5904	2	3,592	0,78	1,93	55,38

Результаты расчета токов дугового короткого замыкания сведены в таблицу 6.3.

Таблица 6.3 – Расчет токов дугового короткого замыкания

Место КЗ	Rвто, Ом	R"вщ, Ом	Rцепи КЗ, мОм	Kd	Ikm, А	Ikd, А
1	2	3	4	5	6	7
К1	0,032	0,071	103,3	0,51	1711,52	872,88
К2	0,032	0,088	119,7	0,51	1477,03	753,28
К2.1	0,032	0,091	123,2	0,51	1435,06	731,88
К3	0,032	0,914	945,6	0,57	212,27	120,99
К4	0,032	0,194	225,6	0,53	783,69	415,35
К5	0,032	1,478	1509,6	0,57	132,96	75,79
К6	0,032	1,506	1537,8	0,57	130,52	74,40
К7	0,032	0,44	471,7	0,55	374,81	206,15
К8	0,032	1,534	1566	0,57	128,17	73,06
К9	0,032	1,562	1594,2	0,57	125,91	71,77
К10	0,032	0,463	495,2	0,55	357,03	196,37
К11	0,032	1,59	1622,4	0,57	123,72	70,52
К12	0,032	1,619	1650,6	0,57	121,6	69,31
К13	0,032	0,487	518,6	0,56	340,92	190,91
К14	0,032	3,37	3401,7	0,57	59,01	33,63
К15	0,032	3,48	3512,2	0,57	57,15	32,58
К16	0,032	3,592	3624,4	0,57	55,38	31,57

6.2 Проверка кабелей на термическую стойкость

Минимальное сечение кабельных линий определяется по формуле 6.4 [20]:

$$S_{\text{тер.мин}} = \frac{\sqrt{B_{\text{тер}}}}{C_T}, \quad (6.4)$$

$S_{\text{тер.мин}}$ – минимальное сечение кабельной линии, отвечающее требованию термической стойкости, мм²;

$B_{\text{тер}}$ – интеграл Джоуля, А²·с.

C_T – коэффициент для кабелей и изолированных проводов с полихлорвиниловой или резиновой изоляцией, равный для кабелей с медными жилами $120 \text{ A} \cdot \text{с}^{\frac{1}{2}}/\text{мм}^2$.

Интеграл Джоуля определяем по формуле 6.5:

$$B_{\text{тер}} = I_{\text{КЗ}i}^2 \cdot t_{\text{откл}}, \quad (6.5)$$

где $I_{\text{КЗ}i}$ – ток металлического КЗ в точке k_i , А;

$t_{\text{откл}}$ – продолжительность КЗ, равная сумме времени срабатывания автомата-тического выключателя ($t_{\text{вр.сраб}}$) и времени гашения электрической дуги ($t_{\text{дуг}}$), с;

$$t_{\text{откл}} = t_{\text{вр.сраб}} + t_{\text{дуг}}; \quad (6.6)$$

Сечение кабельной линии удовлетворяет требованию термической стойкости, если выполняется следующее условие:

$$S \geq S_{\text{тер.мин}}.$$

Результаты расчета приведены в таблице 6.4.

Таблица 6.4 Проверка кабелей на термическую стойкость

Кабельная линия	Икз, А	твр.сраб., с	тдуг., с	тоткл., с	Втер, А ² *с	Стер.мин., мм2	S,мм2
КЛ5.1-5.9	1477,03	0,01	0,01	0,02	43632,11	1,74	10
КЛ5	212,27	0,01	0,01	0,02	901,15	0,25	2,5
КЛ6	212,27	0,01	0,01	0,02	901,15	0,25	2,5
КЛ7	783,69	0,01	0,01	0,02	12283,34	0,92	6
КЛ8	212,27	0,01	0,01	0,02	901,15	0,25	2,5
КЛ9	212,27	0,01	0,01	0,02	901,15	0,25	2,5

КЛ10	783,69	0,01	0,01	0,02	12283,34	0,92	6
------	--------	------	------	------	----------	------	---

Продолжение таблицы 6.4

1	2	3	4	5	6	7	8
КЛ11	212,27	0,01	0,01	0,02	901,15	0,25	2,5
КЛ12	212,27	0,01	0,01	0,02	901,15	0,25	2,5
КЛ13	783,69	0,01	0,01	0,02	12283,34	0,92	6
КЛ14	374,81	0,01	0,01	0,02	2809,72	0,44	6
КЛ15	357,03	0,01	0,01	0,02	2549,37	0,42	6
КЛ16	340,92	0,01	0,01	0,02	2324,5	0,40	6

Выбранные сечения кабелей удовлетворяют требованию термической стойкости.

6.3 Проверка кабелей на невозгораемость

Для проверки кабелей на невозгораемость при КЗ определяют конечную температуру нагрева их жил при расчетной продолжительности КЗ и сравнивают ее с предельной температурой невозгораемости.

Невозгораемость кабеля обеспечивается, если выполняется условие:

$$\vartheta_k \leq \vartheta_{\text{нв}},$$

где ϑ_k – конечная температура нагрева жил в конце КЗ, °С;

$\vartheta_{\text{нв}}$ – предельная температура невозгораемости, равная для кабелей с пластмассовой (ПВХ пластик) и резиновой изоляцией 350 °С.

Конечную температуру в конце КЗ определяем по формуле 6.7:

$$\vartheta_k = \vartheta_n \cdot e^k + a \cdot (e^k - 1), \quad (6.7)$$

где ϑ_n – температура жилы до КЗ, °С;

a – величина, обратная температурному коэффициенту электрического сопротивления при 0°, равная 228 °С.

$$k = \frac{b \cdot B_{\text{тер}}}{S^2}, \quad (6.8)$$

где b – постоянная, характеризующая теплофизические характеристики материала жилы, равная для меди 19,58 мм⁴/кА²·с;

$B_{\text{тер}}$ – интеграл Джоуля от тока КЗ, $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$;

S – сечение жилы, мм^2 .

Значение начальной температуры жилы до КЗ определим по формуле:

$$\vartheta_{\text{н}} = \vartheta_{\text{о}} + (\vartheta_{\text{дд}} - \vartheta_{\text{окр}}) \cdot \left(\frac{I_{\text{раб}}}{I_{\text{дд}}} \right)^2, \quad (6.9)$$

где $\vartheta_{\text{о}}$ – фактическая температура окружающей среды во время КЗ, $^{\circ}\text{C}$;

$\vartheta_{\text{дд}}$ – значение расчетной длительной допустимой температуры жилы, $^{\circ}\text{C}$,
равная для кабелей с пластмассовой изоляцией 70°C ;

$\vartheta_{\text{окр}}$ – значение расчетной температуры окружающей среды (воздуха) 25°C ;

$I_{\text{раб}}$ – значение тока перед КЗ, А ;

$I_{\text{дд}}$ – значение расчетного длительно допустимого тока, А ;

Проверка кабелей на невозгораемость производится при действии резервной защиты. Результаты расчетов приведены в таблице 6.5.

Таблица 6.5. Проверка кабелей на невозгораемость

Расчетная точка КЗ	Кабельная линия	$I_{\text{раб}}, \text{А}$	$I_{\text{дд}}, \text{А}$	$\vartheta_{\text{о}}, \vartheta_{\text{окр}}, ^{\circ}\text{C}$	$\vartheta_{\text{дд}}, ^{\circ}\text{C}$	$B_{\text{тер}}, \text{А}^2 \cdot \text{с}$	$S, \text{мм}^2$	$K, \text{о.е}$	$\vartheta_{\text{кв}}, ^{\circ}\text{C}$	$\vartheta_{\text{нв}}, ^{\circ}\text{C}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
К2	КЛ5.1-5.9	16	70	25	70	226974,24	10	0,04	38,96	350
К3	КЛ5	2	27	25	70	40989,64	2,5	0,13	59,95	350
К3	КЛ6	2	27	25	70	40989,64	2,5	0,13	59,95	350
К4	КЛ7	6	50	25	70	50996,39	6	0,03	37,78	350
К3	КЛ8	2	27	25	70	40989,64	2,5	0,13	59,95	350
К3	КЛ9	2	27	25	70	40989,64	2,5	0,13	59,95	350
К4	КЛ10	6	50	25	70	50996,39	6	0	26,12	350
К3	КЛ12	2	27	25	70	40989,64	2,5	0,13	59,95	350
К4	КЛ13	6	50	25	70	50996,39	6	0	26,12	350
К7	КЛ14	6	50	25	70	50996,39	6	0,03	32,78	350
К10	КЛ15	6	50	25	70	46271,11	6	0,03	32,11	350
К13	КЛ16	6	50	25	70	43737,79	6	0,02	31,75	350

Конечная температура нагрева жил кабелей при КЗ не превосходит предельной температуры невозгораемости, следовательно, выбранные кабели удовлетворяют требованию по невозгораемости.

7. Локальные сметы. Стоимость реализации реконструкции объекта

Сметная стоимость объекта "Техническое перевооружение ПС «Означенное – 500» с заменой микроэлектронных устройств РЗА на микропроцессорные (6 шкафов)" определена базисно-индексным методом с использованием нормативной базы ФЕР-2001 (Федеральные единичные расценки) для Республики Хакасия.

