

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, машиностроение и автомобильный транспорт»
 кафедра

УТВЕРЖДАЮ
 Заведующий кафедрой

_____ А.С. Горопов _____
 подпись инициалы, фамилия
 « _____ » _____ 2024 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код – наименование направления

Реконструкция РУ-220 кВ Майнской ГЭС филиала ПАО «РусГидро» -
«Саяно-Шушенская ГЭС им. П.С. Непорожного»

тема

Руководитель	_____	доцент, к.э.н.	Н.В. Дулесова
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Выпускник	_____		К.А. Митрофанов
	подпись, дата		инициалы, фамилия
Нормоконтролер	_____		И.А. Кычакова
	подпись, дата		инициалы, фамилия

Абакан 2024

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, машиностроение и автомобильный транспорт»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ А.С. Торопов

подпись

инициалы, фамилия

« _____ » _____ 2024 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы

Студенту Митрофанову Кириллу Андреевичу

(фамилия, имя, отчество)

Группа ЗХЭн 19-1 (3-19)

Направление 13.03.02

(код)

Электротехника и электротехника

(наименование)

Тема выпускной квалификационной работы: Реконструкция РУ-220 кВ Майнской ГЭС филиала ПАО «РусГидро» - «Саяно-Шушенская ГЭС им. П.С. Непорожного»

Утверждена приказом по институту № 260 от 07.05.2024 г.

Руководитель ВКР Дулесова Н.В., доцент кафедры ЭМиАТ

(инициалы, фамилия, должность и место работы)

Исходные данные для ВКР Существующая схема РУ-220 кВ и подстанции, характеристики электрооборудования и электроустановок, перечень потребителей электроэнергии, электрические нагрузки.

Перечень разделов выпускной квалификационной работы:

Введение

1 Теоретическая часть

1.1 Характеристика Майнской ГЭС и ее электрической части

1.2 Обоснование реконструкции РУ-220 кВ

2 Аналитическая часть

2.1 Анализ перспективных конструкций выключателей 220 кВ.

Достоинства и недостатки. Сравнительная характеристика

2.2 Анализ перспективных конструкций разъединителей 220 кВ.

Достоинства и недостатки. Сравнительная характеристика

2.3 Анализ перспективных конструкций трансформаторов тока и напряжения 220 кВ. Достоинства и недостатки. Сравнительная характеристика

2.4 Анализ перспективных конструкций комплектного распределительного элегазового устройства

3 Практическая часть

3.1 Определение токов нормального и утяжеленного режимов присоединений подстанции

3.2 Расчет токов короткого замыкания на шинах подстанции

3.3 Выбор оборудования РУ-220 кВ

3.4 Локальная смета реконструкции РУ-220 кВ

Заключение

Список использованных источников

Перечень обязательных листов графической части

1. Схема электрических соединений Майнской ГЭС

2. Однолинейная схема РУ-220 кВ после реконструкции

3. План РУ-220 кВ

Руководитель ВКР

/ Н.В. Дулесова

(подпись, инициалы и фамилия)

Задание принял к исполнению

/ К.А. Митрофанов

(подпись, инициалы и фамилия студента)

«05» февраля 2024 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Реконструкция РУ-220 кВ Майнской ГЭС филиала ПАО «РусГидро» - «Саяно-Шушенская ГЭС им. П.С. Непорожного»» содержит 67 страниц текстового документа, 39 использованных источников, 3 листа графического материала, 3 приложения.

РЕКОНСТРУКЦИЯ, РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО, ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ, ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ РАЗЪЕДИНИТЕЛЬ, ТРАНСФОРМАТОР ТОКА, ТРАНСФОРМАТОР НАПРЯЖЕНИЯ, ТОК КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ.

Объект исследования – электрическая часть РУ-220 кВ Майнской ГЭС филиала ПАО «РусГидро» - «Саяно-Шушенская ГЭС им. П.С. Непорожного».

Предмет исследования – методики выбора и проверки электрооборудования электрических станций и подстанций.

Целью бакалаврской работы является реконструкция электрической части РУ-220 кВ Майнской ГЭС филиала ПАО «РусГидро» - «Саяно-Шушенская ГЭС им. П.С. Непорожного» с учетом замены существующих маломасляных выключателей типа ВМТ-220Б-20/1000 на элегазовые ELK-SP14 и применения современного высоковольтного оборудования 220 кВ.

Задачи ВКР:

– характеристика Майнской ГЭС, ее электрической части и обоснование реконструкции РУ-220 кВ;

– расчет токов короткого замыкания с целью выбора высоковольтного оборудования РУ-220 кВ;

– выбор основного электрооборудования РУ-220 кВ: трансформаторов тока, трансформаторов напряжения, высоковольтных выключателей и разъединителей на основании расчетных рабочих и максимальных токов, а также токов короткого замыкания.

Актуальность. Модернизация распределительных устройств подстанций является одним из наиболее ответственных этапов и именно на этой стадии должны быть предусмотрены мероприятия по повышению надежности. Мероприятия заключаются в обоснованном выборе схем распределительных устройств, оборудования и электрических аппаратов, стойких к токам короткого замыкания.

Практическая значимость работы обусловлена тем, что предложенные виды электрооборудования и технические решения схемы электроподстанции могут быть использованы для проектирования и реконструкции электрической части электростанций, распределительных устройств и подстанций с высшим напряжением 110-220 кВ.

THE ABSTRACT

Final qualifying work on the topic "Reconstruction of the 220 kV switchgear of the Mainskaya HPP of the branch of PJSC RusHydro - Sayano-Shushenskaya HPP named after. P.S. Neporozhny" contains 67 pages of text document, 39 used sources, 3 sheets of graphic material, 3 appendixes.

RECONSTRUCTION, SWITCH DEVICE, HIGH-VOLTAGE BREAKER, HIGH-VOLTAGE DISCONNECTOR, CURRENT TRANSFORMER, VOLTAGE TRANSFORMER, SHORT-CIRCUIT CURRENT.

The object of study is the electrical part of the 220 kV switchgear of the Mainskaya HPP of the branch of PJSC RusHydro - Sayano-Shushenskaya HPP named after. P.S. Unempty."

The subject of the research is methods for selecting and testing electrical equipment of power stations and substations.

The purpose of the bachelor's thesis is the reconstruction of the electrical part of the 220 kV switchgear at the Mainskaya HPP of the branch of PJSC RusHydro - Sayano-Shushenskaya HPP named after. P.S. Neporozhny" taking into account the replacement of existing low-oil circuit breakers of type VMT-220B-20/1000 with SF6 circuit breakers ELK-SP14 and the use of modern high-voltage equipment 220 kV.

Tasks of the WRC:

- characteristics of the Mainskaya HPP, its electrical part and justification for the reconstruction of the 220 kV switchgear;

- calculation of short circuit currents in order to select high-voltage equipment RU-220 kV;

- selection of the main electrical equipment of RU-220 kV: current transformers, voltage transformers, high-voltage switches and disconnectors based on the calculated operating and maximum currents, as well as short-circuit currents.

Relevance. The design and reconstruction of substation switchgear is one of the most critical stages, and it is at this stage that measures to improve reliability should be provided. The measures consist of a reasonable selection of switchgear circuits, equipment and electrical devices that are resistant to short circuit currents.

The practical significance of the work is due to the fact that the proposed types of electrical equipment and technical solutions for the electrical substation circuit can be used for the design and reconstruction of the electrical part of power plants, switchgears and substations with a higher voltage of 110-220 kV.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 Теоретическая часть.....	8
1.1 Характеристика Майнской ГЭС и ее электрической части.....	8
1.2 Обоснование реконструкции РУ-220 кВ	10
2 Аналитическая часть.....	12
2.1 Анализ перспективных конструкций выключателей 220 кВ. Достоинства и недостатки. Сравнительная характеристика	12
2.2 Анализ перспективных конструкций разъединителей 220 кВ. Достоинства и недостатки. Сравнительная характеристика	19
2.3 Анализ перспективных конструкций трансформаторов тока и напряжения 220 кВ. Достоинства и недостатки. Сравнительная характеристика	24
2.4 Анализ перспективных конструкций комплектного распределительного элегазового устройства	40
3 Практическая часть	46
3.1 Определение токов нормального и утяжеленного режимов присоединений подстанции	46
3.2 Расчет токов короткого замыкания на шинах подстанции.....	47
3.3 Выбор оборудования РУ-220 кВ	52
3.4 Локальная смета реконструкции РУ-220 кВ	61
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	62
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	63
ПРИЛОЖЕНИЕ А	68
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	69
ПРИЛОЖЕНИЕ В	70
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	70

ВВЕДЕНИЕ

Проектирование и реконструкция распределительных устройств подстанций является одним из наиболее ответственных этапов и именно на этой стадии должны быть предусмотрены мероприятия по повышению надежности. Мероприятия заключаются в обоснованном выборе схем распределительных устройств, оборудования и электрических аппаратов, стойких к токам короткого замыкания.

Правильное проектирование, реконструкция и эксплуатация электрических подстанций, соблюдение техники безопасности в совокупности с протекающими процессами генерации, передачи и распределения электроэнергии будет способствовать эффективному функционированию подстанции и развитию электрической станции, в ведении которой находится такие объекты.

Объект исследования – электрическая часть РУ-220 кВ Майнской ГЭС филиала ПАО «РусГидро» - «Саяно-Шушенская ГЭС им. П.С. Непорожного».

Предмет исследования – методики выбора и проверки электрооборудования электрических станций и подстанций.

Целью бакалаврской работы является реконструкция электрической части РУ-220 кВ Майнской ГЭС филиала ПАО «РусГидро» - «Саяно-Шушенская ГЭС им. П.С. Непорожного» с учетом замены существующих маломасляных выключателей типа ВМТ-220Б-20/1000 на элегазовые ELK-SP14 и применения другого современного оборудования 220 кВ.

Задачи ВКР:

- характеристика Майнской ГЭС, ее электрической части и обоснование реконструкции РУ-220 кВ;

- расчет токов короткого замыкания с целью выбора высоковольтного оборудования РУ-220 кВ;

- выбор основного электрооборудования РУ-220 кВ: трансформаторов тока, трансформаторов напряжения, высоковольтных выключателей и разъединителей на основании расчетных рабочих и максимальных токов, а также токов короткого замыкания.

1 Теоретическая часть

1.1 Характеристика Майнской ГЭС и ее электрической части

Майнская ГЭС, проект которой выполнен Ленгидропроектом, была введена в эксплуатацию в 1985 году. Майнский гидроузел, установленной мощностью 321 МВт, является контррегулятором Саяно-Шушенской ГЭС, предназначенным для сглаживания колебаний расхода и уровня воды в нижнем бьефе Саяно-Шушенской ГЭС, а также для питания потребителей, расположенных в районе г. Саяногорска и п. Шушенское. Это диктует особые требования к эксплуатации ГЭС.

Объемно-планировочное формирование пространства станционной площадки обусловлено основным функционально-технологическим объектом гидроузла, а именно:

- комплексом здания ГЭС с монтажной площадкой;
- планируемой электропристройкой с помещением РУ 220 кВ;
- РУ 220 кВ с трансформаторной площадкой, расположенными на мосту с нижнего бьефа.

Гидростанция длиной 130 м занимает левую часть русла реки. Доминирующим сооружением гидроузла является плотина и примкнувшее к ней здание ГЭС со служебно-технологическим корпусом под единой крышей, что позволяет зрительно объединить два здания в единый объем, тем самым более просто и лаконично решив объемно-пространственную композицию гидроузла.

Выразительным элементом плотины является поверхностный водосброс, решенный четким ритмом бетонных устоев. Гребень плотины на отм. 329,000, по которому проходит автодорога, возвышается над основной отметкой земли пристанционной площадки со стороны нижнего бьефа на 13 м, над правобережной поймой на 19 м.

Планировочная организация территории гидроузла сформирована тех-

нологией его основных сооружений и разделена на конкретные функциональные зоны: здание ГЭС с монтажной площадкой, корпусом электрических устройств и площадкой для РУ 220 кВ; служебно-технологическим корпусом, примыкающим к зданию ГЭС через входной вестибюль; РУ 220 кВ с трансформаторной площадкой, расположенными на мосту с нижнего бьефа; ОРУ 35 кВ; территориями вспомогательных зданий и сооружений; плотины и бассейн водохранилища.

Присоединение к существующим токопроводам главных выводов генераторов 13,8 кВ, а также отпайка к оборудованию СН, осуществляется пофазными токопроводами с медной шиной круглого сечения в литой изоляции.

Выдача мощности Майнской ГЭС осуществляется по двухцепной ВЛ 220 кВ по правому берегу р. Енисей с присоединением ее глухой отпайкой к двухцепной ВЛ-220 кВ «Шушенское–Означенное».

Выдача мощности Майнской ГЭС в энергосистему осуществляется глухими отпайками от КВЛ 220 кВ Шушенская-опорная – Означенное-районная I и II цепь с отпайкой на Майнскую ГЭС. Техническое перевооружение и реконструкция в прилегающей сети 220 кВ была проведена ПАО «ФСК ЕЭС» в 2011 – 2012 годах по титулу «Комплексное техническое перевооружение и реконструкция ПС 220/110/35/10/6 кВ «Означенное – Районное» ГПП-1». В результате чего, было произведено деление каждой из двух линий 220 кВ, соединяющих ПС 500 кВ Означенное и ПС 220 кВ Шушенская-опорная, на отдельные линии. Подключение вновь образовавшихся линий к ПС 220 кВ Означенное-районная было выполнено через выключатели 220 кВ.

На Майнской ГЭС установлены три блока «генератор-трансформатор» без блочных выключателей на стороне 220 кВ. Блоки «генератор-трансформатор» объединены на напряжении 220 кВ и соединяются по схеме «мостика» с одним секционным выключателем и выключателями линий.

Гидрогенераторы Г1÷Г3 Майнской ГЭС подключены к блочным повышающим трансформаторам типа ТДЦ-125000/220 через комплексы элегазовые генераторных выключателей. Подключение блоков генератор-трансформатор

ГТ1÷ГТ3 к энергосистеме осуществляется через комплектное распределительное устройство РУ-220 кВ, выполненное по схеме «модифицированного» мостика - с двумя выключателями на линиях 220 кВ и двумя выключателями в «плечах» присоединения блоков ГТ1, ГТ2, ГТ3.

Схема электрических соединений Майнской ГЭС представлена в Приложении А.

1.2 Обоснование реконструкции РУ-220 кВ

В процессе эксплуатации Майнской ГЭС, существующая (проектная) схема РУ 220 кВ с точки зрения надёжности и ремонтпригодности выявила ряд существенных недостатков и требовала реконструкции. Нормативный срок службы электротехнического оборудования РУ 220 кВ вышел, поэтому стала актуальной замена электрооборудования на более современное и надежное.

Существующее РУ 220 кВ размещено на трансформаторной площадке вдоль здания ГЭС со стороны нижнего бьефа. Между секциями шин и в цепях ВЛ 220 кВ установлены маломасляные выключатели типа ВМТ-220Б-20/1000, а также разъединители РГЗ-2(1)-220/1000, трансформаторы тока ТФЗМ-220Б-4 У1, трансформаторы напряжения НКФ-220, ограничители перенапряжения ОПН-1-220 У1, высокочастотные заградители ВЗ-1000-0.6 и конденсаторы связи. Между блочными трансформаторами установлены противопожарные перегородки. Порталы ошиновок выполнены из трубчатых конструкций.

Таким образом, после почти 30-ти лет эксплуатации электротехническое оборудование РУ 220 кВ физически и морально устарело, и требует замены его более современным и надежным.

