

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.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код – наименование направления

Реконструкция ОРУ-220 ПС 220 кВ База с заменой существующей схемы
ОДКЗ на современную с применением элегазовых выключателей
тема

Руководитель	_____	<u>доцент, к.э.н.</u>	<u>Н. В. Дулесова</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Выпускник	_____		<u>К.Е.Зайцев</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия
Нормоконтролер	_____		<u>И. А. Кычакова</u>
	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
« _____ » _____ 2024г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы

Студенту Зайцеву Кириллу Евгеньевичу

фамилия, имя, отчество

Группа 10-1 Направление (специальность) 13.03.02

номер

код

Электроэнергетика и электротехника

наименование

Тема выпускной квалификационной работы Реконструкция ОРУ-220 ПС 220 кВ «Абаза» с заменой существующей схемы ОДКЗ на современную с применением элегазовых выключателей

Утверждена приказом по институту № 259 от 07.05.2024 г.

Руководитель ВКР Н.В.Дулесова доцент кафедры «ЭМиАТ»

Исходные данные для ВКР контрольные замеры, характеристика выключателей, разъединителей и измерительных трансформаторов

Перечень разделов ВКР

Введение

1 Теоретическая часть

1.1 Характеристика предприятия электрических сетей

1.2 Общая характеристика подстанции «Абаза» 220 кВ

1.3 Описание схемы электрических соединений ОРУ-220 кВ и существующего оборудования

2 Аналитическая часть

2.1 Обоснование реконструкции схемы электрических соединений и оборудования ОРУ-220 кВ

2.2 Обзор конструкций выключателей 220 кВ. Достоинства и недостатки. Сравнительная характеристика

2.3 Обзор конструкций разъединителей 220 кВ. Достоинства и недостатки. Сравнительная характеристика

2.4 Обзор конструкций трансформаторов тока и напряжения 220 кВ. Достоинства и недостатки. Сравнительная характеристика

2.5 Компактные блочно-модульные конструкции

3 Практическая часть

3.1 Определение токов нормального и утяжеленного режимов присоединений подстанции

3.2 Расчет токов КЗ на шинах подстанции

3.3 Выбор оборудования ОРУ-220 кВ

Заключение

Список используемых источников

Перечень графического материала:

1. Принципиальная схема ОРУ-220 кВ до реконструкции

2. Принципиальная схема ОРУ-220 кВ после реконструкции

3. План и разрез ячейки ОРУ-220 кВ после реконструкции

Руководитель ВКР _____

подпись

Н. В. Дулесова

инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению _____

подпись,

К.Е.Зайцев

инициалы и фамилия студента

«02» февраля 2024 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Реконструкция ОРУ-220 ПС 220 кВ «Абаза» с заменой существующей схемы ОД КЗ на современную с применением элегазовых выключателей» содержит 51 страницу текстового документа, 31 использованный источник, 3 листа графического материала.

Объект исследования – ПС 220кВ «Абаза».

Предмет исследования – методы и методика выбора электрооборудования, расчет КЗ и выбор современного оборудования.

Целью ВКР является реконструкция ОРУ-220 с заменой отделителей и короткозамыкателей на современные элегазовые выключатели.

Задачи работы, необходимые для достижения цели:

-дать общую характеристику подстанции «Абаза», описать схему электрических соединений ОРУ-220 и существующего оборудования;

-обосновать реконструкцию схемы электрических соединений ОРУ-220кВ;

-произвести обзор конструкций выключателей, разъединителей, трансформаторов тока и напряжения 220кВ;

-рассчитать токи нормального и утяжеленного режима путем определения электрических нагрузок отходящих присоединений;

-рассчитать токи короткого замыкания и выбрать оборудование ОРУ-220кВ;

-выбор элегазовых выключателей, разъединителей, трансформаторов тока и напряжения.

Практическая значимость работы связана с необходимостью замены устаревшего оборудования ОРУ-220кВ ПС «Абаза», что обеспечит безопасность и надежное питание потребителей.

Область применения – результаты работы могут быть внедрены на подстанциях и ОРУ аналогичного типа в рамках реконструкции данных объектов.

THE ABSTRACT

The final qualifying work on the topic " Reconstruction of ORU–110 Substation 220 kV “Abaza” substation with the replacement of the existing OD short-circuit circuit with a modern one using circuit breakers” contains 51 pages of text document, 31 used sources, 3 sheets of graphic material.

The object of study - 220 kV “Abaza” substation.

The subject of the study is methods and techniques for selecting electrical equipment, calculating short circuits and choosing modern equipment.

The aim of the final qualifying work is the reconstruction of the outdoor switchgear–110 with replacing separators and short circuiters with modern circuit breakers.

The final qualifying work tasks that are necessary to achieve the goal:

- give a general description of the substation "Abaza", describe the electrical connections of the switchgear–2200 and existing equipment;

- substantiate the reconstruction of the electrical circuit of the outdoor switchgear–220 kV;

- to review the designs of circuit breakers, disconnectors, voltage and current transformers with voltage of 220;

- calculate the currents of normal and heavy duty by determining the electrical loads of the outgoing connections;

- calculate short-circuit currents and select the 220 kV outdoor switchgear equipment at the substation.

- selection of circuit breakers, disconnectors, current and voltage transformers.

The practical significance of the work is due to the need to replace equipment of outdoor 220 kV Substation 220 kV "Abaza", which ensures safety and reliable power supply to consumers

Scope –the results of the work can be implemented at substations and outdoor switchgear of a similar type as part of the reconstruction of these facilities.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 Теоретическая часть.....	8
1.1 Характеристика предприятия электрических сетей	8
1.2 Общая характеристика подстанции «Абаза» 220 кВ.....	9
1.3 Описание схемы электрических соединений ОРУ-220 кВ и существующего оборудования	11
2 Аналитическая часть.....	17
2.1 Обоснование реконструкции схемы электрических соединений и оборудования ОРУ-220 кВ.....	17
2.2 Обзор конструкций выключателей 220 кВ. Достоинства и недостатки. Сравнительная характеристика.....	18
2.3 Обзор конструкций разъединителей 220 кВ. Достоинства и недостатки. Сравнительная характеристика.....	25
2.4 Обзор конструкций трансформаторов тока и напряжения 220 кВ. Досто- инства и недостатки. Сравнительная характеристика.....	30
2.5 Компактные блочно-модульные конструкции.....	38
3 Практическая часть	40
3.1 Определение токов нормального и утяжеленного режимов присоединений подстанции	40
3.2 Расчет токов КЗ на шинах подстанции	41
3.3 Выбор оборудования ОРУ-220 кВ.....	45
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	48
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	49

ВВЕДЕНИЕ

ПС 220кВ «Абаза» построена и введена в эксплуатацию в декабре 1968 года. Строительство подстанции было необходимо для обеспечения надежного электроснабжения Абаканского рудника (в 2019 году - ООО «Абазинский рудник»).

Надежность в эксплуатации электрооборудования систем электроснабжения имеет первостепенное значение для экономики. Перебои электроэнергии приводят к существенным экономическим потерям, влияют как на промышленность, так и на повседневную жизнь.

Стоимость предотвращения отключений электроэнергии во время аварийных ситуаций сильно влияет на суммарные затраты, на изготовление и монтаж электрической сети, также социальные и психологические потрясения пагубно влияют на население. Современная электроэнергетическая индустрия сталкивается с проблемой постоянно растущего спроса на электроэнергию, с максимальной надежностью. Поэтому современной электроэнергетике необходимо повышение требований надежности и качества электроэнергии. В связи с этим необходимо использовать современное оборудование, что повысит не только устойчивость электроэнергетической системы, но и обеспечит чувство безопасности общества.

В выпускной квалификационной работе предлагается техническое переоснащение системы электроснабжения путём замены устаревших отделителей (ОД) и короткозамыкателей (КЗ) на современные элегазовые выключатели. Это обновление необходимо в связи с тем, что существующее оборудование отработало свой ресурс и не соответствует текущим требованиям эффективности и безопасности. Элегазовые выключатели обладают рядом преимуществ, включая высокую надёжность, долговечность и улучшенные эксплуатационные характеристики, что обеспечивает повышение эксплуатационной надёжности всей системы и минимизацию рисков, связанных с длительной эксплуатацией устаревшего оборудования.

Также выполняется замена устаревших разъединителей, трансформаторов тока и напряжения.

1 Теоретическая часть

1.1 Характеристика предприятия электрических сетей

Хакасское предприятие магистральных электрических сетей является филиалом Публичного акционерного общества «Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы» (далее – ПАО «ФСК ЕЭС»), не имеющим статуса юридического лица и осуществляющим часть задач, видов деятельности и функций Общества, в том числе и функций по предоставлению и защите интересов общества [31].

Свою деятельность Филиал ПАО «ФСК ЕЭС» – Хакасское ПМЭС осуществляет в соответствии с Положением о Хакасском предприятии магистральных электрических сетей филиала Открытого акционерного общества «Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы».

Филиал ПАО «ФСК ЕЭС» — Хакасское ПМЭС было создано в 1998 году путем выделения из состава электрических сетей ПАО «Хакасэнерго» двух подстанций классом напряжения 500 кВ (ПС 500 кВ Абаканская - г. Абакан и ПС 500 кВ Означенное - г. Саяногорск), а также шести воздушных линий электропередачи классом напряжений 500 кВ:

ВЛ 500 кВ Саяно-Шушенская ГЭС – Новокузнецкая I, II цепь;

ВЛ 500 кВ Саяно-Шушенская ГЭС – Означенное I, II цепь;

ВЛ 500 кВ Означенное – Абаканская;

ВЛ 500 кВ Абаканская – Итатская.

Эксплуатируемые объекты находятся в трех регионах: Республике Хакасия, Республике Тыва и на юге Красноярского края.

Задачей Хакасского ПМЭС является надежная и эффективная передача электроэнергии в целях удовлетворения потребностей населения, предприятий и организаций на территории Республики Хакасия, Республики Тыва и на юге Красноярского края.

В эксплуатации ПМЭС находится 3158,26 км линий электропередачи напряжением 110–500 кВ, 17 подстанций напряжением 110–500 кВ.

Основными направлениями деятельности ХП МЭС являются:

- предоставление услуг субъектам оптового рынка электрической энергии по передаче электрической энергии и присоединению к электрической сети;
- инвестиционная деятельность в сфере развития ЕНЭС;
- поддержание в надлежащем состоянии электрических сетей;
- технический надзор за состоянием сетевых объектов.