В таблице 7.1 приведена спецификация оборудования, материалов, запасных частей к оборудованию, приобретаемых для реконструкции ПС «Означенное – 500».

Таблица 7.1 – Спецификация оборудования, материалов, запасных частей к оборудованию, приобретаемых для реконструкции ПС «Означенное – 500»

Наименование	Марка, тип	Количество, шт.	Цена на продукцию, руб.	Стоимость продукции, руб.
1 Оборудование РЗА				
Шкаф КСЗ, УРОВ, АУВ (в составе терминал Бреслер-0107.511)	ШЭТ221.09-00	3	2193400,00	6580200,00
	ШЭТ220.08-00	3	2193400,00	6580200,00
Программно-технический комплекс (в составе: программа просмотра осциллограмм WinVres, кабель КБ, ноутбук)		1	213680,00	213680,00
2. ЗИП				
Терминал защиты (КСЗ, УРОВ, АУВ)	БЭ2704	1	889200,00	889200,00
Терминал защиты (КСЗ)	БЭ2704	1	889200,00	889200,00
3. Проверочное оборудование				
Испытательный комплект СМС310 Р-App (VE003002) (в составе: Mini Wireless USB адаптер (VENZ0095), ноутбук)	Omicron	1	2761835,00	2761835,00
Итого			9140715,00	17914315,00
НДС (20 %)			1828143,00	3582863,00
Всего			10968858,00	21497178

В таблице 7.2 приведена сводная таблица стоимости реконструкции ПС «Означенное – 500».

Таблица 7.2 – Сводная таблица стоимости реконструкции ПС «Означенное – 500»

Наименование глав, объектов, работ и затрат	Стоимость работ и материалов, руб	Стоимость оборудования, руб	Всего, руб
1 Основные объекты строительства			
Строительно-монтажные работы (в том числе подготовительные и демонтажные)	13227330,00		13227330,00
Оборудование (в том числе ЗИП и проверочные устройства): оборудование ЗИП проверочное оборудование		13160400,00 889200,00 2761835,00	16811435,00
Итого на основные объекты	13227330,00	16811435,00	30038765,00
2 Прочие работы и затраты			
Пусконаладочные работы	4419000,00		4419000,00
Проверка обеспечения требований ЭМС	516248,00		516248,00
Технические консультации	159000,00		159000,00
Итого на прочие работы	5094248,00		5094248,00
3 Проектные и изыскательные работы			
Разработка рабочей документации	1393952,00		1393952,00
Авторский надзор	95436,02		95436,02
Итого на проектные работы	1489388,02		1489388,02
Итого по пп. 1-3	19810966,02	16811435,00	36622401,02
НДС (20 %)	3962192,20	3362287,00	7324480,20
Всего	2377315,22	20173722,00	43946881,22

Таким образом, суммарная стоимость реконструкции ПС «Означенное – 500» в ценах на 2022 год. составила 43846,88 тыс. руб. А именно:

- строительные работы – 753,60 тыс.руб.;
- монтажные работы – 12 473,73 тыс руб.;
- оборудование – 16 811,44 тыс. руб.;
- прочие работы и затраты – 5 094,25 тыс. руб.

Результаты локального сметного расчета приведены в Приложение В.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом ВКР является реконструкция системы релейной защиты и автоматики на ПС «Означенное – 500».

В работе дана общая характеристика предприятия, описана схема электрических соединения ОРУ-500 кВ и ОРУ-220 кВ и существующего оборудования, обоснована реконструкции схемы электрических соединений, произведен обзор заменяемых устройств.

По итогам выполнения реконструкции, замены подстанционного оборудования изменяются требования к защитах подстанции и её параметры. В результате этого необходимо очень часто изменять систему релейной защиты и автоматики, перенастроить действующую защиту и установить новые. Внедрение релейной защиты, в основе которой лежит микропроцессорные устройства влечет за собой уменьшение вероятности повреждения оборудования, вызванное ошибками персонала и повышение надежности электроснабжения.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- АПВ – автоматическое повторное включение;
- АУ – автоматическое ускорение;
- АУВ – автоматика управления выключателем;
- БК – блокировка качаний;
- БНН – блокировка при неисправности цепей напряжения;
- ВЛ – воздушная линия;
- ДЗ – дистанционная защита;
- ЗНР – защита от неполнофазного режима;
- КСЗ – комплект ступенчатых защит;
- КЗ – короткое замыкание;
- МТЗ – максимальная токовая защита;
- МФТО – междуфазная токовая отсечка;
- ОМП – определение места повреждения;
- ОУ – оперативное ускорение;
- РАС – регистрация аварийных событий;
- РЗА – релейная защита и автоматика;
- РУ – распределительное устройство;
- САЗ – системы автоматической защиты;
- СЗ – ступенчатая защита;
- ТНЗНП – токовая направленная защита нулевой последовательности;
- УРОВ – устройство резервирования отказа выключателя;
- ЩДЭ – шкаф двухстороннего обслуживания для энергетических объектов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Требования к содержанию, объёму и структуре бакалаврской работы 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»: метод. указания / сост. Н. В. Дулесова, А. С. Торопов, Е. В. Платонова, А. В. Коловский; Сиб. федер. ун-т, ХТИ – филиал СФУ. – Абакан: ХТИ – филиал СФУ, 2016. – 51 с.
2. Релейная защита и автоматика: проектная документация / сост. ООО проектный центр «ЭКРА». – Россия, г. Чебоксары, 2019. – 102с.
3. Рекомендации по модернизации, реконструкции и замене длительно эксплуатирующихся устройств релейной защиты и автоматики энергосистем – СТО 34.01-4.1-011-2020
4. РД 34.35.310-97 Общие технические требования к микропроцессорным устройствам защиты и автоматики энергосистем.
5. РД 153-34.0-35.648-01 Рекомендации по модернизации, реконструкции и замене длительно эксплуатирующихся устройств релейной защиты и электроавтоматики энергосистем.
6. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) [Текст]. – 7-е изд. // Министерство Энергетики РФ. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003. – 513 с.
7. УДК 621.316 Рекомендации по расчету уставок резервных защит линий электропередачи напряжением 110 - 220 кВ на базе шкафов серии ШЭ2607 [Текст]. – Чебоксары.: НПП «Экра», 2019. – 189 с.
8. Андреев, В.А. Релейная защита систем электроснабжения в примерах и задачах / В.А. Андреев. – М.: ЁЁ Медиа, 2018. - 797 с.
9. Методика расчёта уставок РЗиА на базе шкафов производства НПП «ЭКРА» [Текст] – Чебоксары.: НПП «Экра» – 226 с.
10. Шкаф защиты трансформатора и автоматики управления выключателем типа ШЭ2607 041015 Руководство по эксплуатации. ЭКРА.656453.047 РЭ. Т.1, 2011.

11. Файбисович Д.Л. Справочник по проектированию электрических сетей – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006. – 352 с Дорошев К.И. Комплектные распределительные устройства 6-35 кВ. – М. Энергоиздат 2003.
12. Самсонов, В.С.. Экономика предприятий энергетического комплекса : учеб. для вузов/ В.С. Самсонов, М.А.Вяткин. - 3-е изд.. – М. : ЭНАС, 2011.
13. Федеральный закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 года «261-ФЗ Об энергоснабжении и о повышении энергетической эффективности...»
14. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций. Учебник для техникумов. 3-е изд., перераб. и доп. – М
15. ГОСТ 29176-91. Короткие замыкания в электроустановках. Методика расчета в электроустановках постоянного тока. Действует с 07.01.1992.
16. Руководящие указания по релейной защите. Вып. 12. Токовая защита нулевой последовательности от замыканий на землю линий 110-500 кВ [Текст]: - М.: Энергия, 1980. – 88 с.
17. Методические указания по расчету и выбору параметров настройки (уставок) микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики производства ООО НПП «ЭКРА», «ABB», «GE Multilin» и «ALSTOM Grid»/«AREVA» для воздушных и кабельных линий с односторонним питанием напряжением 110 – 330 кВ – СТО 56947007-29.120.70.200-2015.
18. Руководящие указания по релейной защите. Вып.7. Дистанционная защита линий 35- 330 кВ. – М. Энергия, 1966.
19. Руководящие указания по релейной защите. Вып.12. Токовая защита нулевой последовательности от замыканий на землю линий 110-500 кВ. – М.: Энергия, 1980.
20. ГОСТ 52736-2007. Национальный стандарт Российской Федерации. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета

электродинамического и термического действия тока короткого замыкания.
Действует 06.04.2015

21. Методические указания по выбору оборудования СОПТ. СТО 56947007-29.120.40.216-2016 п. 8.7.2

22. ИЦ Бреслер [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bresler.ru/>.

23. Механотроника интеллектуальные устройства релейной защиты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mtrele.ru/>.

24. СТО 56947007-29.240.124-2012. Укрупненные стоимостные показатели линий электропередачи и подстанций напряжением 35-1150 кВ». – Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС», Дата введения – 2012-07-09.