Принято решение о применении на Майнской ГЭС элегазового комплектного распределительного устройства (КРУЭ 220 кВ), как наиболее современного и надежного в настоящее время высоковольтного оборудования, тре-

бующего незначительных эксплуатационных затрат. То есть в рамках реконструкции РУ 220 кВ предлагается использование комплектного распределительного элегазового устройства ELK14 220 кВ.

Вместе с тем, при применении КРУЭ изменяется и главная схема электрических соединений, в которой учтены существующие недостатки при эксплуатации и оперативных переключениях, а также при выводе в ремонт высоковольтного оборудования распределительного устройства 220 кВ.

КРУЭ 220 кВ планируется к размещению в электротехнической пристройке к зданию ГЭС на отм. 320,000 в осях 4-12; А-В. При этом осуществляется реконструкция строительной части на отм. 320,000 с целью организации помещения КРУЭ и вентиляционной камеры приточной и вытяжной вентиляции. Маслоприемники и разделительные противопожарные перегородки реконструкции и демонтажу также не подлежат.

Предлагается перспективная схема «модифицированного» мостика – с 2-мя выключателями в линиях 220 кВ и 2-мя выключателями в «плечах» присоединения блоков ГТ1, ГТ2 и ГТ3 с необходимым количеством трансформаторов тока и напряжения. Тип распределительного устройства (РУ) 220 кВ – комплектное элегазовое устройство (КРУЭ 220 кВ) производства фирмы АББ (Швейцария). Присоединения КРУЭ к линиям и блокам выполняются высоковольтным кабелем с медной жилой в изоляции из сшитого полиэтилена.

В рамках комплексной реконструкции Майнского РУ 220 кВ, работы по благоустройству и вертикальной не предусматриваются, за исключением отдельных проездов и площадок.

Помещение КРУЭ будет расположено на отм.320,000 в существующем здании электропристройки в осях 4-14, на площадях существующих ранее служебных помещений. Длина помещения КРУЭ составляет примерно 43 м, высота 4 м. Конструкции здания электропристройки удовлетворяют требованиям первой и второй групп предельных состояний.

2 Аналитическая часть

2.1 Анализ перспективных конструкций выключателей 220 кВ. Достоинства и недостатки. Сравнительная характеристика

В настоящее время широкую популярность из-за своей высокой надежности работы приобретают элегазовые выключатели.

ВГТ-220 (У1, УХЛ1*) (рисунок 2.1) – выключатель элегазовый колонковый (трехполюсное/однополюсное исполнение) предназначены, для выполнения коммутационных операций (включений и отключений), а также циклов АПВ при заданных условиях в нормальных и аварийных режимах в сетях трехфазного переменного тока 50 Гц с номинальным напряжением 220 кВ с заземленной нейтралью [2].

Особенности конструкции, следующие:

1) Выключатель состоит из трех полюсов (колонн), установленных на общей раме и управляемых одним пружинным приводом ППрМ или пружинно-гидравлическим приводом ППрГ-12. Возможно исполнение в однополюсном исполнении с управлением приводом ППрМ.

2) Конструкция взрывобезопасного исполнения.

3) Низкий уровень утечек - не более 0,5% в год.

4) Современные технологические и конструкторские решения в области применения и обработки материалов.

5) Стальные части выключателя и опорные металлоконструкции имеют коррозионно-стойкие покрытия.

6) Базовое исполнение выключателей без опорных металлоконструкций. Выключатели могут поставляться по заказу с высокими заводскими опорными стойками, а также с укороченными заводскими стойками для замены маломасляных выключателей серии ВМТ.

7) Сохранение электрической прочности изоляции выключателя при напряжении равном 168 кВ в случае потери избыточного давления газа в выключателе.

8) Отключение емкостных токов без повторных пробоев, низкие перенапряжения.

9) Низкий уровень звуковых шумов при срабатывании.

10) Наличие в приводе автоматического управления двух ступеней обогрева (антиконденсатный и основной) шкафа привода и контроль их исправности.

11) Комплектующие изделия (приборы), в том числе высококачественные покрышки, закупаются у ведущих, хорошо зарекомендовавших себя отечественных и зарубежных производителей.

12) Конструкция выключателя позволяет осуществлять поставку Заказчику продукции в удобной таре минимальных объемов при минимальных транспортных затратах, а также обеспечить удобный и оперативный монтаж и ввод в эксплуатацию. Монтаж и ввод в эксплуатацию выполняется под руководством шеф-инженера.



Рисунок 2.1 – Выключатель ВГТ-220

Преимущества ВГТ-220:

1) Сохранение электрической прочности изоляции выключателя при напряжении равном 168 кВ в случае потери избыточного давления газа в выключателе.

2) Отключение емкостных токов без повторных пробоев, низкие пере-напряжения.

3) Низкий уровень звуковых шумов при срабатывании (соответствует природоохранным требованиям).

4) Низкие динамические нагрузки на фундаментные опоры.

5) Надежность и безопасность пружинного привода ППрМ подтверждена многолетним опытом управления колонковыми выключателями.

6) Наличие в приводе автоматического управления двух ступеней обогрева (антиконденсатный и основной) шкафа привода и контроль их исправности.

7) Комплектующие изделия закупаются у ведущих, зарекомендовавших себя отечественных и зарубежных производителей.

8) Блочно-модульная конструкция выключателя позволяет осуществлять поставку заказчику продукции в удобной таре с минимальным объемом при минимальных транспортных затратах, а также обеспечить удобный и оперативный монтаж и ввод в эксплуатацию, которые выполняются под руководством шеф-инженера.

Технические характеристики выключателя ВГТ-220 представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Технические характеристики выключателя ВГТ-220

Наименование параметра	Значение (норма)
Номинальное напряжение, кВ	220
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	252
Номинальный ток, А	2000/3150
Номинальный ток отключения, кА	40
Нормированное процентное содержание апериодической составляющей, % не более	45
Нормированные параметры тока включения, кА · наибольший пик · начальное действующее значение периодической составляющей	102 40
Нормированные параметры сквозного тока короткого замыкания, кА: · наибольший пик (ток электродинамической стойкости), кА · среднеквадратичное значение тока за время его протекания, кА · время протекания тока короткого замыкания, с	102 40 3
Нормированный ток отключения не нагруженной воздушной линии, А	31,5
Нормированный ток отключения конденсаторной батареи, А	320
Собственное время отключения, при номинальном напряжении на элементах управления, мс, не более	38
Полное время отключения, при номинальном напряжении на элементах управления, мс, не более	55
Собственное время включения, при номинальном напряжении на элементах управления, мс, не более	60
Нормированная бестоковая пауза при АПВ, с	0,3
Разновременности замыкания и размыкания контактов полюсов с, не более · при включении · при отключении	0,005 0,0033

Окончание таблицы 2.1

Наименование параметра	Значение (норма)								
Удельная длина пути утечки, см/кВ	2,5								
Допустимый уровень утечки газа в год, % не более	0,5								
Давление элегаза (SF6) исполнения У1 или газовой смеси (SF6+CF4) исполнение УХЛ1* приведенное к 20°C, МПа, избыточное: · номинальное (заполнения) · срабатывания предупредительной сигнализации · блокировки управления (или автоматического отключения с блокировкой включения)	<table> <thead> <tr> <th>Sf6</th> <th>SF6+CF4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,4</td> <td>0,6</td> </tr> <tr> <td>0,35</td> <td>0,52</td> </tr> <tr> <td>0,32</td> <td>0,5</td> </tr> </tbody> </table>	Sf6	SF6+CF4	0,4	0,6	0,35	0,52	0,32	0,5
Sf6	SF6+CF4								
0,4	0,6								
0,35	0,52								
0,32	0,5								
Номинальное напряжение электромагнитов включения и отключения, В, постоянное	220/110								
Номинальное напряжение питание электродвигателя привода, В, · трехфазное переменное · однофазное переменное · постоянное переменное	<table> <tbody> <tr> <td>400 или 230</td> </tr> <tr> <td>230</td> </tr> <tr> <td>220</td> </tr> </tbody> </table>	400 или 230	230	220					
400 или 230									
230									
220									
Ток электромагнитов включения и отключения при номинальном напряжении, А, не более	3/5								
Номинальное напряжение питания устройств подогрева, В, переменное однофазное	230								
Число пар коммутирующих контактов для внешних цепей: · нормально открытых; · нормально закрытых.	<table> <tbody> <tr> <td>12</td> </tr> <tr> <td>12</td> </tr> </tbody> </table>	12	12						
12									
12									
Температура включения устройств основного подогрева привода, °С	5 ± 2								
Габариты (без сборной опорной конструкции), мм, длина, ширина, высота трехполюсное / однополюсное исполнение	6500x760x7562 / 1240x950x7070								
Масса выключателя, кг (трехполюсное / однополюсное исполнение)	4080/1510								

Аналогичную конструкцию и технические характеристики имеют элегазовые выключатели типа ВГТ-УЭТМ-220 (рисунок 2.2) [1], но им присущи следующие свои индивидуальные особенности и преимущества:

- пониженные усилия оперирования выключателем,
- использование в соединениях двойных уплотнений,
- современные технологические и конструкторские решения, а именно:

1) Высокая заводская готовность, простой, быстрый монтаж и ввод в эксплуатацию.

2) Высокая коррозионная стойкость покрытий, применяемых для стальных конструкций выключателя.

3) Высокий коммутационный ресурс, заданный для каждого полюса, превосходящий в 2-3 раза коммутационный ресурс лучших зарубежных аналогов (в расчете на каждый полюс), в сочетании с высоким механическим ресурсом, повышенными сроками службы уплотнений и комплектующих, обеспечивают при нормальных условиях эксплуатации не менее, чем 25-летний срок службы до первого ремонта.

4) Возможность отключения токов нагрузки при потере избыточного давления газа в выключателе.

5) Сохранение электрической прочности изоляции выключателя при напряжении равном 1,15 наибольшего фазного напряжения в случае потери избыточного давления газа в выключателе.

6) Отключение емкостных токов без повторных пробоев, низкие перенапряжения.

7) Из-за малой электрической емкости делителей напряжения (250 пФ на фазу) не создают опасных феррорезонансных перенапряжений.

8) Наличие двух дугогасительных устройств на фазу в выключателях с делением отключаемой дуги на две части, с соответствующим снижением отключаемой каждым разрывом мощности, обеспечивает высокий коммутационный ресурс, вдвое превосходящий, в расчете на каждую фазу, ресурсные показатели выключателей лучших фирм на данный класс напряжения.

9) Низкий уровень шума при срабатывании (соответствует высоким природоохранным требованиям).

10) Низкие динамические нагрузки на фундаментные опоры.

11) Выключатели базового исполнения с укороченными заводскими опорными металлоконструкциями полностью взаимозаменяемы по установочным размерам (на фундамент) с маломасляными выключателями серии ВМТ.

12) Наличие в приводе автоматического управления 2-мя ступенями обогрева шкафа и контроль их исправности.

13) Возможность поставки устройства системы диагностики выключателей, предназначенного для учета коммутационного ресурса и/или синхронного управления выключателем, а также для мониторинга технического состояния выключателя.

14) Возможность поставки выключателя с отдельным управлением полюсами и системой синхронного управления выключателем.



Рисунок 2.2 – Выключатель ВГТ-УЭТМ-220

Недостатки элегазовых выключателей:

1) требуется более внимательное отношение к использованию и учету элегаза;

- 2) высокие необходимые условия к качеству элегаза;
- 3) необходимость специально подготовленных устройств для заполнения, перекачки и фильтрации элегаза;
- 4) относительно высокая стоимость элегаза;
- 5) сложность и накладность изготовления - при производственном изготовлении неизбежно нужно соблюдать высокое качество аппарата;
- 6) дороговизна конструкции и второстепенных элементов;
- 7) при выводе из строя выключателя в режиме ЧП, починка данного аппарата может быть не актуальной.

Тем не менее, достоинства указанных выключателей все же перекрывают их недостатки, что также оправдывается уже наработанной практикой эксплуатации.

2.2 Анализ перспективных конструкций разъединителей 220 кВ. Достоинства и недостатки. Сравнительная характеристика

Требования к разъединителям и заземлителям переменного тока на напряжение свыше 1 кВ промышленной частоты 50 Гц, а также на приводы к ним устанавливает ГОСТ Р 52726-2007, разработанный ЗАО «ЗЭТО» [3].

Одна из перспективных конструкций разъединителей – это разъединители серий РГП, РГ на напряжение 220 кВ. РГП-220 (УХЛ1) – разъединители горизонтально-поворотного типа, имеется полимерная изоляция, соответствующая IV СЗА по ГОСТ 28856. Они имеют стандартное назначение и область применения, что и у разъединителей предыдущих поколений. Выпускаются разъединители РГП-220 (рисунок 2.3) без заземлителей, с одним заземлителем со стороны ножа контактного с ламелями (ведущей колонки), с одним заземлителем со стороны ножа контактного с «кулачком» (ведомой колонки), с двумя заземлителями [22].



Рисунок 2.3 – Разъединитель горизонтально-поворотного типа РГП-220

Особенности конструкции РГП-220, РГП-СЭЩ-220, РГ-220 [20]:

- в разъединителях применены высокопрочные фарфоровые и полимерные изоляторы, рекомендованные ОАО «ФСК ЕЭС», их степень загрязнения может варьироваться от I до IV по ГОСТ 9920;
- изоляция разъединителей РГ по сравнению с разъединителями РГН и РДЗ выдерживает более высокие испытательные напряжения грозового импульса относительно земли и между полюсами, поэтому они могут эксплуатироваться в высокогорных районах;
- надежные контактные системы и соединил обеспечивают работоспособность под действием эксплуатационных нагрузок и высокую стойкость к токам;
- все контактные соединения токоведущего контура имеют покрытие гальваническим оловом или серебром, в разъёмных контактах применено пластинчатое серебро с механическим ресурсом 10000 циклов;
- имеются необходимые средства защиты контактных частей для обеспечения надежной работы в условиях сильного обледенения (30 мм);
- заземлители с надежной фиксацией во включенном положении от сил

отброса при токах к.з;

- имеется механическая блокировка;
- минимальные усилия при оперировании за счет использования во всех узлах трения необслуживаемых подшипниковых узлов с закрытыми шарико-подшипниками и шарнирных соединений, не требующих смазки;
- надежная противокоррозионная защита черных металлов–горячим или термодиффузионным цинком, а цветных металлов–гальваническим оловом;
- экранная арматура, противогололедные козуха-изалюминиевых сплавов;
- разъединители оснащены электродвигательными приводами ПД –14 или ручными приводами ПРГ – 6;
- ручные привода ПРГ – 6 имеют несъемные складывающиеся рукоятки;
- приводы укомплектованы коммутирующими устройствами типа КСАМ 12 и электромагнитной блокировкой, располагаются в удобной для оперирования и обслуживания зоне на кронштейне, входящем в комплект поставки;
- поставки разъединителей осуществляются укрупненными узлами, комплектуются соединительными элементами, позволяющим проводить монтаж без применения сварки; по заказу поставляются рамы и опоры под установку разъединителя;
- присоединительные размеры разъединителей серии РГ, РГП совпадают с заменяемой серией РДЗ;
- все разъединители серии РГ, РГП обладают высокими эксплуатационными качествами, исключая необходимость обслуживания в течение всего срока службы.