В связи с тем, что работниками предприятия выполняются опасные виды работ и работ повышенной опасности в электроустановках к персоналу предъявляются более высокие требования в вопросах производственной и трудовой дисциплины, охраны труда, пожарной безопасности.

Чтобы гарантировать благополучие персонала и устранить риски, связанные с жизнью и здоровьем, на работников действует «Система Управления Охраной Труда». Эта система устанавливает политику в области охраны труда и порядка.

Основными целями предприятия в области охраны труда являются:

- снижение уровня воздействия и предотвращение профессиональных рисков
- создание безопасных условий труда и сохранение жизни и здоровья персонала
- постоянное улучшение условий труда.

1.2 Общая характеристика подстанции «Абаза» 220 кВ

Электрическая подстанция «Абаза» 220 кВ находится Республика Хакасия, Таштыпский р-он, г. Абаза.



Рисунок 1.1 – Район расположения подстанции «Абаза» 220 кВ

ПС 220кВ «Абаза» построена и введена в эксплуатацию в декабре 1968 года. Строительство подстанции было необходимо для обеспечения надежного электроснабжения Абаканского рудника (в 2019 году - ООО «Абазинский рудник») и города Абаза.

Рабочее напряжение: 220/35/6 кВ.

Для обеспечения электроснабжения, управления режимами работы и защиты, объект оборудован: открытым распределительным устройством (ОРУ-220 кВ, ОРУ-35 кВ); двумя силовыми трансформаторами и закрытым распределительным устройством (КРУН-6 кВ) и общеподстанционным пунктом управления (ОПУ).

Узловые элементы электрической сети, включающие в себя электроэнергетическое оборудование высокого класса напряжения 6 кВ и выше, являются фундаментальной составляющей инфраструктуры для трансформации, передачи и распределения электрической энергии. Эта совокупность включает электрические машины, такие как трансформаторы и генераторы, коммутационные аппараты, обеспечивающие управление потоками электроэнергии, и вспомогательное оборудование, необходимое для поддержания оптимального функционирования системы. Размещение этих элементов в специализированных сооружениях и помещениях обеспечивает их защиту и удобство обслуживания, что критически важно для поддержания бесперебойности и качества электроснабжения

Питание трансформаторов мощностью 20000 кВА (1Т) и 25000 кВА (2Т), осуществляется двумя воздушными линиями ВЛ 220 кВ Степная-Абаза (ПАО «Россети» - «Хакасское ПМЭС») и ВЛ 220 кВ Абаза – Ак-Довурак (ПАО «Россети» - «Красноярское ПМЭС») Линейная часть электрических сетей состоит из воздушных и (или) кабельных линий, включающих в себя провода, кабели, изолирующие элементы, несущие конструкции, контрольное оборудование и линии связи.

Трансформаторы типа ТДТНГ-20000-220-У1 и ТДТН-25000/230-У1 представляют собой высокопроизводительное оборудование, способное работать при напряжении высокого уровня (ВН) 220 кВ.

Эти трансформаторы отличаются следующими характеристиками:

1)Трехфазная конструкция, обеспечивающая стабильность работы и распределение нагрузки.

2)Система охлаждения с принудительной циркуляцией воздуха и естественной циркуляцией масла, что повышает эффективность отвода тепла и продлевает срок службы оборудования.

3)Возможность регулирования напряжения под нагрузкой, что позволяет поддерживать стабильность электросети даже при изменениях в потреблении энергии.

4)Мощность трансформатора ТДТНГ-20000-220-У1 составляет 20000 кВА, а трансформатора ТДТН-25000/230-У1 — 25000 кВА, что указывает на их способность обрабатывать значительные энергетические потоки.

Такие трансформаторы играют важную роль в обеспечении надежности и эффективности электроснабжения, являясь неотъемлемой частью инфраструктуры любой современной энергосистемы.

1.3 Описание схемы электрических соединений ОРУ-220 кВ и существующего оборудования

На ПС 220кВ «Абаз» установлены два силовых трансформатора типа ТДТНГ-20000/220-У1 (1Т) и ТДТН-25000/230-У1 (2Т), технические характеристики которых представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1- Технические характеристики силовых трансформаторов:

Наименование параметра	Ед. изм.	Значение	
		ТДТНГ-20000/220	ТДТН-25000/220
Номинальная мощность	кВ А	20000	25000
Год выпуска		1966	1987
Завод изготовитель		«Уралэлектро-аппарат» г. Свердловск	Запорожский трансформаторный завод
Номинальное напряжение стороны ВН	кВ	220±10×1,2%	230±12x1 %
Номинальное напряжение стороны СН	кВ	38,5±5 %	38,5±2x 2,5 %
Номинальное напряжение стороны НН	кВ	6.6	6,6

Продолжение таблицы 1.1

Наименование параметра	Ед. изм.	Значение		
		ТДТНГ-20000/220	ТДТН-25000/220	
Номинальный ток стороны ВН (при $U_{ВН} = U_{ном}$)	А	52,5	62,75	
Номинальный ток стороны СН (при $U_{СН} = U_{ном}$)	А	300	374	
Номинальный ток стороны НН (при $U_{НН} = U_{ном}$)	А	1750	2185	
Номинальная частота	Гц	50	50	
Напряжение короткого замыкания:	Uкз вн-сн	%	12,53	12,6
	Uкз вн-нн	%	19,1	19,5
	Uкз сн-нн	%	6,46	6,48
Схема и группа соединений обмоток		Y-o / Y-o / Δ -0-11	Y-o / Y-o / Δ -0-11	
Режим работы нейтрали		глухое заземление	глухое заземление	
Потери холостого хода	кВт	75,5	50	
Потери короткого замыкания:	ВН-СН	кВт	136	127
	ВН-НН	кВт	144,9	119
	СН-НН	кВт	101,37	93
Ток холостого хода Ix/x	А	3,71	0,95	
Масса масла	т	50	39,6	
Масса полная	т	133,4	113,5	



Рисунок 1.2 – Трансформатор 1Т.



Рисунок 1.3 – Трансформатор 2Т.

1 – расширитель, 2 – высоковольтный ввод, 3 – радиатор системы охлаждения; 4 – фильтр непрерывной регенерации, 5 – предохранительный клапан, 6 – бак трансформатора, 7 – бак РПН, 8 – привод РПН, 9 – разрядники РВО-6, 10 – выхлопная труба с мембраной.

ОРУ-220 кВ: две рабочие системы шин (1сек-220, 2сек-220), один выключатель (СВ220), два трансформаторных присоединения (1Т, 2Т), два линейных и два разъединителя ремонтной перемычки с ЗН (ВЛ 220 кВ Абаза – Ак-Довурак (Д-42), ВЛ 220 кВ Аскиз – Абаза (Д41)), ТН-1сек-220 и ТН-2сек-220 жестко соединены с 1 и 2 системами шин 220 кВ, соответственно;

ОРУ-35 кВ: две рабочие секции шин (1сек-35, 2сек-35), межсекционный выключатель (СВ-35), два выключателя (В-1Т-35, В-2Т-35), три линейных выключателя (В-Т-49, В-Т-50, В-Т53) и два присоединения трансформаторов напряжения (ТН-1сек-35, ТН-2сек-35);

КРУН-6 кВ: две рабочие секции шин (1сек-6, 2сек-6), один секционный выключатель (СВ-6), два вводных выключателя (В-1Т-6, В-2Т-6), 6 отходящих присоединений, два присоединения трансформаторов напряжения (ТН-1сек-6, ТН-2сек-6), присоединение трансформатора собственных нужд (В-6-ТСН-3).

На открытых распределительных устройствах ПС 220кВ «Абаза» установлены емкостные трансформаторы напряжения типа VCU-245, трансформаторы напряжения типа НОМ-35-66У1, НАМИ-35

На ПС 220кВ «Абаза» установлены трансформаторы тока типа ТФЗМ-220Б-III

У1 (300/5 и 600/5), ТФЗМ-35Б-I У1 (300/5), ТГМ-35 УХЛ1, ТОЛ-10-1000/5, ТЛМ-10-100/5, ТЛМ-10-600/5, ТПЛ-10-200/5, ТВ(Т)-35,220

Установлены отделители типа ОД-220 – 600(1000)У1 и короткозамыкатели типа КЗ-220

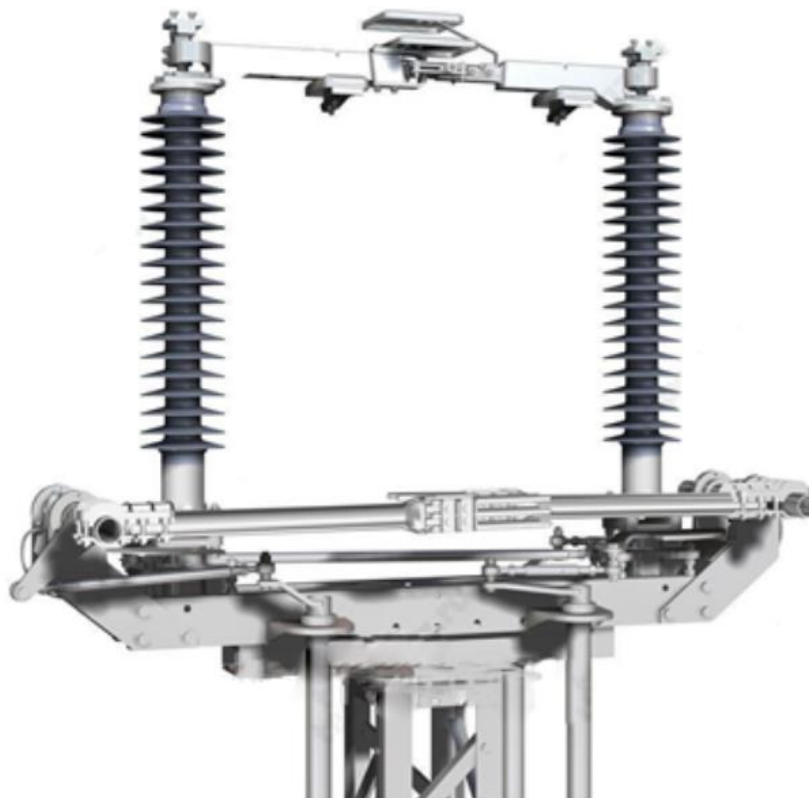


Рисунок 1.4 – отделитель типа ОД-220 – 600(1000)У1

Отделители представляют собой критически важные устройства в инфраструктуре электропередачи. Они спроектированы для автоматического отключения поврежденных сегментов линий электропередач или трансформаторов после возникновения искусственного короткого замыкания, инициированного короткозамыкателем. Эти устройства обеспечивают возможность безопасного отключения и включения участков линий или элементов схем, находящихся под напряжением, без риска для обслуживающего персонала и оборудования. Кроме того, отделители эффективно гасят индукционные токи в трансформаторах и других компонентах системы в режиме холостого хода, тем самым защищая всю сеть от возможных перегрузок и повреждений.