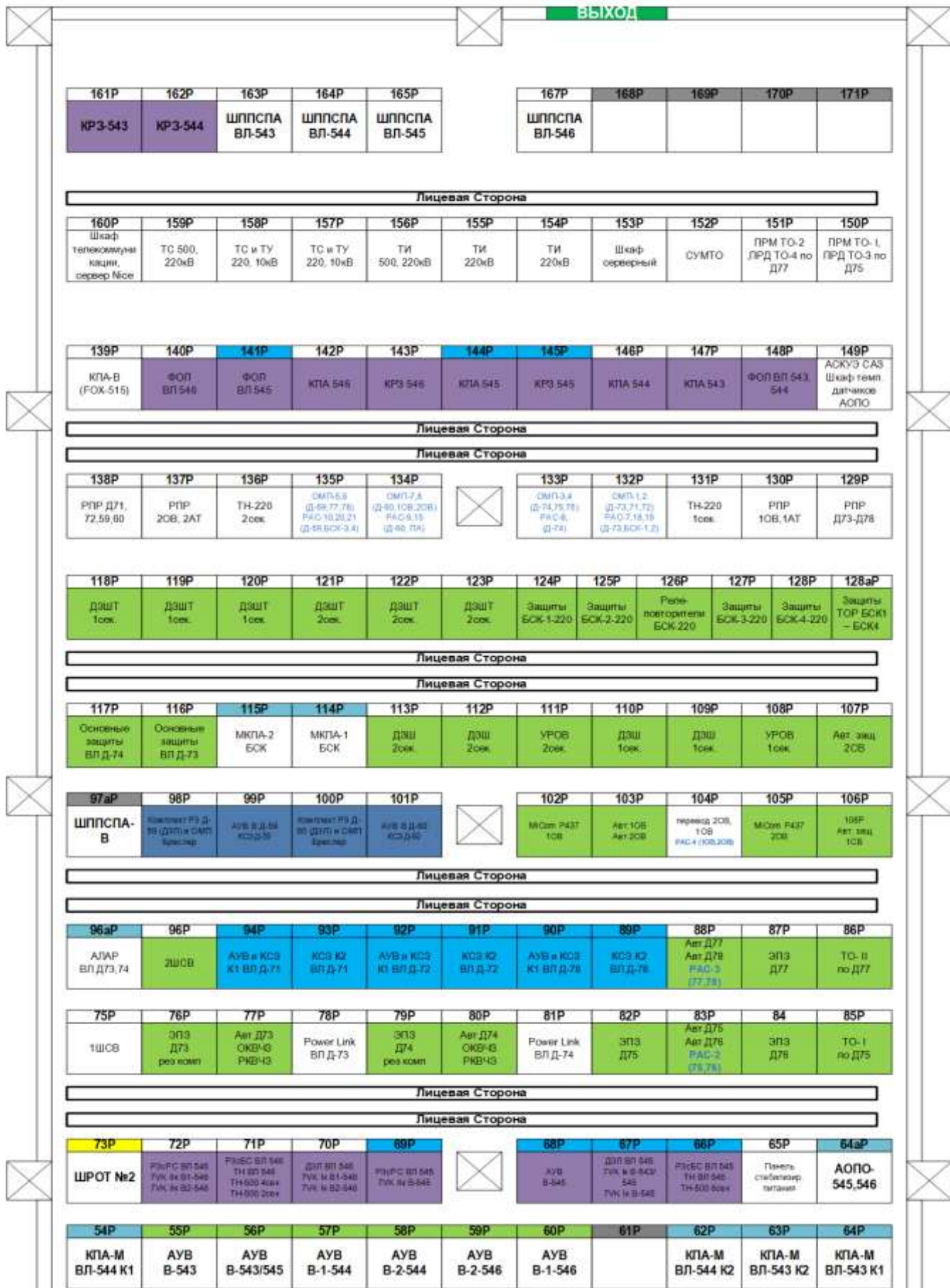
25. СТО 56947007-29.240.30.010-2008. Схемы принципиальные электрические распределительных устройств подстанций 35-750 кВ. Типовые решения. – Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС», Дата введения – 2007-12-20.

26. СТО 56947007-33.040.20.282-2019. Типовые шкафы ШЭТ РЗА ЛЭП 110-750 кВ. Дата введения – 2019-12-26.

27. ГОСТ-7746-2015. Трансформаторы. Общие технические условия Дата введения – 2017-03-01.

28. Шуин, В. А. Защиты от замыканий на землю в электрических сетях 6-10 кВ / В. А. Шуин, А. В. Гусенков. – М.: НТФ «Энергопрогресс», 2001. – 104 с.

Приложение А. План главного щита управления



Лицевая Сторона										
53P ВЛ-543 АТВ-503 (Резерв)	52P Датчики 500кВ (Резерв)	51P Датчики 500кВ (Резерв)	50P ИМФ ВВ-544 ИМФ ВВ-546 БММ-5 (544)	49P ВЛ-544 Панель ускорения и П тр. вых. реле	48P ВЛ-544 Рез. Защита и П тр. вых. реле	47P ВЛ-544 ДЗ-503, ТЭН	46P ВЛ-544 ДЗ-503, ТЭН 362	45P ВЛ-544 АТВ-503	44P АОПО 2к 1АТ, 2АТ	43P АОПО 1к 1АТ, 2АТ

33P ВЛ-543 АТВ-503 (Резерв)	34P ВЛ-543 ДЗ-503 ШД 2719 362	35P ВЛ-543 ДЗ-503, ТЭН	36P ВЛ-543 Рез. Защита и П тр. вых. реле	37P ВЛ-543 Панель ускорения и П тр. вых. реле	38P ИМФ ВВ-543 ИМФ ВВ-545 БММ-11 (543)	39P ВЛ-543 Панель (Резерв)	40P АОПО 1к ВЛ-Д-59 Д-60	41P АОПО 2к ВЛ-Д-69 Д-60	42P Продвиж. панель токовых цепей ВВ-220 в ПТК
--------------------------------------	--	------------------------------	---	---	---	-------------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	--

Лицевая Сторона										
Лицевая Сторона										

32P ШПОТ №1	31P Защиты 10кВ 2АТ	30P ПТТ ДЗО-500 РАС-13 (2АТ)	29P 2АТ ДЗ	28P Рез. защ. 220кВ 2АТ	27P Рез. защ. 500кВ 2АТ	26P Защ. от внутрен. повр. 2АТ	25P ДЗО-500 2сек. II компл.	24P ДЗО-500 2сек. I компл.	23P Автом. РПН 2АТ	22P В2АТ-220 Охлажд.
----------------	---------------------------	---------------------------------------	------------------	----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------	----------------------------

11P КВВ500 3к ввод 1АТ 2АТ	12P ВЛ ат-220 Охлажд.	13P Автом. РПН 1АТ	14P ДЗО-500 1сек. I компл.	15P ДЗО-500 1сек. I компл.	16P Защ. от внутрен. повр. 1АТ	17P Рез. защ. 500кВ 1АТ	18P Рез. защ. 220кВ 1АТ	19P 1АТ ДЗ	20P РАС- 12, 14, 16, 22, 23, 24 (АТ, 220, 200, 30, АТ, 360, 1АТ, 16, 20, 15 кВ)	21P Защиты 10кВ 1АТ
-------------------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	---	----------------------------------	----------------------------------	------------------	--	---------------------------

Лицевая Сторона										
Лицевая Сторона										

10P 3МАРТ-МП	9P Датчики 500кВ БММ-1/ БММ-6	8P Датчики 220 кВ	7P Датчики 220 кВ	6P	5P	4P ШПО ОБР	3P Пожаро- тушение	2P Пожаро- тушение	1P ОБР
-----------------	--	----------------------	----------------------	----	----	---------------	--------------------------	--------------------------	-----------

Лицевая Сторона										
-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

20Н	19Н	18Н	17Н	16Н	15Н	14Н	13Н	12Н	11Н
1Н	2Н	3Н	4Н	5Н	6Н	7Н	8Н	9Н	10Н
							Ввод 0,4 кВ 1ТЧН	ОБ 0,4 кВ	Ввод 0,4 кВ 2ТЧН

