

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

Институт Энергетический
Направление подготовки Электроэнергетика и электротехника
Кафедра Электроэнергетические системы

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование электрической части КЭС установленной мощности 1000 МВт и релейной защиты блока УДК 621.316.9.

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2Б	Климков Яков Олегович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Шестакова В.В.	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Романцов И.И.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения
<i>Общекультурные компетенции</i>	
P1	Способность понимать и анализировать социальные и экономические проблемы и процессы; готовность применять базовые методы гуманитарных, социальных и экономических наук в различных видах профессиональной и социальной деятельности.
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование современных технических средств и информационных технологий в профессиональной области для решения коммуникативных задач.
P3	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля; осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования; уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.
P4	Способность эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства коллективом исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами; уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.
P5	Демонстрировать знание социальных, правовых, культурных и экологических аспектов профессиональной деятельности, знание вопросов охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на электроэнергетических и электротехнических производствах.
P6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты профессиональной деятельности.
<i>Общепрофессиональные компетенции</i>	
P7	Способность применять основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности с целью моделирования элементов, систем и объектов электроэнергетики и электротехники.
P8	Способность применять стандартные методы расчета и средства автоматизации проектирования; принимать участие в выборе и проектировании элементов, систем и объектов электроэнергетики и электротехники в соответствии с техническими заданиями.
P9	Способность применять современные методы разработки энергосберегающих и экологически чистых технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий; применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов на электроэнергетическом и электротехническом производствах.
P10	Готовностью обеспечивать соблюдение производственной и трудовой дисциплины на электроэнергетическом и электротехническом производствах; осваивать новые технологические процессы производства продукции; обеспечивать соблюдение заданных параметров технологического процесса и качества продукции.
P11	Способность проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений; выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда; определять и обеспечивать эффективные режимы технологического процесса.
P12	Способность проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов; планировать экспериментальные исследования; применять методы стандартных испытаний электрооборудования, объектов и систем электро-

Код результата	Результат обучения
	энергетики и электротехники.
P13	Способность участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности на основе систематического изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, патентных исследований по соответствующему профилю подготовки.
P14	Способностью к монтажу, регулировке, испытаниям, сдаче в эксплуатацию, наладке и опытной проверке электроэнергетического и электротехнического оборудования.
P15	Готовность осваивать новое электроэнергетическое и электротехническое оборудование; проверять техническое состояние и остаточный ресурс оборудования и организации профилактических осмотров и текущего ремонта.
P16	Способность разрабатывать рабочую проектную и научно-техническую документацию, выполнять проектно-конструкторские работы в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами; использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации электроэнергетических и электротехнических объектов, организовывать метрологическое обеспечение; подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества; составлять оперативную документацию, предусмотренную правилами технической эксплуатации оборудования и организации работы.
<i>Специальные профессиональные компетенции Профиль «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем»</i>	
P7	Способностью моделировать режимы работы релейной защиты и противоаварийной автоматики энергосистем с использованием профессиональных программ; проводить экспериментальные исследования функционирования элементной базы системной автоматики.
P8	Способностью определить параметры срабатывания релейной защиты энергообъекта; оценивать защитную способность проектируемой релейной защиты.
P9	Способностью оценивать влияние аварийных ситуаций в энергосистемах на безопасность жизнедеятельности людей; последствия от прекращения электроснабжения на функционирование предприятий и возможного ущерба.
P10	Способностью обеспечить соблюдение заданных параметров при производстве устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики; проводить работы по сертификации устройств автоматики энергосистем.
P11	Способностью планировать работу персонала и фондов оплаты труда при разработке релейной защиты и автоматики объектов электроэнергетических систем.
P12	Способностью использовать современную аппаратуру для измерения режимных параметров. Готовностью к участию в исследовательских работах по автоматизации энергообъектов; к участию во внедрении результатов выполненных исследований по автоматизации энергообъектов; использовать современную аппаратуру для измерения режимных параметров.
P13	Готовностью к участию в исследовательских работах и внедрению результатов выполненных исследований по автоматизации энергообъектов.
P14	Готовностью к участию в работе по монтажу и наладке устройств автоматики; способностью к участию в монтаже устройств релейной защиты и автоматики энергообъектов. Способностью к участию в натурных испытаниях и сдаче в эксплуатацию смонтированного оборудования релейной защиты и автоматики.
P15	Способностью к обслуживанию устройств релейной защиты и автоматики; способностью к оценке состояния и условий эксплуатации релейной защиты и автоматики энергообъекта. Готовностью к участию в работах по модернизации устройств релейной защиты и автоматики энергообъекта.
P16	Способностью к проведению анализа результатов работы и составлению отчетной документации.

