

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт ЭНИН _____

Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» _____

Кафедра ЭЭС _____

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Реконструкция Гусиноозерской ГРЭС

УДК 621.311.22.002.5:621.3.064.3-048.35

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2Б	Джафаров Станислав Рафаэлевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коломиец Н.В.	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Потехина Н.В.	-		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романцов Игорь Иванович	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭЭС	Сулайманов А.О.	к.т.н.		

Томск – 2016 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт ЭНИН

Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Кафедра ЭЭС

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. Кафедрой

_____Сулайманов А.О.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
5А2Б	Джафарову Станиславу Рафаэлевичу

Тема работы:

Реконструкция Гусиноозерской ГРЭС	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.16
--	----------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	1. Главная схема Гусиноозерской ГРЭС; 2. Нормативные требования к электрооборудованию электростанций; 3. Укрупненные показатели стоимости электрооборудования.
--	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1. Характеристика главной схемы Гусиноозерской ГРЭС 2. Расчет и отладка установившегося режима схем электростанции; 3. Расчет токов трехфазного и однофазного КЗ в цепях электростанции 4. Выбор нового электрооборудования. 5. Моделирование асинхронного режима турбогенератора. 6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 7. Социальная ответственность
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Главная схема электрических соединений электростанции; 2. Результаты моделирования асинхронного режима турбогенератора.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Ст. преподаватель Потехина Н.В.
Социальная ответственность	К.т.н. Романцов И.И.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коломиец Н.В.	к.т.н., доцент		15.10.15

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2Б	Джафаров Станислав Рафаэлевич		15.10.15

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5A2B	Джафарову Станиславу Рафаэлевичу

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭЭС
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	Электрические станции

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих.	Оклад руководителя - 27484 руб. Оклад инженера - 17808 руб.
Нормы и нормативы расходования ресурсов.	Премияльный коэффициент 30%; Коэффициент доплат и надбавок 20%; Коэффициент доп. заработной платы 12%; Коэффициент накладных расходов 16%; Районный коэффициент 130%.
Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования.	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 27,1 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.	-Оценка конкурентной способности оборудования; -SWOT – анализ.
Планирование и формирование бюджета научных исследований.	Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты; - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления на социальные цели; - накладные расходы;
Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.	- Не разрабатывается.

Перечень графического материала:

- Итоговая оценка экспертов
- Календарный план-график выполнения работ.
- Расчет бюджета затрат на НИ.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Потехина Н.В.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
--------	-----	---------	------

5A2Б	Джафаров Станислав Рафаэлевич		
------	-------------------------------	--	--

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5A2Б	Джафарову Станиславу Рафаэлевичу

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭЭС
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения: – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)	Рабочее место представляет собой помещение электрической подстанции, внутри которой находится электрооборудование под высоким напряжением. Вредные и опасные факторы производственной среды: Движущиеся машины и механизмы монтажного и ремонтного оборудования; шанс поражения персонала электрическим током; пониженный или повышенный уровень освещенности; повышенный уровень шума и вибрации от работающих приводных электродвигателей, систем вентиляции и охлаждения, воздействия движущихся частей изделия и частей изделия, нагреваемых до высоких температур. Аварийные и чрезвычайные ситуации – пожары.
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	Правила устройства электроустановок; ГОСТ 12.2.007.0-75 «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности», который устанавливает общие требования безопасности к конструкции электротехнических изделий; ГОСТ Р 12.1.019-2009 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»; СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях»; СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение»; ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности» и НПБ 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной безопасности»

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);	В данной части необходимо проанализировать следующие вредные факторы: электрические, магнитное поля и освещённость производственных помещений.
--	---

– предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)	
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)	В данной части необходимо проанализировать следующие опасные факторы: химические опасности; электроопасность; пожаровзрывоопасность.
3. Охрана окружающей среды: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);	Эксплуатация элегазовых генераторных выключателей производится без воздействия на окружающую среду.
4. Защита в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;	Наиболее вероятной ЧС, которая может возникнуть на подстанции- это пожар, возникший в результате короткого замыкания или неисправности электрооборудования.
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	Необходимо рассмотреть мероприятия при компоновке рабочей зоны