Лицевая Сторона										
Лицевая Сторона										

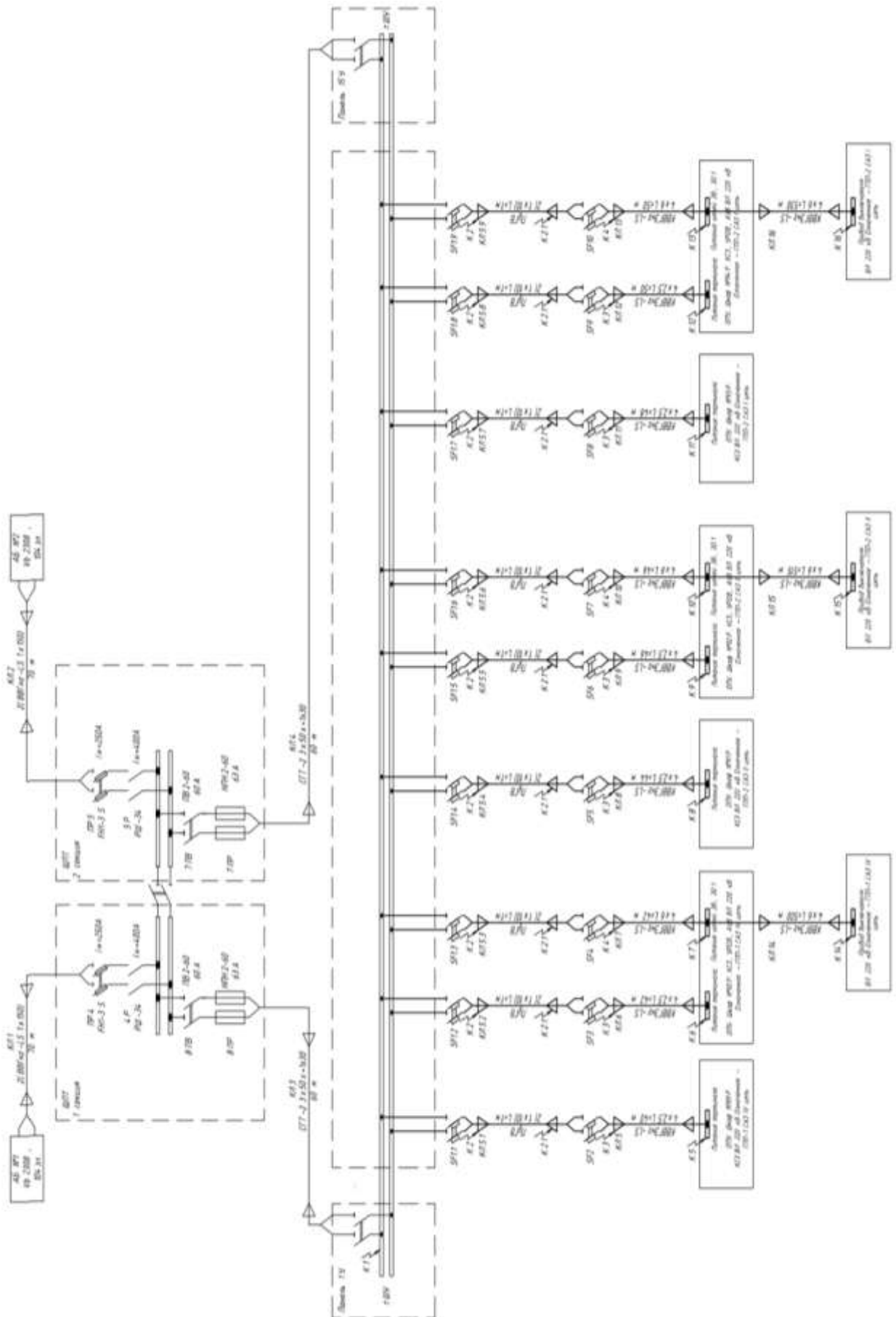
5П ЩПТ 2 сек. Ввод ЗВУ-3	4П ЩПТ 2 сек. Ввод АВ-2	3П Ввод ЗВУ-3	2П ЩПТ 1 сек. Ввод АВ-1	1П ЩПТ 1 сек. Ввод ЗВУ-1	3С ВЛ САЗа, 73, 74	2С 59, 60, 1, 2ОВ, 1АТ	1С 543, 544, 546, 2АТ, 545, БСК	ЗВУ-1	ЗВУ-2
--------------------------------	-------------------------------	------------------	-------------------------------	--------------------------------	--------------------------	------------------------------	--	-------	-------

7У	8У	9У	10У	11У	12У	13У
1АТ	10кВ	73,74, 75,76	77,78	1сек. 220	2сек. 220 Сервер ОМП	71,72

4У Центр. сек. II, IV	3У Центр. сек. I	2У Панель автоматов	1У Панель автоматов	5У Панель автоматов сервера сервера	6У Панель автоматов сервера сервера	7У	8У	9У	10У	11У	12У	13У	14У 59, 60	15У 2АТ	ЗВУ-3	16У Управление и БСК-4	17У Пожаро- тушение Сервер 9P	18У	19У БММ-10
-----------------------------	------------------------	---------------------------	---------------------------	---	---	----	----	----	-----	-----	-----	-----	---------------	------------	-------	---------------------------------	--	-----	---------------

ВЫХОД

Приложение Б. Сметный расчет реконструкции системы РЗА



Приложение В. Сметный расчет реконструкции системы РЗА

Техническое перевооружение ПС 500 кВ Озменное, ПС
(наименование строений)

ОБЪЕКТНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЁТ № 02-01 (ОБЪЕКТНАЯ СМЕТА)

на строительство

(наименование объекта)

Сметная стоимость
Средства на оплату труда
2457,31 тыс.руб.
40,71 тыс.руб.

Расчетный измеритель единичной стоимости

Составлен(а) в ценах по состоянию на 2000 г.

№ п.п.	Номера сметных расчетов (смет)	Наименование работ и затрат	Сметная стоимость					Всего	Средства на оплату труда	Показатели единичной стоимости
			строительных (ремонтно-строительных) работ	Монтажных работ	Оборудования, мебели, инвентаря	Прочих затрат				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Раздел 1. Техническое перевооружение ПС 500 кВ Абаканская										
1	02-01-01	Система оперативного постоянного тока и собственные нужды	0.00	80.99	0.00	0.00	80.99	3.37	80.99	
2	02-01-02	Релейная защита и автоматика	42.83	525.43	1 181.99	0.00	1 750.25	37.02	1 750.25	
3	02-01-03	Релейная защита и автоматика (ЗНП и прощечное оборудование)	0.00	0.00	624.76	0.00	624.76	0.00	624.76	
4	02-01-04	Демонтажные работы	0.00	1.31	0.00	0.00	1.31	0.32	1.31	
5	Итого по разделу: Техническое перевооружение		42.83	607.73	1 806.75	0.00	2 457.31	40.71	2 457.31	
Всего по смете			42.83	607.73	1 806.75	0.00	2 457.31	40.71	2 457.31	

Техническое перевооружение ПС 500 кВ Означенное, ПС
(наименование стройки)

ОБЪЕКТНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЁТ № 02-02 (ОБЪЕКТНАЯ СМЕТА)

на строительство

(наименование объекта)

4224,45 тыс.руб.
58,67 тыс.руб.

Сметная стоимость

Средства на оплату труда

Расчетный измеритель единичной стоимости

Составлен(а) в ценах по состоянию на

2000 г

№ п.п.	Номера сметных расчетов (смет)	Наименование работ и затрат	Сметная стоимость					Средства на оплату труда	Показатели единичной стоимости
			строительных (ремонтно-строительных) работ	Монтажных работ	Оборудования, мебели, инвентаря	Прочих затрат	Всего		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Раздел 1. Локальные сметы									
1	02-02-01	Система оперативного постоянного тока и собственные нужды	0.00	144.61	0.00	0.00	144.61	5.05	144.61
2	02-02-02	Релейная защита и автоматика	71.39	861.32	2 363.98	0.00	3 296.69	52.86	3 296.69
3	02-02-03	Релейная защита и автоматика	0.00	0.00	780.10	0.00	780.10	0.00	780.10
4	02-02-04	Демонтажные работы	0.00	3.05	0.00	0.00	3.05	0.76	3.05
5	Итого по разделу: Локальные сметы		71.39	1 008.98	3 144.08	0.00	4 224.45	58.67	4 224.45
Всего по смете			71.39	1 008.98	3 144.08	0.00	4 224.45	58.67	4 224.45

Локальная смета № 02-02-01

Система оперативного постоянного тока и собственные нужды ПС 500 кВ Озненское

(Наименование работ и затрат, наименование объекта)

Адрес объекта:

Основание: П5000280-119-03-2018-ИОС1.1

Сметная стоимость: 144,610 тыс.руб.
 Нормативная трудоемкость: 520,66 чел.час
 Средства на оплату труда: 5,052 тыс.руб.

Составлен(а) в уровне цен на 2000 г.

С использованием: СНБ ФЕР-2001 (Ред.2017г.) от 2018.01.10 в ценах 2000/01

№ п/п	Обоснование	Наименование работ и затрат	Ед. изм.	Кол-во единиц	Стоимость единицы, руб.				Общая стоимость, руб.				Т/л Осн. раб. (на ед / Всего)				
					ВСЕГО	основной з/пл	в т.ч. з/пл маш.	материалы	ВСЕГО	основной з/пл	в т.ч. з/пл маш.	материалы					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Раздел 1. Монтаж в ОПУ																	
1	ФЕРм 08-03-526-01	Автомат одно-, двух-, трехполюсный, устанавливаемый на	шт	20	45.83	24.04	1.70	0.00	20.09	917	481	34	0	402	2.5272	0	0
кОТ=1.2*1.35=1.62, кЭМ=1.2*1.35=1.62, кЗТ=1.2*1.35=1.62, кЗТМ=1.2*1.35=1.62, НР=95%=457 руб., СП=65%=313 руб																	
	Приказ 81/нр от 2017.02.09	Реконструкция объектов капитального строительства. Производство работ осуществляется в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи, вблизи объектов, находящихся под напряжением, внутри объектов капитального строительства. Производство прохода в которых не обесточена, если это приводит к ограничению действий рабочих в соответствии с требованиями техники безопасности.															
	Пр.2 т.2 п.5	ПЗ=1, ОТ=1.2, ЭМ=1.35, ОТМ=1.35, МР=1, ОБ=1, ЗТ=1.2, ЗТМ=1.2															
	Приказ 81/нр от 2017.02.09	Реконструкция объектов капитального строительства. Производство работ осуществляется в помещениях эксплуатируемого объекта капитального строительства без остановок рабочего процесса в преддвериях, при этом: в зоне производства работ имеется один из перечисленных ниже факторов: движение транспорта по внутреннему пути, действующее технологическое или лабораторное оборудование, мебель и иные загромождающие помещения предметы.															
	Пр.2 т.2 п.1.2_1	ПЗ=1, ОТ=1.35, ЭМ=1.35, ОТМ=1.35, МР=1, ОБ=1, ЗТ=1.35, ЗТМ=1.35															
2	ФЕРм 08-01-080-01	Прибор измерения и защиты, количество включаемых	шт	6	29.71	17.61	11.52	1.62	0.58	178	106	69	10	3	1.5306	0.1296	0
кОТ=1.2*1.35=1.62, кЭМ=1.2*1.35=1.62, кЗТ=1.2*1.35=1.62, кЗТМ=1.2*1.35=1.62, НР=95%=110 руб., СП=65%=75 руб																	
	Приказ 81/нр от 2017.02.09	Реконструкция объектов капитального строительства. Производство работ осуществляется в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи, вблизи объектов, находящихся под напряжением, внутри объектов капитального строительства. Производство прохода в которых не обесточена, если это приводит к ограничению действий рабочих в соответствии с требованиями техники безопасности.															
	Пр.2 т.2 п.5	ПЗ=1, ОТ=1.2, ЭМ=1.2, ОТМ=1.2, МР=1, ОБ=1, ЗТ=1.2, ЗТМ=1.2															