Основные технические данные разъединителей РГП-220 представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Основные технические данные разъединителей РГП-220

Наименование параметра	РГП-220/1000 УХЛ1 РГП-К-220/1000 УХЛ1	РГП-220/2000 УХЛ1 РГП-К-220/2000 УХЛ1
Номинальное напряжение, кВ	220	
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	252	
Номинальный ток, А	1000	2000
Номинальный кратковременный выдерживаемый ток (ток термической стойкости), кА	31,5	40
Наибольший пик номинального кратковременного выдерживаемого тока (ток электродинамической стойкости), кА	80	100
Время протекания номинального кратковременного выдерживаемого тока, с: - для главных ножей - для заземлителей	3 1	
Номинальная частота, Гц	50	
Допустимая механическая нагрузка на выводы, Н	1000	1200
Испытательное одноминутное переменное напряжение в сухом состоянии и под дождем, кВ: - относительно земли и между полюсами; - между разомкнутыми контактами одного и того же полюса	460 330	

ЗАО «Группа компаний «Электрощит» – ТМ Самара» выпускает разъединители переменного тока наружной установки на напряжение 220 кВ серии РН СЭЩ [21], рисунок 2.4. Параметры и условия эксплуатации идентичны указанным выше соответствующим факторам для РГП-220. Разъединители РН СЭЩ 220 кВ могут иметь повышенный уровень изоляции (полимерный изо-

лятор), соответствующий полному грозовому импульсу 550 кВ или стандартную изоляцию (фарфоровый изолятор). Возможна установка специальных защитных козырьков.

Разъединители изготавливаются в однополюсном и трехполюсном исполнении. Конструкция разъединителей, как для главных, так и для заземляющих ножей, предусматривает установку следующих типов приводов: ПД СЭЩ (двигательный), ПР(М) СЭЩ (ручной) [19].

Преимущества разъединителей серии РН СЭЩ 220 кВ:

- необслуживаемые упругие разъемные контакты из бронзы высокой электропроводности;
- поворотные выводные контакты без применения гибких связей;
- бесступенчатая регулировка колонок изоляторов;
- покрытие металлоконструкций горячим цинком;
- удобная сборка при монтаже, без применения сварки;
- безотказная работа в условиях сильного обледенения;
- ручные и двигательные привода;
- энергоэффективный обогрев шкафа привода;
- конструкция из отечественных материалов и комплектующих.

Есть современные разъединители на напряжение 220 кВ типа РПД(РПДО)-УЭТМ, РГД, но, по сути, это разъединители других российских производителей с практически идентичной конструкцией и техническими характеристиками [23, 24].



Рисунок 2.4 – Разъединитель серии РН СЭЩ 220 кВ

2.3 Анализ перспективных конструкций трансформаторов тока и напряжения 220 кВ. Достоинства и недостатки. Сравнительная характеристика

Возрастающие требования пожаробезопасного оборудования и запрет применения негорючих изоляционных жидкостей породили развитие элегазовых измерительных трансформаторов, применение которых в нашей стране началось сравнительно недавно (2012 г.) [8].

В элегазовом трансформаторе для витковой изоляции пленочный материал является более подходящим, чем бумага по соображениям импульсной прочности. Наиболее подходящим материалом являются РЕТ (полиэтилен терефталат) и РРС (полиэтилен сульфид), в виде пленки, которая имеет отличные теплопередающие свойства.

В контакторе переключающего устройства применены вакуумные камеры во избежание попадания в элегаз продуктов горения дуги. В элегазовых трансформаторах отсутствует очистка элегаза, и его электрическая прочность

может быть снижена металлическими частицами, образующимися при механическом износе контактов. Поэтому в избирателе вместо скользящих контактов применены контакты катящегося типа. Кроме того, сочленения движущихся частей имеют безмасляную структуру со специальной обработкой поверхностей. Таким образом, в элегазовых трансформаторах применяется совершенно иное переключающее устройство, нежели в масляных трансформаторах [28].

Трансформаторы тока ТРГ-УЭТМ 220 кВ (рисунок 2.5) [34] предназначены для эксплуатации в открытых и закрытых распределительных устройствах в диапазоне температур от плюс 40 °С до минус 60 °С (климатическое исполнение УХЛ категория размещения 1), невзрывоопасной окружающей средой, не содержащей агрессивных газов и паров в концентрациях, разрушающих металлы и изоляцию. Содержание коррозионно-активных агентов по ГОСТ 15150 (для атмосферы типа II). Для заполнения используется смесь - элегаз и тетрафторметан-14 или элегаз и азот.

Таблица 2.4 – Технические характеристики трансформаторов тока ТРГ-УЭТМ-220

№	Наименование параметров	Значение
1	Номинальное напряжение, кВ	220
2	Наибольшее рабочее напряжение, кВ	252
3	Напряжение промышленной частоты, выдерживаемое трансформатором при давлении изолирующего газа, равном атмосферному, кВ	160
4	Номинальная частота, Гц	50 или 60
5	Номинальный первичный ток, с шагом 5А, А	от 5 до 3000
6	Номинальный вторичный ток, А	от 1 до 5
7	Количество вторичных обмоток	от 1 до 8

Окончание таблицы 2.4

№	Наименование параметров	Значение
8	Параметры тока короткого замыкания:	
	Наибольший пик, (в скобках указаны значения для трансформатора тока с одним коэффициентом трансформации) кА	102 ¹⁾ (160)
	Односекундный ток термической стойкости, (в скобках указаны значения для трансформатора тока с одним коэффициентом трансформации)кА	40 ¹⁾ (63)
9	Максимальная температура окружающего воздуха, °С	
	для исполнения Т1	+50
	для исполнений У1, УХЛ1*, ХЛ1*, ХЛ1	+40
10	Минимальная температура окружающего воздуха по ГОСТ 15150-69, °С	
	для исполнения Т1	- 10
	для исполнения У1	- 45
	для исполнения ХЛ1	- 60
11	Изолирующий газ	
	для исполнения Т1	SF6
	для исполнения У1	SF6
	для исполнения ХЛ1	смесь газов ²⁾
12	Максимальная допустимая утечка газа, % в год	0,2
13	Максимальная скорость ветра, м/с., при толщине стенки льда до 20 мм	40
14	Тяжение проводов:	
	в горизонтальной плоскости по оси трансформатора, Н	1000
	в вертикальной плоскости вниз, Н	1000
15	Средний ремонт трансформатора	Не требуется
16	Средний срок службы трансформатора, лет, не менее	40

Преимущества ТРГ УЭТМ напряжением 220 кВ:

1) высокий класс точности обмотки для измерения – вплоть до класса коммерческого учета электроэнергии 0,2s;

2) возможность изготовления трансформатора со специальной комплектацией вторичными обмотками (с двумя обмотками для измерения);

3) отсутствие внутренней твердой изоляции исключает возникновение частичных разрядов, позволяет не проводить периодические проверки и испытания изоляции, а также снижает до минимума вероятность внутреннего пробоя изоляции;

4) усиленное крепление стойки с активной частью гарантирует сохранность изделия даже в жестких условиях транспортирования и при любых динамических нагрузках при эксплуатации;

5) по специальному заказу возможна поставка трансформаторов с заводской опорной металлоконструкцией покрытой горячим цинком;

б) переключение коэффициентов трансформации осуществляется выводами от вторичных обмоток, при общем количестве выводов не более 9 штук.

Трансформатор тока серии ТРГ представляет собой конструкцию, в верхней части которой расположен металлический корпус, закрепленный на опорном изоляторе. Изолятор, в свою очередь, закреплен на основании, в котором находится коробка выводов вторичных обмоток. В металлическом корпусе закреплена первичная обмотка и ее выводы, внутри корпуса размещаются вторичные обмотки. Внутренние полости корпуса и изолятора заполнены изолирующим газом.

Конструкция первичной обмотки позволяет получить различные коэффициенты трансформации при изменении количества витков путем последовательно-параллельного соединения секций первичной обмотки. Возможно изготовление трансформаторов тока без переключения с одним коэффициентом трансформации.



Рисунок 2.5 – Трансформатор тока ТРГ УЭТМ напряжением 220 кВ

Вторичные обмотки помещены в электростатические экраны, с целью выравнивания внутреннего электрического поля.

Магнитопровод вторичной обмотки для измерения изготовлен из нанокристаллического сплава, магнитопровод вторичной обмотки для защиты изготовлен из холоднокатаной анизотропной электротехнической стали.

Контроль давления газа производится с помощью сигнализатора плотности, имеющего температурную компенсацию. Сигнализатор плотности оснащен двумя парами контактов, что позволяет получать сигнал при двух значениях плотности (давления) газа и дистанционно осуществлять контроль давления газа.

При необходимости, имеется возможность пломбирования выводов вторичной обмотки для учета электроэнергии. Пломбирование осуществляется любым удобным способом. Для этого в конструкции трансформатора преду-

смотрены специальные места. В верхней части трансформатора тока расположено защитное устройство, которое соединяет внутренний газовый объем с атмосферой при значительном превышении внутреннего давления (например, при избыточном заполнении газом или внутреннем дуговом перекрытии), что делает аппарат взрывобезопасным [36].

ТОГФ-220 (УХЛ1) – трансформаторы тока элегазовые с фарфоровой изоляцией (рисунок 2.6).



Рисунок 2.6 – Трансформатор тока ТОГФ-220

Трансформатор тока ТОГФ-220 с азотной изоляцией (точнее смесь элегаз+азот) – трансформатор тока практически без экологических проблем. Основными преимуществами азотного трансформатора тока 220 кВ являются – повышенный коэффициент пожаробезопасности, возможность использования аппарата при низких температурах, исключается появление опасных ядовитых

газов при чрезвычайных обстоятельствах, не требуются специальные процедуры при утилизации [33].

Особенности конструкции ТОГФ-220 [37]:

1) Трансформатор тока взрывобезопасного исполнения, что обеспечивается наличием защитного устройства.

2) Трансформатор тока пожаробезопасного исполнения, что обеспечивается применяемыми в конструкции материалами и негорючим инертным газом.

3) Применение элегазовой изоляции с низким уровнем утечек.

4) Наличие надежных уплотнений, обеспечивающих герметичность изделия, в том числе при низких температурах окружающего воздуха.

5) Применение надежных долговременных покрытий стальных частей трансформатора и опорных металлоконструкций горячим цинкованием не менее 100 мкм, термодиффузионным цинком.

6) Обеспечение требуемых заказчиком параметров.

7) Применение надежных комплектующих.

8) Трансформатор тока практически не требует обслуживания.

9) Трансформаторы тока могут поставлять по заказу с рамой под три трансформатора, опорными стойками под раму или без них.

Таблица 2.5 – Технические характеристики ТОГФ-220

Наименование параметра	Норма
Номинальное напряжение, кВ	220
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	252
Номинальная частота, Гц	50
Номинальный первичный ток $I_{ном}$ (варианты исполнения), А трансформаторов тока с возможностью изменения числа витков первичной обмотки ¹⁾ трансформаторов тока без возможности изменения числа витков первичной обмотки	150-300-600; 200-400-800; 250-500-1000; 300-600-1200; 375-750-1500; 400-800-1600; 500-1000-2000

Наименование параметра	Норма
	600; 800; 1000; 1200
Номинальный вторичный ток $I_{2ном}$ (варианты исполнения), А	1 и 5

Окончание таблицы 2.5

Наименование параметра	Норма	
Количество вторичных обмоток: для измерений и учета для защиты	1; 2 3; 4; 5	
Классы точности вторичных обмоток для измерений	0,2S; 0,5S; 0,2; 0,5	
Классы точности вторичных обмоток для защиты	5P; 10P	
Номинальная вторичная нагрузка, ВА с коэффициентом мощности $\cos \varphi_2 = 0,8$ для измерений и защиты с коэффициентом мощности $\cos \varphi_2 = 1$ для измерений	3; 5; 10; 15; 20; 25; 30; 50; 60; 75; 100 2	
Номинальная предельная кратность вторичных обмоток для защиты $K_{ном}$	10; 20; 30; 40	
Номинальный коэффициент безопасности приборов вторичной обмотки для измерений и учета $K_{бном}$	от 5 до 15	
Ток термической стойкости IT, кА	25, 31,5, 40	
Ток электродинамической стойкости I_d , кА	80	
Время протекания тока термической стойкости, с	1; 3	
Максимальный кажущийся разряд единичного частичного разряда, пКл, не более	10	
Длина пути утечки, см	285; 315; 390	630; 790
Изоляционная среда для климатического исполнения УХЛ1* УХЛ1	Элегаз Смесь элегаз+азот	Элегаз –
Объем газа в трансформаторе тока, дм ³	188	375
Масса газа в трансформаторе тока при давлении заполнения, кг элегаз смесь элегаз+азот	4,5 2,5+0,4	10,2 –
Номинальное давление (давление заполнения) элегаза	0,34 (3,4)	0,42

Наименование параметра	Норма	
или смеси газов при температуре 20°C, МПа абс. (кгс/см ²)		(4,2)

Трансформаторы напряжения ЗНГ-УЭТМ-220 (рисунок 2.7) – индуктивные заземляемые антирезонансные элегазовые [35]. Особенности конструкции, следующие:

1) Каждый трансформатор оснащен эффективно действующим взрывозащитным устройством (мембраной), исключающим взрыв трансформатора даже при коротком внутреннем замыкании;

2) Высокий класс точности вторичной обмотки для учета - 0,2;

3) Низкий уровень утечек изолирующего газа - не более 0,2% от общей массы в год, а также применение надежных комплектующих обеспечивают эксплуатацию без обслуживания при среднем сроке службы 40 лет;

4) Возможность изготовления трансформатора с тремя вторичными обмотками: одна - для подключения цепей учета, вторая - для подсоединения цепей измерения, защиты и управления, третья - для цепей защиты от замыканий на землю;

5) Отсутствие внутренней твердой изоляции исключает возникновение частичных разрядов, позволяет не проводить периодические проверки и испытания изоляции в течение длительного времени;

6) Возможность пломбирования выводов вторичной обмотки для учета электроэнергии позволяет предотвратить несанкционированный доступ к цепям учета.



Рисунок 2.7 – Трансформатор напряжения типа ЗНГ-УЭТМ-220

Основные технические характеристики трансформаторов напряжения типа ЗНГ-УЭТМ-220 представлены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Основные технические характеристики трансформаторов напряжения типа ЗНГ-УЭТМ-220

№	Наименование параметров	Значение
1	Номинальное первичное напряжение, кВ	220/ $\sqrt{3}$
2	Номинальное напряжение основных вторичных обмоток, В	100/ $\sqrt{3}$
3	Номинальное напряжение дополнительной вторичной обмотки, В	100
4	Количество и назначение вторичных обмоток, штук:	
	Основная для измерения и питания цепей учета электроэнергии, выводы a_1-x_1 (обмотка У)	1
	Основная для измерения и защиты, выводы a_2-x_2 (обмотка И)	1

Продолжение таблицы 2.6

№	Наименование параметров	Значение
	Дополнительная для защиты от замыканий на землю, выводы a_d-x_d (обмотка Д)	1
5	Номинальные мощности вторичных обмоток при коэффициенте мощности 0,8, ВА:	
	Обмотки У	до 800 ¹⁾
	Обмотки И	
	Обмотки Д	до 400 ¹⁾
6	Классы точности вторичных обмоток в зависимости от нагрузки:	
	Обмотки У	0,2; 0,5; 1; 3 ¹⁾
	Обмотки И	
	Обмотки Д	3Р; 6Р ¹⁾
7	Предельная мощность трансформатора, ВА	до 2000
8	Ток холостого хода, А	Значение тока холостого хода указано в паспорте на трансформатор
9	Сопротивление изоляции, МОм, не менее:	
	Первичной обмотки	300
	Вторичных обмоток	50
10	Коэффициент напряжения по ГОСТ 1983 (п. 6.6.)	1,5 в течение 30 с
11	Климатическое исполнение по ГОСТ 15150	T1, У1, ХЛ1(УХЛ1)
12	Главная изоляция для климатического исполнения T1, У1 элегаз (SF ₆) с параметрами:	
	Номинальное давление заполнения, приведенное к 20 °С, МПа, абс	0,5
	Давление предупредительной сигнализации ²⁾ , приведенное к 20 °С, МПа, абс.	0,44
	Давление аварийной сигнализации ²⁾ , приведенное к 20 °С, МПа, абс.	0,42

Окончание таблицы 2.6

№	Наименование параметров	Значение
13	Главная изоляция для климатического исполнения ХЛ1 (УХЛ1) смесь элегаза (SF ₆) с азотом (N ₂) с параметрами газовой среды:	
	Номинальное давление заполнения, приведенное к 20 °С, МПа, абс	0,7
	Давление предупредительной сигнализации ²⁾ , приведенное к 20°С, МПа, абс.	0,62
	Давление аварийной сигнализации ²⁾ , приведенное к 20 °С, МПа, абс.	0,6
14	Температура окружающего воздуха для исполнения Т1:	
	Минимальная, °С	-10
	Максимальная, °С	+50
15	Температура окружающего воздуха для исполнения У1:	
	Минимальная, °С	-45
	Максимальная, °С	+40
16	Температура окружающего воздуха для исполнения ХЛ1 (УХЛ1):	
	Минимальная, °С	-60
	Максимальная, °С	+40
17	Масса газа, кг:	
	Элегаза для исполнения У1, Т1	4,1
	Смесь газов для исполнения ХЛ1*:	
	элегаз SF ₆ +хладон CF ₄	3,8 (2,2+1,6)
	элегаз SF ₆ +азот N ₂	2,7 (2,6+0,5)
	Смесь газов (элегаз SF ₆ +азот N ₂) для исполнения ХЛ1 (УХЛ1)	2,6 (1,9+0,7)
18	Расход газа на утечки в год, % от массы газа, не более	0,2

Трансформаторы напряжения индуктивные газонаполненные (элегазовые) серии ЗНОГ-220 (У1, УХЛ1) (рисунок 2.8) общего назначения, предназначенные для передачи сигнала измерительной информации измерительным приборам и устройствам защиты, сигнализации и управления в открытых и закрытых распределительных устройствах переменного тока частоты 50 Гц на номинальное напряжение $220/\sqrt{3}$ кВ [32].