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романцов Игорь Иванович	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2Б	Джафаров Станислав Рафаэлевич		

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа электрических устройств, объектов и систем.
P2	Уметь формулировать задачи в области электроэнергетики и электротехники, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.
P3	Уметь проектировать электроэнергетические и электротехнические системы и их компоненты.
P4	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики и электротехники, интерпретировать данные и делать выводы.
P5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области электроэнергетики и электротехники.
P6	Иметь практические знания принципов и технологий электроэнергетической и электротехнической отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях - потенциальных работодателях.
<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области электроэнергетики и электротехники
P8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях электроэнергетики и электротехники.
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной.
P10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
P11	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области электроэнергетики и электротехники с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.
P12	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области электроэнергетики и электротехники.

Реферат

В данной работе проводится исследование электрической части Гусиноозерской ГРЭС, располагаемой на открытых распределительных устройствах напряжением 110 и 220 кВ.

Цель работы – замена пофазно–экранируемых токопроводов и масляных выключателей блока генератор – трансформатор на элегазовые выключатели, с использованием промышленного программного обеспечения «Mustang» и «Shemvizard».

В процессе исследования будет выполнен расчет установившегося режима схемы электрической части станции, в котором будет произведена регулировка параметров элементов схемы с целью балансировки режима, близкому к оптимальному. Затем проведя исследование переходных процессов, возникающих при коротких замыканиях в различных узлах схемы, будет произведен расчет трехфазного и однофазного короткого замыкания, по значениям которых будет произведен выбор коммутационного оборудования. Также будет проведено исследование асинхронного режима генераторов и проведен анализ влияния данного режима непосредственно на сам генератор, а также на остальные генераторы станции.

Результатом данного проекта, будут расчеты по выбору коммутационного оборудования на примере реального объекта энергосистемы Российской Федерации, с подробным описанием алгоритма расчета, которые могут применяться в настоящих проектах по проведению реконструкции различных объектов энергосистемы. Помимо расчетов касающихся технической части проекта, будет выполнен финансовый расчет затрат на проведение реконструкции электрической части станции. Заключительным этапом проекта, будет описание нормативных документов, регламентирующих безопасное проведение работ в ходе проведения реконструкции.

Выпускная квалификационная работа содержит 97 страниц, 39 рисунков, 34 таблицы, 6 источников литературы и всего 4 приложения.

Ключевые слова: электрическая станция, элегазовый выключатель, турбогенератор, короткое замыкание, асинхронный режим, «Mustang».

Определения, сокращения, сокращения, используемые в работе

ГРЭС – государственная районная электрическая станция

ТГ – турбогенератор

ТР – трансформатор

ОРУ – открытое распределительное устройство

КЗ – короткое замыкание

НП – нулевая последовательность

ОП – обратная последовательность

ПП – прямая последовательность

С.Н. – собственные нужды

Содержание

Введение.....	13
Обзор литературы.....	14
Объект и методы исследования	15
1.Характеристика главной схемы Гусиноозерской ГРЭС	16
2. Расчет и отладка установившегося режима схем электростанции	21
3. Расчет токов трехфазного и однофазного короткого замыкания в цепях электростанции.....	27
3.1. Моделирование трехфазного короткого замыкания	29
3.2. Моделирование однофазного короткого замыкания	33
4. Выбор нового оборудования.....	43
4.1. Выбор генераторных выключателей.....	43
4.2. Выбор выключателей на ОРУ 110 кВ и 220 кВ	49
5. Моделирование асинхронного режима турбогенератора	52
6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение....	58
1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	58
1.1. Экспертная оценка типов рассматриваемого оборудования	58
1.2. SWOT – анализ	61
2. Планирование научно-технических работ	63
2.1. Структура работ в рамках научного исследования.....	63
2.2. Определение трудоемкости выполнения работ	64
2.3. Разработка графика проведения научно-технического проекта	65
3. Планирование затрат на проведение научного исследования	70
3.1. Основная заработная плата исполнителей темы	70
3.2. Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	72
3.4. Отчисления во внебюджетные фонды	72
3.5. Накладные расходы.....	73
3.6. Формирование бюджета затрат научного исследования	73