3	3	Приказ 81/лр от 2017.02.09 Пр.2 т.2 п.1.2_1	Блок-контактор	шт	12	51.13	17.61	31.67	4.49	1.85	613	211	380	54	22	1.8306 / 21.97	0.3564 / 4.28
			$\kappa OT=1.2*1.35=1.62$, $\kappa EM=1.2*1.35=1.62$, $\kappa OTM=1.2*1.35=1.62$, $\kappa ZT=1.2*1.35=1.62$, $\kappa ZTM=1.2*1.35=1.62$, $HP=95\%=252$ руб., $СП=65\%=172$ руб														
		Приказ 81/лр от 2017.02.09 Пр.2 т.2 п.1.2_1	Реконструкция объектов капитального строительства. Производство работ осуществляется в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи, вблизи объектов, находящихся под напряжением, внутри объектов капитального строительства, внутреннего проводка в которых не обесточена, если это приведет к ограничению действий рабочих в соответствии с требованиями техники безопасности. $PЗ=1$, $OT=1.2$, $EM=1.2$, $OTM=1.2$, $MP=1$, $OB=1$, $ZT=1.2$, $ZTM=1.2$														
		Приказ 81/лр от 2017.02.09 Пр.2 т.2 п.1.2_1	Реконструкция объектов капитального строительства. Производство работ осуществляется в помещениях эксплуатируемого объекта капитального строительства без остановки рабочего процесса предприятия, при этом: в зоне производства работ имеется одна из перечисленных ниже факторов: движение транспорта по внутрицеховым путям; действующее технологическое или лабораторное оборудование, мебель и иные загромождающие помещения предметы. $PЗ=1$, $OT=1.35$, $EM=1.35$, $OTM=1.35$, $MP=1$, $OB=1$, $ZT=1.35$, $ZTM=1.35$														
4	4	счет№351 16 от10.12.20 18 ОООЭлек Ком.Логис ТЭК	Автоматический выключатель двухполюсный 16А S202 K16	шт	9	284.73	0.00	0.00	0.00	284.73	2 563	0	0	0	2 563	0 / 0	0 / 0
			$eMP=284.73=2170.88/8.01+8.13(TP\ 3\%)+5.58(ЗСР\ 2\%)$														
5	5	счет№351 16 от10.12.20 18 ОООЭлек Ком.Логис ТЭК	Автоматический выключатель двухполюсный 2А S202 K16	шт	6	850.93	0.00	0.00	0.00	850.93	5 106	0	0	0	5 106	0 / 0	0 / 0
			$eMP=850.93=6487.69/8.01+24.30(TP\ 3\%)+16.68(ЗСР\ 2\%)$														
6	6	счет№351 16 от10.12.20 18 ОООЭлек Ком.Логис ТЭК	Автоматический выключатель двухполюсный 6А S202 Z6	шт	3	388.67	0.00	0.00	0.00	388.67	1 166	0	0	0	1 166	0 / 0	0 / 0
			$eMP=388.67=2963.27/8.01+11.10(TP\ 3\%)+7.62(ЗСР\ 2\%)$														

7	счет.№351 16 от10.12.20 18 ОООЭлек Ком.Логис ТИК	Автоматический выключатель однополюсный 16А S201 D16	шт	1	128.01	0.00	0.00	0.00	0.00	128	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$eMP = 128.01 = 975.93(8.01 + 3.66(TP\ 3\%) + 2.51(BCP\ 2\%))$																			
8	счет.№351 16 от10.12.20 18 ОООЭлек Ком.Логис ТИК	Автоматический выключатель однополюсный 10А S201 C10	шт	1	39.03	0.00	0.00	0.00	0.00	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$eMP = 39.03 = 297.58(8.01 + 1.11(TP\ 3\%) + 0.77(BCP\ 2\%))$																			
9	счет.№351 16 от10.12.20 18 ОООЭлек Ком.Логис ТИК	Независимый распределитель	шт	6	159.82	0.00	0.00	0.00	0.00	959	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$eMP = 159.82 = 1218.55(8.01 + 4.56(TP\ 3\%) + 3.13(BCP\ 2\%))$																			
10	счет.№351 16 от10.12.20 18 ОООЭлек Ком.Логис ТИК	Блок-контакт для автоматического выключателя	шт	12	76.54	0.00	0.00	0.00	0.00	918	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$eMP = 76.54 = 583.54(8.01 + 2.19(TP\ 3\%) + 1.50(BCP\ 2\%))$																			
Итого по разделу "Монтаж в ОПУ"																			
										12 587	798	483	64	11 306	83.49				
Прямые затраты																			
Оплата труда рабочих																			
Машины и механизмы																			
Оплата труда машинистов																			
Материалы																			
Налоговые расходы																			
Сметная прибыль																			
Итого по разделу																			
										13 966									
Раздел 2. Монтаж кабеля в ОПУ																			
11	ФЕРм 08- 02-147-10	Кабель 10 35 кВ по установленным конструкциям и	100 м	4.14	336.43	220.21	80.21	8.13	36.02	1 393	912	332	34	149	22.8906	0.648			
$Количество = 4.14 = (216 + 60 + 39 + 54 + 9 + 36) / 100$																			
										94.77									

кОТ=1.2*1.35=1.62, кЭМ=1.2*1.35=1.62, кЗТ=1.2*1.35=1.62, кЗТМ=1.2*1.35=1.62, НР =95% =899 руб, СП =65% =615 руб																
<p>Приказ 81/пр от 2017.02.09 Пр.2 т.2 п.5</p> <p>Реконструкция объектов капитального строительства. Производство работ осуществляется в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи, вблизи объектов, находящихся под напряжением, внутри объектов капитального строительства, внутренняя проводка в которых не обесточена, если это приведет к ограничению действий рабочих в соответствии с требованиями техники безопасности.</p> <p>ПЗ=1, ОТ=1.2, ЭМ=1.2, ОТМ=1.2, МР=1, ОБ=1, ЗТ=1.2, ЗТМ=1.2</p>																
<p>Приказ 81/пр от 2017.02.09 Пр.2 т.2 п.1.2_1</p> <p>Реконструкция объектов капитального строительства. Производство работ осуществляется в помещениях эксплуатируемого объекта капитального строительства без остановки рабочего процесса5 предприятия, при этом: в зоне производства работ имеется один из перечисленных ниже факторов: движение транспорта по внутрицеховым путям; действующее технологическое или лабораторное оборудование, мебель и иные загромождающие помещения предметы.</p> <p>ПЗ=1, ОТ=1.35, ЭМ=1.35, ОТМ=1.35, МР=1, ОБ=1, ЗТ=1.35, ЗТМ=1.35</p>																
12	21.1.08.03-0574	Кабели контрольные с медными жилами с поливинилхлоридной изоляцией	1000 м	0.2754	32 828.83	0.00	0.00	0.00	32 828.83	9 041	0	0	9 041	0	0	0
Количество = 0.2754 = 270/1000*1.02																
13	21.1.08.03-0576	Кабели контрольные с медными жилами с поливинилхлоридной изоляцией	1000 м	0.07038	61 976.74	0.00	0.00	0.00	61 976.74	4 362	0	0	4 362	0	0	0
Количество = 0.07038 = (9+60)/1000*1.02																
14	21.1.06.10-0379	Кабель силовой с медными жилами с изоляцией из ПВХ	1000 м	0.0765	26 228.95	0.00	0.00	0.00	26 228.95	2 007	0	0	2 007	0	0	0
Количество = 0.0765 = (36+39)/1000*1.02																
15	ФЕРм 08-02-405-01	Провод по уставовленным стальным	100 м	0.22	651.17	466.59	110.87	6.51	73.70	143	103	24	16	49.6368	10.92	0.11
Количество = 0.22 = (4+18)/100																
кОТ=1.2*1.35=1.62, кЭМ=1.2*1.35=1.62, кЗТ=1.2*1.35=1.62, кЗТМ=1.2*1.35=1.62, НР =95% =99 руб, СП =65% =68 руб																
<p>Приказ 81/пр от 2017.02.09 Пр.2 т.2 п.5</p> <p>Реконструкция объектов капитального строительства. Производство работ осуществляется в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи, вблизи объектов, находящихся под напряжением, внутри объектов капитального строительства, внутренняя проводка в которых не обесточена, если это приведет к ограничению действий рабочих в соответствии с требованиями техники безопасности.</p> <p>ПЗ=1, ОТ=1.2, ЭМ=1.2, ОТМ=1.2, МР=1, ОБ=1, ЗТ=1.2, ЗТМ=1.2</p>																
<p>Приказ 81/пр от 2017.02.09 Пр.2 т.2 п.1.2_1</p> <p>Реконструкция объектов капитального строительства. Производство работ осуществляется в помещениях эксплуатируемого объекта капитального строительства без остановки рабочего процесса5 предприятия, при этом: в зоне производства работ имеется один из перечисленных ниже факторов: движение транспорта по внутрицеховым путям; действующее технологическое или лабораторное оборудование, мебель и иные загромождающие помещения предметы.</p> <p>ПЗ=1, ОТ=1.35, ЭМ=1.35, ОТМ=1.35, МР=1, ОБ=1, ЗТ=1.35, ЗТМ=1.35</p>																
16	прайс ЭТМ от 23.10.2018	Провод ПуГВ 1X16	М	4.12	15.69	0.00	0.00	0.00	15.69	65	0	0	65	0	0	0
Количество = 4.12 = 4*1.03																