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

Институт ЭНИН
 Направление подготовки (специальность) Электроэнергетика и электротехника
 Кафедра Электроэнергетические системы

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой ЭЭС
 _____ А.О. Сулайманов

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
5А2Б	Климкову Якову Олеговичу

Тема работы:

Проектирование электрической части КЭС установленной мощности 1000 МВт и релейной защиты блока
--

Утверждена приказом директора (дата, номер)	576/С от 01.02.2016
---	---------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	06.06.2016
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><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></p>	<p>Конденсационная электростанция установленной мощностью 1000 МВт. Топливо – газ. Мощность передается к нагрузке по двум двухцепным линиям 220 кВ длиной 80 и 50 км. Избыточная мощность передается в систему по двум линиям 500 кВ длиной 310 км.</p> <p>Мощность КЗ на шинах 500 кВ – 6200 МВА.</p> <p>Коэффициент мощности нагрузки – 0,85,</p> <p>Коэффициент одновременности – 0,87.</p> <p>Максимальная мощность нагрузки 220 кВ – 380 МВт.</p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><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></p>	<p>Проектирование электрической части ЭСТ в современных условиях, с учетом технических, экономических и социальных требований. Проектирование включает в себя расчет общего баланса активных мощностей, выбор схемы электрических соединений, выбор основного оборудования, расчет токов КЗ и выбор электрических аппаратов, сборных шин, токопроводов и кабелей. Проектирование системы собственных нужд станции, оценка возможности успешного самозапуска двигателей собственных нужд при различных повреждениях.</p>
--	---

<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Электрическая схема станции, 2. Структурная схема станции 3. Схема собственных нужд 4. Расчетные осциллограммы успешного пуска двигателей собственных нужд. 5. Расчетные осциллограммы неуспешного пуска двигателей собственных нужд.
--	--

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p style="text-align: center;">Раздел</p>	<p style="text-align: center;">Консультант</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Романцов И.И.</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Потехина Н.В.</p>

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>25.01.2016</p>
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Шестакова В.В.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2Б	Климков Яков Олегович		

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт ЭНИН
 Направление подготовки (специальность) Электроэнергетика и электротехника
 Уровень образования Бакалавр
 Кафедра ЭЭС
 Период выполнения (весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
 выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	06.06.2016
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
04.02.16	Выбор турбогенераторов и расчет общего баланса активных мощностей,	10
15.02.16	Выбор схемы электрических соединений, выбор основного оборудования,	20
10.03.16	Расчет токов КЗ и выбор электрических аппаратов, сборных шин, токопроводов и кабелей.	15
10.04.16	Проектирование системы собственных нужд станции, оценка возможности успешного самозапуска двигателей собственных нужд при различных повреждениях.	20
05.05.16	Расчет защит генератора 500 МВт	20
06.06.16	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	10
06.06.16	Социальная ответственность.	5

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Шестакова В.В.	к.т.н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Сулайманов А.О.	К.т.н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 99 с., 25 рис., 10 табл., 10 источников, 2 прил.

Ключевые слова: тепловая электростанция, генератор, автотрансформатор, собственные нужды электростанции, релейная защита.

Объектом исследования является конденсационная электростанция установленной мощности 1000 МВт.

Цель работы – проектирование электрической части электростанции установленной мощности 1000 МВт в современных условиях, с учетом технических, экономических и социальных требований и ограничений.

В процессе исследования проводились расчетные эксперименты с помощью программного комплекса «МУСТАНГ».

В результате исследования спроектирована электрическая часть электростанции установленной мощности 1000 МВт с учетом технических, экономических и социальных требований и ограничений.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: установленная мощность спроектированной станции 1000 МВт, схема блочная, два автотрансформатора связи 500/220 кВ мощностью 500 МВА, мощности турбогенераторов 320 МВт и 220 МВт, мощность рабочего трансформатора собственных нужд 32 МВА.

Степень внедрения: нет.