Особенности конструкции этого трансформатора в том, что он состоит из обмоток (первичной и двух вторичных - основной и дополнительной), магнитопровода, кожуха, ввода "элегаз-элегаз" и ряда экранов. Трансформатор заполняется техническим элегазом, служащим изолирующей и теплоотводящей средой, через сильфонный вентиль. Первичная обмотка многослойная цилиндрическая, выполнена из тонкого круглого провода. Межслойная изоляция обмотки - из пленки. С помощью специальных экранов и соответствующего расположения витков обмотки по слоям достигается достаточно равномерное распределение напряжения грозовых импульсов вдоль обмотки, а также создается слабо-неоднородное поле снаружи обмотки. Магнитопровод трансформатора бронестержневого типа, шихтованный из отдельных пластин электротехнической стали толщиной 0,35 мм. Кожух трансформатора стальной, цилиндрической формы с эллиптическим днищем, со сварным соединением частей. Предохранительное устройство исключает возможность повышения давления элегаза в трансформаторах выше 0,7 МПа. В эксплуатации трансформаторы газонепроницаемы, присоединяются при помощи фланцев к элегазовому распределительному устройству.



Рисунок 2.8 – Трансформатор напряжения типа ЗНОГ-220 (У1, УХЛ1)

Технические характеристики трансформатора напряжения типа ЗНОГ-220 (У1, УХЛ1) представлены в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Технические характеристики трансформатора напряжения типа ЗНОГ-220 (У1, УХЛ1)

Наименование параметров	Значение
Номинальное напряжение $U_{ном}$, кВ	$220/\sqrt{3}$
Номинальное напряжение основных вторичных обмоток, В	$100/\sqrt{3}$
Номинальное напряжение дополнительной вторичной обмотки, В	100
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	$252/\sqrt{3}$

Продолжение таблицы 2.7

Наименование параметров	Значение
Испытательное напряжение промышленной частоты, кВ	230
Испытательное напряжение полного/срезанного грозового импульса, кВ	480/550
Номинальная частота, Гц	50
Количество вторичных обмоток,:	
- для учета в четырехобмоточном трансформаторе	1
- для измерения в четырехобмоточном трансформаторе	1
- для учета и измерения в трехобмоточном трансформаторе	1
- для защиты	1
Классы точности вторичных обмоток для измерений и учета	0,5/0,2
Класс точности вторичной обмотки для защиты	3P
Номинальные мощности вторичных обмоток в классе точности, ВА	
0,2 при одновременной нагрузке обмотки для учета и обмотки для измерения в четырехобмоточном трансформаторе	150
0,5 при одновременной нагрузке обмотки для учета и обмотки для измерения в четырехобмоточном трансформаторе	200
1,0 при одновременной нагрузке обмотки для учета и обмотки для измерения в четырехобмоточном трансформаторе	300
0,2 при нагрузке одной вторичной обмотки для учета и для измерения в трехобмоточном трансформаторе	250

Окончание таблицы 2.7

Наименование параметров	Значение
Номинальная мощность дополнительной вторичной обмотки, ВА	1000
Предельная мощность трансформатора напряжения, ВА	1600
Максимальный кажущийся заряд единичного частичного разряда, пКл, не более	10
Утечка газа в год, % от массы газа, не более	0,1
Номинальное давление (давление заполнения) элегаза (климатическое исполнение У1) или смеси газов состава 30% SF ₆ + 70% N ₂ (климатическое исполнение УХЛ1) при температуре плюс 20 °С, МПа абс. (кгс/см ²)	элегаз 0,5 (5) смесь 0,7(7)
Средний срок службы, лет не менее	30

Первым и основным преимуществом рассмотренных элегазовых трансформаторов является их полная пожаробезопасность. Кроме того, они имеют следующие преимущества, по сравнению с маслонаполненными трансформаторами, устанавливаемыми в закрытых помещениях и под землей:

1. Отпадает необходимость в противопожарном оборудовании и аварийной емкости для масла.
2. Отпадает необходимость в защитном ограждении (стенках) для защиты другого оборудования.
3. Охладители могут быть установлены значительно выше самого трансформатора.
4. Уменьшенный вес благодаря отсутствию масла
5. Сниженный уровень шума по сравнению с маслонаполненными

трансформаторами.

Эти преимущества позволяют уменьшить размеры подстанции или помещения и снизить стоимость.

Недостатком является меньшее значение тепловой постоянной времени по сравнению с маслонеполненными трансформаторами. Поэтому допустимая длительность перегрузок меньше [8].

2.4 Анализ перспективных конструкций комплектного распределительного элегазового устройства

Комплектные распределительные устройства элегазовые (КРУЭ) – это совокупность коммутационных, измерительных и других аппаратов и устройств, все токовые части которых расположены в среде элегаза (гексафторид серы SF₆) под давлением, внутри немагнитного заземленного и герметичного корпуса.

Комплектное распределительное элегазовое устройство ELK14 220 кВ в составе [25]:

- выключатель однополюсный ELK-SP14;
- комбинированный разъединитель/заземлитель ELK-14ТК;
- трансформатор тока 1000/1А/0,2/5Р/5Р;
- трансформатор напряжения STE 1/245.

Преимущества:

- Низкие требования к территории;
- Высочайшие параметры КРУЭ;
- Модульный дизайн;
- Продуманная технология КРУЭ;
- Всемирный опыт;
- Минимальные требования к обслуживанию.

Распределительные системы АББ гарантируют максимальную надежность, КРУЭ созданы с использованием многолетнего опыта. Модульное

КРУЭ на 220 кВ – Комплектное распределительное устройство с элегазовой изоляцией типа ELK-14.

За десятилетия эксплуатации распределительные устройства с элегазовой изоляцией АББ заслужили международное признание благодаря безопасности систем, надежности работы, рентабельности и исключительно долгому сроку службы даже при работе в суровых условиях окружающей среды.

Новейшее устройство в серии ELK компании АББ - компактное распределительное устройство ELK-14, включающее все хорошо зарекомендовавшие себя технологии в сочетании с несколькими инновационными особенностями. Одним из наиболее важных преимуществ является размер. Имея в своем составе меньшее количество элементов, модульная конструкция ELK-14 еще более компактна, чем предыдущие версии, что упрощает эксплуатацию и выполнение различных операций, позволяя сократить расходы на монтаж и обслуживание. Устройства этой модели рассчитаны на напряжение до 253 кВ. Большинство элементов устройства имеет модульную конструкцию, включая устройства управления и защиту. Это обеспечивает гибкость, необходимую при расширении и сопряжении тогда, когда это необходимо.

Безопасность. Все компоненты заключены в заземленный газонепроницаемый корпус, при этом каждый заполненный газом отсек оборудован устройством сброса давления.

Надежная и безотказная работа. Все части, находящиеся под током, защищены и надежно изолированы от внешних воздействий даже в случае работы в экстремальных условиях.

Минимальное время простоя. Организация обслуживания устройств АББ по всему миру, в сочетании с совершенной концепцией применения запасных частей, гарантирует минимальное время простоя в случае технического обслуживания и ремонта.

Увеличенное время эксплуатации. Применение материалов высочайшего качества и высокий профессионализм гарантируют максимальный срок службы при минимальной потребности в техническом обслуживании.

Компактность. Модельная конструкция ELK-14 настолько совершенна, что занимает еще меньше места, что является особенно важным преимуществом в городах и населенных зонах.

Универсальные модули. Конструкция ELK-14 предусматривает стандартизованные решения для КРУЭ, а также для местного управления, гарантируя таким образом кратчайшие сроки поставки и реализации проектов в сочетании с максимальной гибкостью.

Экономичность. Применение алюминиевых корпусов снижает вес системы, уменьшая стоимость фундамента и элементов, воспринимающих нагрузку.

Эффективность. Полностью изготавливаемые на предприятии модули, включая шкаф местного управления, в сочетании с жестким контролем качества в процессе производства, упрощают монтаж и ввод в эксплуатацию, а также способствуют сокращению сроков реализации проекта.

Безопасность для окружающей среды. Компактная конструкция сокращает объем конструкционного материала и требуемое количество элегаза, а доставка готовых модулей в контейнерах сокращает потребность в упаковке.

Удобство доступа и эргономичность. Все ключевые элементы легкодоступны, что упрощает выполнение таких операций как замена газа, считывание показаний приборов, определяющих плотность газа, или работа в ручном режиме.

Базовые модули, входящие в состав распределительного устройства типа ELK-14 (рисунок 2.9):

1. Высокоэффективный выключатель. Эффективный высоковольтный автокомпрессионный выключатель, не требующий большого объема технического обслуживания.

2. Безопасные разъединители и заземлители Простые в эксплуатации и эффективные разъединители и заземлители ELK-14 являются важной составляющей, гарантирующей безопасную эксплуатацию устройств.

3. Надежные трансформаторы тока и напряжения. Измерительные

трансформаторы ELK-14 предназначены для измерения, управления и защиты.

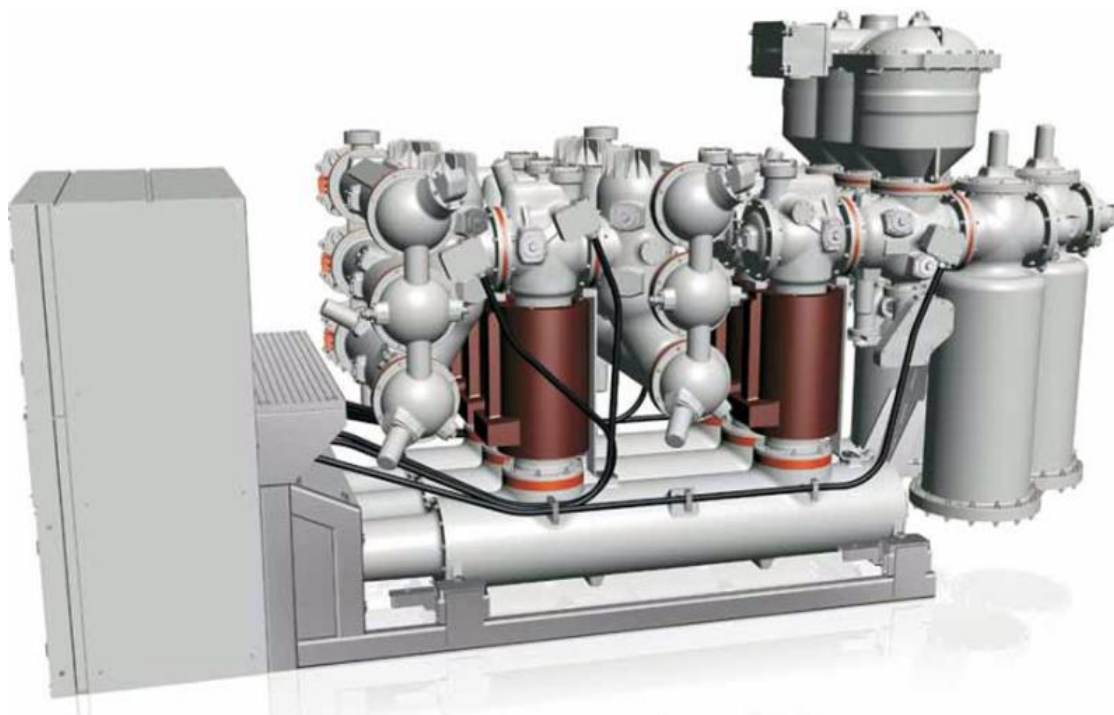


Рисунок 2.9 – Ячейка распределительного устройства с двойной системой шин ELK-14

Широкий спектр соединительных элементов Устройства типа ELK-14 оборудованы большим набором соединительных элементов, позволяющих использовать распределительное устройство практически при любых требованиях проекта.

Инновационная технология управления и защиты Технология управления и защиты АББ обеспечивает интеллектуальное, сетевое, цифровое управление, а также возможность мониторинга и дистанционной диагностики.

Распределительные устройства с элегазовой изоляцией составлены из нескольких модулей, позволяющих создать все распространенные варианты компоновки и схемы соединения шин.

Каждый элемент, такой как разъединитель, сборные шины, выключатель, заключен в газонепроницаемый корпус, заполненный элегазом под давлением. Элегаз полностью заключен в системе и не расходуется. Барьерные

изоляторы разделяют распределительное устройство на отдельные функциональные газовые отсеки. Каждый отсек оборудован устройством сброса давления и материалом, поглощающим влагу и продукты разложения.

Совершенная модульная конструкция КРУЭ ELK-14 обеспечивает несколько уникальных характеристик:

1. Во всех модулях применены однофазные изоляторы. Компоненты всех трех фаз заключены в один кожух, позволяющий соединить заполненные газом отсеки трех фаз без использования наружных трубопроводов

2. Форма каждого корпуса оптимизирована таким образом, чтобы минимизировать необходимый объем элегаза. За счет уменьшенного количества фланцев и герметизирующих систем, легкая конструкция ELK-14 требует меньшее количество ресурсов, чем все распределительные устройства предыдущих поколений


3. В основе устройства лежит однофазная конструкция, позволяющая избежать соприкосновения фаз во время землетрясений.

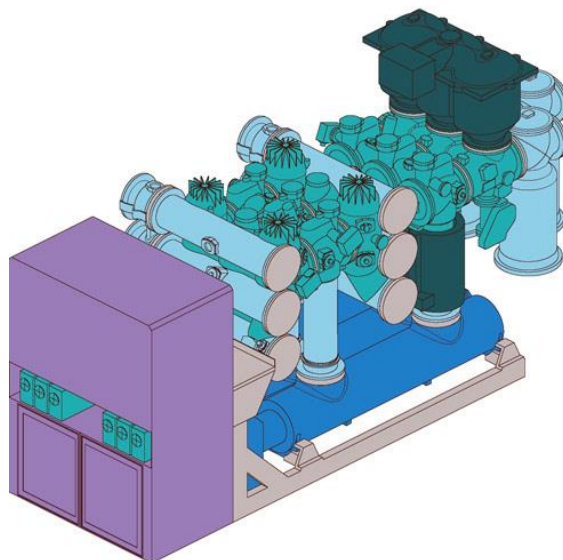
4. Схема разделения устройства ELK-14 на отсеки удовлетворяет самым строгим требованиям к непрерывности работы, так как предоставляет возможность замены любого модуля двойной системы шины без отключения соседних фидеров

5. Приводы, указатели положения и исполнительные элементы имеют удобное расположение в шкафу местного управления, что упрощает эксплуатацию, осмотр и техническое обслуживание

6. Гибкость вспомогательной системы - наряду со стандартным встроенным шкафом управления, АББ предлагает современные ячейки управления с расширенным набором функций.

