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

Институт_ Энергетический институт____
Направление подготовки _13.03.02 Электроэнергетика и электротехника___
Кафедра ___ ЭЭС_____

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование электрической части КЭС мощностью 2100МВт и релейная защита турбогенератора

УДК __ 621.311.001.6:621.316.925.1:621.165___

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2Б	Логунова Галина Олеговна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Юшков А.Ю.	канд.тех.наук		

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
Доцент	Романцов И.И.	канд.тех.наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭЭС	Сулайманов А.О.	канд.тех.наук		

Томск – 2016 г.

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

Институт Энергетический институт
Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Кафедра ___ЭЭС_____

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

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
5А2Б	Логунова Галина Олеговна

Тема работы:

Проектирование электрической части КЭС мощностью 2100МВт и релейная защита турбогенератора.	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	02.02.2016 г. №653/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе *(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.).*	Объектом проектирования является КЭС мощность 2100МВт и релейная защита турбогенератора. В качестве исходных данных: 1. Количество генераторов на станции, их параметры; 2. Параметры энергосистемы; 3. Параметры нагрузок потребителей; 4. Величина резерва 5. Состав механизмов собственных нужд

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов *(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).*	Титульный лист Задание Календарный рейтинг - план Реферат Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки Оглавление Введение Раздел - 1 Выбор и проверка оборудования КЭС Раздел - 2 Моделирование самозапуска электродвигателей собственных нужд на базе промышленной программы МУСТАНГ Раздел - 3 Расчет релейной защиты турбогенератора Раздел - 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение Раздел - 5 Социальная ответственность Заключение Список литературы Приложения
Перечень графического материала *(с точным указанием обязательных чертежей)*	Приложение А - Календарное планирование работ

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Романцов Игорь Иванович
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Потехина Нина Васильевна

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	Юшков А.Ю.	канд.тех.наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2Б	Логунова Галина Олеговна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5А2Б	Логунова Галина Олеговна

Институт	Энергетический	**Кафедра**	ЭЭС
Уровень образования	Бакалавр	**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; 30% 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.
3. *Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования*	Определение ресурсной эффективности исследования
Перечень графического материала *(с точным указанием обязательных чертежей)***:**	
1. *Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений.* 2. *Календарное планирование работ* 3. *Расчет бюджета затрат НИ*	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

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	Логунова Галина Олеговна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5А2Б	Логунова Галина Олеговна

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)*	*Описание производственных помещений КЭС на предмет возникновения:* *– вредных проявлений факторов производственной среды (вредные вещества, освещение, шумы, вибрации)* *– опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной природы)* *– негативного воздействия на окружающую природную* *– среду (атмосферу, литосферу)* *чрезвычайных ситуаций (техногенного характера)*
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	*ПУЭ 85, ГОСТ 12.1.002-84, ГОСТ 12.1.003–83, ГОСТ 12.1.005–88,ГОСТ 12.1.006–84.ССБТ, ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ, ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ, ГОСТ 17.4.3.04-85, НПБ 105-03, ПОТ РМ-016-2001 РД 153-34.0-03.150-00, Р2.2.2006-05,РД 34.03.604, РД 52.04.186, СанПиН 2.2.4.548-96, СанПиН 2.2.4.723-98*
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности	*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);* *– предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)*
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности	*Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности* *– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);* *- пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)*

3. *Охрана окружающей среды*	*Охрана окружающей среды:* – *защита селитебной зоны* – *анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);* – *анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);* *разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.*
4. *Защита в чрезвычайных ситуациях*	*Защита в чрезвычайных ситуациях:* – *перечень возможных ЧС на объекте;* – *выбор наиболее типичной ЧС;* – *разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;*
5. *Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:* – *организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны*	*ПУЭ 85, ГОСТ 12.1.002-84, ГОСТ 12.1.003–83, ГОСТ 12.1.005–88,ГОСТ 12.1.006–84.ССБТ, ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ, ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ, ГОСТ 17.4.3.04-85, НПБ 105-03, ПОТ РМ-016-2001 РД 153-34.0-03.150-00, Р2.2.2006-05,РД 34.03.604, РД 52.04.186, СанПиН 2.2.4.548-96, СанПиН 2.2.4.723-98*