3.7. Смета затрат на приобретение электрооборудования	74
7. Социальная ответственность	76
1. Производственная безопасность	76
1.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов	76
1.2 Обоснование и разработка мероприятий по снижению опасного и вредного воздействия и устранению их влияния на электротехнический персонал	78
1.3 Отбор законодательных и нормативных документов по заданной тематике.	87
2. Экологическая безопасность	88
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	89
4. Организационные мероприятия по компоновке рабочей среды	90
Заключение	91
Список использованных источников	92
Приложение А	93
Приложение Б	94
Приложение В	95
Приложение Г	97

Введение

Электростанция – это энергетическое предприятие, на территории которой располагаются оборудования и установки, предназначенные для производства электроэнергии.

Одними из самых главных элементов процесса производства электроэнергии на станции являются генераторы, в частности, в рассматриваемом объекте – турбогенераторы.

При эксплуатации электрооборудования на электростанции, существует вероятность возникновения различного рода ненормальные режимы и перегрузки. Самым опасным режимом работы любой электроустановки является режим короткого замыкания, при котором электрооборудование за короткий промежуток времени может выйти из строя.

Короткие замыкания в таких объектах как турбогенераторы недопустимы, так как в случае возникновения данного режима, происходит недоотпуск электроэнергии, падение напряжения в энергосистеме, а также выход из строя самого турбогенератора. Чтобы не допустить возникновения короткого замыкания, во многих электростанциях применяли пофазно – экранированные токопроводы, в которых устанавливались все различные контролирующие органы и коммутационное оборудование.

С течением времени и развитием технологий, произошло изменения в стандартах, в которых предусматривается установка генераторных выключателей, как имеющего отпайку к трансформатору собственных нужд, так и более крупного энергоблока.

В данной работе будет произведен расчет технических и экономических показателей по выбору коммутационного оборудования для цепи блока генератор – трансформатор, соответствующее современным нормативным документам, а также требованиям связанных с вопросами быстродействия,

качества и безопасности оборудования, с учетом аналогов на рынке электрооборудования и выбором оптимального решения.

Обзор литературы

Исходя из схемы приложения А, в цепи блоков генератор – трансформатор отсутствуют генераторные выключатели, что по новым нормативным документам не соответствует требованиям настоящих документов.

В данной работе в качестве основного источника литературы, используется книга Рожкова Л.Д., Козулин В.С. «Электрооборудование станций и подстанций», в которой содержатся все необходимые расчеты по выбору коммутационного оборудования.

В современных электростанциях преимущественно используются коммутационное оборудование, в которых гашение дуги происходит в газах высокого давления, наиболее популярным из которых является элегаз (SF_6). В работе будет рассмотрен именно данный тип выключателей.

Объект и методы исследования

Коммутационное оборудование является главным элементом защиты электрооборудования. В современных условиях обеспечение надежности и быстродействия защиты является прерогативой любого энергетического предприятия.

В качестве объекта исследования было выбрано рассмотрение выключателей цепи блока генератор – трансформатор Гусиноозерской ГРЭС. В настоящее время используется пофазно – экранированный токопровод в цепи генераторного напряжения и масляные выключатели в цепи высшего напряжения присоединения блока к ОРУ. Было принято решение провести замену данного оборудования на более современные аналоги, исходя из требований нормативных документов при проектировании станций.

Важным шагом для выбора оборудования является расчет параметров, который в настоящее время происходит с применением программных комплексов, в нашем случае «Mustang» и «Shemvizard», позволяющие смоделировать трехфазные и однофазные короткие замыкания в схеме, по которым в дальнейшем будет произведен выбор нового оборудования. Далее руководствуясь такими источниками как Рожкова Л.Д., Козулин В.С. «Электрооборудование станций и подстанций», Усов С.В., Михалев Б.Н., Черновец А.К. и др. «Электрическая часть электростанций», по описанному в них алгоритму будет произведен расчет основных параметров выключателей. Данные источники литературы зарекомендовали себя как наиболее содержательные и заслуживающие внимание инженеров.