На рисунке 2.10 изображены модули, входящие в состав ELK-14.

	Выключатели Разъединители и заземлители Трансформаторы тока и напряжения Соединительные элементы
---	---



- Высоковольтные компоненты
- Корпус
- Элегаз
- Изоляционный материал
- Механические части, несущая конструкция
- Низковольтные компоненты

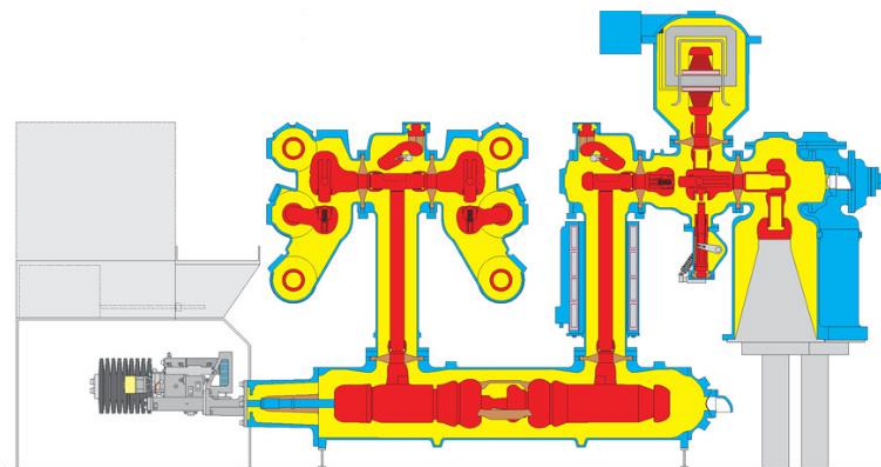


Рисунок 2.10 – Модули, входящие в состав ELK-14

Рассмотренные виды электрооборудования на напряжение 220 кВ являются наиболее перспективными и могут быть использованы для проектирования и реконструкции схем электрических соединений РУ-220 кВ, несмотря на их недостатки.

3 Практическая часть

3.1 Определение токов нормального и утяжеленного режимов присоединений подстанции

Рабочий режим делится на нормальный и утяжеленный. Под нормальным режимом установки понимают режим, предусмотренный планом эксплуатации. Утяжеленным режимом называется режим при вынужденном отключении части присоединений вследствие их повреждения или в связи с профилактическим ремонтом.

Расчет рабочих токов нормального $I_{\text{раб.норм}}$ и утяжеленного $I_{\text{раб.утяж}}$ режимов необходимо произвести на всех участках схемы подстанции Майнской ГЭС, где производится выбор аппаратов и проводников. Расчетные рабочие токи присоединений определяются по-разному для различных элементов системы.

Полная мощность для выбора электрооборудования 220 кВ находится в режиме наибольших нагрузок, чтобы при включении в работу и дальнейшей эксплуатации оно смогло выдержать различные по величине токи (нормального и утяжеленного (послеаварийного) режимов).

Ток, протекающий через один трансформатор в режиме реальной эксплуатации (при фактической его загрузке, с учетом мощности генератора и мощности ТСН), то есть протекающий по одному из мощных трансформаторов (из трех, установленных на ГЭС):

$$I_{\text{норм}} = \frac{113,3 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 10^3} = 297 \text{ А.}$$

Ток, протекающий через один трансформатор в послеаварийном режиме (в случае отключения второго):

$$I_{\text{утяж}} = 2 * 297 = 594 \text{ А.}$$

В дальнейшем расчетные токи используются для выбора электрооборудования 220 кВ.

3.2 Расчет токов короткого замыкания на шинах подстанции

Питание подстанции и РУ-220 кВ Майнской ГЭС осуществляется от генераторного напряжения. Поэтому в схеме замещения будут участвовать следующие элементы главной схемы электрических соединений Майнской ГЭС (рисунок 3.1):

- генераторы мощностью 107 МВт и напряжением 13,8 кВ;
- повышающие трансформаторы мощностью 125 МВА и напряжением 13,8/220 кВ, каждый из которых расположен в блоке со своим генератором;
- шины КРУЭ-220 кВ, по которым могут протекать токи короткого замыкания.

Так как наибольший интерес представляют токи короткого замыкания на шинах РУ-220 кВ, то базисные величины токов короткого замыкания определяются, исходя из этого номинального напряжения.

Упрощенная расчетная электрическая схема Майнской ГЭС с привязкой ее к системе внешнего электроснабжения, для расчета токов трехфазного короткого замыкания в максимальном и минимальном режимах, и схема ее замещения с привязкой ее к системе внешнего электроснабжения, приведены на рисунке 3.1.

Так как оборудование параллельных ветвей одинаковое, то достаточно определить токи короткого замыкания в двух точках: К1 и К2. Ток в точке К1 может быть определен через базисный ток, вычисленный на шинах генераторного напряжения 13,8 кВ.

На схеме (рисунок 3.1) активные сопротивления элементов в высоковольтных сетях могут не учитываться из-за малого их значения по сравнению с индуктивными сопротивлениями элементов (трансформаторов, генерато-

ров). То есть элементы в сети 13,8-220 кВ представляются постоянным индуктивным сопротивлением, и пренебрегаются активные сопротивления элементов схемы [39]. Поэтому активные сопротивления генераторов и трансформаторов на схеме замещения рисунка 3.1 отсутствуют.

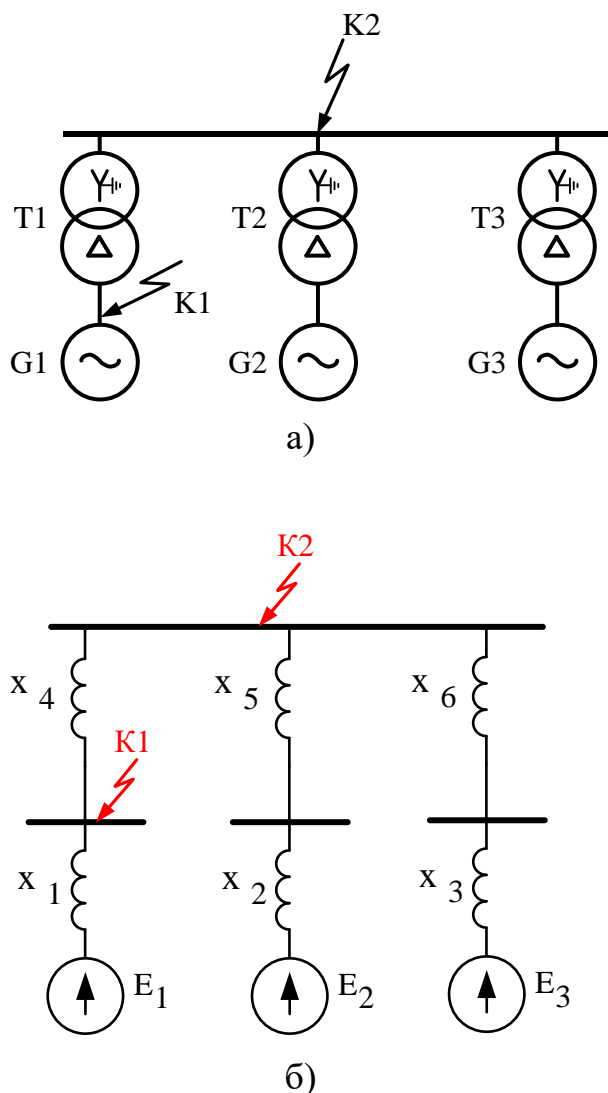


Рисунок 3.2 – Расчетная схема (а) и схема замещения (б)

Все вычисления будем проводить согласно [7, 26, 39]. Расчет будем производить в относительных единицах при базисных условиях.

В качестве базисной мощности принимается мощность:

$$S_6 = 1000 \text{ МВА.}$$

За базисные напряжения на соответствующих ступенях трансформации принимаются напряжения из шкалы средних номинальных напряжений [7]:

$$U_6 = 13,8 \text{ кВ}; 230 \text{ кВ.}$$

Определим параметры схемы замещения [7].

Гидрогенераторы G1–G3 типа СВ 1490/170-96 УХЛ4:

$$E_1 = E_2 = E_3 = 1,13;$$

$$x_1 = x_2 = x_3 = x_d'' \frac{S_6 \cos \varphi_G}{P_{HG}} = 0,2 * \frac{1000 * 0,85}{107} = 1,59,$$

где $E_G = 1,13$; $x_d'' = 0,2$ – средние значения относительных величин сопротивлений и ЭДС, для гидрогенераторов с демпферными обмотками [7, таблица 5].

Трансформатор Т1–Т3 типа ТДЦ-125000/220 У1:

$$x_4 = x_5 = x_6 = \frac{U_k}{100} \frac{S_6}{S_{НОМ}} = \frac{12}{100} * \frac{1000}{125} = 0,96.$$

Результирующее сопротивление до точки К1:

$$x_{рез1} = x_1 = 1,59.$$

Результирующее сопротивление до точки К2 (расчет ведется на одну ветвь блока генератор-трансформатор, так как эти ветви одинаковые):

$$x_{рез2} = x_1 + x_4 = 1,59 + 0,96 = 2,55.$$

Рассчитаем базисные токи по формулам:

$$I_{\text{б}(K1)} = \frac{S_{\text{б}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ср.ном}(K2)}} = \frac{1000 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 13,8 \cdot 10^3} \cdot 10^{-3} = 41,837 \text{ кА.}$$

$$I_{\text{б}(K2)} = \frac{S_{\text{б}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ср.ном}(K1)}} = \frac{1000 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 230 \cdot 10^3} \cdot 10^{-3} = 2,510 \text{ кА.}$$

Ток трехфазного короткого замыкания в точке K1:

$$I_{\text{п}(K1)}^{(3)} = \frac{I_{\text{б}(K1)}}{x_{\text{рез1}}} = \frac{41,837}{1,59} = 26,313 \text{ кА.}$$

Ток трехфазного короткого замыкания в точке K2:

$$I_{\text{п}(K2)}^{(3)} = \frac{I_{\text{б}(K2)}}{x_{\text{рез2}}} = \frac{2,510}{2,55} = 0,984 \text{ кА.}$$

Рассчитаем ударные токи трехфазного короткого замыкания.

Ударный ток определяем по формуле:

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{п}}^{(3)} \cdot k_{\text{уд}},$$

где $k_{\text{уд}}$ – ударный коэффициент, который при расчете токов короткого замыкания в сетях напряжением выше 1000 В можно принять равным 2 ввиду отсутствия влияния активного сопротивления [18].

Тогда ударный ток для короткого замыкания в точке K1:

$$i_{\text{уд}(K1)} = \sqrt{2} \cdot 26,313 \cdot 2 = 74,424 \text{ кА.}$$

Ударный ток для короткого замыкания в точке К2:

$$i_{уд(К2)} = \sqrt{2} \cdot 0,984 \cdot 2 = 2,783 \text{ кА.}$$

Импульс квадратичного тока короткого замыкания на стороне НН U = 13,8 кВ (точка К1):

$$B_k = \left(I_{п1}^{(3)} \right)^2 \cdot (t_{откл} + T_a) = 26,313^2 \cdot (0,18 + 0,025) = 141,937 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)}$$

Импульс квадратичного тока короткого замыкания на стороне ВН U = 220 кВ (точка К2):

$$B_k = \left(I_{п2}^{(3)} \right)^2 \cdot (t_{откл} + T_a) = 0,984^2 \cdot (0,18 + 0,025) = 0,198 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)},$$

где $I_{п}^{(3)}$ – начальное значение периодической составляющей тока трехфазного короткого замыкания в рассматриваемой точке схемы (кА) [39]; $t_{откл}$ – время отключения электроустановки, равное сумме времени действия основной релейной защиты и времени отключения выключателя (0 с); T_a – постоянная времени затухания тока короткого замыкания (с) [39].

Результаты расчета токов короткого замыкания сведем в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Результаты расчета токов короткого замыкания

Точка короткого замыкания	$I_{\max}^{(3)}$, кА	$i_{уд.\max}$, кА	B_k , кА ² · с
К1	26,313	74,424	141,937
К2	0,984	2,783	0,198

Таким образом, вычисленные токи короткого замыкания в дальнейшем позволят осуществить выбор и проверку электрооборудования РУ-220 кВ.

3.3 Выбор оборудования РУ-220 кВ

На основе анализа, проведенного в главе 2, к установке в КРУЭ-220 кВ Майнской ГЭС принимаются комплектные распределительные элегазовые устройства в составе (см. Приложение Б):

- выключатель однополюсный ELK-SP14 (всего 12 штук);
- комбинированный разъединитель/заземлитель ELK-14ТК (всего 44 штук);
- трансформаторы тока ELK-14ТА с тремя и пятью вторичными обмотками (всего 18 штук);
- трансформаторы напряжения STE 1/245 с двумя и тремя вторичными обмотками (всего 11 штук).

Основное оборудование, предусмотренное к установке на РУ 220 кВ при реконструкции РУ 220 кВ Майнской ГЭС с применением КРУЭ 500 кВ представлено в таблице 3.2.

Электротехническое оборудование 220 кВ, перечисленное в таблице 3.2, поставляется в сейсмостойком исполнении, удовлетворяющем условиям по стойкости к сейсмическим воздействиям 8 баллов по шкале MSK.