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	Логунова Галина Олеговна		

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

Институт: ЭНИН
Направление подготовки (специальность): Электрические станции и подстанции
Уровень образования: бакалавр
Кафедра: ЭЭС
Период выполнения : весенний семестр 2015/2016 учебного года
Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	

Дата Контроля	**Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)**	**Максимальный балл раздела (модуля)**
2.02.2016 г.	Изучение программного обеспечения	15
1.03.2016 г.	Расчет станции	17
20.04.2016 г.	Расчет собственных нужд	16
4.05.2016 г.	Расчет релейной защиты турбогенератора	14
12.05.2016 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	14
20.05.2016 г.	Социальная ответственность	13
24.05.2016 г.	Оформление работы	11

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Юшков А.Ю.	канд.тех.наук		

СОГЛАСОВАНО:

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

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

Конденсационная электростанция: тепловая электростанция, которая производит только электроэнергию.

Собственные нужды: совокупность вспомогательных устройств, относящихся к электрической части, которые обеспечивают работу электростанций.

Самозапуск электродвигателей: восстановление без участия персонала работы электродвигателей.

Электрооборудование: любое оборудование, используемое для производства, распределения, передачи, изменения характеристик электроэнергии, а также для ее преобразования в другой вид энергии.

Режим работы: нахождение энергосистемы или электроустановки в определенном эксплуатационном режиме.

Короткое замыкание: аварийный режим, происходящий при соединении двух или более точек электрической цепи различных потенциалов, приводящий к повреждениям.

ЭЭС – электроэнергетические системы

ВН – высокое напряжение

СН – среднее напряжение

НН – низкое напряжение

Г – генератор

РУ – распределительное устройство

АТ - автотрансформатор

Л - линия

КЗ – короткое замыкание

СШ – сборные шины

ДЗ – дистанционная защита

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа, состоящая из 86 с., 3.12 рис., 38 табл., 43 источников, 1 прил.

Ключевые слова: конденсационная электростанция, электроэнергия, релейная защита, система собственных нужд, аварийный режим, короткое замыкание, электрическое оборудование, энергосистема, электростанция.

Объектом исследования является структурная схема конденсационной электростанции, включая собственные нужды.

Цель работы – проектирование электрической части КЭС (выбор электрооборудования, расчет баланса мощностей и т.д.) и анализе самозапуска двигателей собственных нужд электростанции.

В процессе работы использовались расчетные программные комплексы: «Mustang», современные программные продукты Word, MathCAD, аналитические и графоаналитические расчетные методы.

В результате исследования было выявлено, что объект обладает высокими технико-экономическими параметрами и эксплуатационными характеристиками.

Область применения: используемая методика исследования может быть рекомендована для применения в проектных организациях .

Экономическая эффективность/значимость работы: с экономической точки зрения проект эффективен и в него целесообразно инвестировать средства.

В будущем планируется предложить проектной организации использование расчетной части КЭС.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 13

Глава 1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ СТАНЦИИ 15

1.1 Выбор электрической схемы станции 15

1.2 Исходные данные для проектирования станции 16

1.3 Функциональный анализ электрической схемы станции 17

1.3.1 Баланс реактивной и активной мощности в нормальном режиме при максимальной нагрузке 18

1.3.2 Баланс активной и реактивной мощности в нормальном режиме при минимальной нагрузке 18

1.3.3 Баланс активной и реактивной мощности в аварийном режиме при максимальной нагрузке 19

1.4 Выбор основного оборудования КЭС 19

1.4.1 Выбор генераторов главной схемы КЭС 19

1.4.2 Расчетные параметры генератора 20

1.5 Выбор трансформаторов блоков и автотрансформаторов связи 21

1.5.1 Выбор трансформатора блока генератора G1 21

1.5.2 Выбор трансформатора блоков генератора G2 ,G3 22

1.6 Выбор электрических аппаратов 23

1.6.1 Выбор выключателей 23

1.6.2 Выбор разъединителей 24

1.7 Выбор измерительных трансформаторов тока 26

1.8 Выбор измерительных трансформаторов напряжения 29

1.9 Выбор токоведущих частей цепей расчетного присоединения 31

1.9.1 Выбор гибких шин и токопроводов 31

1.9.2 Выбор комплектного токопровода для выводов генератора G3 32

Глава 2 ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕЖИМ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ СОБСТВЕННЫХ НУЖД 33