6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Проведение модернизации любого промышленного или производственного объекта требует оценки ресурсоэффективности и коммерческой ценности, которая является одним из необходимых условий грамотного распределения ресурсов предприятия и повышения максимальной эффективности вложенного капитала.

Целью данного раздела ВКР, является проведение объективной оценки потенциала проекта с экономической точки зрения, который является необходимым условием успешной реализации проекта.

Проведение исследования будет состоять из следующих пунктов:

- 1) Экспертная оценка типов рассматриваемого оборудования;
- 2) SWOT – анализ;
- 3) Планирование инженерно-технического плана работ;
- 4) Разработка плана бюджета проекта.

1.1. Экспертная оценка типов рассматриваемого оборудования

Исходя из предлагаемой продукции видов генераторных выключателей, для экспертной оценки были выбраны следующие их виды: масляные выключатели ВМПЭ-10 – с электромагнитным приводом, вакуумный выключатель серии 3АН37/38 от компании Siemens и элегазовые выключатели серии ВГГ-20 от компании ОАО «Электроаппарат».

Для экспертной оценки конкурентоспособности проектов были опрошены 3 независимых эксперта, которые дали характеристики проектов по 10 бальной

шкале. Далее было оценено важность каждого критерия и определено соответственно для каждого критерия весовой коэффициент ($w_j = b_j / \sum b_j$).

Основными критериями экспертной оценки рассматриваемого оборудования, будут следующие факторы, непосредственно относящиеся к каждому объекту, а именно: номинальный ток отключения, механический ресурс циклов отключения, собственное время отключения, срок службы оборудования и стоимость.

Оценки по рассматриваемым факторам, приведем в таблице.

Таблица 1 - Определение экспертной оценки конкурентоспособности оборудования первым экспертом

№ п/п	Рассматриваемое оборудование	Факторы параметров оборудования (от 0 до 10 баллов)					Итоговая оценка
		Номинал ный ток отключ.	Механиче ский ресурс	Собственное время отключения	Срок службы	Стоимос ть	
1	Масляный выключатель ВМПЭ-10	5	4	4	4	8	25
2	Вакуумный выключатель ЗАН37/38	8	5	5	5	4	27
3	Элегазовый выключатель ВГГ-20	9	7	6	7	5	34
	b_j (от 0 до 6)	5	4	6	5	5	25
	$w_j = b_j / \sum b_j$	0,2	0,16	0,24	0,2	0,2	1

Таблица 2 - Корректировка оценок первого эксперта с учетом весовых коэффициентов

№ п/ п	Рассматрива емое оборудование	Факторы параметров оборудования					Итог овая оцен ка
		Номинал ный ток отключ.	Механ ическ ий ресурс	Собственное время отключения	Срок службы	Стоимос ть	
1	Масляный выключатель ВМПЭ-10	1	0,64	0,96	0,8	1,6	5
2	Вакуумный выключатель ЗАН37/38	1,6	0,8	1,2	1	0,8	5,4
3	Элегазовый выключатель ВГГ-20	1,8	1,12	1,44	1,4	1	6,76

Таблицы с оценками остальных экспертов приведены в приложении Г.

Таблица 3 - Итоговая оценка экспертов

№ п/ п	Рассматриваемые проекты	Мнения экспертов			Итоговая оценка
		1	2	3	
1	Масляный выключатель ВМПЭ-10	5	5,28	5,4	15,68
2	Вакуумный выключатель ЗАН37/38	5,4	5,64	6	17,04
3	Элегазовый выключатель ВГГ-20	6,76	7,36	7,44	21,56

Как видно из приведенных данных в таблицах оценок экспертов, с учетом всех рассматриваемых критериев, стоит рассматривать элегазовый выключатель ВГГ-20. Данный вид выключателей, является передовым на рынке, сочетая в себе такие качества как более продолжительный срок службы, более быстрое отключение короткого замыкания и относительно низкую стоимость.