Таблица 3.2 – Основное электротехническое оборудование РУ 220 кВ

Наименование оборудования	Параметры	Ед. изм.	Кол-во	Примечание
Комплектное распределительное элегазовое устройство (КРУЭ) типа ELK-14 фирмы АББ (Швейцария)	220 кВ, 1000 А, 63 кА	Компл.	1	
Ограничитель перенапряжения ОПН-220У1	220кВ	Компл. 3х-фаз.	5	
Кабель 220 кВ одножильный с медной жилой в изоляции из сшитого полиэтилена в не распространяющей горение оболочке из ПВХ, с сечением жилы 1600мм ² , сечением экрана 300 мм ² , типа XLPE	220кВ	км	0,65	
Муфты концевые «элегаз-кабель»	220кВ	Компл.	45	Комплектно с КРУЭ 220 кВ
Муфты «кабель-воздух»	220 кВ	Компл.	45	Комплектно с кабелем 220 кВ

Комплектное элегазовое распределительное устройство 220 кВ комплектуется аппаратами 220 кВ согласно главной электрической схеме и представлено в таблице 3.3. Основные технические характеристики КРУЭ 220 кВ представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.3 – Состав оборудования КРУЭ 220 кВ

Наименование	Основные параметры	Ед. изм.	Кол-во
Комплектное распределительное элегазовое устройство (КРУЭ) типа ELK-14 фирмы АББ (Швейцария) из 4-х ячеек выключателей, включая:	220 кВ, 1000 А, 63 кА	комплект	1
Выключатель, однополюсный	220 кВ, 1000 А, 63 кА	штук	12
Комбинированный Разъединитель/заземлитель, однополюсный	220 кВ, 1000А	штук	44
Быстродействующий заземлитель, однополюсный	220 кВ, 1000 А, 63 кА	штук	15
Трансформатор тока (с пятью вторичными обмотками), однофазный	1000/1А 0,2S; 0,5; 5P/20; 5P/20; 5P/20 20/20/30/30/30 ВА	штук	6
Трансформатор тока (с тремя вторичными обмотками), однофазный	1000/1А 0,5; 5P/20; 5P/20 20/30/30 ВА	штук	6
Индуктивный трансформатор напряжения (с тремя вторичными обмотками), однофазный	220/√3 кВ; 0.√3/0.1 √3/0.1кВ 0,2/0,5/3P 100/200/400 В А	штук	6
Индуктивный трансформатор напряжения (с двумя вторичными обмотками), однофазный	220/√3 кВ; 0. √3/0.1 кВ 0,5/3P 200/400 ВА	штук	27
Токопровод элегазовый *)	220 кВ, 1000А	комплект (трех фазный)	1
Оконечная кабельная коробка (ввод «элегаз-кабель»), однополюсная	220 кВ 1000А, 63кА	штук	15
Шкаф местного управления	IP43	штук	4

Таблица 3.4 – Основные технические характеристики КРУЭ 220 кВ

Наименование	Значение
Типовое обозначение	ELK-14
Изготовитель	ABB Switzerland
Тип оболочки (кожуха)	Однофазный
Материал оболочки и корпуса	Алюминиевый сплав
Номинальная частота, Гц	50
Номинальное напряжение, кВ	220
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	245
Нормированное испытательное напряжение:	
Полного грозового импульса, кВ (пик): - относительно земли - между контактами выключателей и разъединителей	1550 1550+450
Коммутационного импульса, кВ (пик) - относительно земли - между контактами выключателей и разъединителей	1250 1250+450
Кратковременное (1 мин) промышленной частоты, кВ - относительно земли - между контактами выключателей и разъединителей	740 1250+450
Кратковременное (1 мин) промышленной частоты для изоляции цепей управления и вспомогательных цепей относительно земли, кВ	2
Номинальный ток, А Rated current	1000
Сквозной ток короткого замыкания, ток термической стойкости, кА	63
Ударный ток короткого замыкания, ток электродинамической стойкости, кА	170
Время протекания тока термической стойкости, с	л 3
Напряжение цепей управления выключателя, постоянный ток, В	=220
Степень защищенности шкафов управления	IP43
Уровень частичных разрядов, не более при напряжении $1,2 \cdot U/l/3$, пКл	<5
Нормативный срок службы, не менее, лет	50

Выбор разъединителей с двумя заземляющими ножами и с одним заземляющим ножом осуществляется по электродинамической и термической стойкости [39]. Результаты представлены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Расчетная таблица выбора разъединителей ВН

Условие	Тип	Расчет	Справочник
$U_{уст} \leq U_{ном}$	Разъединитель КРУЭ 220 кВ ELK-14ТК	$U_{уст} = 220$ кВ	$U_{ном} = 252$ кВ
$I_{расч} \leq I_{ном}$		$I_{расч} = 594$ А	$I_{ном} = 4000$ А
$i_{уд} \leq i_{пр.с}$		$i_{уд} = 2,783$ кА	$i_{пр.с} = 80$ кА
$B_k \leq I_{пр.т}^2 \cdot t_\tau$		$B_k = 0,198$ (кА ² · с)	$I_{пр.т}^2 \cdot t_\tau =$ $= 25^2 \cdot 3 = 1875$ (кА ² · с)

Установленные разъединители 220 кВ удовлетворяют всем условиям проверки.

Выбор выключателей осуществляется по назначению и роду установки, конструктивному исполнению, номинальному напряжению, длительному току и отключающей способности. Выключатели проверяют по электродинамической и термической стойкости. Результаты представлены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Расчетная таблица выбора выключателей ВН [1]

Условие	Тип	Расчет	Справочник
$U_{уст} \leq U_{ном}$	Выключатель КРУЭ 220 кВ ELK-SP14	$U_{уст}=220$ кВ	$U_{ном}=252$ кВ
$I_{расч} \leq I_{ном}$		$I_{расч}=594$ А	$I_{ном}= 4000$ А
$I_n^{(3)} \leq I_{пр.с}$		$I_n^{(3)}=0,984$ кА	$I_{пр.с}=40$ кА
$i_{уд} \leq i_{пр.с}$		$i_{уд}=2,783$ кА	$i_{пр.с}=63$ кА
$B_k \leq I_{пр.т}^2 \cdot t_\tau$		$B_k = 0,198$ (кА ² · с)	$I_{пр.т}^2 \cdot t_\tau=20^2 \cdot 3 =1200$ (кА ² · с)

Выбор ограничителей перенапряжения (ОПН) 220 кВ осуществляется по назначению и номинальному напряжению.

Результаты выбора ограничителей перенапряжения ПС заносятся в расчетную таблицу 3.7.

Таблица 3.7 – Расчетная таблица выбора ОПН ВН [6]

Условие	Тип	Расчет	Справочник
$U_{уст}=U_{ном}$	ОПН-I-220У1	$U_{уст}=220$ кВ	$U_{ном}=220$ кВ

Выбор контрольно-измерительной аппаратуры

Индуктивное сопротивление токовых цепей невелико, поэтому $Z_2 \approx r_2$:

$$r_2 = r_{приб} + r_{пров} + r_k \text{ (Ом)},$$

Сопротивление приборов:

$$r_{приб} = \frac{S_{приб}}{I_{2ном}^2} \text{ (Ом)},$$

Чтобы трансформатор тока работал в выбранном классе точности, необходимо выдержать условие:

$$r_{приб} + r_{пров} + r_k \leq Z_{2ном} \text{ (Ом)},$$

$$r_{пров} \leq Z_{2ном} - r_{приб} - r_k \text{ (Ом)}.$$

Площадь сечения соединительных проводов:

$$q = \frac{\rho \cdot l_{расч}}{r_{пр}} \text{ (мм}^2\text{)}.$$

где ρ — удельное сопротивление провода (0,0283 Ом · мм²/м); $l_{расч}$ — расчетная длина проводов.

Для стороны ВН выберем измерительные приборы: ваттметр, варметр, амперметр регистрирующий, счетчик активной энергии, ваттметр регистрирующий, ваттметр.

Таблица 3.8 – Измерительные приборы ТТ для ВН

Прибор	Нагрузка, ВА, фазы		
	А	В	С
Ваттметр	0,5	-	0,5
Варметр	0,5	-	0,5
Счетчик активной энергии	2,5	-	2,5
Счетчик реактивной энергии	0,5	-	0,5
Амперметр регистрирующий	-	10	-
Ваттметр регистрирующий	10	-	10
Итого	14	10	14

Из таблицы 3.8 видно, что наиболее загружены трансформаторы тока фаз А и С.

Определим сопротивление приборов:

$$r_{\text{приб}} = \frac{14}{5^2} = 0,56 \text{ (Ом)},$$

где 14 ВА – наибольшая нагрузка фазы, из таблицы 3.8.

Определим сопротивление проводов:

$$r_{\text{пров}} \leq 1,2 - 0,56 - 0,1 \leq 0,54 \text{ (Ом)}.$$

Определим сечение проводов:

$$q = \frac{\rho \cdot l_{\text{расч}}}{r_{\text{пров}}} = \frac{\rho \cdot l}{r_{\text{пров}}} = \frac{0,0283 \cdot 80}{0,54} = 4,2 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

По таблице 1.3.5 «ПУЭ» выбираем сечение соединительных проводов

$$q = 5 \text{ мм}^2.$$

Пересчитаем $r_{\text{пров}}$ для получения реального значения:

$$r_{\text{пров}} = \frac{\rho \cdot l_{\text{расч}}}{q} = \frac{\rho \cdot l}{q} = \frac{0,0283 \cdot 80}{5} = 0,45 \text{ (Ом)}.$$

Сопротивление вторичной нагрузки трансформатора тока:

$$r_2 = 0,56 + 0,45 + 0,1 = 1,11 \text{ (Ом)}.$$

Расчетная таблица выбора трансформатора тока ВН, которые необходимо установить перед выключателями с учетом анализа в п.2 их перспективных конструкций, на основе расчетной нагрузки представлена в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Расчетная таблица выбора трансформатора тока ВН [28]

Условие	Тип	Расчет	Справочник
$U_{\text{сети.ном}} \leq U_{\text{ном}}$	Трансформатор тока КРУЭ 220 кВ	$U_{\text{сети.ном}} = 220 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 220 \text{ кВ}$
$I_{\text{ном}} \leq I_{\text{ном1}}$		$I_{\text{расч}} = 594 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 1000 \text{ А}$
$i_{\text{уд}} \leq i_{\text{дин}}$		$i_{\text{уд}} = 2,783 \text{ кА}$	$i_{\text{дин}} = 86 \text{ кА}$
$B_k \leq I_{\text{пр.т}}^2 \cdot t_{\text{т}}$	ELK-14	$B_k = 0,198 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)}$	$I_{\text{пр.т}}^2 \cdot t_{\text{т}} = 12^2 \cdot 3 = 432 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)}$
$Z_2 \leq Z_{2\text{ном}}$		$Z_2 = 1,11 \text{ (Ом)}$	$Z_{2\text{ном}} = 2 \text{ (Ом)}$

Измерительные приборы для выбора трансформаторов напряжения (ТН) приведены в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Измерительные приборы ТН для ВН

Прибор	S одной обмотки, ВА	Число обмоток	cosφ	sinφ	Число приборов	Общая потребляемая мощность		
						P, Вт	Q, ВА	
Вольтметр (сборные шины)	2	1	1	0	1	2	-	
Ваттметр	Ввод 220 кВ от трансформатора	1,5	3	1	0	1	4,5	-
Счетчик активный		3 Вт	3	0,38	0,925	1	9	14,5
Счетчик реактивный		3 Вт	3	0,38	0,925	1	9	14,5

Счетчик активный	Линии 220 кВ	3 Вт	3	0,38	0,925	4	36	58
Счетчик реактивный		3 Вт	3	0,38	0,925	4	36	58
Итого							96,5	145

Результаты выбора ТН с учетом анализа в п.2 их перспективных конструкций заносятся в расчетную таблицу 3.11.

Таблица 3.11 – Расчетная таблица выбора трансформатора напряжения [26]

Условие	Тип	Расчет	Справочник
$U_{сети.ном} \leq U_{ном}$	STE 1/245	$U_{сети.ном} = 220 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 220/\sqrt{3} \text{ кВ}$
$S_2 \leq S_{2ном}$		$S_2 = 174,2 \text{ (ВА)}$	$S_{2ном} = 400 \text{ (ВА)}$

Для линии ВН при выборе измерительного трансформатора напряжения необходимо произвести расчет вторичной нагрузки.

Вторичная нагрузка трансформатора напряжения:

$$S_2 = \sqrt{P_{приб}^2 + Q_{приб}^2} = \sqrt{96,5^2 + 145^2} = 174,2 \text{ ВА.}$$

Выбранные высоковольтные электрические аппараты, шины и контрольно-измерительная аппаратура отображаются на однолинейной схеме (Приложение Б).

Реконструированная главная схема электрических соединений представлена в Приложении Б, где учтены дополнительные трансформаторы тока в цепях присоединения энергоблоков, дополнительные обмотки трансформаторов напряжения, изменения в части присоединения оборудования СН к генераторным цепям, а также уточнены параметры вновь устанавливаемого оборудования 220 кВ.

Компоновка оборудования КРУЭ 220 кВ в здании ГЭС на отм. 320,200 должна обеспечить подключение двух отходящих воздушных линий 220 кВ (Д79 и Д80) и трех присоединений одиночных блоков генератор- трансформатор №1.. ,№3 при однорядном расположении выключателей.

План размещения КРУЭ 220 кВ в здании Майнской ГЭС на отм. 320,200 приведен в Приложении В.

Оборудование КРУЭ устанавливается на усиленное перекрытие с креплением к перекрытию анкерными болтами и сваркой к закладным элементам. Крепление оборудования КРУЭ удовлетворяет требованиям по стойкости к сейсмическим воздействиям 8 баллов по шкале MSK.

Для кабельных связей между шкафами управления КРУЭ и шкафами релейных защит предусмотрены потолочные и настенные кабельные конструкции.

3.4 Локальная смета реконструкции РУ-220 кВ

Сметный расчет проводится для реконструированной схемы электрической части РУ-220 кВ Майнской ГЭС филиала ПАО «РусГидро» - «Саяно-Шушенская ГЭС им. П.С. Непорожного» с учетом замены существующих маломасляных выключателей типа ВМТ-220Б-20/1000 на элегазовые ELK-SP14 и применения современного высоковольтного оборудования 220 кВ, и включает в себя затраты на электрооборудование и его монтаж. Стоимость схемы электрической части РУ-220 кВ определяется на основе укрупненных показателей сметной стоимости отдельных его элементов. Согласно выбранной схеме и перечню необходимого оборудования рассчитывается суммарная величина капитальных вложений.

При определении цен на оборудование рекомендуется пользоваться данными, полученными на действующих предприятиях, и реальными отпускными ценами поставщиков. В расчетах учитываются транспортные расходы и сметная стоимость монтажных работ.

Локальная смета реконструкции электрической части РУ-220 кВ Майнской ГЭС филиала ПАО «РусГидро» - «Саяно-Шушенская ГЭС им. П.С. Непорожного» с учетом замены существующих маломасляных выключателей типа ВМТ-220Б-20/1000 на элегазовые ELK-SP14 и применения современного высоковольтного оборудования 220 кВ приведена в Приложении Г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения ВКР реконструирована электрическая часть РУ-220 кВ Майнской ГЭС филиала ПАО «РусГидро» - «Саяно-Шушенская ГЭС им. П.С. Непорожного» с учетом замены существующих маломасляных выключателей типа ВМТ-220Б-20/1000 на элегазовые ELK-SP14 и применения современного высоковольтного оборудования 220 кВ.

Решены все задачи ВКР:

- дана характеристика Майнской ГЭС и ее электрической части, в том числе распределительного устройства 220 кВ,
- обоснованы причины реконструкции РУ-220 кВ Майнской ГЭС;
- произведен анализ перспективных конструкций выключателей, разъединителей, трансформаторов тока и напряжения 220 кВ, анализ перспективных конструкций конструкции комплектного распределительного элегазового устройства 220 кВ с целью поиска замены электрооборудования на напряжении 220 кВ и на основании этого выбрано современное электрооборудование;
- выбраны трансформаторы тока, трансформаторы напряжения, высоковольтные выключатели и разъединители для РУ-220 кВ на основании расчетных рабочих и максимальных токов, а также токов короткого замыкания.

Предложенные виды электрооборудования и технические решения схемы РУ-220 кВ электростанции могут быть использованы для проектирования и реконструкции электрической части электростанций, распределительных устройств и подстанций с высшим напряжением 110-220 кВ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Выключатели элегазовые серии ВГТ-УЭТМ® на 220 кВ [сайт]. – Режим доступа: <https://dv-electro.ru/images/opros/VGT-35,110,220.pdf> (дата обращения 10.06.2024).
2. Выключатель элегазовый колонковый ВГТ-220 (У1, УХЛ1) (трехполюсное/однополюсное исполнение) [сайт]. – Режим доступа: https://zeto.ru/products_and_services/high_voltage_equipment/elegazovye-kolonkovye-vyklyuchateli-tipa-vgt-220 (дата обращения 10.06.2024).
3. ГОСТ Р 52726-2007 Разъединители и заземлители переменного тока на напряжение свыше 1 кВ и приводы к ним. Общие технические условия (с Поправкой).
4. Кокин С.Е. Проектирование подстанций распределительного электросетевого комплекса [Текст] : учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 - "Электроэнергетика и электротехника" / С. Е. Кокин, С. А. Дмитриев ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Национальный исследовательский университет "МЭИ". - Москва : Издательство МЭИ, 2018. - 231 с.
5. Кокин С.Е. Схемы электрических соединений подстанций [Текст] : учебное пособие / Кокин С.Е., Дмитриев С.А., Хальясмаа А.И., - 2-е изд., стер. - М.:Флинта, Изд-во Урал. ун-та, 2017. - 100 с.
6. Кулеева Л.И. Проектирование подстанции [Текст]: учебное пособие / Л.И. Кулеева, С.В. Митрофанов, Л.А. Семенова. - Электрон. текстовые данные. - Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2016. - 111 с.
7. Латушкина, Л. Л. Переходные процессы в электроэнергетических системах. Расчет токов короткого замыкания :учеб. пособие для выполнения курсовой работы / Л. Л. Латушкина. А. С. Дулесов; Сиб. федер.ун-т, ХТИ филиал СФУ. – Абакан: Ред.-изд. сектор ХТИ – филиала СФУ, 2013. – 147 с.