17	прйс ЭТМ от 23.10.2018	Провод ПуГВ 1X10	М	18.54	9.97	0.00	0.00	0.00	9.97	185	0	0	0	185	0	0
Итого по разделу "Монтаж кабеля в ОПУ" <i>Количество = 18,54 = 18*1,03</i>																
Прямые затраты																
Оплата труда рабочих																
Машины и механизмы																
Оплата труда машинистов																
Материалы																
Накладные расходы																
Сметная прибыль																
Итого по разделу																
Раздел 3. Монтаж кабеля ОРУ 220 кВ																
18	ФЕРм 08- 02-147-10	Кабель до 35 кВ по установленным конструкциям и	100 м	16.14	291.93	187.58	68.32	6.93	36.02	4 712	1 103	112	581	19 4994	314.72	8.91
<i>Количество = 16,14 = 1614/100</i>																
<p>КОТ=1.2*1.15=1.38, кЭМ=1.2*1.15=1.38, кОТМ=1.2*1.15=1.38, кЗТМ=1.2*1.15=1.38, НР=95%=2983 руб., СП=65%=2041 руб.</p> <p>Приказ 81/пр от 2017.02.09</p> <p>Пр.2 т.2 п.3</p> <p>Реконструкция объектов капитального строительства. Производство работ осуществляется на территории действующего предприятия с наличием в зоне производства работ одного или нескольких из перечисленных ниже факторов: разветвленная сеть транспортных и инженерных коммуникаций, стесненные условия для складирования материалов, действующее технологическое оборудование; движение технологического транспорта.</p> <p>ПЗ=1, ОТ=1.15, ЭМ=1.15, ОТМ=1.15, МР=1, ОБ=1, ЗТ=1.15, ЗТМ=1.15</p>																
19	21.1.08.03- 0576	Кабели контрольные с медными жилами с <i>Количество = 1,64628 = 1614/1000*1,02</i>	1000 м	1.64628	61 976.74	0.00	0.00	0.00	61 976.74	102 031	0	0	102 031	0	0	0
Итого по разделу "Монтаж кабеля ОРУ 220 кВ"																
Прямые затраты																
Оплата труда рабочих																
Машины и механизмы																
Оплата труда машинистов																
Материалы																
Накладные расходы																
Сметная прибыль																
Итого по разделу																
Электромонтажные работы: на других объектах - НР=(95%), НРбаз=(95%), СП=(65%), СПбаз=(65%)																
Оплата труда рабочих																
5 543																

	Машины и механизмы	1 947							
	Материалы	2 454							
	Итого	9 944							
	Итого по виду работ	19 152							
	Сметная стоимость во элементам строительства	144 610							
	Всего по монтажным работам	144 610							
	Итого по всем разделам	144 610							
	Прямые затраты	136 526							
	Оплата труда рабочих	4 841							
	Эксплуатация машин	1 942							
	Оплата труда машинистов	211							
	Материальные ресурсы	129 743							
	Фонд оплаты труда (сравочно)	5 052							
	Накладные расходы	4 800							
	Сметная прибыль	3 284							
	Затраты труда	521							
	Затраты труда рабочих	504							
	Затраты труда машинистов	17							
	Всего по смете	144 610							

Локальная смета № 02-02-02

Ресейная защита и автоматика ПС 500 кВ Омзачинское
(Наименование работ и затрат, наименование объекта)

Адрес объекта:

Основание: П50000280-119-03-2018-ИОС1.2

Сметная стоимость:
3 296,684 тыс.руб.
Нормативная трудоемкость:
5 497,34 чел.час
Средства на оплату труда:
52,854 тыс.руб.

Составлен(а) в уровне цен на 2000 г.
С использованием: СНБ ФЕР-2001 (Ред. 2017г.) от 2018.01.10 в ценах 2000г/01

№ п/п	Номер	Обоснование	Наименование работ и затрат	Ед. изм.	Кол-во единиц	Стоимость единицы, руб.			Общая стоимость, руб.			Т/л Осн. раб. (на ед / Всего)	Т/л мес. (на ед / Всего)				
						ВСЕГО	основной з/пл	в т.ч. з/пл маш.	материалы	ВСЕГО	основной з/пл			в т.ч. з/пл маш.	материалы		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Раздел 1. Монтаж в ОПУ																	
1	1	ФЕРм 08-03-571-02	Щит, собираемый из отдельных панелей и блоков управления,	м	4,8	2 286,44	380,86	716,41	68,66	1 189,17	10 975	1 828	3 439	330	5 708	38,394	5,184
			Количество = 4,8 = 0,8*6													184,29	24,88
кОТ=1,2*1,35=1,62, кЭМ=1,2*1,35=1,62, кОТМ=1,2*1,35=1,62, кЗТ=1,2*1,35=1,62, кЗТМ=1,2*1,35=1,62, НР=95%=2050 руб, СП=65%=1403 руб																	
Приказ 81/пр от 2017.02.09																	
Пр-2 т.2 п.5																	
Приказ 81/пр от 2017.02.09																	
Пр-2 т.2 п.1.2_1																	
Итого по разделу "Монтаж в ОПУ"						10 975	1 828	3 439	330	5 708	184,29	24,88					
Прямые затраты						10 975											
Оплата труда рабочих						1 828											
Машины и механизмы						3 439											
Оплата труда машинистов						330											
Материалы						5 708											
Накладные расходы						2 050											
Сметная прибыль						1 403											

		Итого по разделу										14 428					
Раздел 2. Монтаж кабеля в ОПУ																	
2	4	ФЕРм 08-02-147-10	Кабель до 35 кВ по установленным конструкциям в	100 м	40.5	336.43	220.21	80.21	8.13	36.02	13 625	8 918	3 248	329	1 459	22.8906	0.648
				<i>Количество = 40.5 = (675+3375)/100</i>													
				<i>КОТ=1.2*1.35=1.62, КЭМ=1.2*1.35=1.62, КОТМ=1.2*1.35=1.62, КЭТМ=1.2*1.35=1.62, НР=95%=8785 руб, СП=65%=6011 руб</i>													
				<i>Реконструкция объектов капитального строительства. Производство работ осуществляется в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи, вблизи объектов, находящихся под напряжением, внутри объектов капитального строительства, внутренняя проводка в которых не обесточена, если это приведет к ограничению действий рабочих в соответствии с требованиями техники безопасности.</i>													
				<i>ПЗ=1, ОТ=1.2, ЭМ=1.2, ОТМ=1.2, МР=1, ОБ=1, ЗТ=1.2, ЗТМ=1.2</i>													
				<i>Реконструкция объектов капитального строительства. Производство работ осуществляется в помещениях эксплуатируемого объекта капитального строительства без останова рабочего процесса предприятия, при этом: в зоне производства работ имеется один из перечисленных ниже факторов: движение транспорта по внутрицеховым путям; действующее технологическое или лабораторное оборудование, мебель и иные загромождающие помещения предметы.</i>													
				<i>ПЗ=1, ОТ=1.35, ЭМ=1.35, ОТМ=1.35, МР=1, ОБ=1, ЗТ=1.35, ЗТМ=1.35</i>													
				<i>Итого по разделу "Монтаж кабеля в ОПУ"</i>													
				<i>Прямые затраты</i>													
				<i>Оплата труда рабочих</i>													
				<i>Машин и механизмы</i>													
				<i>Оплата труда машинистов</i>													
				<i>Материалы</i>													
				<i>Накладные расходы</i>													
				<i>Сметная прибыль</i>													
				<i>Итого по разделу</i>													
				<i>13 625 8 918 3 248 329 1 459 927.07 26.24</i>													
Раздел 3. Вскрытие кабельных каналов на ОРУ 220 кВ																	
3	7	ФЕР 07-06-002-05	Демонтаж плит перекрытий каналов площадью до 0,5 м2 (каждая, площадью)	100 шт	10	1 063.64	953.60	110.04	13.27	0.00	10 636	9 536	1 100	133	0	101.44656	0.98256
				<i>Количество = 10 = 1000/100</i>													
				<i>КОТ=1.2*1.15*0.8=1.104, КЭМ=1.2*1.15*0.8=1.104, КОТМ=1.2*1.15*0.8=1.104, КЭТМ=1.2*1.15*0.8=1.104, НР=130%=12570 руб, СП=85%=8219 руб</i>													
				<i>Реконструкция объектов капитального строительства. Производство работ осуществляется в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи, вблизи объектов, находящихся под напряжением, внутри объектов капитального строительства, внутренняя проводка в которых не обесточена, если это приведет к ограничению действий рабочих в соответствии с требованиями техники безопасности.</i>													
				<i>ПЗ=1, ОТ=1.2, ЭМ=1.2, ОТМ=1.2, МР=1, ОБ=1, ЗТ=1.2, ЗТМ=1.2</i>													
				<i>Реконструкция объектов капитального строительства. Производство работ осуществляется на территории действующего предприятия с наличием в зоне производства работ одного или нескольких из перечисленных ниже факторов: разветвленная сеть транспортных и измерительных коммуникаций; стесненные условия для складирования материалов, действующее технологическое оборудование; движение технологического транспорта.</i>													
				<i>ПЗ=1, ОТ=1.15, ЭМ=1.15, ОТМ=1.15, МР=1, ОБ=1, ЗТ=1.15, ЗТМ=1.15</i>													