Рисунок 1.5 – короткозамыкатель типа КЗ-220

Короткозамыкатель представляющий собой высоковольтный коммутационный аппарат, выполняет функцию создания, контролируемого искусственного короткого замыкания на землю. Это действие необходимо для активации защитных механизмов и последующего отключения отделителя, расположенного на питающем конце линии. Быстродействующий характер короткозамыкателя обеспечивает мгновенное реагирование на возникающие неисправности, тем самым предотвращая возможные аварии и повреждения оборудования.



Рисунок 1.6 – трансформатор тока типа ТФ3М-220Б



Рисунок 1.7 – трансформатора напряжения типа VCU-245

Все эти трансформаторы громоздкие и тяжелые из-за того, что они наполнены маслом, это приводит к шуму и рискам пожара, что требует особых мер безопасности.

Несмотря на их преимущества, эти недостатки делают их хуже, чем современные альтернативы.

2 Аналитическая часть

2.1 Обоснование реконструкции схемы электрических соединений и оборудования ОРУ-220 кВ

ПС 220 кВ «Абаза» находится в транзите между энергосистемами Республики Хакасия и Республики Тыва. Разрыв вышеуказанного транзита электроэнергии может существенным образом повлиять на электроснабжение и (или) передачу электроэнергии потребителям.

При существующей схеме с отделителем и короткозамыкателем (ОД, КЗ) в цепях трансформаторов, при работе защит трансформаторов (1Т, 2Т) на отключение трансформатора происходит отключение секционного выключателя СВ-220 с отключением смежной ВЛ 220 кВ. В том случае, если одна из ВЛ транзита 220 кВ находится в ремонте, то это может привести к кратковременному (в случае успешного АПВ ВЛ 220 кВ) или долговременному (в случае неуспешного АПВ ВЛ 220 кВ) отключению электроснабжения потребителей. При замене ОД и КЗ на выключатели появляется возможность организовать защиты трансформаторов (1Т, 2Т) таким образом, что будет исключена необходимость в отключении ВЛ 220 кВ при работе защит трансформаторов (1Т, 2Т) на отключение. Отделение трансформаторов от неповрежденного участка цепи по стороне ВН будет происходить собственным выключателем присоединения.

При существующей схеме, при производстве оперативных переключений, трансформаторы (1Т, 2Т) включаются под напряжение оперативным персоналом шинными разъединителями (ШР-1Т-220, ШР-2Т-220) с ручным приводом. Подобные операции при производстве оперативных переключений считаются потенциально опасными. Замена ОД и КЗ на выключатели в значительной степени снизит потенциальные риски при производстве оперативных переключений для обслуживающего персонала, так как даст возможность включать трансформаторы под напряжение дистанционно.

Установка современных колонковых элегазовых выключателей, благодаря их

компактному исполнению, позволит не вносить существенных изменений в компоновку ОРУ-220 кВ и в целом снизить расходы на реконструкцию.

2.2 Обзор конструкций выключателей 220 кВ. Достоинства и недостатки. Сравнительная характеристика

В настоящее время элегазовые выключатели приобретают всё большую популярность в силу их высокой надёжности и способности к эффективной коммутации электрических цепей. Эти устройства предназначены для выполнения коммутационных операций в электрических сетях, как в нормальных, так и в аварийных режимах. Они также адаптированы для работы в циклах автоматического повторного включения (АПВ) в трёхфазных сетях переменного тока с частотой 50 Гц и номинальным напряжением 220 кВ.

Эти выключатели разработаны в соответствии с климатическими исполнениями У и ХЛ по категории размещения 1 ГОСТ 15150-69 и ГОСТ 15543.1, что позволяет им функционировать как в открытых, так и в закрытых распределительных устройствах. Они особенно эффективны в условиях умеренного и холодного климата.

Низшая рабочая температура окружающего воздуха для выключателей составляет минус 45 °С для исполнения У1 при заполнении элегазом и минус 55 °С для исполнения ХЛ1 при использовании газообразной смеси, что подчёркивает их способность к эксплуатации в экстремальных температурных условиях.

Верхняя рабочая температура для выключателя составляет +40 оС.

Под заказа возможно повышение температуры путем поставки в климатическом исполнении Т1 - Верхняя рабочая температура воздуха +50 оС

Выключатель управляется с помощью пружинного привода, с электродвигателем завода пружин и различными исполнениями по напряжению питания двигателя

Преимущества ВГТ–220:

1) функции поставки устройства учёта коммутационного ресурса. Это устрой-

ство позволяет точно отслеживать количество операций коммутации, что способствует оптимизации технического обслуживания и повышает надёжность работы оборудования. Кроме того, возможна поставка устройства синхронного управления выключателем, обладающего функцией учёта коммутационного ресурса, что особенно актуально для однополюсного исполнения.

2) Согласно запросам по охране природы, имеет минимальную степень шума при проведении в действие.

3) Функция отключения токов нагрузки, в случае утраты избыточного газа в выключателе.

4) Быстрая и простая установка, минимизация времени простоя и обеспечение быстрого ввода в эксплуатацию.

5) Возможность поставки шкафа распределительного.

6) Обладает минимальной скоростью утечки - менее 0,5 % в год.

7) Поддержание электрической прочности, если избыточное давление газа внутри выключателя будет потеряно, изоляция способна выдерживать 1,15 раза больше наивысшего фазного напряжения.

8) Обеспечение низкого перенапряжения, во избежание повторных пробоев в случае отключения емкостных токов.

Таблица 2.1 – Технические характеристики выключателя ВГТ–220

Наименование параметра	Ед.изм.	Значение
Номинальное напряжение	кВ	220
Наибольшее рабочее напряжение	кВ	252
Номинальный ток	А	4000
Номинальный ток отключения	кА	40
Длина пути утечки внешней изоляции	см	630
Собственное время отключения	мс	25±2,5
Полное время отключения	мс	60
Собственное время включения	мс	100
Нормированный ток отключения ненагруженной воздушной линии	А	125
Ресурс по коммутационной стойкости до среднего ремонта, при номинальном токе отключения, количество операций	О (В)	15(8)

Продолжение таблицы 2.1

Наименование параметра	Ед.изм.	Значение
Предел избыточного давления элегаза приведенное к 20 °С, , избыточное номинальное (заполнения) блокировки работы выключателя	МПа	У УХЛ* 0,40(4,0) 0,60 0,32(3,2) 0,52
Ресурс выключателя по механической стойкости		10000
Срок службы до среднего ремонта	лет	25
Масса выключателя трехполюсное исполнение / однополюсное исполнение	кг	4080 / 1510



Рисунок 2.1 –Элегазовый выключатель типа ВГТ–220

Для обеспечения более глубокого понимания технических аспектов, рассмотрим высоковольтный элегазовый колонковый выключатель ВГП-220 П- 40/2500 У1 для наружной установки с использованием специализированной терминологии.

Каждый из трех полюсов данного выключателя, рассчитанного на работу в условиях напряжения 220 кВ, оснащён индивидуальной рамой и управляется отдельным приводом, что обеспечивает полюсное управление. Эта конструкция позволяет точно контролировать процессы включения и отключения каждого полюса независимо, что повышает точность и надёжность работы выключателя.

Включение полюса осуществляется за счёт энергии включающих пружин привода, в то время как отключение производится с помощью отключающей пружины, размещённой в раме и взводимой в процессе включения. Это обеспечивает эффективное и безопасное управление потоком электрической энергии.

Структура полюса выключателя ВГП-220 представляет собой двухколонную конструкцию, аналогичную выключателю ВГП-110, но с существенными улучшениями. Каждая колонна содержит не один, а два опорных изолятора, разделённых фланцем с уплотнениями, что значительно повышает стабильность и изоляционные свойства устройства

Первая колонна играет роль «полуполюса», в связи с этим ДУ двух колонн соединены между собой токоведущей шиной(трубой) последовательно.

Штанги колонн выключателя состоят из трех труб (одной изоляционной и двух дюралевых) с элементами их соединения.

Для более равномерного распределения напряжения между ними подключен конденсатор.



Рисунок 2.2 –Элегазовый выключатель колонковый ВГП-220 II- 40/2500

Таблица 2.2 – Технические характеристики выключателя ВГП-220

Наименование параметра	Ед. Изм.	Значения	
		ВГП-220П* -40/2500- У1	ВГП-220П* - 20/2500- У1
Номинальное напряжение	кВ	220	
Наибольшее рабочее напряжение	кВ	252	
Номинальный ток	А	2500	
Номинальный ток отключения	кА	40	20
Номинальное относительное содержание аperiodической составляющей	%	45	
Параметры сквозного тока короткого замыкания			
- наибольший пик	кА	100	50
- начальное действующее значение периодической составляющей	кА	40	20
- ток термической стойкости	кА	40	
- время протекания тока термической стойкости	кА	3	

Продолжение таблицы 2.2

Наименование параметра	Ед. Изм.	Значения	
		ВГП-220П* -40/2500- У1	ВГП-220П* - 20/2500- У1
Параметры тока включения			
-наибольший пик	кА	100	50
- начальное действующее значение периодической составляющей	кА	40	20
Ток одиночной конденсаторной батареи, отключаемый без повторных пробоев	А	300	
Собственное время отключения	с	0,030+0,005	
Полное время отключения	с	0,050+0,005	
Минимальная бестоковая пауза при АПВ	с	0,3	
Собственное время включения	с	0,06±0,008	
Разновременность работы полюсов			
- при включении	с	0,005	
- при отключении	с	0,0033	
Утечка элегаза в год от массы	%	1	

Также для сравнения рассмотрим выключатель производителя Еврокон-тракт (в лице siemens) серии 3AP1FG-245/ЕК. Этот выключатель также колонковый трёхполюсный элегазовый, который полностью соответствует российским и мировым нормам.