2.1 Выбор электродвигателей для механизмов собственных нужд 33

2.2 Общие требования к схемам собственных нужд КЭС 34

2.3 Выбор схемы рабочего и резервного питания собственных нужд электростанции 35

2.4 Проверка самозапуска двигателей собственных нужд 38
ГЛАВА 3 РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА ТУРБОГЕНЕРАТОРА 40
3.1 Релейная защита синхронных генераторов 40
3.1.1 Продольная дифференциальная защита 40
3.2 Защита от витковых замыканий в обмотке статора 41
3.3 Защита от замыканий на землю в обмотке возбуждения..... 42
3.4 Защита генератора от однофазных замыканий на землю 43
3.5 Моделирование защиты генератора в программе Multisim 11..... 45
ГЛАВА 4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ..... 51
4.1 Анализ конкурентных технических решений 51
4.2 Планирование научно-исследовательских работ..... 53
4.3 Определение трудоемкости выполнения работ 54
4.4 Разработка графика проведения научного исследования 55
4.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ) 56
4.5.1 Расчет материальных затрат научного исследования 56
4.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ 57
4.6 Основная заработная плата исполнителей работ и отчисления во внебюджетные фонды..... 57
4.7 Дополнительная заработная плата исполнителей темы..... 59
4.8 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)..... 60
4.9 Накладные расходы..... 61
4.10 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта 61
4.11 Определение ресурсной эффективности исследования..... 62
ГЛАВА 5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ..... 64
5.1 Анализ опасных и вредных факторов 64
5.2 Производственная санитария..... 65
5.3 Защита от электромагнитных излучений 66
5.4 Защита от шума 67
5.5 Освещение..... 67

5.6 Анализ опасности поражения электрическим током 68
5.7 Организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность работ..... 70
5.8 Технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ со снятием напряжения 70
5.9 Пожарная безопасность 71
5.10 Охрана окружающей среды 72
5.11 Чрезвычайные ситуации 74
5.12 Заземление электростанции 75
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 78
Список литературы 79
Нормативная литература 80
ПРИЛОЖЕНИЕ А 83

ВВЕДЕНИЕ

Целью данной дипломной работы является - проектирование электрической части КЭС мощностью 2100МВт и релейной защиты турбогенератора.

Специфика электрической части КЭС определяется месторасположением электростанции вдали от центров электрических нагрузок. При данных условиях вся мощность выдается в сеть на повышенном напряжении. Особенностью КЭС является невысокая мощность теплового оборудования в отличие от ТЭЦ. Что усложняет защиту окружающей среды от неблагоприятных воздействий электростанции. Для уменьшения выбросов целесообразно использовать в первую очередь высококачественный уголь.

Во время проектирования и эксплуатации такой системы необходимо учитывать возможность возникновения в ней повреждений и ненормальных режимов работы. Короткие замыкания (КЗ) являются самыми распространёнными и опасными видами повреждений.

Экономика нашей страны, в которой огромное значение имеет энергетика, требует бесперебойного электроснабжения потребителей. Поэтому следует стремиться к безаварийной работе. Для предотвращения возникновения и развития аварий, снижения ущерба необходимо быстро отключать поврежденные элемент.

Дежурный персонал не в состоянии определить возникновение КЗ, найти его местоположение и дать сигнал на отключение выключателей поврежденного элемента в столь короткий промежуток. Поэтому данные действия выполняются автоматически, при помощи релейной защиты, осуществляющей защиту от повреждений и некоторых ненормальных режимов работы.

Для решения поставленных задач использованы расчетно-аналитические и графические методы, методы логики, математической статистики и др. Реализация названных методов и алгоритмов осуществляется через пакеты прикладных программ, «Мустанг», «Mathcad».

В результате проделанной работы была спроектирована электрическая часть КЭС, рассчитаны режимы работы собственных нужд и релейная защита турбогенератора при однофазном замыкании на землю.