Реконструкция объектов капитального строительства. Производство работ осуществляется на территории действующего предприятия с наличием в зоне производства работ одного или нескольких из перечисленных ниже факторов: разветвленная сеть транспортных и инженерных коммуникаций, стесненные условия для складирования материалов, действующее технологическое оборудование, движение технологического транспорта.														
ПЗ=1 , ОТ=1.15 , ЭМ=1.15 , ОТМ=1.15 , МР=1 , ОБ=1 , ЗТ=1.15 , ЗТМ=1.15														
Итого по разделу "Монтаж кабеля на ОРУ 220 кВ"														
		Прямые затраты						29 558	18 993	6 918	701	3 647	1 974.31	55.89
		Оплата труда рабочих						29 558						
		Машины и механизмы						18 993						
		Оплата труда машинистов						6 918						
		Материалы						701						
		Накладные расходы						3 647						
		Сметная прибыль						18 709						
		Итого по разделу						12 801						
		Итого по разделу						61 068						
Раздел 5. Кабельная продукция														
6	12	21.1.08.03-0578	Кабели контрольные с медными жилами с поливинилхлоридной изоляцией	1000 м	0.3213	29 332.61	0.00	0.00	29 332.61	0	0	0	9 425	/ / 0
					<i>Количество = 0.3213 = 315/1000*1.02</i>									
7	13	21.1.08.03-0579	Кабели контрольные с медными жилами с поливинилхлоридной изоляцией	1000 м	4.59	38 348.22	0.00	0.00	38 348.22	0	0	0	176 018	/ / 0
					<i>Количество = 4.59 = 4500/1000*1.02</i>									
8	14	21.1.08.03-0586	Кабели контрольные с медными жилами с поливинилхлоридной изоляцией	1000 м	4.3605	50 351.14	0.00	0.00	50 351.14	0	0	0	219 556	/ / 0
					<i>Количество = 4.3605 = 4275/1000*1.02</i>									
9	15	21.1.08.03-0587	Кабели контрольные с медными жилами с поливинилхлоридной изоляцией	1000 м	5.1867	67 943.29	0.00	0.00	67 943.29	0	0	0	352 401	/ / 0
					<i>Количество = 5.1867 = 5085/1000*1.02</i>									
Итого по разделу "Кабельная продукция"														
		Прямые затраты						757 400	0	0	0	757 400	0.00	0.00
		Материалы						757 400						
		Итого по разделу						757 400						
Раздел 6. Оборудование														
10	16	ТКП Комплект Энерго № 400-18/СП от 24.10.2018	Шкаф КСЗ, УРОВ, АУВ (Комплект ступенчатых защит ДЭП 110-220 кВ с обменом разрешающими сигналами, УРОВ,	шт	3	393 997.01	0.00	0.00	393 997.01	0	0	0	1 181 991	/ / 0
					<i>eOB = 393 997.01 = 1783108.99/4.58 [Письмо Минстрой РФ от 15.11.2018г. №45824-ДВ/09] + 4671.90 [ЭСР 1.2%]</i>									

11	17	ТКП Комплект "Энерго" № 406- 18/СП от 24.10.2018	Шкаф КСЗ, УРОВ, АУВ (Комплект стационарных защит ДЭП 110-220 кВ с обменом разрешающими сигналами, УРОВ, сОБ - 393 997,01 = 1783,08,994,58/Письмо Минэнерго РФ от 15.11.2018г. №45824-ДВ/09) + 4671,90/ЭСП 1,2%)	шт	3 393 997,01	0,00	0,00	0,00	0,00	393 997,01	1 181 991	0	0	0	1 181 991	0	0
Итого по разделу "Оборудование"																	
Прямые затраты																	
Оборудование																	
Итого по разделу																	
2 363 982																	
2 363 982																	
2 363 982																	

Электромонтажные работы: на других объектах - НР=(95%), НРбаз=(95%), СП=(65%), СПбаз=(65%)																	
Оплата труда рабочих																	
Машины и механизмы																	
Материалы																	
Итого																	
Итого по виду работ																	
Бетонные и железобетонные сборные конструкции и строительство: промышленном - НР=(130%), НРбаз=(130%), СП=(85%), СПбаз=(85%)																	
Оплата труда рабочих																	
Машины и механизмы																	
Материалы																	
Итого																	
Итого по виду работ																	
Смещение свая, радиационный и тепловый: монтаж радиационного и электрического оборудования - НР=(92%), НРбаз=(92%), СП=(65%), СПбаз=(65%)																	
Оплата труда рабочих																	
Машины и механизмы																	
Материалы																	
Итого																	
Итого по виду работ																	
Сметная стоимость по элементам строительства																	
Всего по строительным работам																	
Всего по монтажным работам																	
Всего по оборудованию																	
Итого по всем разделам																	
Прямые затраты																	
Оплата труда рабочих																	
Эксплуатация машин																	
Оплата труда машинистов																	
Материальные ресурсы																	
Оборудование																	
Фонд оплаты труда (справочно)																	
Накладные расходы																	
Сметная прибыль																	
Итого																	
3 296 684																	
71 385																	
861 317																	
2 363 982																	
3 296 684																	
3 200 151																	
51 195																	
16 080																	
1 659																	
768 894																	
2 363 982																	
52 854																	
57 826																	
38 707																	

Затраты труда																	
Затраты труда рабочих																	
Затраты труда машинистов																	
Всего по смете																	
5 497																	
5 368																	
129																	
3 296 684																	

Локальная смета № 02-02-03

Релейная защита и автоматика (ЗИП и проверочное оборудование) ПС 500 кВ Означенное
(Наименование работ и затрат, наименование объекта)

Адрес объекта:
Основание: П5000280-119-03-2018-ИОС1.2

Сметная стоимость: 780,097 тыс руб.
Нормативная трудоемкость: 0,00 чел. час
Средства на оплату труда: 0,000 тыс руб.

Составлен(а) в уровне цен на: 2000 г.
С использованием:

№ п/п	№ по см.	Обоснование	Наименование работ и затрат	Ед. изм.	Кол-во единиц	Стоимость единицы, руб.			Общая стоимость, руб.			Т/з Осн. руб. (на ед / Всего)					
						ВСЕГО	основной з/пл	экспл. машин	В том числе	основной з/пл	экспл. машин		материалы				
						8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Раздел 1. ЗИП																	
1	1	ТКП КомплектЭнерго № 400-18/СП от 24.10.2018	Терминал КСЗ, УРОВ, АУВ, БЭ2704	шт	1	155 335,37	0,00	0,00	0,00	155 335,37	0	0	0	155 335	0	0	
						еОБ = 155 335,37 = 703000,00/4,58 [Письмо Минстроя РФ от 15.11.2018г №4382-ДВ/09] + 1841,92 [ЭСР 1,2%]											
2	2	ТКП КомплектЭнерго № 400-18/СП от 24.10.2018	Терминал КСЗ, БЭ2704	шт	1	155 335,37	0,00	0,00	0,00	155 335,37	0	0	0	155 335	0	0	
						еОБ = 155 335,37 = 703000,00/4,58 [Письмо Минстроя РФ от 15.11.2018г №4382-ДВ/09] + 1841,92 [ЭСР 1,2%]											
Итого по разделу "ЗИП"										310 670	0	0	0	310 670	0,00	0,00	
Прямые затраты										310 670							
Оборудование										310 670							
Итого по разделу										310 670							
Раздел 2. Проверочное оборудование.																	