После проведенной экспертной оценки всеми задействованными экспертами видно, что по суммарному полученному результату стоит рассматривать элегазовый генераторный выключатель ВГГ – 20.

1.2. SWOT – анализ

Для более краткого описания ситуации, в рамках которой будет разрабатываться проект, будем использовать SWOT – анализ. SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Таблица 4 – Итоговая матрица SWOT–анализа

	Внутренние факторы	
	Сильные стороны проекта:	Слабые стороны проекта:
	1. Простота ввода в эксплуатацию предлагаемого оборудования. 2. Высокая степень совместимости современного оборудования с имеющимися. 3. Значительно высокие показатели времени отключения короткого замыкания, а также высокая чувствительность к возрастанию тока в цепи генератор-трансформатор.	1. Высокая стоимость оборудования, в частности зарубежного, связанного с обвалом курса рубля в настоящий момент. 2. Дополнительные затраты на обслуживание нового оборудования. 3. Недостаток высококвалифицированного персонала (трудности при настройке и ведении дальнейшего обслуживания)

Продолжение таблицы 4:

Внешние факторы	Возможности проекта: 1. Широкий выбор оборудования на рынке 2. Наличие отечественных аналогов, не уступающих по своим показателям зарубежному оборудованию 3. Соответствие нормативным документам, предъявляемых к данному типу оборудования.	Стратегия при сопоставлении сильных сторон и возможностей: Разработка универсального проекта, максимальная его унификация.	Стратегия при сопоставлении слабых сторон и возможностей: - Работа над технической частью проекта; - Проведение лекций для просвещения и обучения персонала.
	Угрозы для проекта: 1. Срыв намеченных сроков проведения работ, в следствии увеличение затрат проекта. 2. Неустойчивость российской экономики, что является основополагающим фактором принятия решения о планирующейся модернизации. 3. Сложные политические и экономические отношения со страной-поставщиком оборудования.	Стратегия при сопоставлении сильных сторон и угроз: - Развитие отечественных разработок; - Продвижение проекта с акцентированием на его достоинствах.	Стратегия при сопоставлении слабых сторон и угроз: - Дополнительная разработка проекта; - Нахождение новых путей поставки оборудования и инвестиций.

В данном разделе с помощью стратегического планирования были определены явления и факторы, оказывающие влияние на данный проект. SWOT – анализ позволяет выработать определенную стратегию действий,

направленных на конкурентную способность, повышения потенциала использования ресурсов, а также на устранение неблагоприятных факторов.

2. Планирование научно-технических работ

2.1. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научно-технического проекта;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения работ.

В таблице 5 представлена информация о рабочей группе проекта, а также указана информация о содержании выполняемых работ каждым участником группы.

Таблица 5 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей.

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель проекта
Выбор направления исследований	2	Выбор объекта реконструкции	Руководитель Инженер
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер

Продолжение таблицы 5:

Теоретические и экспериментальные исследования	4	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер
	5	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Инженер
	6	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Инженер
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер
Разработка технической документации и проектирование	8	Выбор и расчет электрооборудования	Инженер
	9	Составление календарного графика проведения проектно-монтажных работ	Руководитель, Инженер
	10	Оценка и расчет экономической эффективности проведения реконструкции	Руководитель, Инженер
Оформление отчета проекта	11	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

1.3. Определение трудоемкости выполнения работ

Затраты, связанные с использованием трудовых ресурсов, являются основной частью стоимости разработки. В связи с этим возникает потребность определения трудоемкости работ каждого отдельного участника.