ГЛАВА 4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

4.1 Анализ конкурентных технических решений

Особенности развития экономики на современном этапе позволяет ориентироваться в создании отдельных видов техники, в формировании технического базиса производства, в развитии производственных сил в целом. Но при осуществлении конкретных задач, связанные с практической реализацией достижений техники и науки, учета общих требований недостаточно[19]. Для этого необходимо экономическое обоснование принимаемых технических решений.

В данном исследовании рассматривается вариант комплекса релейной защиты турбогенератора «КЭС мощностью 2100МВт. В работе будут выполнены следующие задачи:

1. Оценка коммерческого потенциала исследования;
2. Планирование научно-исследовательских работ;
3. Определение трудоемкости выполнения работы;
4. Расчет бюджета затрат;
5. Расчет интегральной эффективности исследования.

В ходе проведения анализа важно рассмотреть и объективно оценить сильные и слабые стороны конкурентных разработок. Данный анализ проводится с помощью оценочной карты, для чего необходимо отобрать несколько конкурентных товаров и разработок.

Точка зрения конкурентов и разработки оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Вес показателей должны составлять 1.

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

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- уровень завершенности научного исследования;

- бюджет разработки;
- уровень проникновения на рынок;
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения.

Так как в работе рассматривается релейная защита турбогенератора, использующая реле фирмы «Экра», то целесообразно сравнить ее продукцию с конкурентами. Для сравнения возьмем два наиболее продвинутых конкурента: это ABB и General Electric.

Анализ конкурентных технических решений, определяется по формуле:

$$К = \sum В_i \cdot Б_i$$

где К – конкурентоспособность научной разработки; $В_i$ – вес показателя измеряется в долях единицы; $Б_i$ – балл *i*-го показателя.

Таблица 26 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкуренто-способность		
		ЭКРА	ABB	*GE*	$К_Э$	$К_S$	$К_{GE}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Помехоустойчивость	0,15	5	4	5	0,75	0,6	0,75
2. Надежность	0,2	5	4	4	1	0,8	0,8
3. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,2	5	4	3	1	0,8	0,6
4. Качество интеллектуального интерфейса	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
5. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,15	5	5	5	0,75	0,75	0,75
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,07	5	3	4	0,35	0,21	0,28
2. Уровень проникновения на рынок	0,02	5	4	3	0,1	0,08	0,06
3. Финансирование научной разработки	0,01	4	5	5	0,04	0,05	0,05
4. Срок выхода на рынок	0,01	4	4	4	0,04	0,04	0,04
5. Наличие сертификации разработки	0,09	5	5	5	0,45	0,45	0,45
Итого	1				4,88	4,18	4,08

Критерии для сравнения ресурса эффективности и ресурсосбережения, приведены в таблице 26. Их выбирают из выбранных объектов сравнения с

учетом их экономических и технических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Следовательно, по результатам расчетов представленных в таблице, убеждаемся в финансовой эффективности продукта фирмы «ЭКРА».

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

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.

Работы по проектированию выполняют два человека: руководитель проекта и исполнитель (инженер). Составляется перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и проводится распределение исполнителей по видам работ.

Таблица 27 – Длительность этапов проектирования и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя	T_{pi}	T_{ki}
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель проекта	1	2
Ознакомление с технической документацией и литературой	2	Ознакомление с технической документацией	Инженер	1	2
	3	Подбор литературы	Инженер	1	2
	4	Календарное планирование работ	Руководитель проекта	1	2
Выбор устройств РЗиА	5	Описание эл.схемы и параметров основного оборудования станции	Инженер	2	3
	6	Выбор устройств РЗиА	Руководитель проекта	1	2
	7	Описание принятых устройств РЗиА	Инженер	1	2

Продолжение таблицы 27

Расчет уставок защит	8	Выбор расчетных режимов	Руководитель проекта	1	2
	9	Составление схемы замещения энергорайона	Инженер	3	5
	10	Расчет токов КЗ	Инженер	3	5
	11	Расчет релейной защиты генератора и трансформатора	Инженер	3	5
Анализ устройств автоматики	12	Анализ устройств автоматики	Руководитель проекта, Инженер	4	6

4.3 Определение трудоемкости выполнения работ

Для определения трудоемкости выполнения работы рассчитаем трудоемкость, которая оценивается экспертным путем в человеко-днях. Для определения трудоемкости $t_{ожi}$ используется данная формула:

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

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

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i-ой работы, чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i-ой работы, чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, устанавливают продолжительность каждой работы в рабочих днях $T_р$, учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{р_i} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i},$$

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

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

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

Полученные данные заносим в соответствующий столбец таблицы 4.2.