8. Лопухова, Т. В. Особенности конструкции трансформаторов с элегазовой изоляцией / Т. В. Лопухова, Ю. Н. Зацаринная, Р. Н. Балобанов // Вестник Казанского технологического университета, 2013 [сайт]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-konstruktsii-transformatorov-s-elegazovoy-izolyatsiey> (дата обращения 10.06.2024).

9. Назарычев, А.Н. Реконструкция открытых распределительных устройств подстанций 220 кВ на основе применения вакуумных выключателей и компактных блочно-модульных конструкций / Д.А. Андреев, И.Н. Сулынинков, Д.Л. Панков, Т.А. Жулина // Вестник ИГЭУ. – Вып. 2. – 2011.

10. Немировский, А.Е. Электрооборудование электрических сетей, станций и подстанций [Текст]: учебное пособие / А.Е. Немировский, И.Ю. Сергиевская, Л.Ю. Крепышева. - М: "Инфра-Инженерия", 2018. - 148 с.

11. Новые компактные распределительные устройства 110 и 220 кВ [сайт]. – Режим доступа: <http://smartenergo.net/products/vysokovoltnoe-oborudovanie-dlya-oru/183.html> (дата обращения 10.06.2024).

12. Ополева, Г. Н. Схемы и подстанции электроснабжения : справочник / Г. Н. Ополева. – М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2010. – 480 с.

13. Ополева, Г.Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов [Текст] : учеб. пособие / Г. Н. Ополева. - Москва : Форум : ИНФРА-М, 2018. - 416 с.

14. РУ 220 кВ. Распределительное устройство [сайт]. – Режим доступа: https://tes.ru/solutions_oru/oru-220/ (дата обращения 10.06.2024).

15. Основы составления главных схем электрических подстанций : учебное пособие / М. Ю. Николаев, В. Н. Горюнов, С. Ю. Прусс [и др.] ; Минобрнауки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Омский государственный технический университет". - Омск : Изд-во ОмГТУ, 2019. - 93 с.

16. Платонова, Е. В. Электроэнергетические системы сети: метод. указания к курсовому проектированию / Е. В. Платонова. – Абакан: Сиб. федер. ун-т; ХТИ – филиал СФУ, 2015. – 61 с.

17. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации [Текст]. – М. : ЭНЕРГИЯ, 2013. – 348 с.

18. Правила устройства электроустановок [Текст] : утверждены Министерством энергетики Российской Федерации : все действующие разделы шестого и седьмого изданий. - Москва : Проспект, 2019. - 831 с.

19. Разъединители наружной установки 220 кВ [сайт]. – Режим доступа: <https://www.electroshield.ru/catalog/razyediniteli-i-vla/razediniteli-naruzhnoy-ustanovki-220-kv/> (дата обращения 10.06.2024).

20. Разъединители наружной установки серии РГ [сайт]. – Режим доступа: https://zeto.ru/products_and_services/high_voltage_equipment/rg-220-kv (дата обращения 10.06.2024).

21. Разъединители переменного тока на напряжение 220 кВ серии РН. Руководство по эксплуатации ОГК.412.235 РЭ [сайт]. – Режим доступа: http://demsli.by/sites/default/files/demslifiels/re_rn220_elsh.ru.pdf (дата обращения 10.06.2024).

22. Разъединители серии РГП на напряжение 220 кВ. Руководство по эксплуатации ИВЕЖ.674214.038-01 РЭ [сайт]. – Режим доступа: <https://www.elec.ru/viewer?url=/files/127/000000087/attfile/rukovodstvo-po-ekspluatatsii-razedinitelej-serii-rgp-na-napryazhenie-220-kv.pdf> (дата обращения 10.06.2024).

23. Разъединители типа РГД-220 на напряжение 220 кВ [сайт]. – Режим доступа: <http://www.elektrozavod.ru/sites/default/files/pcomplexes/ea/production/rgd220/rgd-220.pdf> (дата обращения 10.06.2024).

24. Разъединители типа РПД(РПДО)-УЭТМ на напряжение 220 кВ [сайт]. – Режим доступа: <https://dv-electro.ru/raz-ediniteli-i-vyklyuchateli-nagruzki/raz-ediniteli-220-kv> (дата обращения 10.06.2024).

25. Распределительные устройства 220 кВ на базе комплектного распределительного элегазового устройства ELK14 220 кВ [сайт]. – Режим доступа: http://ruexport.org/rus_export_catalog/18108/893.html?printable

26. РД 153-34.0-20.527-98. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования; дата введ. 23.03.1998 [Текст]. – М.: Издательство МЭИ, 2013. – 131 с.

27. Рекомендации по технологическому проектированию подстанций переменного тока с высшим напряжением 35 - 750 кВ [Текст]. - М. : ЭНАС, 2017. - 80 с.

28. Майнская ГЭС [сайт]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Майнская_ГЭС (дата обращения 10.06.2024).

29. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : ЭНАС, 2012. – 376 с.

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

31. 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.

32. Трансформатор напряжения элегазовый ЗНОГ-220 (У1, УХЛ1). [сайт]. – Режим доступа: https://zeto.ru/products_and_services/high_voltage_equipment/transformatory-napryajeniya-izmeritelnye-elegazovye (дата обращения 10.06.2024).

33. Трансформатор тока ТОГФ-220 с азотной изоляцией [сайт]. – Режим доступа: <http://zaokurs.ru/uploads/files/89/togf-220sazotnoyizolyaciey.pdf> (дата обращения 10.06.2024).

34. Трансформатор тока ТРГ-УЭТМ 110/220 кВ [сайт]. – Режим доступа: <https://dv-electro.ru/izmeritelnye-transformatory/transformatory-110-220-kv> (дата обращения 10.06.2024).

35. Трансформаторы напряжения ЗНГ-УЭТМ®-220 [сайт]. – Режим доступа: <http://www.uetm.ru/katalog-produktsii/item/znguetm220/> (дата обращения 10.06.2024).

36. Трансформаторы тока ТРГ-УЭТМ®-220 [сайт]. – Режим доступа:

<http://www.uetm.ru/katalog-produktsii/item/trguetm220/> (дата обращения 10.06.2024).

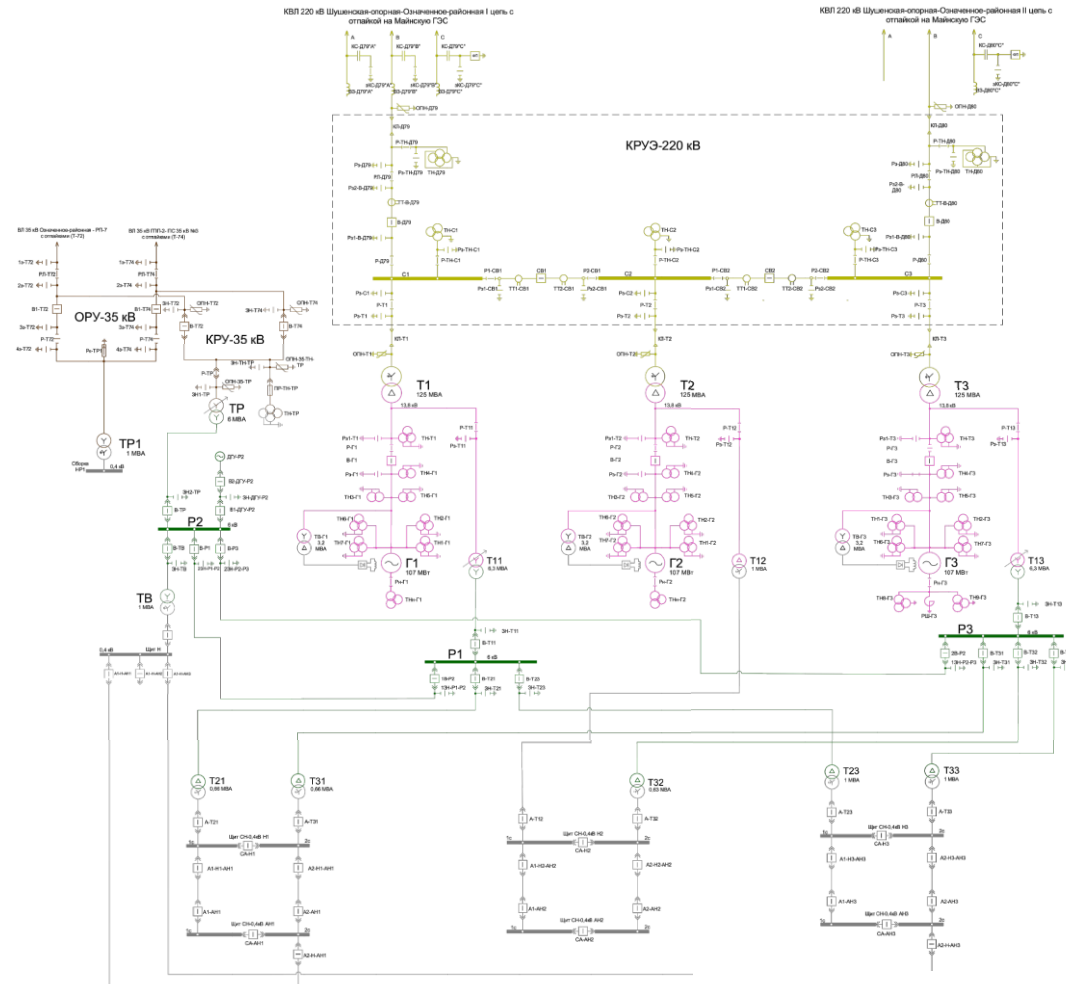
37. Трансформаторы тока элегазовые с фарфоровой изоляцией ТОГФ-220 (УХЛ1) [сайт]. – Режим доступа: https://zeto.ru/products_and_services/high_voltage_equipment/elegazovye-transformatory-toka-serii-togf-110-220-330-500 (дата обращения 10.06.2024).

38. ФСК ЕЭС. О Компании [сайт]. – Режим доступа: <https://www.fsk-ees.ru/about/> (дата обращения 10.06.2024).

39. Электрические станции и подстанции. Проектирование электрической части подстанции: метод. указания к выполнению курсового проектирования / сост. П. В. Валь ; Сиб. федер. ун-т, ХТИ – филиал СФУ. – Абакан : Ред.-изд. сектор ХТИ – филиала СФУ, 2014. – 38 с.

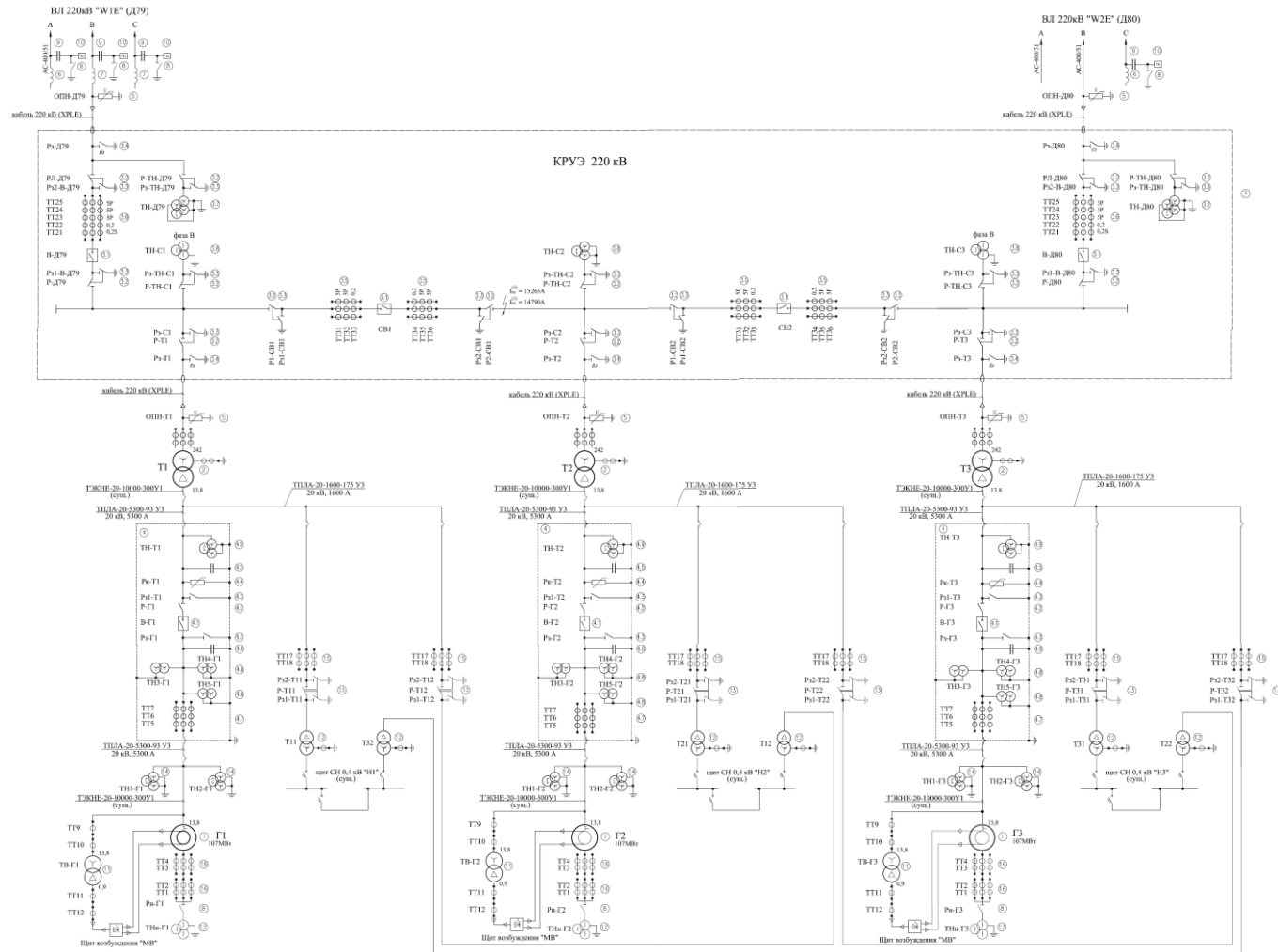
ПРИЛОЖЕНИЕ А

Схема электрических соединений Майнской ГЭС



ПРИЛОЖЕНИЕ Б

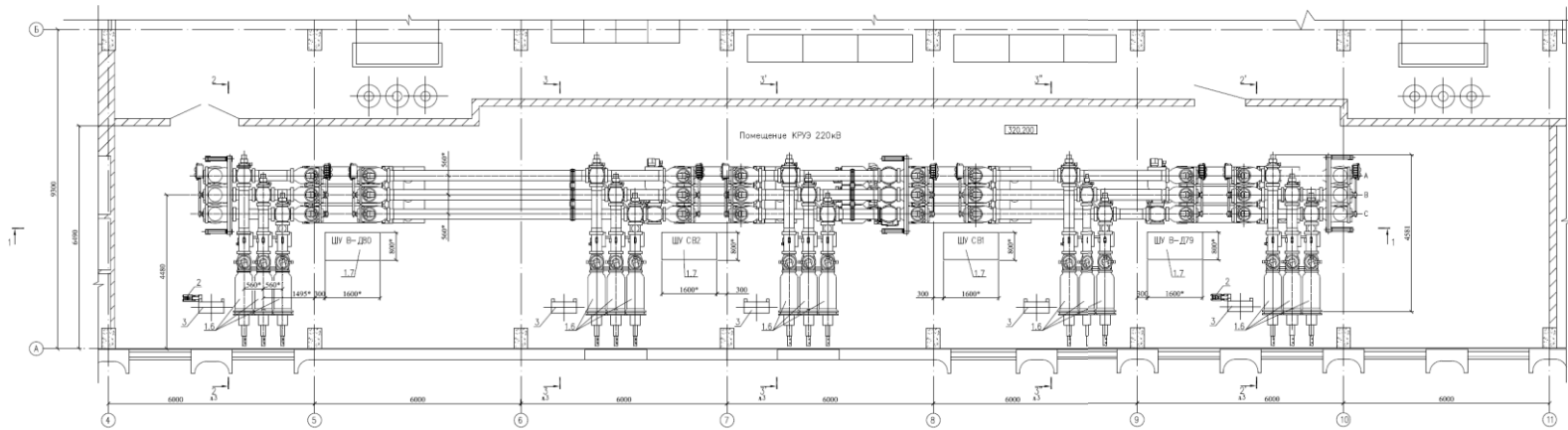
Схема электрических соединений Майнской ГЭС и схема РУ-220 кВ после реконструкции