Область применения: снабжение электрической энергией крупных промышленных потребителей (автомобилестроение, металлургические комбинаты и т.д.)

В будущем планируется анализ динамической устойчивости станции при ее параллельной работе в энергосистеме, разработка мер для повышения динамической устойчивости.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	9
1.ВЫБОР ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ	10
2.РАСЧЕТ БАЛАНСА МОЩНОСТЕЙ	15
3. ВЫБОР СИЛОВЫХ АВТОТРАНСФОРМАТОРОВ И БЛОЧНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ	23
4.РАСЧЕТ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНЫХ РЕЖИМОВ	35
5.ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ УСЛОВИЙ ДЛЯ ВЫБОРА КОММУТА- ЦИОННЫХ АППАРАТОВ И ТОКОВЕДУЩИХ ЧАСТЕЙ	43
6.ВЫБОР КОММУТАЦИОННЫХ АППАРАТОВ	50
7.ВЫБОР ТОКОВЕДУЩИХ ЧАСТЕЙ ЦЕПЕЙ РАСЧЕТНОГО ПРИСО- ЕДИНЕНИЯ	55
8. ОПИСАНИЕ ФОРМЫ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕ- СКОЙ ЧАСТЬЮ ОБЪЕКТА. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ПОДСИСТЕМЫ	60
9.ВЫБОР СХЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬ- НЫХ УСТРОЙСТВ	64
10.ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СОБСТВЕН- НЫХ НУЖД	66
11.АНАЛИЗ СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И СИГНАЛИЗАЦИИ ВЫСОКО- ВОЛЬТНЫМ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕМ	75
12. ЗАЩИТА ГЕНЕРАТОРА	80
Заключение	87
13. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	88
14. Социальная ответственность	94
Список используемой литературы	104
Приложение 1. Элегазовое генераторное распределительное устройства HECS	105.

ВВЕДЕНИЕ

Конденсационные электростанции сооружают обычно вблизи мест добычи топлива, транспортировка которого на значительные расстояния экономически нецелесообразна. Вырабатываемая электроэнергия передается к местам потребления по линиям электропередачи. Однако использование местного топлива не является обязательным признаком конденсационной станции. В последнее время построен ряд мощных КЭС, использующих природный газ, который транспортируется по газопроводам на значительные расстояния. Важнейшим условием, определяющим место строительства мощной КЭС, является наличие источника водоснабжения.

Конденсационные электростанции недостаточно маневренны, т.к. подготовка к пуску, синхронизация и набор нагрузки блока требует значительного времени – от 3 до 6ч.

Установленную мощность КЭС и типы турбогенераторов выбирают в соответствии с потребностями электрической нагрузки и параметрами пара, используемого в производственных процессах.

Оборудование располагается в специальных зданиях, на открытых площадях или под землей. Кроме того, на станции предусматриваются многочисленные коммуникации вторичных устройств – систем управления, контроля, защиты, блокировок и тому подобное.

Для выдачи электрической энергии в энергосистему и к местным потребителям предусматривается необходимое количество электрических линий.

Выработанная электрическая энергия, в подавляющей своей части, отдается в электрические сети повышенных напряжений (110-750кВ). Для питания электроэнергией электродвигателей, осветительных устройств и приборов электростанции имеется электрическое распределительное устройство собственных нужд.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5А2Б	Климкову Якову Олеговичу

Институт	Энергетический	Кафедра	ЭЭС
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску Оклады в соответствии с окладами сотрудников НИ ТПУ
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	30 % премии 20 % надбавки 16% накладные расходы 13% районный коэффициент
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	27,1 отчисления на социальные нужды

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ конкурентных технических решений.
2. 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.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений
2. Временные показатели проведения научного исследования
3. Календарный план-график проведения НИОКР
4. Расчет бюджета затрат НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

03.02.2016

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2Б	Климков Яков Олегович		

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

1.1. Анализ конкурентных технических решений

Основной целью дипломного проекта является проектирование конденсационной электростанции 1000 МВт. Чтобы определить является ли проект эффективным необходимо провести анализ с точки зрения финансового менеджмента и теории управления организацией и производством.

В данном разделе ВКР проводится сравнение конкурентных решений по защите генераторов от коротких замыканий. Генератор является одним из важнейших типов оборудования на станции. Для защиты генераторов применяются одинаковые по составу наборы оборудования, однако самым ответственным в них всегда является выключатель. Было принято решение провести сравнение именно по данному типу защитного оборудования, так как от его типа будет сильно зависеть эффективность всей защиты в целом.

Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее решать поставленные задачи. Например, обеспечение электроэнергией. Важно оценить сильные и слабые стороны альтернативных решений.

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- бюджет разработки;
- уровень проникновения на рынок;
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

На данном этапе будет оцениваться топливо трех типов:

- Масляные выключатели
- Воздушные выключатели
- Элегазовые генераторные распред.устройства HECS

Таблица 1. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_{hecs}	B_B	B_M	K_{mnp}	K_{an}	$K_{э/м}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Удобность интегрирования в энергосистему	0,06	5	4	1	0,3	0,24	0,06
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,01	4	3	3	0,04	0,03	0,03
3. Безопасность	0,1	5	3	2	0,5	0,3	0,2
4. Надежность	0,2	5	3	2	1	0,6	0,4
5. Возможность ремонта собственными силами	0,04	1	2	5	0,04	0,08	0,2
6. Потребность в ресурсах памяти	0,01	5	2	1	0,05	0,02	0,01
7. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,02	5	4	1	0,1	0,08	0,02
8. Простота эксплуатации	0,1	2	3	4	0,2	0,3	0,4
9. Качество интеллектуального интерфейса	0,02	5	2	2	0,1	0,04	0,04
10. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,1	5	2	1	0,5	0,2	0,1
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,04	5	3	1	0,2	0,12	0,04
2. Уровень проникновения на рынок	0,04	5	3	2	0,2	0,12	0,08
3. Цена	0,1	3	3	4	0,3	0,3	0,4
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,07	5	4	3	0,35	0,28	0,21
5. Финансирование научной разработки	0,05	5	3	1	0,25	0,15	0,05
6. Наличие сертификации разработки	0,04	5	5	5	0,2	0,2	0,2
Итого	1	70	49	38	4,33	3,06	2,44

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot \text{Б}_i \quad (1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

Б_i – балл i -го показателя.

Исходя из результатов анализа, устройство HECS получило наивысший балл по сравнению с другими конкурентами. Это объясняется тем, что защита данного типа выполнена по современной технологии, комплектной и включает в себя помимо выключателя все необходимое оборудование для защиты блока. Обладает прекрасным быстродействием и надежностью. Это сказывается на эффективности и удобности при эксплуатации. Если рассматривать общую картину анализа, то исследуемый тип защиты генератора превосходит конкурентов по всем параметрам сравнения, за исключением возможности ремонта своими силами.

2. Планирование научно-исследовательских работ

2.1. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой инженер – проектировщик и руководитель.

Составляем перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проводим распределение исполнителей по видам работ. Результат представлен в табл.3.

Таблица 3. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Описание объекта модернизации	Инженер
	4	Разработка структурной (принципиальной) схемы защищаемого объекта	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
	6	Выбор устройств РЗ и ПА	Инженер
	7	Расчет параметров РЗ и ПА	Инженер
	8	Выбор типа исполнения защиты	Инженер
	9	Планирование аварийных режимов	Инженер
	10	Технико-экономические расчеты	Инженер
	11	Вопросы безопасности и экологичности проекта	Инженер
Обобщение и оценка результатов	12	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель

2.2. Определение трудоемкости работ

Трудовые затраты - основная часть стоимости разработки, поэтому определяется трудоемкость работ каждого из участников научного исследования.

. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (1)$$

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

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

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

Далее определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (2)$$

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

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

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

2.3. Разработка графика проведения НТИ

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (3)$$

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (4)$$

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.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа.

Все рассчитанные значения сводим в таблицу 4.

Пример расчета (составление и утверждение технического задания):

$$t_{\text{ож}} = \frac{3 \cdot t_{\text{min}} + 2 \cdot t_{\text{max}}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \approx 2 \text{ чел} - \text{дней};$$