В качестве примера приведем расчет для пункта 16 таблицы 4.2.

$$t_{\text{ожi}} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 3}{5} = 1{,}8 \approx 2 \text{ чел.} - \text{дн},$$

$$T_{\text{р}_i} = \frac{t_{\text{ожi}}}{\text{Ч}_i} = \frac{2}{1} = 2 \text{ раб. дн.}$$

4.4 Разработка графика проведения научного исследования

После распределения работ по исполнителей построим диаграмму Ганта.

Диаграмма Ганта – это 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:

$$T_{\text{к}i} = T_{\text{р}i} \cdot k_{\text{кал}},$$

где $T_{\text{к}i}$– продолжительность выполнения i-й работы в календарных днях;

$T_{\text{р}i}$ – 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.

Рассчитаем коэффициент календарности для руководителя:

$$k_{\text{кал}} = \frac{366}{366 - 67} = 1{,}22.$$

Рассчитаем коэффициент календарности для инженера:

$$k_{кал} = \frac{366}{366 - 119} = 1,48.$$

Затем найдем длительность работ в календарных днях:

$$T_{кi} = 2 \cdot 1,48 = 2,96 \approx 3.$$

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

На основании таблицы 27 строится календарный план-график. График приведен в приложении А.

По днному графику можно сделать вывод, что у руководителя займет 19 рабочих дней вся работа, а у инженера 52 рабочих дней.

4.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

В бюджет НТИ входит расчет: материальных затрат, затрат на специальное оборудование для научных работ.

4.5.1 Расчет материальных затрат научного исследования

В планирование бюджета научного исследования используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты;
- оклады работников;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые взносы);
- амортизация;
- накладные расходы.

Расчет материалов необходимых для научного исследования приведен в таблице 28.

Таблица 28 – Расчет необходимых материалов для научного исследования

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед.,руб.	Затраты на материалы ($З_м$), руб.
Бумага	Пачка	1	300	300
Картридж для принтера	Шт	1	2500	2500
Блокнот А4 80 л.	Шт	1	100	100
Карандаш мех. НВ		1	15	15
Ручка шар.		1	30	30
Степлер. INDEX		1	130	130
Папка-скоросшиватель		1	25	25
Итого:				3100

4.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Будим учитывать затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Расчет затрат по данной статье заносится в табл. 29.

Таблица 29 – Расчет затрат на специальное оборудование

№	Наименование изделия	Кол-во единиц	Цена единицы, руб.	Общая стоимость,руб.
1	Ноутбук	1	28000	28000
2	Программный софт Office 365	1	2 966	2 966
3	Программный софт Visio стандартный 2013	1	13 157	13 157
Итого		44123		

4.6 Основная заработная плата исполнителей работ и отчисления во внебюджетные фонды

В предоставленную статью затрат включается основная заработная плата руководителя и инженера, непосредственно участвующих в выполнении работы. Размер расходов по заработной плате, определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

К основной заработной плате добавляются премии, выплачиваемые ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20÷30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы(по окладом ТПУ).

- для руководителя:

$$З_м = З_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_д) \cdot k_р = 16751.29 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 32665 \text{ руб.}$$

- для инженера:

$$З_м = З_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_д) \cdot k_р = 14584.32 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 28439.23 \text{ руб.}$$

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

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

$k_д$ – коэффициент доплат и надбавок составляет 0,2;

$k_р$ – районный коэффициент, равный 1,3.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_м \cdot М}{F_д},$$

где: $З_м$ – месячный должностной оклад работника, руб.; М – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 48 раб. Дней М=10,4 месяца, 6-дневная неделя; $F_д$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. табл.30.