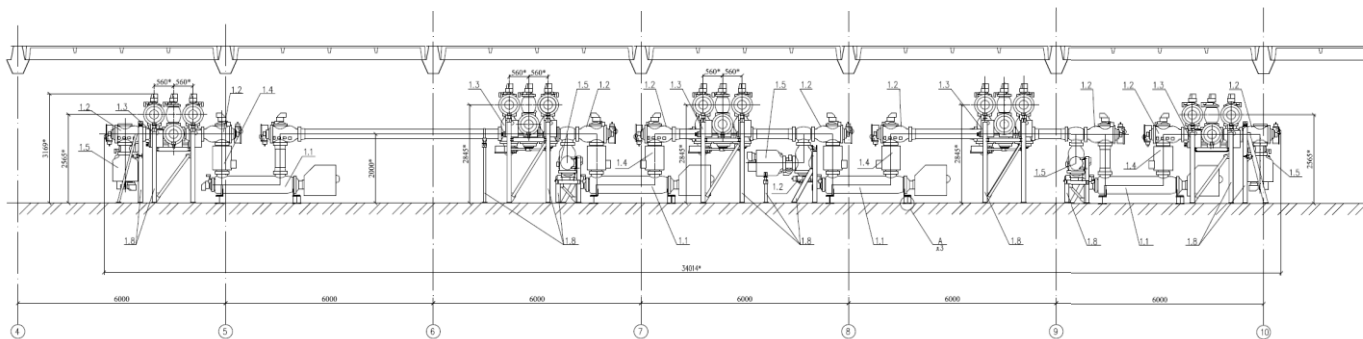
ПРИЛОЖЕНИЕ В

План размещения КРУЭ 220 кВ в здании Майнской ГЭС на отм. 320,200

План на отм. 320,200 (1:50)



Разрез 1 - 1



Спецификация

Поз	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед. кг	Примеч.
1	ELK-14	Комплексное распределительное устройство элегазовое КРУЭ 220кВ в составе	1		
1.1	ELK-SF14 252 кВ, 6,3 кА, 4000 А	Выключатель однофазный с прибором ELK-1M14 (1 прибор на 1 фазу)	12		
1.2	ELK-14TK 252 кВ, 4000 А	Комбинированный разъединитель-аппарат с фидер. прибором ВАС14 (1 прибор на 3 фазы)	44		
1.3	ELK-EB14 252 кВ, 4000 А	Вспомогательный дроссель с фидер. прибором ELK-BAE (1 прибор на 3 фазы)	15		
1.4	ELK-ON14 220 кВ, 1000/1А	Трансформатор тока однофазный	18		
1.4.1	0,2/5P/50 ВА	Трансформатор тока однофазный	12		
1.4.2	0,2/2/3P/5P/5P/5P	Трансформатор тока однофазный	6		
1.5.1	ELK-P14 220/110/110 кВ, 0,2/3P, 50/50 ВА	Трансформатор напряжения	6		
1.5.2	ELK-P14 220/110/110 кВ, 0,2/3P, 50/50 ВА	Трансформатор напряжения	5		
1.6	ELK-HM4	Оптек для кабельного присоединения	15		
1.7	ШУ В-Д79, ШУ В-Д80, ШУ СВ1, ШУ СВ2,	Щит местного управления	4		
1.8		Опоры металлокаркаса	2,75		комплект с КРУ 220 кВ
1.9	60x6 мм ²	Штанг мерная	60		комплект с КРУ 220 кВ
2	TOP-10	Трансформатор тока 10кВ, 1000/1А, кл. 1Р/1Р	2	25	
3	Earthing link box without shv	Коробка заземления без ОПН	5		

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Локальная смета реконструкции РУ-220 кВ

СОГЛАСОВАНО:

УТВЕРЖДАЮ:

_____ 20_ г.

_____ 20_ г.

Реконструкция РУ-220 кВ Майнской ГЭС филиала ПАО «РусГидро» - «Саяно-Шушенская ГЭС им. П.С. Непорожного»

(наименование стройки)

ЛОКАЛЬНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЕТ №

(локальная смета)

на Приобретение и монтаж оборудования РУ-220 кВ

(наименование работ и затрат, наименование объекта)

Сметная стоимость _____	159767,328 тыс.руб.
строительных работ _____	418,2 тыс.руб.
монтажных работ _____	4156,404 тыс.руб.
оборудования _____	155569,104 тыс.руб.
Средства на оплату труда _____	3818,70 тыс.руб.
Сметная трудоемкость _____	2914,94 чел. час
Трудозатраты механизаторов _____	273,49 чел. час

№	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин	
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего
				оплаты труда	в т.ч. оплаты труда					
Раздел 1. Монтаж оборудования										
1	ТЕРм08-01-009-05	<p>Выключатель КРУЭ 220 кВ ELK-SP14 (компл. (3 фазы)) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2 <i>НР, (42540 руб.): 95% от ФОТ (44780 руб.)</i> <i>СП, (29110 руб.): 65% от ФОТ (44780 руб.)</i></p>	4	1012949 365856	556017 46230	2025898	439080	55600 46200	335,34	335,34
2	ТЕРм08-01-011-06	<p>Разъединитель КРУЭ 220 кВ ELK-14ТК (компл. (3 фазы)); с одним или двумя заземляющими ножами (компл. (3 полюса)) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2 <i>НР, (19630 руб.): 95% от ФОТ (20660 руб.)</i> <i>СП, (13430 руб.): 65% от ФОТ (20660 руб.)</i></p>	12	255580 73623	130928 21429	3067200	883200	261900 42900	67,482	134,96

№	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин	
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего
				оплаты труда	в т.ч. оплаты труда					
3	ТЕРм08-01-015-02	ОПН-I-220У1, напряжение, кВ: 220 (компл. (3 фазы)) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> <i>K=0,33 на один ограничитель ПЗ=0,33 (ОЗП=0,33; ЭМ=0,33 к расх.; ЗПМ=0,33; МАТ=0,33 к расх.; ТЗ=0,33; ТЗМ=0,33) (1-й уровень);</i> <i>4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15 (1-й уровень);</i> <i>5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2 (2-й уровень) НР, (2460 руб.); 95% от ФОТ (2590 руб.) СП, (1680 руб.); 65% от ФОТ (2590 руб.)</i>	1	81790 19230	39292 4636	81800	19200	39300 4600	17,6256	17,63
4	ТЕРм08-01-082-01	Зажим наборный без кожуха ((ШЗН-1В для блока трансформатора напряжения, ШЭВ-60 для блока трансформатора тока) (100 шт.) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> <i>4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15;</i> <i>5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2</i> <i>НР, (1171 руб.); 95% от ФОТ (1233 руб.) СП, (801 руб.); 65% от ФОТ (1233 руб.)</i>	1,6	12980,6 7076,2	348,3 21,1	20770	11320	560 30	64,86	103,78

№	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин	
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего
				оплаты труда	в т.ч. оплаты труда					
5	ТЕРм08-01-021-05	Шина сборная, напряжение, кВ 220, сечение до 1600 мм2, количество проводов в фазе: 1 (пролет (3 фазы)) КОЭФ. К ПОЗИЦИИ: 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2 НР, (6483 руб.): 95% от ФОТ (6824 руб.) СП, (4436 руб.): 65% от ФОТ (6824 руб.)	8	31054,6 6308,4	24719,5 1540,1	248440	50470	197760 12320	57,822	462,58
6	ТЕРм08-01-023-01	Спуск, петля или перемычка, сечение провода, мм2, до 300, количество проводов в фазе: 1 (спуск, петля или перемычка (3 фазы)) КОЭФ. К ПОЗИЦИИ: 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2 НР, (1676 руб.): 95% от ФОТ (1764 руб.) СП, (1147 руб.): 65% от ФОТ (1764 руб.)	16	1698,8 719,7	963,8 294,9	27180	11510	15420 4720	6,5964	105,54

№	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин		
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего	
				оплаты труда	в т.ч. оплаты труда						в т.ч. оплаты труда
7	СЦМ-507-0075	Провода неизолированные для воздушных линий электропередачи из стальных оцинкованных проволок 1 группы и алюминиевых проволок марки АС, сечением 70/11 мм ² (т) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	0,051	720992,6		36770					
8	СЦМ-507-0077	Провода неизолированные для воздушных линий электропередачи из стальных оцинкованных проволок 1 группы и алюминиевых проволок марки АС, сечением 120/19 мм ² (т) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	0,05	720992,6		36050					

№	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин		
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего	
				оплаты труда	в т.ч. оплаты труда						в т.ч. оплаты труда
9	СЦМ-507-0079	Провода неизолированные для воздушных линий электропередачи из стальных оцинкованных проволок 1 группы и алюминиевых проволок марки АС, сечением 185/24 мм2 (т) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	0,195	7453411		1453400					
10	СЦМ-507-0081	Провода неизолированные для воздушных линий электропередачи из стальных оцинкованных проволок 1 группы и алюминиевых проволок марки АС, сечением 240/32 мм2 (т) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	0,2	7386739		147700					

№	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин		
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего	
				оплаты труда	в т.ч. оплаты труда						в т.ч. оплаты труда
11	СЦМ-507-0082	Провода неизолированные для воздушных линий электропередачи из стальных оцинкованных проволок 1 группы и алюминиевых проволок марки АС, сечением 300/39 мм2 (т) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	0,238	738673,9		175800					
12	Прайс лист "ТАИЗ" от 15.06.2024 г	Ящик зажимов (шт) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	2	72200		144400					

№	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин	
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего
				оплаты труда	в т.ч. оплаты труда					
13	Прайс лист от 15.06.2024 г СЦМ тех. тех. п. 6 К=1,16	Ящики обогрева выключателей (14496,00/2,46/1,18*1,16=5792,40руб./шт) (шт) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	1	57924		57920				
14	Прайс-лист ООО "Электроцит" 15.06.2024г К=2,46 СЦМ т. ч. п. 6 К=1,16	Шкаф питания привода выключателя (14415/2,46*1,16=6797,32) (шт) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	1	67983,2		67980				

№	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин	
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего
				оплаты труда	в т.ч. оплаты труда					
15	ТЕРм08-02-472-02	Заземлитель горизонтальный из стали: полосовой сечением 160 мм2 (100 м) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2 НР, (796 руб.): 95% от ФОТ (838 руб.) СП, (545 руб.): 65% от ФОТ (838 руб.)	3,1	12238,6 2446,6	1004,1 42,2	37940	7580	3110 130	22,908	71,01
16	ТЕРм08-02-471-03	Заземлитель вертикальный из круглой стали, диаметр, мм: 12 (10 шт.) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2 НР, (396 руб.): 95% от ФОТ (417 руб.) СП, (271 руб.): 65% от ФОТ (417 руб.)	3,1	4598,5 1221,9	521,8 15,3	14260	3790	1620 50	11,4402	35,46

№	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин	
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего
				оплаты труда	в т.ч. оплаты труда					
Оборудование										
17	Спецификация №2 ООО "Рекстром"	Выключатель на напряжение 220 кВ Выключатель КРУЭ 220 кВ ELK-SP14 (4090205/1,18/2,92=1187080,62) (шт) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	4	11870810		47483240				
18	Прайс-лист	Разъединитель 3х полюсный блок Разъединитель КРУЭ 220 кВ ELK-14ТК тип 1 (блок) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	12	3500000		42000000				

№	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин		
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего	
				оплаты труда	в т.ч. оплаты труда						в т.ч. оплаты труда
19	Прайс-лист ООО "Разряд"	Ограничитель перенапряжения ОПН-I-220У1 (19600/3,14=6242,04) (шт) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	4	193650		774600					
20	Прайс-лист	Трансформатор напряжения STE 1/245 КРУЭ 220 кВ ELK-14 (шт) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	5	900000		4500000					

№	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин		
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего	
				оплаты труда	в т.ч. оплаты труда						в т.ч. оплаты труда
21	Прайс-лист	Трансформатор тока КРУЭ 220 кВ ELK-14 (шт) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	12	500000		6000000					
22	Прайс лист от 15.06.2024 г СЦМ тех. тех. п. 6 К=1,16	Ящики обогрева выключателей (14496,00/2,46/1,18*1,16=5792,40руб./шт) (шт) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	4	60000		240000					
23	Прайс-лист ООО "Электроцит" 15.06.2024г К=2,46 СЦМ т. ч. п. 6 К=1,16	Шкаф питания привода выключателя (14415/2,46*1,16=6797,32) (шт) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	4	70000		280000					

№	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин	
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего
				оплаты труда	в т.ч. оплаты труда					
Итого прямые затраты по смете в ценах 2024г.						146351568	377424	416080 36880		2914,94
Итого прямые затраты по смете с учетом коэффициентов к итогам						159040260	410148	452150 40080		2914,94
Накладные расходы						432708				
Сметная прибыль						294360				
Итого по смете:										
Итого Строительные работы						418200				153,88
Итого Монтажные работы						4156404				2761,06
Итого Оборудование						155569104				
Итого						159767328				2914,94
В том числе: Материалы						2518428				
Машины и механизмы						542580				
ФОТ						4582440				
Оборудование						155569104				
Накладные расходы						432708				
Сметная прибыль						294360				
ВСЕГО по смете						159767328				2914,94

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, машиностроение и автомобильный транспорт»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой



А.С. Торопов
инициалы, фамилия

подпись

инициалы, фамилия

« 26 » 06 2024 г.

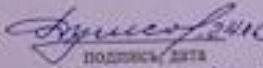
БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код – наименование направления

Реконструкция РУ-220 кВ Майнской ГЭС филиала ПАО «РусГидро» -
«Саяно-Шушенская ГЭС им. П.С. Непорожного»

тема

Руководитель  доцент, к.э.н.
подпись, дата должность, ученая степень

Н.В. Дулесова
инициалы, фамилия

Выпускник ММ - 24.06.2024
подпись, дата

К.А. Митрофанов
инициалы, фамилия

Нормоконтролер И.А. Кычакова
подпись, дата

И.А. Кычакова
инициалы, фамилия

Абакан 2024