$$T_p = \frac{t_{\text{ож}}}{\text{Ч}} = \frac{2}{1} = 2 \text{ дня};$$

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

$$T_k = T_p \cdot k_{\text{кал}} = 2 \cdot 1,553 = 2,96 \approx 3 \text{ дня}.$$

Таблица 4. Временные показатели проведения научного исследования

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		$t_{ожі}$, чел-дни					
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
Составление и утверждение технического задания	1		2		2		2		3	
Подбор и изучение материалов по теме		5		8		7		7		11
Описание объекта		3		4		4		4		5
Календарное планирование работ по теме	3		5		4		4		6	
Разработка структурной схемы объекта		4		9		6		6		9
Выбор типа выключателей		4		8		6		6		9
Расчет параметров устройств электрической части		2		4		8		8		12
Выбор устройств электрической части		5		8		7		7		11
Планирование аварийных режимов		3		6		5		5		8
Оценка эффективности полученных результатов	2		3		3		3		4	
Технико-экономические расчеты		3		7		5		5		8
Вопросы безопасности и экологичности проекта		3		7		5		5		8
Составление пояснительной записки		1		3		2		2		3

На основании таблицы 4 строим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени выполнения работы.

Таблица 5. Календарный план-график проведения НИОКР

№ работ	Вид работ	Исполнители	T _{кi} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февр		март			апрель			май			ИЮНЬ		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	3														
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	11														
3	Описание объекта	Инженер	5														
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	6														
5	Разработка структурной схемы объекта	Инженер	9														
6	Выбор типа выключателей	Инженер	9														
7	Расчет параметров устройств электрической части	Инженер	12														
8	Выбор устройств электрической части	Инженер	11														
9	Планирование аварийных режимов	Инженер	8														
10	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель	4														
11	Технико-экономические расчеты	Инженер	8														
12	Вопросы безопасности и экологичности проекта	Инженер	8														
13	Составление пояснительной записки	Инженер	3														

На данном этапе работы был спланирован поэтапный график выполнения НИОКР, для которого были определены сроки выполнения каждой стадии работ и в совокупности. 3 февраля - 11 мая. Наглядно показывает следование выполнения этапов диаграмма Ганта.

2.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

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

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

Все необходимое оборудование и материалы предоставляется лабораторией университета. Поэтому все материальные затраты включаются в состав накладных расходов.

2.5. Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (8)$$

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

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

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (9)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{53594 \cdot 10,4}{237} = 2351 \text{ руб.},$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

Таблица 7. Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	104
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	24
- невыходы по болезни	14	14
Действительный годовой фонд рабочего времени	238	210

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{ТС} \cdot (1 + k_{np} + k_d) \cdot k_p = 27484 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 53594 \text{ руб}$$

где $Z_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $Z_{тс}$);

$k_{д}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от $Z_{тс}$);

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

Таблица 7. Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{тс}$, руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}$, руб	$Z_{дн}$, руб.	$T_{р}$, раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	27484	0,3	0,2	1,3	53594	2351	9	22779
Инженер	14584	0,3	0,2	1,3	34725	1523	55	83765
Итого $Z_{осн}$								106544

2.6. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Доплаты за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,12 \cdot 22779 = 2733 \text{ руб}$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

2.7. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов 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:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,271 \cdot (22779 + 2733,48) = 6914 \text{ руб}$$

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 рекомендуется представляем в табличной форме (таблица 8).

Таблица 8. Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	22779	2733
Инженер	83765	10052
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого		
Руководитель	6914	
Инженер	25454	

2.8. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$\begin{aligned} Z_{накл} &= (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{нр} = (Z_{осн} + Z_{доп} + Z_{внеб}) \cdot 0,16 = \\ &= (106544 + 12785 + 32368) \cdot 0,16 = 24272 \end{aligned}$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

2.9. Формирование бюджета затрат научно-технического исследования

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 9.

Таблица 10. Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	%
1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	106544	54,8
2. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	12785	6,6
3. Отчисления во внебюджетные фонды	32368	16,7
4. Накладные расходы	24272	12,5
5. Амортизация ПК	18330	9,4
6. Бюджет затрат НТИ	194299	100

В ходе выполнения дипломного проекта были решены следующие задачи:

- оценен коммерческий потенциал и перспективность строительства КЭС 1000 МВт
- составлен план и график научно-исследовательских работ;
- определен бюджет научно-технического исследования, а именно: основная и дополнительная заработные платы исполнителей темы, отчисления во внебюджетные фонды, накладные расходы.

Бюджет затрат НИИ составит 194299. Наибольшей статьёй расходов является основная заработная плата.

Срок выполнения составляет 84 дня. С 3 февраля по 11 мая.

Анализ полученных решений показывает, что проектируемая разработка является конкурентоспособной и отвечает всем современным требованиям в области ресурсоэффективности.