Особенности выключателя типа 3AP1FG-245/ЕК:

1) Обеспечивает постоянные характеристики, в связи с его высокой электрической прочностью даже при атмосферном давлении.

2) Минимизирует перенапряжение во время отключений индуктивного тока что продлевает эго срок эксплуатации, это достигается за счет оптимального гашения дуги при переходе тока через ноль.

3) Производитель дает гарантию 5 лет, 25-летний средний цикл через который нужен ремонт, 40-летний срок службы.

4) Минимальный уровень шума, из-за его эффективной конструкции и минимальным требованиям к механической энергии, создавая продуктивную

рабочую атмосферу.

5) Оптимизированная конструкция полюсов и рамы обеспечивает высокую производительность, даже в случае сейсмических событий.

6) Пружинный привод из-за своей простоты и надежности обеспечивает эффективность работы, минимизирует простои и максимизирует производительность, рассчитан на 10000 операций включения-отключения.

7) Упрощенная установка и ввод в эксплуатацию

Габариты выключателя представлены в (рисунке 2.3)

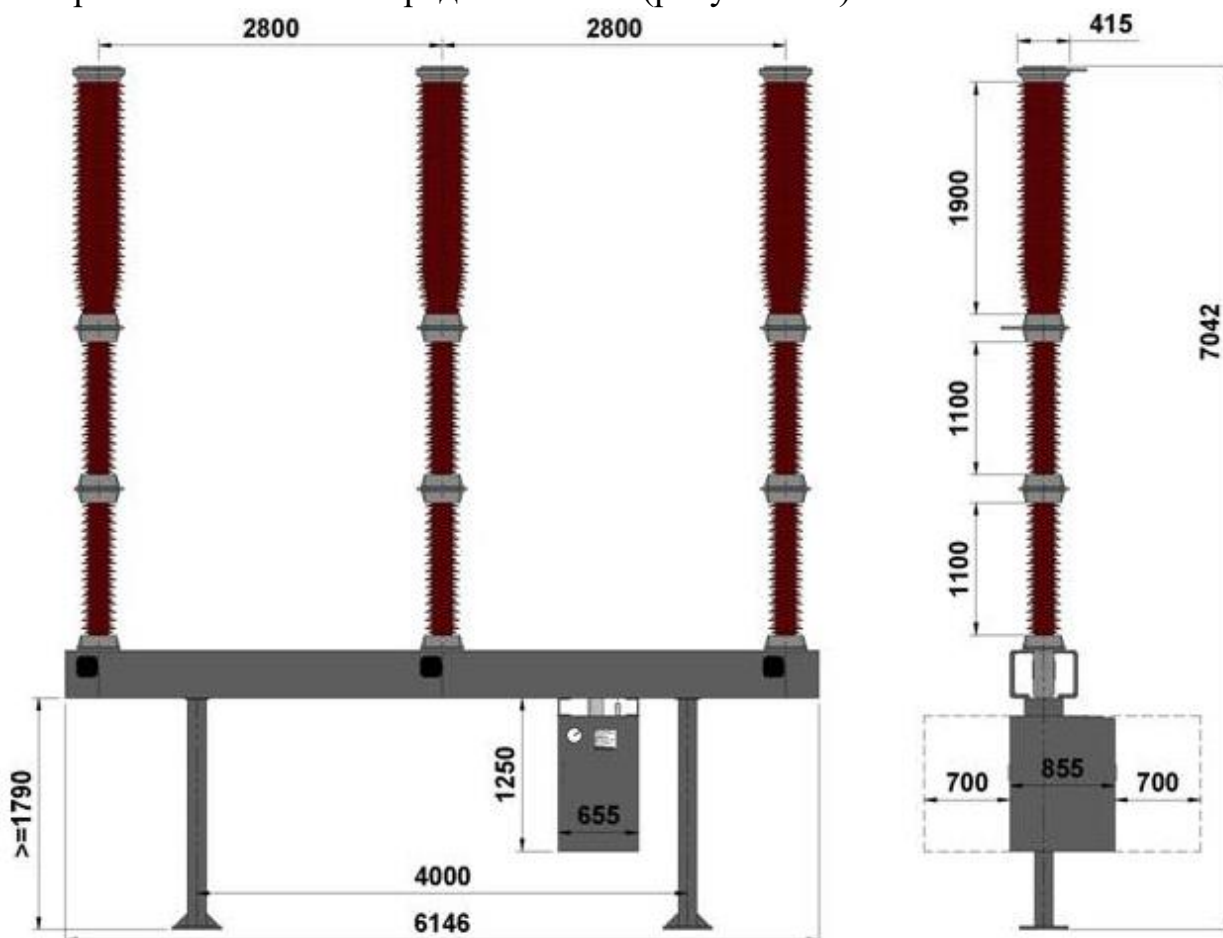


Рисунок 2.3 – Элегазовый выключатель типа ЗАР1FG-245/ЕК

Таблица 2.3 – Технические характеристики ЗАР1FG-245/ЕК.

Наименование параметра	Ед.Изм.	Значение
Номинальное напряжение	кВ	220
Наибольшее рабочее напряжение	кВ	252
Номинальный ток	А	1600; 2000; 2500; 3150; 4000
Номинальный ток отключения	кА	20; 25; 31,5; 40; 50

Продолжение таблицы 2.3

Наименование параметра	Ед.Изм.	Значение
Механическая стойкость циклов	В - пауза	0..... 10 000
Ток термической стойкости, 3 с	кА	20; 25; 31,5; 40; 50
Грозовой импульс	кВ	1050
Испытательное напряжение на частоте 50 Гц	кВ	440
Собственное время отключения	с	0,037
Полное время отключения	с	0,050
Собственное время включения	с	0,058
Верхнее и нижнее значения температуры окружающего воздуха максимальное минимальное	°С	+40 -50
Тип привода		пружинный
Масса выключателя	кг	3130

Несмотря на то что этот выключатель превосходит обычные ожидания, предлагая совокупность производительности, долговечности и эффективности, в данный момент времени в связи с положением в стране возможна проблема с доставкой.

2.3 Обзор конструкций разъединителей 220 кВ. Достоинства и недостатки. Сравнительная характеристика

К данной категории относят варианты выполнения РГН. – X1, - X2 X3 – X4.П/X5 - X6УХЛ1. Оборудование использует крепежные элементы с горизонтальным поворотным механизмом. Оно имеет одно или два заземлителя, расположенные в ведущей части колонны. Может выдержать кратковременные токи 40,50 или 63 кА. Могут быть с различными видами изоляции, полимерная или фарфоровая. Также существуют виды для аварийных участков или нестабильных сетей, такие разъединители имеют повышенную стойкость к воздействию токов.

Изделия выполнены в соответствии ГОСТ 15150 – 69 и относятся к первой категории размещения, а также климатической категории УХЛ.

К преимуществу разъединителей серии РГН:

1) Смазочные резервуары устраняют необходимость в ручном пополнении, гарантируя непрерывную работу на протяжении всего срока службы оборудования;

2) Устойчив ко льду, обеспечивая производительность в сложные погодные условия (намерзания на данной модели могут быть до 20 мм в то время как на предыдущей только до 10 мм;

3) Улучшенная изоляция позволяет работать на высоте;

4) Переход к технологии скользящего типа контактов устраняет уязвимость гибких соединений, обеспечивая сопротивление к внешним механическим силам и упрощению технического обслуживания. Это очень ценно для отдельных районов;

5) Антикоррозионное покрытие на разъединителях обеспечивает долгосрочную надежность и устойчивость в самых суровых условиях окружающей среды;

6) Увеличенная жесткость и стабильность, что повышает общую долговечность оборудования, из-за наличия цоколя жесткости;

7) Возможность переключения уровня наклона поворотов изолятора;

8) Отсутствие необходимости специализированного обучения, в связи с упрощенно установкой и наличием увеличенных узлов, делает установку интуитивно понятной;

9) Сокращенное время установки, так как нет необходимости использовать сварку;



Рисунок 2.4 –Разъединитель типа РГН.

Таблица 2.4 –Характеристики технические типа РГН

Наименование параметра	Ед. Из м.	Значения	
		РГН.1- 220.П/1000- 40УХЛ1	РГН.2- 220.П/1000- 40УХЛ1
Номинальное напряжение	кВ	220	
Наибольшее рабочее напряжение	кВ	252	
Номинальный ток	А	1000	
Номинальный кратковременный выдерживаемый ток (ток термической стойкости)	кА	40	
Наибольший пик номинального кратковременного выдерживаемого тока (ток электродинамической стойкости)	кА	100	
Частота переменного тока	Гц	50	
Время протекания номинального кратковременного выдерживаемого тока: - для главных ножей - для заземлителей	с	3 1	
Испытательное одноминутное переменное напряжение в сухом состоянии и под дождем:	кВ		

Продолжение таблицы 2.4

Наименование параметра	Ед. Из м.	Значения	
		РГН.1-220.П/1000-40УХЛ1	РГН.2-220.П/1000-40УХЛ1
- относительно земли и между полюсами; - между разомкнутыми контактами одного и того же полюса	кВ	440 460	
Испытательное напряжение грозового импульса 1,2/50 мкс: - относительно земли и между полюсами; - между разомкнутыми контактами разъединителей	кВ	900 1100	
Допустимая механическая нагрузка на выводы, Н	Н	1000	
Сопротивление постоянному току главного токоведущего контура	Ом	165x10 ⁻⁶	
Минимальная длина пути утечки внешней изоляции разъединителей для степени загрязнения изоляции	мм	4050	5070

Разъединитель РН-СЭЩ 220 кВ является критически важным компонентом в системе электроснабжения, выполняющим функции коммутационного аппарата. Он предназначен для выполнения операций включения и отключения обесточенных сегментов электрической цепи высокого напряжения. Это включает в себя управление токами холостого хода трансформаторов и зарядными токами воздушных линий, что обеспечивает безопасное обслуживание и техническое обслуживание системы.

Кроме того, разъединитель оборудован встроенными заземлителями, что позволяет выполнять заземление отключенных участков цепи, обеспечивая дополнительную безопасность при проведении ремонтных и обслуживающих работ. Эта функция критически важна для предотвращения случайного подачи напряжения на обесточенные участки и защиты обслуживающего персонала от электрического удара.