3	ТКП Комплект Энерго " № 400-18/СП от 24.10.2018	Проверочное оборудование в составе: Испытательный комплект СМС310 P-App (VE003002), Mini Wireless USB адаптер	к-т	1	469 427.32	0,00	0,00	0,00	469 427.32	469 427	0	0	0	469 427	0	0
Итого по разделу "Проверочное оборудование." еОБ = 469 427.32 = 2124483.33/4.58 (Письмо Минстрой РФ от 15.11.2018г. №45824-ДВ/09) + 5566.33 (ЗСР 1.2%)																
		Прямые затраты								469 427	0	0	0	469 427	0,00	0,00
		Оборудование								469 427						
		Итого по разделу								469 427						
Сметная стоимость по элементам строительства																
		Всего по оборудованию								780 097						
		Итого по всем разделам								780 097						
		Прямые затраты								780 097						
		Оборудование								780 097						
		Всего по смете								780 097						

Локальная смета № 02-02-04

Демонтижные работы ПЭС 500 кВ Омичинское

(Наименование работ и затрат, наименование объекта)

Адрес объекта:

Основа: П15000280-119-03-2018-ПЛОС

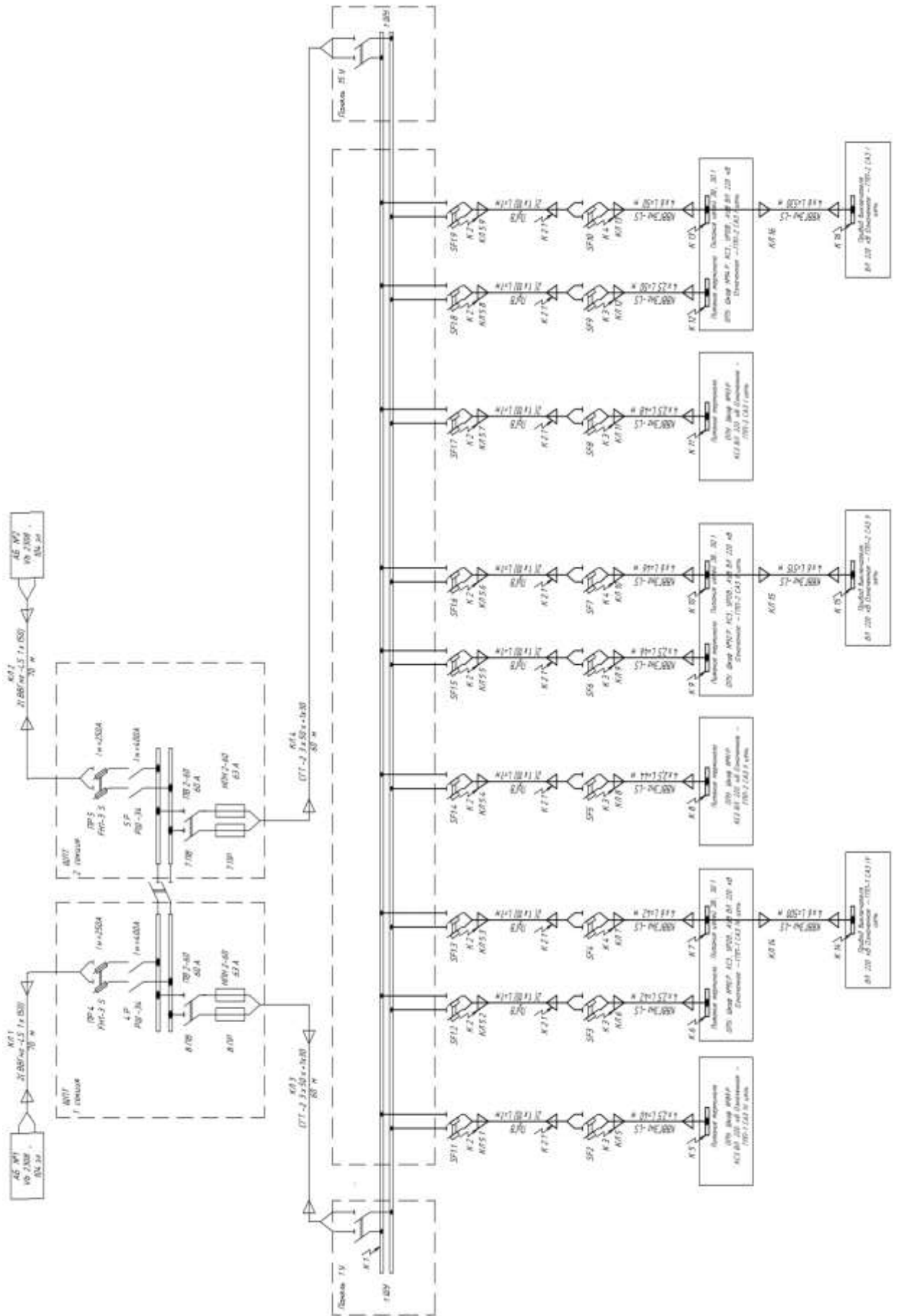
Сметная стоимость:
 3,082 тыс руб.
 Нормативная трудоемкость:
 73,21 чел. час
 Средства на оплату труда:
 0,755 тыс руб.

Составлен(а) в уровне цен на 2000 г.

С использованием: СНиС ФЕР-2001 (Ред.2017г.) от 2018.01.10 в ценах 2000(01)

№ п/п	Обоснование	Наименование работ и затрат	Ед. изм.	Кол-во единиц	Стоимость единицы, руб.						Общая стоимость, руб.				Т/з мех. (на ед / Всего)			
					ВСЕГО	основной з/пл	в т.ч. з/пл машин	материалы	ВСЕГО	основной з/пл	в т.ч. з/пл маш.	материалы						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Раздел 1, Монтаж в ОПУ																		
1	ФЕРм 08-03-571-02	Шит, собираемый из отдельных панелей и блоков управления,	м	5,6	329,18	114,26	214,92	20,60	0,00	1 844	640	1 204	115	0	11.5182	1.5552	8.71	
<i>Количество = 5,6 = 0,8*7</i>																		
КОТ=1,2*1,35*0,3=0,486, кЗМ=1,2*1,35*0,3=0,486, кОТМ=1,2*1,35*0,3=0,486, кСР=0=0, кСБ=0=0, кЗТ=1,2*1,35*0,3=0,486, кЗТМ=1,2*1,35*0,3=0,486, НР=95%=717 руб, СП=65%=491 руб																		
Приказ 81/пр от 2017.02.09 Пр.2 т.2 п.1.2_1																		
Реконструкция объектов капитального строительства. Производство работ осуществляется в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи, вблизи объектов, находящихся под напряжением, внутри объектов капитального строительства, внутренняя проводка в которых не обесточена, если это приводит к ограничению действий рабочих в соответствии с требованиями техники безопасности.																		
ПЗ=1, ОТ=1,35, ЗМ=1,35, ОТМ=1,35, МР=1, ОБ=1, ЗТ=1,35, ЗТМ=1,35																		
Приказ 81/пр от 2017.02.09 Пр.2 т.2 п.1.2_1																		
Реконструкция объектов капитального строительства. Производство работ осуществляется в помещениях эксплуатируемого объекта капитального строительства без остановки рабочего процесса5 предприятия, при этом: в зоне производства работ имеются один из перечисленных ниже факторов: движенье транспорта по внутришовым путям, действующее технологическое или лабораторное оборудование, мебель и иные загромождающие помещения предметы.																		
Оборудование, не пригодное для дальнейшего использования, (предназначено в мом) без разборки и резки																		
ПЗ=1, ОТ=0,3, ЗМ=0,3, ОТМ=0,3, МР=0, ОБ=0, ЗТ=0,3, ЗТМ=0,3																		
Табл. 3 п.4																		
Итого по разделу "Монтаж в ОПУ"					1 844	640	1 204	115	0	11.5182	1.5552	8.71						
Прямые затраты					1 844													
Оплата труда рабочих					640													
Машины и механизмы					1 204													
Оплата труда машинистов					115													
Накладные расходы					717													
Сметная прибыль					491													
Итого по разделу					3 052													

Электромонтажные работы: на других объектах - НР=(95%) , НРбаз=(95%) , СП=(65%) , СПбаз=(65%)		705							
	Оплата труда рабочих	1 205							
	Машины и механизмы	0							
	Материалы	1 910							
	Итого	3 222							
	Итого по виду работ	3 052							
	Сметная стоимость по элементам строительства								
	Всего по монтажным работам	3 052							
	Итого по всем разделам	3 052							
	Прямые затраты	1 844							
	Оплата труда рабочих	640							
	Эксплуатация машин	1 204							
	Оплата труда машинистов	115							
	Фонд оплаты труда (справочно)	755							
	Накладные расходы	717							
	Сметная прибыль	491							
	Затраты труда	74							
	Затраты труда рабочих	65							
	Затраты труда машинистов	9							
	Всего по смете	3 052							



Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»
институт
«Электроэнергетика»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий кафедрой
Колос А. В. Колоский
подпись инициалы, фамилия
« 02 » нояб 2022 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
код – наименование направления

Реконструкция системы РЗА в ОРУ 220 кВ
ПС «Озваченное – 500»
тема

Руководитель Е. В. Платонова к.т.н., доцент
подпись, дата инициалы, фамилия

Выпускник В. А. Бурдуковская
подпись, дата инициалы, фамилия

Нормоконтролер И. А. Кычакова
подпись, дата инициалы, фамилия

Абакан 2022