Для определения, ожидаемого значения трудоемкости $t_{ожи}$ используется следующая формула:

$$t_{ожи} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5},$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{\mathcal{C}_i},$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$\mathcal{C}_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Приведем пример расчета трудоемкости работ для первого этапа работ:

$$t_{ож1} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 4}{5} = 3,4 \approx 4 \text{ чел} - \text{дней};$$

$$T_p = \frac{t_{ож}}{\mathcal{C}} = \frac{4}{1} = 4 \text{ дня};$$

1.4. Разработка графика проведения научно-технического проекта

Наиболее удобной и наглядной иллюстрацией плана проведения научных работ, является построение ленточного графика в форме диаграммы Ганта, отражающим протяженность временных отрезков работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} ,$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} ,$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Произведем численный расчет коэффициента календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 119} = 1,48;$$

В таблицу 6 сведем временные показатели проведения научно-технического проекта:

Таблица 6 – Временные показатели проведения научного исследования

№ этапа работ	Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
		$t_{min},$ чел-дни		$t_{max},$ чел-дни		$t_{ож},$ чел-дни					
		Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Составление и утверждение технического задания	3	–	4	–	4	–	4	–	6	–
2	Выбор объекта реконструкции	3	3	4	4	4	4	4	4	6	6
3	Подбор и изучение материалов по теме	–	3	–	4	–	4	–	4	–	6
4	Проведение теоретических расчетов и обоснований	–	5	–	7	–	6	–	6	–	9
5	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	–	4	–	6	–	5	–	5	–	8
6	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	–	4	–	6	–	5	–	5	–	8
7	Оценка эффективности полученных результатов	–	3	–	4	–	4	–	4	–	6

8	Выбор и расчет электрооборудования	–	4	–	6	–	5	–	5	–	8
---	------------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Продолжение таблицы 6:

9	Составление календарного графика проведения проектно-монтажных работ	3	3	4	4	4	4	4	4	6	6
10	Оценка и расчет экономической эффективности проведения реконструкции	3	3	4	4	4	4	4	4	6	6
11	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	–	3	–	4	–	4	–	4	–	6
ИТОГО	Общее количество календарных дней для выполнения проекта									93	
	Общее количество календарных дней в течении которых работал инженер									69	
	Общее количество календарных дней в течении которых работал руководитель									24	

На основании таблицы 6, составим календарный план-график (график Ганта) в таблице 7:

Таблица 7 – Календарный план график проведения работ

№ ра-бот	Вид работ	Исполнител и	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ										
				Март					Апрель			Май		
				1-6	7-12	13-18	19-27	28-4	5-12	13-18	19-26	27-2	3-8	9-14
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	6											
2	Выбор объекта реконструкции	Руководитель, Инженер	6											
3	Подбор и изучение материалов	Инженер	6											
4	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер	9											
5	Построение макетов и проведение экспериментов	Инженер	8											
6	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Инженер	8											
7	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер	6											
8	Выбор и расчет электрооборудования	Инженер	8											
9	Составление календарного графика проведения проектно-монтажных работ.	Руководитель, Инженер	6											
10	Оценка и расчет экономической эффективности проведения реконструкции	Руководитель, Инженер	6											
11	Составление пояснительной записки	Инженер	6											

 - Руководитель
  - Инженер

3. Планирование затрат на проведение научного исследования

При планировании бюджета проекта должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета проекта используется следующая группировка затрат по статьям:

- Затраты на электрооборудование;
- Основная заработная плата исполнителей темы;
- Дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- Накладные расходы.

3.1. Основная заработная плата исполнителей темы

В данном подразделе будет произведен расчет основной заработной платы участников работ, исходя из величины трудоемкости работ и действующих систем окладов и ставок. Также будет учитываться премия из фонда заработной платы в размере в диапазоне от 20 до 30 % от оклада, доплаты и дополнительная заработная плата:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп},$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{осн}$).

Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p,$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн;

$З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата графика 5-дневной рабочей недели:

$$Z_{\text{он}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{34725 \cdot 11,2}{242} = 1607,1 \text{ руб}$$

Среднедневная заработная плата графика 6-дневной рабочей недели:

$$Z_{\text{он}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{53594 \cdot 10,4}{242} = 2303,2 \text{ руб},$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 8).