Использование разъединителя РН-СЭЩ 220 кВ способствует повышению надёжности и эффективности электрических сетей, а также обеспечивает соответствие современным стандартам безопасности и эксплуатации электроэнергетических систем

Разъединители серии РН СЭЩ имеют следующие преимущества:

- 1) Развитие оборудования, в случае необходимости расширения его технических характеристик;
- 2) Используются только высококачественные компоненты;
- 3) Прост и удобен в сборке и регулировки во время монтажа;
- 4) Приспособлен ко всем вариантам установки полюсов относительно друг друга и приводов из-за их универсальной конструкции. В случае необходимости доработки для нестандартных вариантов, затраты будут минимальными;
- 5) При необходимости возможно в короткое время производить различные модификации.

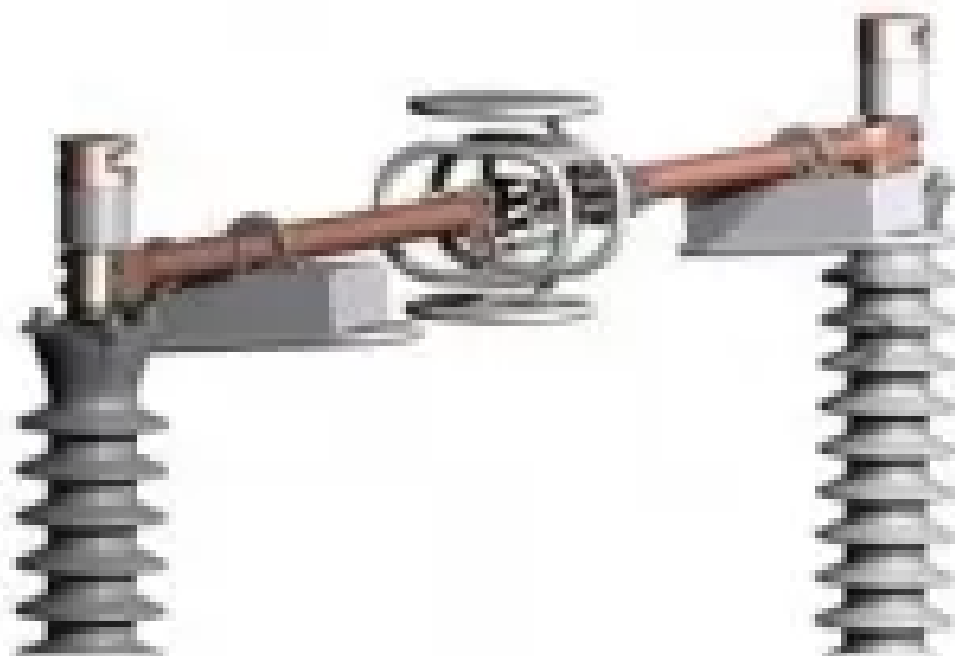


Рисунок 2.4 – Разъединитель типа РН СЭЩ 220 кВ.

Таблица 2.5 –Характеристики технические РН СЭЩ 220

Наименование параметра	Ед. Изм	Значения	
		РН-СЭЩ 220/1250	ВГП-220П* - 20/2500- У1
Номинальное напряжение	кВ	220	
Наибольшее рабочее напряжение	кВ	252	
Номинальный ток	А	1250	2500
Номинальный кратковременный выдерживаемый ток (ток термической стойкости)	кА	31,5	40
Время протекания номинального кратковременного выдерживаемого тока (время короткого замыкания)			
- для главных ножей	С	3	
- для заземляющих ножей	С	1	
Наибольший пик номинального кратковременного тока (ток электродинамической стойкости)	кА	80	100
Сопротивление постоянному току главного токоведущего контура	Ом	160x10 ⁻⁶	120x10 ⁻⁶
Допустимая механическая нагрузка на выводы от присоединяемых проводов с учетом влияния ветровых нагрузок (скорость ветра до 15 м/с) и образования льда (толщина корки льда до 20 мм)	Н	1000	1200
Номинальная частота	Гц	50,60	
Длина пути утечки внешней изоляции,	Мм	5700	
Включение, отключение токов:			
- холостого хода трансформаторов	А	3	
- зарядных (воздушных и кабельных линий)	А	1,5	
Расстояние между колонками полюса	мм	2250	
Масса	кг	590	605

2.4 Обзор конструкций трансформаторов тока и напряжения 220 кВ. Достоинства и недостатки. Сравнительная характеристика

Трансформаторы тока и напряжения являются важными компонентами высоковольтных энергетических систем. Они обеспечивают точные измерения и изоляцию, обеспечивая безопасную и надежную работу. Выбор структуры за-

висит от конкретного применения, уровня напряжения, диапазона тока и других факторов

Компоненты трансформатора ТРГ:

1)Верхняя часть трансформатора содержит металлический корпус, закрепленный на опорном изоляторе;

2)Изолятор установлен на основании, в котором находится коробка ввода вторичных обмоток;

3)Первичная обмотка и ее вводы расположены внутри металлического корпуса, вторичные обмотки расположены в корпусе;

5)Пространство между корпусом и изолятором заполнено изолирующим газом.

Конструкция первичной обмотки трансформатора, выполненная с возможностью последовательно-параллельного соединения секций, предоставляет гибкость в получении различных коэффициентов трансформации. Это достигается за счет изменения количества витков, позволяя трансформатору работать с одним коэффициентом трансформации без необходимости переключения.

Вторичные обмотки, помещенные в электростатические экраны, служат для выравнивания внутреннего электрического поля, что способствует улучшению качества работы трансформатора и снижению влияния внешних помех.

Магнитопровод первичной обмотки изготовлен из нанокристаллического сплава, что обеспечивает высокую магнитную проницаемость и низкие потери, в то время как магнитопровод вторичной обмотки, изготовленный из холоднокатаной анизотропной электротехнической стали, гарантирует оптимальные магнитные свойства для защиты и измерения.

Сигнализатор плотности — это чувствительное к давлению устройство, которое осуществляет контроль за давлением газа в трансформаторе. Нали-

чие двух пар контактов позволяет обнаруживать два различных значения давления, что является ключевым для удаленного мониторинга и оповещения об отклонениях давления газа от нормативных значений.

В случае значительного превышения внутреннего давления, предусмотрена возможность пломбирования выводов вторичной обмотки, что может быть выполнено различными способами в зависимости от требований эксплуатации.

Для учета электроэнергии в конструкции трансформатора предусмотрены специальные места, а в верхней части устройства расположено защитное устройство, соединяющее внутренний газовый объем с атмосферой и предотвращающее создание избыточного давления.

Таким образом, представленная конструкция трансформатора отражает современные тенденции в области электротехники и обеспечивает высокую эффективность и безопасность в эксплуатации.

Таблица 2.6- Характеристики технические ТРГ-УЭТМ-220

Наименование параметров	Ед. изм.	Значения
Номинальное напряжение	кВ	220
Наибольшее рабочее напряжение	кВ	252
Напряжение промышленной частоты, выдерживаемое трансформатором при давлении изолирующего газа, равном атмосферному	кВ	163
Номинальная частота	Гц	50 или 60
Номинальный первичный ток, с шагом 5А	А	от 5 до 3000
Номинальный вторичный ток	А	от 1 до 5
Количество вторичных обмоток		от 1 до 8
Параметры тока короткого замыкания:		
Наибольший пик (в скобках указаны значения для трансформатора тока с одним коэффициентом трансформации)	кА	102 (160)
Односекундный ток термической стойкости (в скобках указаны значения для трансформатора тока с одним коэффициентом трансформации)	кА	40 (63)

Продолжение таблицы 2.6

Наименование параметров	Ед. изм.	Значения
Максимальная температура окружающего воздуха		
для исполнения Т1	°С	+50
для исполнений У1, УХЛ1*, ХЛ1*, ХЛ1	°С	+40
Максимальная допустимая утечка газа в год	%	0,5
Максимальная скорость ветра, при толщине стенки льда до 20 мм	м/с	40
Тяжение проводов		
в горизонтальной плоскости по оси трансформатора	Н	1000
в вертикальной плоскости вниз	Н	1000
Средняя масса трансформатора		
с фарфоровым изолятором	кг	850
с полимерным изолятором	кг	545
Средний срок службы трансформатора	лет	40



Рисунок 2.5 – Трансформатор тока ТРГ–УЭТМ–220

Преимущества трансформатора ТРГ–УЭТМ напряжение 220кВ:

1) Универсальная работа трансформатора, за счет того, что они обеспечивают возможность изменить коэффициент трансформации, что позволяет гибко управлять питанием. Соотношение 1:2:4 позволяет плавно регулировать выходное напряжение в соответствии с конкретными требованиями и необходимостями.

2). Надежность работы в разнообразных средах, включая открытые и закрытые распределительные устройства, они разработаны с учетом требований к работе в умеренных, тропических (до +55°C) и холодных климатах (до -60°C). Их робастная конструкция обеспечивает высокую устойчивость к сложным условиям эксплуатации в невзрывоопасной среде, исключающей наличие агрессивных газов и паров, которые могут повредить изоляцию и металлические компоненты

3) Конструкция трансформатора включает в себя надежный и эффективный метод передачи сигнала через вторичную обмотку, пломбирование выводов, обеспечивает защиту от несанкционированного доступа к выводам напряжения.

4) Отсутствие внутренней твердой изоляции устраняет возникновение частичных разрядов, которые пагубно влияют на изоляцию, это устраняет необходимость периодического тестирования изоляции, сокращение требований к техническому обслуживанию и повышения долгосрочной надежности.

5) Достижение высокого уровня точности, эти трансформаторы классифицируются для коммерческого учета электроэнергии на классе точности 0,2S. Эта точность обеспечивает надежное и точное измерение потребителей электроэнергии, что имеет важное значение для управления энергией.

Трансформаторы напряжения ЗНГ-УЭТМ напряжение 220кВ предназначены для передачи сигнала измерительной информации измерительным приборам и устройствам защиты и управления.