Таблица 30 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней: выходные дни праздничные дни	52 14	104 14
Потери рабочего времени: отпуск невыходы по болезни	48 7	48 7
Действительный годовой фонд рабочего времени	245	193

Таким образом, для руководителя и инженера соответственно:

$$З_{дн} = \frac{З_м \cdot M}{F_д} = \frac{32665 \cdot 10,4}{245} = 1386.6 \text{ руб.},$$

$$З_{дн} = \frac{З_м \cdot M}{F_д} = \frac{28439.23 \cdot 10,4}{245} = 1207.2 \text{ руб.}$$

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

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_р,$$

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

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

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

Согласно построенному календарному плану-графику руководитель проекта занят 19 календарных дней, а исполнитель – 51 календарный день

Для руководителя и инженера соответственно:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_р = 1386.6 \cdot 19 = 26345.4 \text{руб},$$

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_р = 1207.2 \cdot 51 = 61567.2 \text{руб.}$$

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

$T_р$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн; $З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Таблица 31 - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$З_{тс}$, руб.	$k_{пр}$	$k_д$	$k_р$	$З_м$, руб	$З_{дн}$, руб.	$Т_р$, раб. дн.	$З_{осн}$, руб.
Руководитель	16751,29	0,3	0,2	30	32665	1386,6	19	26345,4
Инженер	14584,32	0,3	0,2	30	28439,23	1207,2	51	61567,2
Итого								87912,6

4.7 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за

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

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{доп}=k_{доп} \cdot З_{осн},$$

Тогда для руководителя и инженера соответственно:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0{,}14 \cdot 26345{,}4 = 3688{,}4 \text{руб},$$

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0{,}14 \cdot 61567{,}2 = 8620 \text{ руб},$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, равный 0,14.

4.8 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды являются обязательными 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:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}),$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

На 2016 г. установлен размер страховых взносов в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2016 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в табл. 32.

Таблица 32 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	26345,4	3688,4
Инженер	61567,2	8620
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого		
Руководитель	8139,2	
Инженер	19020,7	

4.9 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:

$$З_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot \mathrm{k}_{нр},$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

$$З_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{нр} = \left(З_{м} + З_{осн} + З_{доп} + З_{внеб}\right) \cdot 0{,}16 =$$
$$= (47223 + 87912{,}6 + 12308{,}4 + 27159{,}9) \cdot 0{,}16 = 27936{,}6 \text{ руб.},$$

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

4.10 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

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

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 33.

Таблица 33 - Расчет бюджета затрат НИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	%
Материальные затраты	47223	23,31
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	87912,6	43,4
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	12308,4	6,08
Отчисления во внебюджетные фонды	27159,9	13,41
Накладные расходы	27936,6	13,79
Бюджет затрат НТИ	202540,5	100

В результате проведения расчетов по основным статьям, составляющим бюджет научно-исследовательского проекта, была составлена итоговая таблица, где наглядно представлено, что сумма бюджета затрат НТИ составила 202540,5 рублей, причем наибольшая часть затрат приходится на выплату основной заработной платы исполнителям темы (43,4%).

4.11 Определение ресурсной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности. Так как определение финансовой эффективности не представляется возможным в данном случае, произведем оценку ресурсоэффективности научной разработки.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum \mathrm{a_i} \cdot \mathrm{b_i},$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i-го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i-го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i-го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлены в форме таблицы табл. 34.

По результатам расчетов было установлено, что длительность работ в календарных днях для руководителя составляет 19 дня, а для инженера 51 дня. Сумма бюджета затрат НТИ составила 202540,5 рублей. С точки зрения ресурсной эффективности, для решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи был выбран наиболее подходящий и выгодный вариант, так как именно он имеет наибольший интегральный показатель ресурсоэффективности (4,62).

Таблица 34 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования / Критерии	Весовой коэффициент параметра	ЭКРА	ABB	GE
Помехоустойчивость	0.111	5	4	5
Надежность	0,111	5	4	4
Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,139	5	4	3
Качество интеллектуального интерфейса	0,111	4	4	3
Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,139	5	5	3
Уровень проникновения на рынок	0,139	5	4	3
Срок выхода на рынок	0,111	4	3	3
Наличие сертификации разработки	0,111	4	3	3
ИТОГО	1	4,62	3,87	3,375

Для релейной защиты турбогенератора, выбираем реле фирмы «Экра».