Таблица 8 – Баланс годового рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	66	119
- праздничные дни		
Потери рабочего времени		
- отпуск	48+10	28+10
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	242	209

Месячный должностной оклад руководителя:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{ТС}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 27484 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 53594 \text{ руб},$$

где $Z_{\text{ТС}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3;

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет 0,2;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 9:

Таблица 9 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	З _{те} , руб.	k _{пр}	k _д	k _р	З _м , руб	З _{дн} , руб.	Т _р , раб. дн.	З _{осн} , руб.
Руководитель	27484	0,3	0,2	1,3	53594	2303,2	16	36851,2
Инженер	17808	0,3	0,2	1,3	34725	1607,1	45	72319,5
ИТОГО								109170,7

3.2. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Дополнительная заработная плата предусматривается Трудовым кодексом РФ за деятельность в условиях труда имеющих отклонения от нормы, а также выплаты обеспечения компенсаций, к примеру, ежегодный оплачиваемый отпуск.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,12 \cdot 36851,2 = 4422,1 \text{ руб}$$

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,12 \cdot 72319,5 = 8678,3 \text{ руб}$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12).

3.3. Отчисления во внебюджетные фонды

В данном подразделе отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,271 \cdot (36851,2 + 4422,1) = 11185,1 \text{ руб}$$

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,271 \cdot (72319,5 + 8678,3) = 21950,4 \text{ руб}$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2016 году вводится пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды представляем в таблице 10:

Таблица 10 – Отчисления во внебюджетные фонды.

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	36851,2	4422,1
Инженер	72319,5	8678,3
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого		
Руководитель	11185,1	
Инженер	21950,4	
Итого		33135,5

3.4. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов:

$$\begin{aligned}
 Z_{\text{накл}} &= Z_{\text{проч.}} \cdot k_{\text{нр}} = (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{внеб}}) \cdot 0,16 = \\
 &= (109170,7 + 13100,4 + 33135,5) \cdot 0,16 = 24913 \text{ руб}
 \end{aligned}$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

3.5. Формирование бюджета затрат научного исследования

В данном подразделе будет учтены все затраты, связанные с оплатой труда персонала, а также итоговая сумма затрат на приобретение оборудования. С учетом рассчитанных статей расходов составлен бюджет затрат научного исследования, который приведен в таблице 11.

Таблица 11 – Расчет бюджета затрат на НИ

Наименование затрат	Сумма, руб.	%
1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	109170,7	60
2. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	13100,4	7,4
3. Отчисления во внебюджетные фонды	33135,5	18,3
4. Накладные расходы	24913	13,8
5. Бюджет затрат модернизации	180619,6	100

3.6. Смета затрат на приобретение электрооборудования

Размер денежных затрат на приобретение необходимого электрооборудования с учетом стоимости доставки и монтажа, приведена в таблице 12:

Таблица 12 – Смета затрат на приобретение электрооборудования

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб
1	Элегазовый генераторный выключатель ВГГ-20-90/10000	6	267768,4	1606610,4
2	Разъединитель внутренней установки РВРЗ-20/10000 МУЗ	6	54678,2	328069,2
3	Элегазовый баковый выключатель ВБ-110	1	324763,2	324763,2
4	Разъединитель РД -110	1	68456,1	68456,1
5	Элегазовый колонковый выключатель ВГП -220	5	356372,6	1781863
6	Разъединитель РД-220	5	72756,3	363781,5
ИТОГО				4473543,4

В результате проведенного экономического планирования научно-технических работы «Реконструкция Гусиноозерской ГРЭС» во всех имеющихся на станции цепях блоков генератор – трансформатор был проведен анализ по выбору коммутационного оборудования, а также

проведена оценка конкурентной способности рассматриваемого оборудования.

На запланированный календарный срок работ, был построен график Ганта. Были посчитаны экономические показатели общего бюджета затрат на проведение работ, который составил в сумме 180619,6 рублей. Исходя из таблицы 11, основная часть бюджета приходится на основную заработную плату персонала, которая составляет 60% всего бюджета.

Исходя из таблицы 12, стоимость закупки, доставки и монтажа электрооборудования составляет 4473543,4 рублей.

Итоговая стоимость проекта оценивается в 4654163 рублей.