Таблица 2.7 – Характеристики технические ЗНГ-УЭТМ –220

Наименование параметров	Ед. Изм.	Значения
Номинальное первичное напряжение	кВ	220/ $\sqrt{3}$
Номинальное напряжение основных вторичных обмоток	В	100/ $\sqrt{3}$
Номинальное напряжение дополнительной вторичной обмотки	В	100
Количество и назначение вторичных обмоток		
Основная для измерения и питания цепей учета электроэнергии, выводы а1–х1 (далее – обмотка У)	шт	1
Основная для измерения и защиты, выводы а2–х2 (далее – обмотка И)	шт	1
Дополнительная для защиты от замыканий на землю, выводы ад–хд (далее – обмотка Д)	шт	1
Номинальные мощности вторичных обмоток при коэффициенте мощности 0,8,:		
Обмотки У	ВА	до 1000
Обмотки И	ВА	
Обмотки Д	ВА	до 500 1)
Классы точности вторичных обмоток в зависимости от нагрузки:		
Обмотки У		0,2; 0,5; 1; 3
Обмотки И		
Обмотки Д		3Р; 6Р 1)
Предельная мощность трансформатора	ВА	до 2500
Ток холостого хода при питании со стороны обмотки Д,	А	8
Сопротивление изоляции		
Первичной обмотки	МОм	300
Вторичных обмоток	МОм	50
Коэффициент напряжения по ГОСТ 1983 (п. 6.6.)		1,5 в течение 30 с
Климатическое исполнение по ГОСТ 15150		Т1, У1, ХЛ1*
Главная изоляция для климатического исполнения Т1, У1 элегаз (SF6) с параметрами:		
Номинальное давление заполнения, приведенное к 20 °С	МПа	0,5
Давление предупредительной сигнализации ²⁾ , приведенное к 20°С.	МПа	0,44
Давление аварийной сигнализации ²⁾ , приведенное к 20 °С.	МПа	0,42

Продолжение таблицы 2.7

Наименование параметров	Ед. Изм.	Значения
Главная изоляция для климатического исполнения ХЛ1* смесь элегаз (SF6) с хладоном-14 (CF4) или азотом с параметрами газовой среды:		
Номинальное давление заполнения, приведенное к 20 °С.	МПа	0,7
Давление предупредительной сигнализации1), приведенное к 20°С.	МПа	0,62
Давление аварийной сигнализации1), приведенное к 20 °С.	МПа	0,6
Температура окружающего воздуха для исполнения У1:		
Минимальная	°С	-45
Максимальная	°С	+40
Температура окружающего воздуха для исполнения ХЛ1*:		
Минимальная	°С	-60
Максимальная	°С	+40
Масса газа:		
Элегаза для исполнения У1	Кг	16,0
Элегаза для исполнения ХЛ1*	Кг	11,0
Хладона для исполнения ХЛ1*	Кг	6,6
Расход газа на утечки в год от массы газа,	%	0,5



Рисунок 2.6 –Трансформатор напряжения ЗНГ-УЭТМ-220

Преимущества трансформатора ЗНГ-УЭТМ напряжение 220кВ:

1)Серия трансформаторов напряжения ЗНГ-УЭТМ, разработаны для электроэнергии, работающей на частоте 50 и 60 Гц с эффективно заземленной нейтралью. Они преуспевают как в открытых, так и в закрытых распределительных устройствах, обеспечивая надежную производительность.

2)Трансформатор предназначен для работы в пределах широкого диапазона температуры, что делает их адаптивными к разнообразным видам среды. Верхний предел эксплуатации для температуры окружающей среды устанавливается при +50°C, в то время как нижний предел составляет -60°C.

3)Трансформатор оснащен расширенным устройством для защиты взрыва с использованием специализированной мембраны. Эта функция безопасности эффективно снижает риск внутренних коротких замыканий и потенциальных взрывов, что обеспечивает повышенную защиту для трансформатора, окружающей среды и персонала.

4)Вторичная обмотка трансформатора предназначена для достижения высокого класса точности-0,2. Эта точность обеспечивает надежные и точные показания.

5)Минимизирована утечка газа, низкий уровень утечки газа составляет менее 0,2% в год обеспечивает длительную производительность.

6)Использование надежных компонентов способствует высокой надежности трансформатора, что приводит к 40-летнему сроку службы без необходимости обслуживания.

7)При необходимости возможно изготовления трансформатора с тремя вторичными обмотками:

- первая для подключения цепей учета;
- вторая для подсоединения цепей измерения;
- третья для защиты от замыкания на землю.

8) Отсутствие внутренней твердой изоляции устраняет возникновение частичных разрядов, которые пагубно влияют на изоляцию, это устраняет необходимость периодического тестирования изоляции, сокращение требований к техническому обслуживанию и повышения долгосрочной надежности.

9) Пломбирование выводов, предотвращают несанкционированный доступ к вторичной обмотке, повышая общую безопасность и надежность.

2.5 Компактные блочно-модульные конструкции

Высоковольтное компактное распределительное устройство ДТС представляет собой инновационную распределительную ячейку, которая интегрирует в себе передовые технологии и материалы. Основой для её создания послужил баковый выключатель, зарекомендовавший себя в энергетической отрасли благодаря своей надёжности и долговечности. В его конструкцию встроены трансформаторы тока, а также добавлены узлы разъединитель-заземлитель для повышения безопасности эксплуатации.

Дополнительно, устройство оборудовано трансформатором напряжения и может быть выполнено с воздушными вводами или кабельным присоединением. Это обеспечивает гибкость при монтаже и эксплуатации как в одиночной, так и в двойной системе шин. Возможность наружной установки делает ДТС универсальным решением для различных условий эксплуатации.

Модульная конструкция ДТС позволяет создавать многообразные конфигурации, что делает его идеальным для реализации практически любой однолинейной схемы на напряжение 110 или 220 кВ. Таким образом, ДТС является ключевым элементом в стратегии модернизации и повышения эффективности электроэнергетических систем. Это устраняет необходимость внешних компонентов, упрощение установки и снижение затрат. По сути ДТС представляет собой, инновацию в компактном, высоковольтном распределении, обеспечивая гибкость, эффективность и надежность.

Преимущества компактное распределительное устройство ДТС:

1) Экономия места, ДТС могут похвастаться площадью на 40% меньше, чем ОРУ, максимизируя ценное землепользование. Это приводит к снижению затрат на строительство и воздействия на окружающую среду;

2) Установка не требует специального здания, упрощая этим проект, также ускоренный ввод в эксплуатацию, в связи с быстрой и простой сборкой;

3) Изоляция элегаза в металлических кожухах, предлагает в 4 раза выше надежность, как доказано в исследованиях CIGRE, это приводит к меньшему количеству отключений, увеличению времени работы и соответственно затрат на техническое обслуживание;

4) Изоляция вводов модулей ДТС изготавливается с длиной пути утечки до 3,1 см/кВ;

5) Широкий диапазон рабочей температуры, от -55°C до $+40^{\circ}\text{C}$, что обеспечивает надежную производительность в разных климатических зонах;

6) Большая продолжительность жизни, превышающая 50 лет, а также низкие расходы на эксплуатацию, что дает необходимость проводить осмотр только через 25 лет;



Рисунок 2.7 –Компактное распределительное устройство для ОРУ-220кВ(ДТС)

3 Практическая часть

3.1 Определение токов нормального и утяжеленного режимов присоединений подстанции

Рабочий ток наиболее мощного присоединения (цепи трансформатора)

$$I_{\text{раб, норм}} = \frac{S_{\text{нагр.}}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}, \quad (3.1)$$

где $S_{\text{нагр}}$ – наибольшая суммарная нагрузка на соответствующей стороне трансформатора.

Ток утяжеленного режима (при отключении одного трансформатора):

$$I_{\text{раб. утж.}} = 2 \cdot I_{\text{раб, норм}} \quad (3.2)$$

n параллельных линий, отходящих от ОРУ-220 кВ токи нормального и утяжеленного режимов:

$$I_{\text{раб, норм}} = \frac{S_{\text{нагр.}}}{n \sqrt{3} U_{\text{ном}}}; \quad I_{\text{раб. утж.}} = \frac{n}{n-1} I_{\text{раб, норм}}, \quad (3.3)$$

где $S_{\text{нагр.}}$ – наибольшая мощность, передаваемая по линиям.

Согласно приведенным контрольным замерам на ПС 220 «Абаза», мощности, протекающие по обмоткам трансформаторов известны. Подставляем их в вышеуказанные формулы (3.1) и (3.2)

$$I_{\text{раб, норм(вн)}} = \frac{S_g}{2\sqrt{3}U_g} = \frac{17,27}{2\sqrt{3} * 220} = 22,66A;$$

$$I_{\text{раб, норм(сн)}} = \frac{S_c}{2\sqrt{3}U_c} = \frac{8,99}{2\sqrt{3} * 35} = 74,15A;$$

$$I_{\text{раб, норм(нн)}} = \frac{S_n}{2\sqrt{3}U_n} = \frac{0,316}{2\sqrt{3} * 6} = 15,2A;$$

$$I_{\text{раб, утж.(вн)}} = 2I_{\text{раб, норм.(вн)}} = 2 * 22,66 = 45,32A;$$

$$I_{\text{раб, утж.(сн)}} = 2I_{\text{раб, норм.(сн)}} = 2 * 74,15 = 148,3A;$$

$$I_{\text{раб, утж.(нн)}} = 2I_{\text{раб, норм.(нн)}} = 2 * 15,2 = 30,4A$$

Для n параллельных линий, отходящих от ОРУ-220 кВ токи нормального и утяжеленного режимов:

$$I_{\text{раб, норм}} = \frac{0,316}{11\sqrt{3} \cdot 6} = 2,76 \text{ А};$$

$$I_{\text{раб, утж}} = \frac{11}{11-1} \cdot 2,76 = 3,036 \text{ А},$$

3.2 Расчет токов КЗ на шинах подстанции

Схема замещения представляет собой упрощенную однолинейную схему, на которой указываются все элементы системы электроснабжения. Каждый элемент характеризуется своими параметрами, которые оказывают влияние на ток короткого замыкания.

Расчет токов короткого замыкания на напряжение 220 кВ ведется в относительных единицах

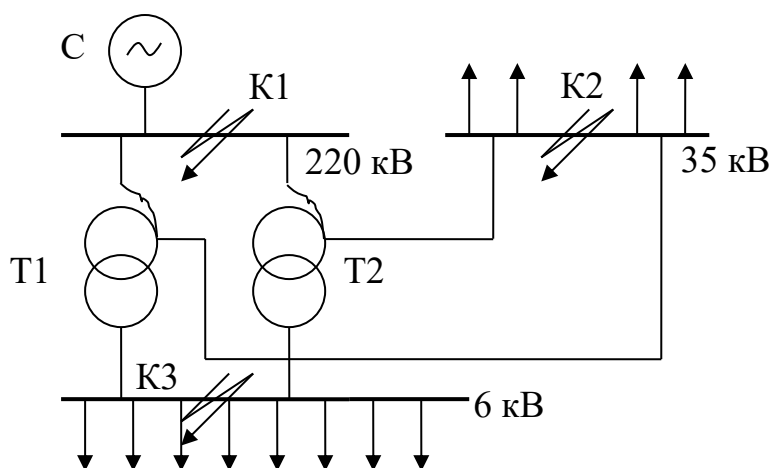


Рисунок 3.1 – Расчетная схема

Предварительно определим параметры элементов схемы замещения.

Зададимся базисной мощностью:

$$S_{\text{б}} = 100 \text{ МВА}.$$

Значения стандартных средних напряжений на сторонах ВН, СН, НН соответственно:

$$U_{\text{ср1}} = 230 \text{ кВ} \quad U_{\text{ср2}} = 35 \text{ кВ} \quad U_{\text{ср3}} = 6 \text{ кВ}$$

1. Параметры схемы:

$$X_{\text{с}} = \frac{S_{\text{б}}}{S_{\text{откл}}} \quad (\text{о.е.}) \tag{3.4}$$

где $S_{\text{откл}}$ –отключающая способность головного выключателя, МВА;

S_6 – базисное значение мощности, равное 100 МВА.

$$S_{\text{откл}} = \sqrt{3} \cdot I_{\text{ном откл}} \cdot U_{\text{ном}} \text{ (МВА)} \quad (3.5)$$

где $I_{\text{ном.откл.}}$, $U_{\text{ном.}}$ – паспортные данные головного выключателя.

$$S_{\text{откл}} = \sqrt{3} \cdot 20 \cdot 220 = 7621,02 \text{ МВА}$$

$$I_6 = \frac{S_6}{U_6 \cdot \sqrt{3}} \text{ (А)} \quad (3.6)$$

где U_6 – базисное значение напряжения, равное 230 кВ.

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6} = 0,25 \text{ кА}$$

Ток короткого замыкания трехфазный определяется по формуле:

$$I_{\text{кз}}^{(3)} = \frac{1}{Z_{\Sigma}} \cdot I_6 \text{ (А)} \quad (3.7)$$

где Z_{Σ} – суммарное сопротивление участка до точки короткого замыкания.

Рассмотрим точку К1 короткого замыкания:

$$X_c = \frac{S_6}{S_{\text{отк}}} = \frac{100}{7621,02} = 0,013 \text{ о. е}$$

$$I_{\text{кз}}^{(3)} = \frac{1}{0,013} \cdot 0,25 = 19,23 \text{ кА}$$

Ударный ток определяется по формуле:

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot K_{\text{уд}} \cdot I \text{ (А)} \quad (3.8)$$

где $K_{\text{уд}}$ – ударный коэффициент, определяемый в зависимости от напряжения:

$K_{\text{уд}} = 1,608$ – для схем, связанных с шинами, где рассматривается КЗ, воздушными линиями напряжением 35кВ;

$K_{\text{уд}} = 1,369$ – для распределительных сетей напряжением 6-10 кВ;

$K_{\text{уд}} = 1,717$ – для схем, связанных с шинами, где рассматривается КЗ, воздушными линиями напряжением 220кВ.

$$i_{\text{уд1}} = 1,717 \cdot 19,23 \cdot \sqrt{2} = 46,69 \text{ кА.}$$

2. Сопротивления трансформаторов определяются по выражению:

$$X_{\text{тр}} = \frac{U_{\text{к}}}{100} * \frac{S_6}{S_{\text{ном}}} \quad (3.9)$$

где $U_{\text{к}}$ – напряжение на соответствующей стороне трансформатора,

$S_{\text{ном}}$ - номинальная мощность трансформатора

По выражению (3.1) определяем:

Для трансформатора ТДТНГ-20000/220/35/6 :

$$X_{1(\text{ВН})} = \frac{12,53}{100} * \frac{100}{20} = 0,6265 \text{ о. е.}$$

$$X_{1(\text{СН})} = \frac{6,46}{100} * \frac{100}{20} = 0,323 \text{ о. е.}$$

$$X_{1(\text{НН})} = \frac{19,1}{100} * \frac{100}{20} = 0,955 \text{ о. е.}$$

Для трансформатора ТДТН-25000/220/35/6:

$$X_{2(\text{ВН})} = \frac{12,6}{100} * \frac{100}{25} = 0,504 \text{ о. е.}$$

$$X_{2(\text{СН})} = \frac{6,48}{100} * \frac{100}{25} = 0,259 \text{ о. е.}$$

$$X_{2(\text{НН})} = \frac{19,5}{100} * \frac{100}{25} = 0,78 \text{ о. е.}$$

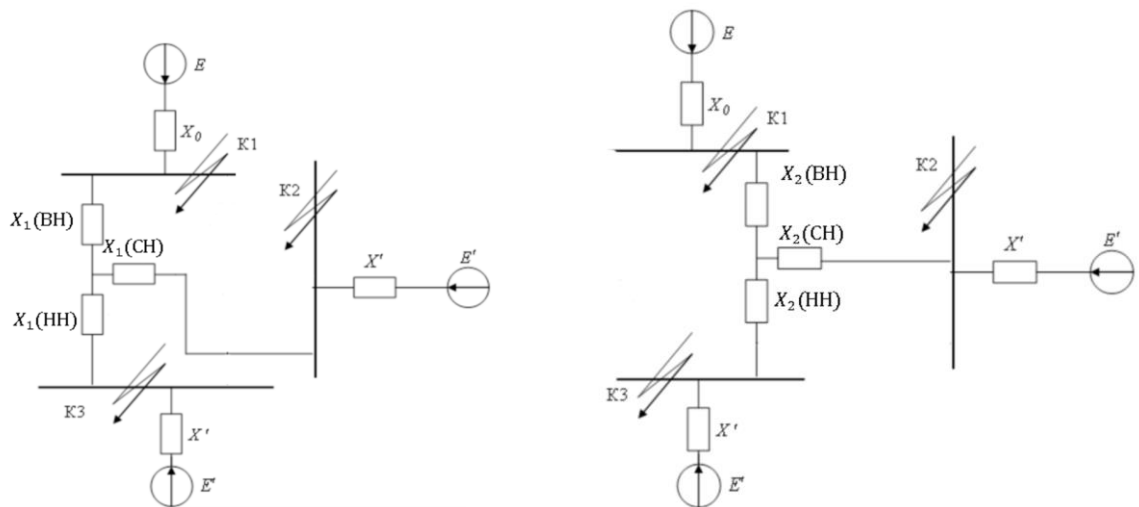


Рисунок 3.2 – Схема замещения сети

К3 в точке К2

Сопротивления на схемах равны:

$$X_{\text{рез}} = X_{(\text{ВН})} + X_{(\text{СН})} + X_0$$

$$X_{\text{рез}(1)} = 0,6265 + 0,323 + 0,013 = 0,9625 \text{ о. е.}$$

$$X_{\text{рез}(2)} = 0,504 + 0,259 + 0,013 = 0,776 \text{ о. е.}$$

Базисный, ударный ток соответственно равны:

$$I_{62} = \frac{S_6}{\sqrt{3}U_{cp1}} = \frac{100}{\sqrt{3} * 35} = 1,65 \text{кА},$$

$$I_{кз(1)}^{(3)} = \frac{1}{0,9625} * 1,65 = 1,71 \text{кА}$$

$$I_{кз(1)}^{(3)} = \frac{1}{0,776} * 1,65 = 2,12 \text{кА}$$

$$i_{уд2} = K_{уд2} * I * \sqrt{2}$$

$$i_{уд2(1)} = 1,608 * 1,71 * \sqrt{2} = 3,89 \text{кА},$$

$$i_{уд2(2)} = 1,608 * 2,12 * \sqrt{2} = 4,82 \text{кА}.$$

КЗ в точке КЗ

Сопротивления на схемах равны:

$$X_{рез} = X_{(вн)} + X_{(нн)} + X_0$$

$$X_{рез(1)} = 0,6265 + 0,955 + 0,013 = 1,5945 \text{о. е.}$$

$$X_{рез(2)} = 0,504 + 0,78 + 0,013 = 1,297 \text{о. е.}$$

Базисный, ударный ток соответственно равны:

$$I_{62} = \frac{S_6}{\sqrt{3}U_{cp1}} = \frac{100}{\sqrt{3} * 6} = 9,623 \text{кА},$$

$$I_{кз(1)}^{(3)} = \frac{1}{1,5945} * 9,623 = 6,04 \text{кА}$$

$$I_{кз(1)}^{(3)} = \frac{1}{1,297} * 9,623 = 7,42 \text{кА}$$

$$i_{уд2} = K_{уд2} * I * \sqrt{2}$$

$$i_{уд2(1)} = 1,369 * 6,04 * \sqrt{2} = 11,69 \text{кА},$$

$$i_{уд2(2)} = 1,369 * 7,42 * \sqrt{2} = 14,37 \text{кА}.$$

3.3 Выбор оборудования ОРУ-220 кВ

Для выбора выключателей и разъединителей приведем расчетные данные и каталожные (таблица 3.1).

В таблице 3.1 мгновенное значение апериодической составляющей тока КЗ [4, 5]:

$$i_{a,r} = \sqrt{2} * I_{n0} * e^{\frac{(t_{ср.з} + t_{собрств})}{T_a}} \quad (3.10)$$

где $t_{ср.з}$ - время срабатывания защиты

$t_{собрств}$ - собственное время отключения

T_a - значение постоянной времени затухания апериодической составляющей тока КЗ.

Таблица 3.1 – Наименования расчетных и каталожных данных выключателя и разъединителя

Расчетные данные		Каталожные данные	
Параметр	Название	Параметр	Название
$U_{ном.сети},$ кВ	Номинальное напряжение сети	$U_{ном},$ кВ	Номинальное напряжение
$I_{раб.норм.},$ А	Рабочий ток наиболее мощного присоединения (цепи трансформатора)	$I_{ном},$ А	Номинальный ток
$I_{раб.утж.},$ А	Ток утяжеленного режима (при отключении одного трансформатора)	$I_{ном},$ А	Номинальный ток
$I_{п,т},$ кА	Действующее значение апериодической составляющей тока КЗ	$I_{откл.ном},$ кА	Номинальный ток отключения
$i_{a,т},$ кА	Мгновенное значение апериодической составляющей тока КЗ	$i_{a,ном},$ кА	Нормированное содержание апериодической составляющей
$I_{n0},$ кА	Начальное значение периодической составляющей тока КЗ	$I_{пр.скв.},$ кА	Начальное действующее значение периодической составляющей предельного сквозного тока

Продолжение таблицы 3.1

Расчетные данные		Каталожные данные	
Параметр	Название	Параметр	Название
$I_y,$ $кА$	Действующее значение ударного тока КЗ	$i_{пр.скв.},$ $кА$	Набольший пик предельного сквозного тока
$I_{n0},$ $кА$	Начальное значение периодической составляющей тока КЗ	$I_{вкл.},$ $кА$	Начальное действующее значение периодической составляющей тока включения
$i_y,$ $кА$	Мгновенное значение ударного тока КЗ	$i_{вкл.},$ $кА$	Наибольший пик номинального тока включения
$B_k,$ $кА^2 \cdot с$	Интеграл Джоуля	$I_{терм}^2 t_{терм},$ $кА^2 \cdot с$	Ток термической стойкости, допустимое время его действия

В таблице 3.1 интеграл Джоуля (тепловой импульс) определяется как:

$$B_k = I_{n0}^2 (t_{ср.з} + t_{откл} + T_a) \quad (3.11)$$

На распределительном устройстве ВН (ОРУ 220кВ) исходя из аналитической части выбираем выключатели ВГТ-220(УХЛ1) и разъединители РГН.1-220.П/1000-40УХЛ1

Таблица 3.2 – Условия выбора и проверки выключателей и разъединителей на стороне ВН (ОРУ–220 кВ):

Расчетные данные	Каталожные данные	
	ВГП-220П* - 20/2500- У1	РГН.1-220.П/1000-40УХЛ1
$U_{ном.сети} = 220кВ$	$U_{ном} = 220кВ$	$U_{ном} = 220кВ$
$I_{раб.утж} = 45,32А$	$I_{ном} = 2500А$	$I_{ном} = 1000А$
$I_{н.р} = 19,23кА$	$I_{отл.ном} = 20кА$	—

Продолжение таблицы 3.2

Расчетные данные	Каталожные данные	
	ВГП-220П* - 20/2500- У1	РГН.1-220.П/1000- 40УХЛ1
$i_{a.r} = \sqrt{2} * 19,23e^{\frac{(0,01+0,05)}{0,025}}$ = 2,99кА	$i_{a.r} = \sqrt{2} * 0,45 * 20$ = 12,73	—
$I_{n0} = 19,23кА$	$I_{пр.скв} = 40кА$	—
$i_y = 46,69кА$	$i_{пр.скв} = 252кА$	$i_{пр.скв} = 100кА$
$I_{n0} = 19,23кА$	$I_{вкл} = 40кА$	—
$I_y = 46,69кА$	$i_{вкл} = 252кА$	—
$B_k = 19,23^2(0,01 + 0,05 + 0,025)$ = 14,79кА ² с	$I_{терм}^2 t_{терм} = 40^2 * 3$ = 4800кА ² с	$I_{терм}^2 t_{терм} = 40^2 * 4$ = 6400кА ² с

Аналогично сопоставим данные трансформатора тока

Таблица 3.3-Условия выбора трансформатора тока

Расчетные данные	Каталожные данные
$U_{ном.сети}$ -номинальное напряжение сети	$U_{ном}$ -номинальное напряжение
$I_{раб.утж}$ -ток утяжеленного режима	$I_{ном}$ -номинальный ток
i_y -мгновенное значение ударного тока КЗ	$I_{дин}$ -ток динамической стойкости
B_k -интеграл Джоуля	$I_{терм} t_{терм}$ -ток термической стойкости , время действия

Таблица 3.4 – Условия выбора ТТ на линии ВН

Расчетные данные	Каталожные данные
$U_{ном.сети} = 220кВ$	$U_{ном} = 220кВ$
$I_{раб.утж} = 45,32кА$	$I_{ном} = 1000 кА$
$i_y = 46,59кА$	$I_{дин} = 125 кА$
$B_k = 14,79кА^2с$	$I_{терм}^2 t_{терм} = 40 * 3 = 4800кА^2с$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках бакалаврской работы был разработан проект реконструкции открытого распределительного устройства (ОРУ) 220 кВ подстанции «Абаза». Основной задачей проекта является замена оборудования высокого напряжения, в частности, отключающих ОД КЗ-220 кВ на современные элегазовые выключатели. Это обновление позволит значительно повысить надежность электроснабжения региона, а также улучшить эксплуатационные характеристики и безопасность подстанции.

Сопутствующая реконструкция включает в себя не только замену устаревшего оборудования, но и внедрение новых технологий и материалов, что способствует повышению эффективности работы подстанции. Эти изменения направлены на обеспечение бесперебойной работы энергосистемы, минимизацию рисков возникновения аварийных ситуаций и сокращение времени для ликвидации их последствий.

Подстанция 220кВ «Абаза» обеспечивает электроэнергией подстанции напряжением 35кВ, а также ТЭЦ Абаза.

Существующая схема включает в себя: ОРУ-220 кВ, ОРУ-35 кВ, КРУН-6 кВ, два трансформатора мощность 20МВА и 25МВА.

Проведен выбор нового оборудования, подходящего по условиям выбора.

Анализ преимуществ современного оборудования подстанции 220кВ показал, что наиболее перспективными выступают элегазовые выключатели типа ВГП-220П - 20/2500- У1, разъединители типа РГН.1-220.П/1000-40УХЛ1, трансформаторы тока ТРГ-УЭТМ-220 и напряжения ЗНГ-УЭТМ-220.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Выключатели элегазовые серии ВГТ-УЭТМ на 220 кВ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dv-electro.ru/images/opros/VGT-35,110,220.pdf> (дата обращения 20.05.2024).
2. Выключатель элегазовый колонковый ВГТ-220 (У1, УХЛ1) (трехполусное/однополусное исполнение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://zeto.ru/products_and_services/high_voltage_equipment/elegazovye-kolonkovye-vyklyuchateli-tipa-vgt-220 (дата обращения 20.05.2024).
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. 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.
6. 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.
7. Лопухова, Т. В. Особенности конструкции трансформаторов с элегазовой изоляцией / Т. В. Лопухова, Ю. Н. Зацаринная, Р. Н. Балобанов // Вестник Казанского технологического университета, 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-konstruktsii-transformatorov-s-elegazovoy-izolyatsiey> (дата обращения 20.05.2024).
8. 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. Сулыненков, Д.Л. Панков, Т.А. Жулина // Вестник ИГЭУ. – Вып. 2. – 2011.
9. 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.
10. Новые компактные распределительные устройства 110 и 220 кВ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://smartenergo.net/products/vysokovoltnoe-oborudovanie-dlya-oru/183.html> (дата обращения 20.05.2024).
11. Ополева, Г. Н. Схемы и подстанции электроснабжения : справочник / Г. Н. Ополева. – М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2010. – 480 с.

12. Ополева, Г.Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов [Текст] : учеб. пособие / Г. Н. Ополева. - Москва : Форум : ИНФРА-М, 2018. - 416 с.
13. ОРУ 220 кВ. Открытое распределительное устройство [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://tes.ru/solutions_oru/oru-220/ (дата обращения 20.05.2024).
14. 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.
15. 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.
16. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации [Текст]. – М. : ЭНЕРГИЯ, 2013. – 348 с.
17. Правила устройства электроустановок [Текст] : утверждены Министерством энергетики Российской Федерации : все действующие разделы шестого и седьмого изданий. - Москва : Проспект, 2019. - 831 с.
18. Разъединители наружной установки 220 кВ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.electroshield.ru/catalog/razyediniteli-i-vla/razediniteli-naruzhnoy-ustanovki-220-kv/> (дата обращения 20.05.2024).
19. Разъединители наружной установки серии РГН [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://zeto.ru/products_and_services/high_voltage_equipment/rg-220-kv (дата обращения 20.05.2024).
20. Разъединители переменного тока на напряжение 220 кВ серии РН. Руководство по эксплуатации ОГК.412.235 РЭ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://demsli.by/sites/default/files/demslifiels/re_rn220_elsh.ru.pdf (дата обращения 20.05.2024).
21. Разъединители серии РГП на напряжение 220 кВ. Руководство по эксплуатации ИВЕЖ.674214.038-01 РЭ [Электронный ресурс]. – 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 20.05.2024).
22. Разъединители типа РН-СЕЩ 220 кВ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://zaovec.ru/print.aspx?item=1696> (дата обращения 20.05.2024).
23. 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.
24. Рекомендации по технологическому проектированию подстанций переменного тока с высшим напряжением 35 - 750 кВ [Текст]. - М. : ЭНАС, 2017. - 80 с.
25. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : ЭНАС, 2012. – 376 с.
26. 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.

27. 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.

28. Трансформатор тока ТРГ-УЭТМ 110/220 кВ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dv-electro.ru/izmeritelnye-transformatory/transformatory-110-220-kv> (дата обращения 20.04.2020).

29. Трансформаторы напряжения ЗНГ-УЭТМ®-220 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.uetm.ru/katalog-produktsii/item/znguetm220/> (дата обращения 20.05.2024).

30. Трансформаторы тока ТРГ-УЭТМ®-220 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.uetm.ru/katalog-produktsii/item/trguetm220/> (дата обращения 20.04.2020).

31. 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.


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


« 02 » 07 2024 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА


13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код – наименование направления


Реконструкция ОРУ-220 ПС 220 кВ Абаза с заменой существующей схемы
ОДКЗ на современную с применением элегазовых выключателей
тема

Руководитель  28.06.24 доцент, к.э.н.
подпись, дата должность, ученая степень

Н. В. Дулесова
инициалы, фамилия

Выпускник  28.06.24
подпись, дата

К.Е.Зайцев
инициалы, фамилия

Нормоконтролер  28.06.2024.
подпись, дата

И. А. Кычакова
инициалы, фамилия

Абакан 2024